岩手大学教育学部研究年報　第60巻第2号（2001．2）49〜59.

心理療法におけるEMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing）のメカニズム（II）

——Saccadeの問題——

菅　原　正　和*・芦　澤　志帆子**・田　山　　淳***
(2000年10月31日受理)

I　問題と目的

1999年代に入って彗星のように出現してきた画期的心理療法（“quantum psychotherapy”）EMDR（Eye Movement Desensitization and Reprocessing）の歴史的背景，現在の位置とその重要性については，すでに（I）で述べた。本研究「心理療法におけるEMDRのメカニズム」は臨床に寄与するため，以下の未解決になっている課題を，シリーズで神経心理学的視点から解明しようとしている。

1) EMDRに用いる感覚刺激で，F. Shapiroの原法より優れているものは何か。
2) 視覚刺激の方が他の聴覚や触覚刺激（e. g. R. J. Callahan）より治療効果が高いという報告がやや多いが，複合刺激の場合はどう変化するか。
3) Sensory modality よりも laterality 乃至 “rapid or saccadic eye movement”（e. g. Tallis, F. and Smith, E., 1994）が所謂 “reprocessing” に重要な役割を果たしている可能性がある。
4) 眼球運動の速度と方向性に関する最適範囲の究明とその根拠を明らかにすること。
5) REM睡眠における “rapid or saccadic eye movement” との関連性。
6) Hypnotherapy との部分的重複と topographical mapping の分析。
7) 再条件づけ過程としての “reprocessing” は如何にして可能か。

刺激提示方法について厳密な実験の積み重ねをしてきた研究者から，EMDRのプロトコル（Devilly, G. J. and Spence, S. H., 1999）と手続があまりにも勘と経験に依存している，という指摘が多く出されていた。本報告（I）においては，基本的には複合刺激（Macculloch, M. J. and Feldman, P., 1996；Sugawara, S. et al., 2000）以外の sensory modality 間の差は僅かである一方，saccadeを伴う視覚刺激はSUD s 降下速度を早める傾向を示すことが明らかと

---

*　岩手大学教育学部
**　岩手大学大学院教育学研究科
***　東北大学大学院医学系研究科

なった。それ故刺激提示条件において重要な factor は 3) 以下に含まれると考えられるので，「心理療法における EMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing) のメカニズム」(II)では，EMDR における “saccadic eye movement (以下 saccade)” の問題を分析する。

精神活動と眼球運動のメカニズムに関しては，I. P. Howard (Howard, I. P., 1982) の orientation に関する研究や R. Schmid と D. Zambarbieri らの認知プロセスと eye-head coordination に関する膨大な労作 (Schmid, R. and Zambarbieri, D., 1991) があり，更に第一線の眼球運動研究者が集う “European Conference on Eye Movements” では 1981 年以来隔年で視覚情報処理における oculomotor に関する論文を刊行している (2001 年 Turku 大会での刊行が 11 巻目になる) のでここでの重複はさける。しかし不思議なことに EMDR の oculomotor 研究が殆ど含まれていない。

眼球運動は，一般に随意運動と不随意運動によって Table 1 のように分類される (実験対象や方法の違い，flick (microsaccade) と saccade との重複等により，速度や角度に研究者間で相違がある)。

Table 1.　Involuntary–voluntary eye movements and functions.

Involuntary eye movements
(Utricular and propriceptive reflexes, stabilization of the retinal image)
1) Tremor (15–45", A=17.5" ; 3–5Hz)
2) Flick=microsaccade (1–20', A=5–6 '; 3–5Hz)
3) Drift (5 '; 1–5Hz)
4) Nystagmus
a. Optokinetic nystagmus=Rairoad nystagmus (jerk nystagmus)
b. Vestibulo-ocular nystagmus, slow phase
c. Undulatory, pendular nystagmus
d. Stimulation nystagmus=physiological nystagmus
e. Caloric nystagmus　　f. Rotatory nystagmus
g. Optic nystagmus (neonate)=nystagmus amblyopicus
h. End-position nystagmus　i. Miner's nystafmus

