集中維持機能 (TAF) に関する研究 (XI)

TAF-テストにおける脳超音波減衰変動

Studies of the Function of Concentration Maintenance (TAF) Changes of Cerebral Ultrasonic Attenuation (CUSA) in the TAF-test

北海道大学医学部衛生学教室

高 桑 栄 松・井 守 輝 一・斎 藤 和 雄
曾 根 徳 郎・小 峰 妙 子・高 橋 正

Eimatsu Takakuwa, Kiichi Imori, Kazuo Saito
Tokuro Sone, Taeko Komine and Tadashi Takahashi
*Department of Hygiene and Preventive Medicine, Hokkaido
University, School of Medicine, Hokkaido*

For the purpose of physiological analysis of the function of concentration maintenance, an experiment on the changes of the cerebral circulation in nervous activities was carried out with the measurement of the changes of CUSA and the recording of the brain waves in the TAF test. The examinees were nineteen healthy male students.

The results obtained were as follows :

- 1) CUSA decreased during the TAF-test and, by stopping the test returned to the initial level.
- 2) These changes correlated with the changes of the alpha-wave of the brain waves, that is, the stronger the alpha-blocking during the TAF-test, the greater the changes of DUSA.
- 3) This excellent group, in a ten-minute TAF-test showed a tendency of a greater change of CUSA than that of the inferior group in TAF-test.

These results, together with the present knowledge on CUSA and cerebral circulation, lead us to the conclusion that the use of the TAF-test resulted in the rise of the brain activity level around the cerebral cortex and the brain-stem reticular formation, which in turn brought about an increase in cerebral circulation in parallel with the changes of the brain waves. Also when testing this excellent group in comparison to the inferior group, it is considered that the TAF-test for the relatively long duration of ten minutes as in this experiment required a more strenuous effort in concentration of attention, consequently, the grade of increase in the cerebral circulation was greater in the excellent group.

はじめに

ストレスによる疲労評価の有力な手段として、われわれは集中維持機能 (TAF) に関する研究を行ないその成果を報告して来た。

近來脳超音波減衰変動が一定の条件下では脳循環変動のひとつの指標となるという知見が得られ、われわれも実験結果の報告を行なったが、今回、TAF-テストの生理学的解明のひとつとして、また人の精神神経活動と脳循環変動に関する実験研究として、TAF-テストにお

ける脳超音波減衰変動の測定を脳波記録とともに行ない、その結果を検討した。

実験方法

被検者は健康男子学生19名である。

脳超音波減衰 (CUSA) 測定には日本無線製の診断装置、減衰測定器、エコー選択回路を用い、探触子及びその固定方法、使用周波数側頭より対側頭からのエコーを連続記録する方法はいずれも前回の論文と同様である。

脳波記録は後頭結節より約 3cm 上の点からの単極誘

導とし、脳波原形とともに特に α 波(8~13サイクル)を記録し、更に α 波の5秒間積分値を記録測定した。なおこの脳波記録は被検者19名のうち事情のゆるした13名について行なった。

集中維持機能検査法の装置及び方法は従来から教室で行なっているものであるが測定時間を連続10分間とした。

被検者はうす暗い防音室内に倚坐位とし出来るだけ不要の体動、特に頭部頸部の運動、表情変化などを少なくするよう指示した。テスト前に CUSA の変動が心拍に一致する拍動性変化を除いては平坦な線が描かれるのが確かめられた。

TAF テスト終了後はしずかに手をおろし、その他のの体動を禁じて身体の姿勢をテスト中と全く同様に保たせ、5分間安静の状態とした。この全部で15分間の CUSA 変動と脳波を前述の方法で記録した。CUSA 変動量については TAF テスト終了の時点から5分間の回復曲線について計測した。つまり、TAF テストに伴う大脳活動のピークから安静状態への変化に対応する CUSA の変化を測定する方法を用いた。その理由として、① TAF テスト開始前の精神神経的安静状態は、実験方法の指示、禁止事項の注意説明、実験にのぞむ被検者の緊張感などのために、安静状態とはみなされ得ないが、テスト終了後の安静保持は被験者におおむね一様の安静状態と認められ、 α 波の出現も増加することが予備実験から観察された。② TAF テスト中は target taiming という動作の影響が CUSA 測定曲線に混入するおそれがあり、CUSA 変動の正確な測定には安静倚坐位を保っている間の方が適している。以上それぞれ本質的及び測定技術上の問題点があげられる。