Voluntary eye movements
1) Saccadic eye movement (20–70 msec + 150–500 msec, 2–4/sec, 300–500°/sec, quick phase) →Saccadic suppression
(Reflex and voluntary saccadic changes of fixation, foveate eyes only)
(e.g. Spanio, M. et al., 1991)
2) Smooth pursuit (foveal persuit movements ; maintainig a particular image on the fovea 〈fovate eyes only〉, maintenance of steady fixation, 30°/sec, slow phase)
3) Vergence movement (coodinated version and vergence, movements serving stereopsis)
(e.g. van der Steen, et al., 1991)

EMDR の眼球運動は Table 1 の随意的眼球運動 saccadic eye movement が中心となる。それは他の眼球運動をも誘発しつつ，垂直では無く水平基本軸にときおり habituation を回避するための oblique position を挿入している。EMDR は何故 saccade を必要とするのであろうか。著者らは，EMDR の眼球運動で必要なのは saccade 一般ではなく (REM 睡眠に出現するような) horizontal saccadic eye movements である－との仮説を持っている。本研究「心理療法における EMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing) のメカニズム

(Ⅱ)—Saccade の問題—」は，3) と 4) の問題解明のための手がかりとして“two sweep/sec, 120 beats/min”を採用し，vertical-horizontal saccade 間の SUDs (Subjective Unit of Disturbance Scale) と EMDR 各 4 phase での EEG topography mapping を分析した。

Ⅱ　実験方法

1) 被　験　者

被験者は平均年齢 21 歳 (SD=1.2), (男性 11 名，女性 10 名) 合計 21 名であった。なお，全被験者において，利き手は右手であり，色覚や視力，聴力に関する異常は認められなかった。

2) EMDR に用いる提示刺激

視覚刺激の持続時間は，500ms, ISI (Inter Stimulus Interval) も同様に 500ms とした。この過程を 30sec 繰り返し，1 set とした。なお，被験者の疲労を考慮して 1 session の上限を 10 set とした。刺激の方向性は上下に限定し単調反復刺激にならないように，上下の出現の割合を乱数表を用いてランダマイズした。このような刺激の統制には，ハードウエアは，富士通製 FMV Deskpower SⅣ207 を使用し，ソフトウエアプログラムは日本光電製の『P300 音声・画像刺激装置 (AAA-15090)』を用いた。

刺激の出力は，パソコンのディスプレイ上で行った。背景は黒色を使用し，目で追跡するポイントは白色，被験者からディスプレイの中心点までの距離は約 60cm，上下の刺激に対しての視角度は 16.95°であった。

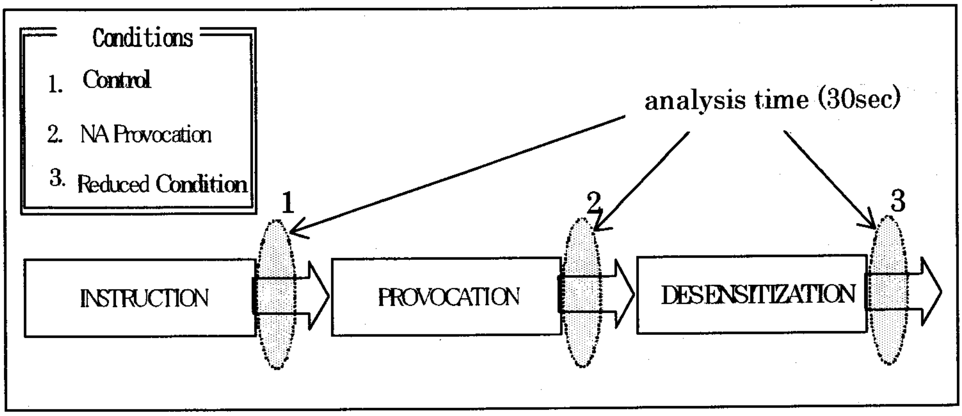

Fig 1.　The EMDR experimental procedures.

3) 手　続　き

実験事態の全体的説明の後，被験者は防音電気シールドルーム内のリクライニングシートに座る。①安静でのインストラクション (control, baseline), ② (心的) 外傷記憶の想起 (ストレス負荷), ③各刺激の提示と set ごとのストレス評価，④session 後の評価という順序で移行した。

かつて体験した強い negative な感情を伴う場面のイメージと，その時の感情を想起し，さらに本実研が，感情がどのように変化していくかを観察するものであることも教示した。

D. Watson らに従い（Watson, D. and　Tellegen, A., 1985）怒り，恐れ，悲しみ，恥ずかしさ，の4つの感情語を手がかりとして被験者が思い出しやすかった場面を探り，時間を無制限にしてその感情語に沿った場面をその感情と共に想起してもらった。場面イメージ及び感情想起が十分になされた時点で被験者からの応答があり，その声を確認したところで，SUDs（ストレスの強度を，0（neutral or calm）から10（the worst you can think of）の11段階で評価する）によるストレス評価をおこなった（基準評価)。そして，その後1分間ほど現在の気持ちを維持するように伝える。

第1 set の開始は，基準評価の1分後からであった。刺激提示後には SUDs 評価を行い，これを 1set として 1 session の上限は 10set であるが，SUDs が0まで低下した時点，或いは 10set の SUDs 評価が終了した時点で，1 session の実験を終了した。

実験後評価：被験者は実験後には，想起は十分できたかどうか，実験前と比べて実験後のストレスはどうであったか，そしてその他自由に内省報告をすると同時に自由記述をしてもらった。

4）脳波の記録

脳波は国際脳波学会基準電極配置法（ten-twenty electrode system）に従い，F3，Fz，F4，T3，C3，Cz，C4，T4，P3，Pz，P4，OL，OZ，ORの14部位から両耳朶（A1，A2）を基準として導出した。但し，OL，ORはOZより側方5cmとした。これと同時に水平方向と垂直方向の眼球運動（EM1，EM2）の記録も行った。時定数は，脳波 0.3 sec，眼球運動は 2.0 sec に設定した。

Ⅲ 結　　果

1）SUDs 変動の比較

視覚刺激1（horizontal）と比較した，視覚刺激2（Vertical）の各刺激提示による SUDs の変動結果を以下に示す（Fig. 2)。

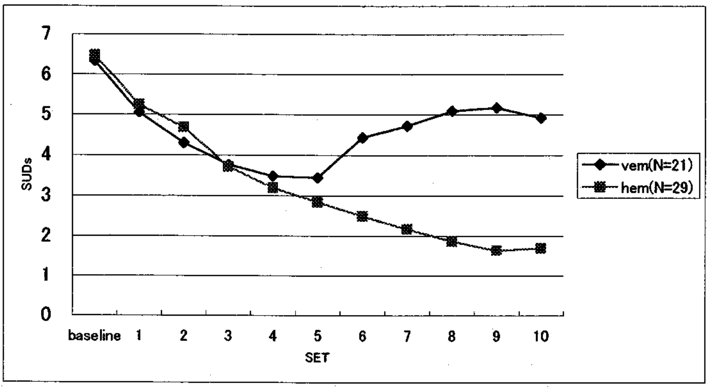

Fig 2.　Reduction of SUDs between the vertical and horizontal stimulus conditions.

刺激条件ごとの SUDs 変動に差があるかどうかを見るため，Kruskal-Wallis の検定を行ったところ，SUDs 6–SUDs 10 間で有意な差が認められた。検定の結果を以下に示す（Table. 2)。

Table 2. Assessment of SUDs between the vertical and horizontal stimulus conditions.