α 波については TAF テスト中止前5分間の平均レベルと中止後5分間の平均レベルを各々算出した。

実 験 成 績

1) CUSA 変動

まず何らの負荷を与えずに安静坐位とする時の CUSA には規則正しい搏動性変化のみがみられ、殆ど平坦な線が描かれるのが観察された。これは探触子の固定など、測定方法の安定を示すために極めて重要である。この場合の変動は 0.1db 以下とみてよい。(Fig. 1)

TAF テスト施行による CUSA をみると Fig. 2 に示すような CUSA の変化(減少)が19例中16例にみられ、5~10分ではほぼ一定化し、それ以上減少する傾向のないのが観察された。

Fig. 3 は TAF テスト中止後の安静倚坐位における

CUSA 変動曲線の例示であるが、ここでは19例中16例において CUSA の増加を示して安定化するのがみられた。

CUSA 変動の平均値を表1に示した。

なお、 $\pm 0.2\text{db}$ 以内を変動の著明でないものとする、2例において CUSA 変動の著明でないのがみられたほか、1例においては逆に TAF テスト中増加を示し、中止後減少する例外的なものがあつた。

2) 脳波 α 波について

α 波の測定記録を行なった13例の全例において、TAF テスト中とテスト中止後安静状態では著明な差がみられた(Fig. 4)。すなわち、テスト中において α -blocking が強いが、中止前の5分間、中止後の5分間ではそれぞれの中では大きな変化はない。この間の α 波の平均レベルを表1に示した。

3) CUSA 変動量と α 波の出現レベル

TAF-テスト中止前後の変化を量的に検討してみると、この両者の間に正の相関が認められる。つまり TAF テスト時と安静状態時とで CUSA の変化が大きいものほど α 波の抑制→出現にも大きな変化がみられた(Fig. 5)。

4) TAF-L と CUSA 変動

10分間の TAF-L と CUSA 変動量との間には直線的な相関関係はみられないが、TAF-L (10分間平均値) のよいものは CUSA 変動の大きい傾向がみられ、この TAF-L について 1.9 以下と 2.0 以上に群別して検討すると、CUSA 変動値の平均値に有意の差がみられる。(表2)

考 察

精神活動と脳循環についての研究は従来より種々なされているが、現在なお一般に納得された知見の完成をみていない¹⁾⁻³⁾。

N₂O 法による脳血液循環量測定では、測定法そのものの与える精神不安が常に問題となり、Kety⁴⁾は著しい精神不安状態では大脳血流量(CBF)の増加をみたと報じ、Sokoloff⁵⁾も不安状態にあると思われる例で脳酸素消費量と CBF の増加をみたとしているが、これに対し、Scheinberg⁶⁾によれば脈搏数や脈圧の増加、心拍出量の増大が認められるような精神不安状態でも CBF、脳酸素消費量に有意な変化を認めないとしている。

Sokoloff, Mangold⁵⁾による実験では、安静時と暗算を行なっている時の脳循環をしらべたところ、有意な変化をみなかったと報じているのは、Lenox⁷⁾が同様暗算時の内頸静脈 O₂ 含量から推測して CBF の増加を推論

Fig. 1. CUSA-curve in resting state before TAF-test

Fig. 2. Decrease in CUSA due to TAF-test

Fig. 3. Increase in CUSA due to stopping TAF-test

した実験と合致していない。また睡眠時についての Mangold⁷⁾ の報告では CBF の軽度上昇がみられたとしている。

これらに対して David-Ingvar⁸⁾ はポリエチレンカニューレによって猫の皮質血流量を直接測定する方法によって、脳波の覚醒反応と CBF の関係を追求し、脳血管

Fig. 4. Changes in α -wave due to stopping TAF-test

Table 1. TAF-test, changes of CUSA and α -wave ($M \pm SE$)