	vem		hem		t
	ave	sd	ave	sd	(Kruskal-Wallis)
baseline	6.33	1.83	6.48	1.77	0.29
SUDs 1	5.05	2.33	5.24	1.81	0.33
SUDs 2	4.29	2.37	4.68	1.79	0.66
SUDs 3	3.76	2.63	3.70	1.98	−0.09
SUDs 4	3.47	2.72	3.20	2.00	−0.39
SUDs 5	3.44	3.09	2.84	2.14	1.80*
SUDs 6	4.43	3.01	2.50	2.02	−2.37**
SUDs 7	4.71	2.97	2.17	1.75	−3.29**
SUDs 8	5.08	2.87	1.87	1.77	−4.16**
SUDs 9	5.17	2.73	1.64	1.76	−4.59**
SUDs 10	4.92	2.81	1.70	1.95	−3.83**

EEG $\alpha 1$, $\alpha 2$ topography 分析：Fig. 3 (grand-average), 4 (a sample) は EMDR (vertical) 遂行過程 4 stage (control, accelerated memory, desensitization, post phase) の $\alpha 1$,

Table 3. EEG ($\beta 1$ and $\beta 2$) topographical analyses.

Control-Provocation												
部位	周波数帯域	平均(1群)	平均(2群)	分散(1群)	分散(2群)	観測数(1群)	観測数(2群)	自由度	標準偏差	t 値	P値(両側)	有意差
F4	beta1	0.08575	0.10082	0.00111	0.00219	7	7	6	0.01968	−2.02706	0.08903	+
C3	beta2	0.03739	0.04979	0.00088	0.00172	7	7	6	0.01342	−2.44666	0.05002	+
Cz	beta2	0.02973	0.03993	0.00016	0.00018	7	7	6	0.00648	−4.1686	0.00589	**
P3	beta2	0.03256	0.05142	0.00024	0.00069	7	7	6	0.01676	−2.97797	0.0247	*
PZ	beta2	0.03432	0.05513	0.00035	0.00065	7	7	6	0.0174	−3.16248	0.0195	*
P4	beta2	0.03161	0.05614	0.00015	0.00066	7	7	6	0.01731	−3.75034	0.00951	**
OL	beta2	0.02728	0.05776	0.00015	0.00106	7	7	6	0.02795	−2.88496	0.02788	*
OZ	beta2	0.02645	0.05615	0.00014	0.00161	7	7	6	0.03444	−2.28151	0.06267	+
Control-Reduced Condition												
部位	周波数帯域	平均(1群)	平均(2群)	分散(1群)	分散(2群)	観測数(1群)	観測数(2群)	自由度	標準偏差	t 値	P値(両側)	有意差
Cz	beta2	0.02973	0.03677	0.00016	0.00024	7	7	6	0.00913	−2.0406	0.08737	+
P3	beta2	0.03256	0.04325	0.00024	0.00049	7	7	6	0.01237	−2.28495	0.06238	+
Provocation-Reduced Condition												
部位	周波数帯域	平均(1群)	平均(2群)	分散(1群)	分散(2群)	観測数(1群)	観測数(2群)	自由度	標準偏差	t 値	P値(両側)	有意差
F3	beta1	0.13102	0.1112	0.00481	0.00449	7	7	6	0.02105	2.48977	0.04718	*
Cz	beta1	0.08795	0.0731	0.00204	0.00167	7	7	6	0.01454	2.70214	0.03548	*
P3	beta2	0.05142	0.04325	0.00069	0.00049	7	7	6	0.0085	2.54315	0.04389	*
PZ	beta2	0.05513	0.04112	0.00065	0.0004	7	7	6	0.00942	3.93363	0.00768	**
P4	beta2	0.05614	0.03908	0.00066	0.00033	7	7	6	0.01413	3.19501	0.01872	*
OL	beta2	0.05776	0.03966	0.00106	0.0008	7	7	6	0.01681	2.84777	0.02927	*
OZ	beta1	0.12628	0.08951	0.00991	0.00395	7	7	6	0.04433	2.19496	0.07059	+
	beta2	0.05615	0.0321	0.00161	0.00025	7	7	6	0.02695	2.36131	0.05618	+
OR	beta2	0.07291	0.05229	0.00775	0.00498	7	7	6	0.0191	2.85689	0.02892	*