TAF-L	1.80 ± 0.26
TAF-D	0.83×0.13
Change of CUSA	$1.26 \pm 0.15 \text{ db}$
α -wave in TAF-test	$5.86 \pm 0.98 \mu\text{V}/5\text{sec}$
α -wave in rest	$16.05 \pm 3.47 \mu\text{V}/5\text{sec}$
α -blocking*	$10.20 \pm 2.60 \mu\text{V}/5\text{sec}$

* difference between TAF-test and rest

Fig. 5. α -blocking and changes in CUSA

Table 2. TAF-L in ten-minute test and changes of CUSA

TAF-L	Change of CUSA ($M \pm SE$)
Excellent group under 1.9	$1.58 \pm 0.20 \text{ (db)}$
Inferior group over 2.0	$1.07 \pm 0.16 \text{ (db)}$

に關与する交感神経及び副交感神経を除去した猫の脳幹網様体刺激による arousal reaction と cortical blood flow に關連のあることを報じている。

更に Ingvar, Risberg⁹⁾¹⁰⁾ は Pisotope クリアランスを用いて temporal, precentral, postcentral の4 regionより測定し、4人の男子に WAIS-digit-span backward testを行なって安静時と比べて CBF が平均値でも増加していることを報じているが、いずれも人の精神活動と CBF の關連は脳循環機構の点からも、多くの難しい問題をもっているので今後多くの研究にまたねばならないとしている^{1)~3)}。

意識障害や昏睡状態・痴呆・高齢者など脳代謝の障害されていると思われる場合には CBF の低下が認められているが、脳の代謝機構が一応正常に維持されている場合、①エネルギー代謝はその機構の完全な維持にのみ必要であって精神活動そのものには關係しない。②エネルギー代謝の増減は脳に部分的に起るので、精神活動の種類によって(例えば暗算)は(由)となって全体的な CBF の増大を招来しない、③これらの CBF の変化は体位変化や昏睡の場合のような変化にくらべて一過性で量も少なく、現在までの方法ではとらえられないのではないかと。④方法そのものの与える精神的影響が混入する、というような考えが、精神活動時 CBF の変化が有意でないとする知見の理由づけであるように思われる。

ここで TAF テストについて考えると、現在迄に重ねて報告したように、精神神経的疲労状態を惹起するような条件下では TAF (集中維持機能)は低下し¹¹⁾、脳波

では α -blocking が著明で、それは単なる標的擬視の場合と有意差をもって強く起っていること¹²⁾などから、TAF テストを充分努力して行なうことは脳内活動の広い範囲の水準増高を必要とすることが想定され、単なる精神不安あるいは暗算とは同様のものではないと考えられる。

TAF テストのようなひとつのまとまった操作を行なうにあたって、中枢神経のどの部分にどのような活動水準の高まりがあり、それが大脳の代謝に影響して働くメカニズムを詳細に説明することは現在の知見では困難であるかもしれないが、少なくとも、視覚—知覚—認知—判断、随意運動、不随意運動調節、運動の全体的統合などの皮質における活動と、その皮質活動レベルを維持する皮質下の部分の活動、例えば脳幹網様体の上行性及び下行性の働きなどが結合して、標的の認知から微細運動調節に至る合目的な操作を可能にするとと思われる¹³⁾。

脳超音波減衰 (CUSA) が同一の姿勢におけるテスト中止時に比べてテスト時は19例中16例において減少状態となっていることを、丸田らの ultrasonorheometry の知見^{14)~16)}によって脳循環 (CBF) の観点からみると、① TAF テストでは CBF の増大があり、テスト中止によって減少する。②この場合の変化は数分間で (増大は5~10分、減少は3~5分) 一定となる。③ CUSA 変動の平均値は $1.26 \pm 0.15 \text{ db}$ で、これは体位変換時の CUSA 変動値 (平均約 3 db) に比べて著明に少ない。

④また TAF テスト中と TAF テスト中止後における脳波 α 波の5分間平均値の差と CUSA 変動量に有意の正相関を認めることから TAF テスト中 α -blocking の強く起っていたものほど脳循環も TAF テスト中止時に比べて増加していたものと考えられる。

⑤連続10分間の TAF-L については、CUSA 変動量との間に直線的な相関関係はみられなかった。しかし TAF-L について連続10分間の平均値が 1.9 未満を維持した群と、2.0 以上になった群に群別して検討すると、両群の CUSA 変動値には有意の差がみられ、TAF の成績のよかったものに CUSA 変動量 (したがって CBF 変動量) の大きい傾向が認められた。脳代謝量の高まりを単純に合目的の効果と結びつけるには多くの問題があり、例えば素質とか効率といったことが考慮されなければならない。素質的に TAF の優れたものでは、素質的に TAF の劣ったものに比べて、TAF テストを行なう時の脳波の α -blocking が少ないという実験成績をさきに報告し、TAF が大脳の活動水準のみによって決定されるものではなく、素因的な因子が関与することを述べ

たが¹²⁾、一方、今回のように10分間連続の TAF テスト自体が相当の負荷として働き、素質の良否にかかわらず精神神経的努力を傾注しなければならない場合、その結果としての TAF の成績のよかったものでは脳血流の増加が大きかったものと考えられる。

結 論

TAF テストにおける脳超音波減衰変動測定を脳波記録とともにを行い、次のような結果を得た。

1) TAF テスト施行によって CUSA は減少し、一定のレベルに達して平衡状態となり、TAF テスト中止によって再び CUSA は復元増加する。

2) この変動量は対応する脳波の α 波の消長と相関し、テスト中 α -blocking の著明なものでは CUSA が大きな変動を示している。

3) 10分間の TAF テストでよい成績をあげたものの方が成績のわるかったものより CUSA 変動の大きい傾向が認められた。

これらの結果に対し、CUSA と脳循環に関する知見にもとづいて考察すると、精神活動によって脳波の変化と並行して脳循環量が増大したものと解される。また脳循環量の増大が TAF テストでよい成績をあげたものに著しいのは、本実験のような比較的長時間のテストにおいて、注意集中の努力がとくに高度であったためと解される。

文 献

- 1) 相沢豊三：循環障害の臨床，南山堂 (1959)
- 2) 相沢豊三：脳の循環と機能，中外医学社 (1964)
- 3) 相沢豊三：脳循環とその臨床，中外医学社 (1966)
- 4) Kety, S. S.: Human Cerebral Bloodflow and Oxygenconsumption as Related to Aging, J. Chron. Dis., 3, 478 (1956)
- 5) Sokoloff, L.: Relation of Cerebral Circulation and Metabolism to Mental Activity, Neurochemistry edditted Korey and Nürnbergger, 216~229 (1956)
- 6) Scheinberg, P.: Factors Influencing Cerebral Blood Flow and Metabolism, Circulation, 5, 225 (1952)
- 7) Mangold, R., Sokoloff, L. et al.: The Effects of sleep and Lack of Sleep on the Cerebral Circulation and Metabolism of Normal Yong Man, J. Clin. Invest, 34, 1092 (1955)
- 8) Ingvar, D.: Cortical State of Excitability and Cortical Circulation, Reticulalformation (1957)
- 9) Ingvar, D. and J. Risberg: Influence of Mental Activity upon Regional Bloodflow in Man, Laboratory of Clinical Neurophysiology, University Hospital of Lund Sweden, 183 (1966)

- 10) Ingvar, D. and J. Risberg : Regional Cerebral Bloodflow Related to EEG, Laboratory of Clinical Neurophysiology. University Hospital of Lund Sweden, 183 (1966)
- 11) 高桑栄松 : TAF に関する研究 (VI), 産業医学 8(1) 11 (1966)
- 12) 高桑栄松 : TAF に関する研究 (IX), 日衛誌, 21, 397 (1967)
- 13) 時夷利彦 : 脳の生理学, 朝倉書店 (1965)
- 14) 丸田久夫 : 新しい脳循環検査法, 内科 17, 150 (1966)
- 15) 丸田久夫 : 脳の超音波減衰と脳循環 Ultrasonorheometry, 脳と神経, 18, 61 (1966)
- 16) 丸田久夫 : 超音波診断法, 総合臨床, 17, 275 (1968)

(受付1968年3月13日)