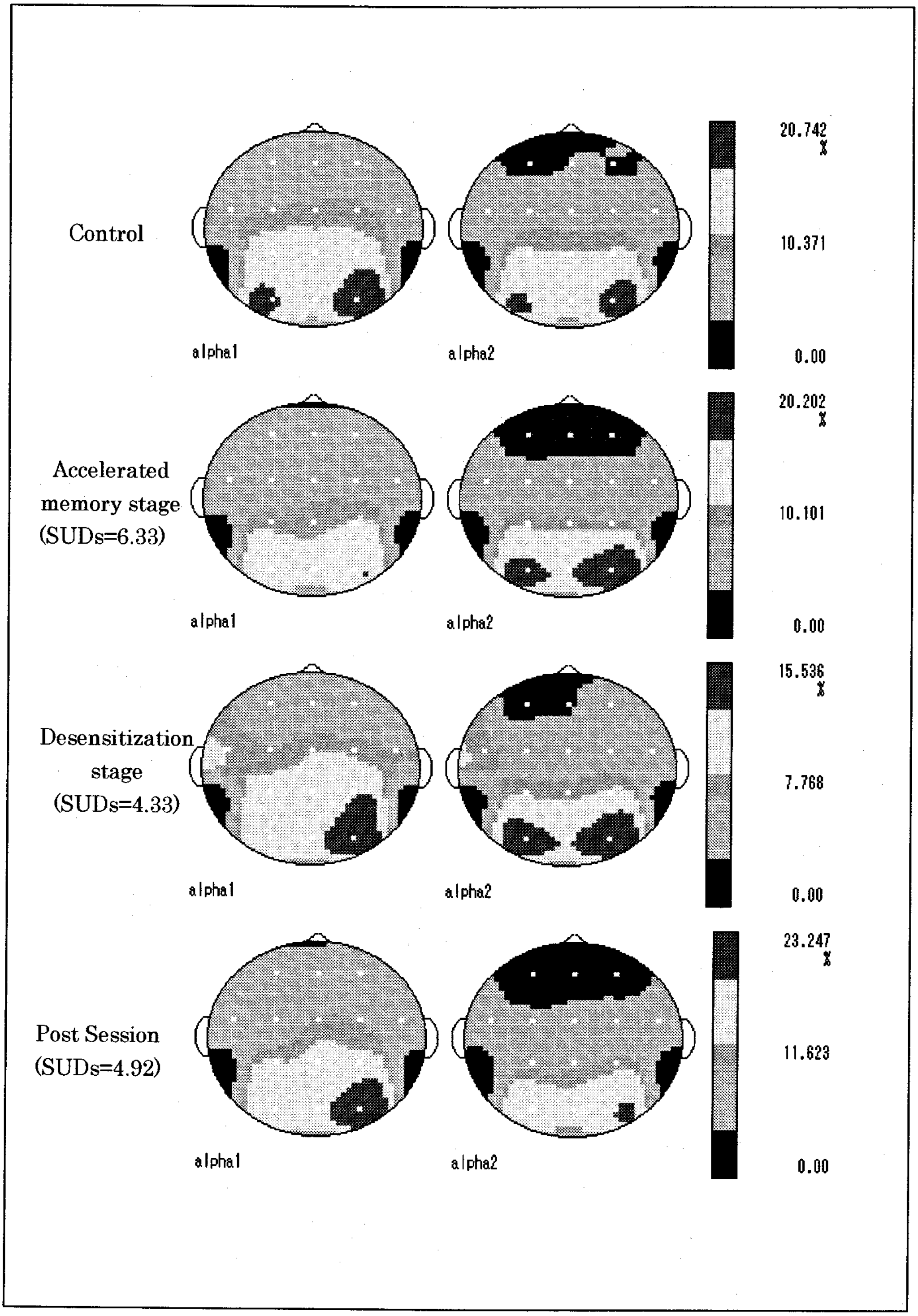

Fig 3. EEG spectrum analysis during four conditions.

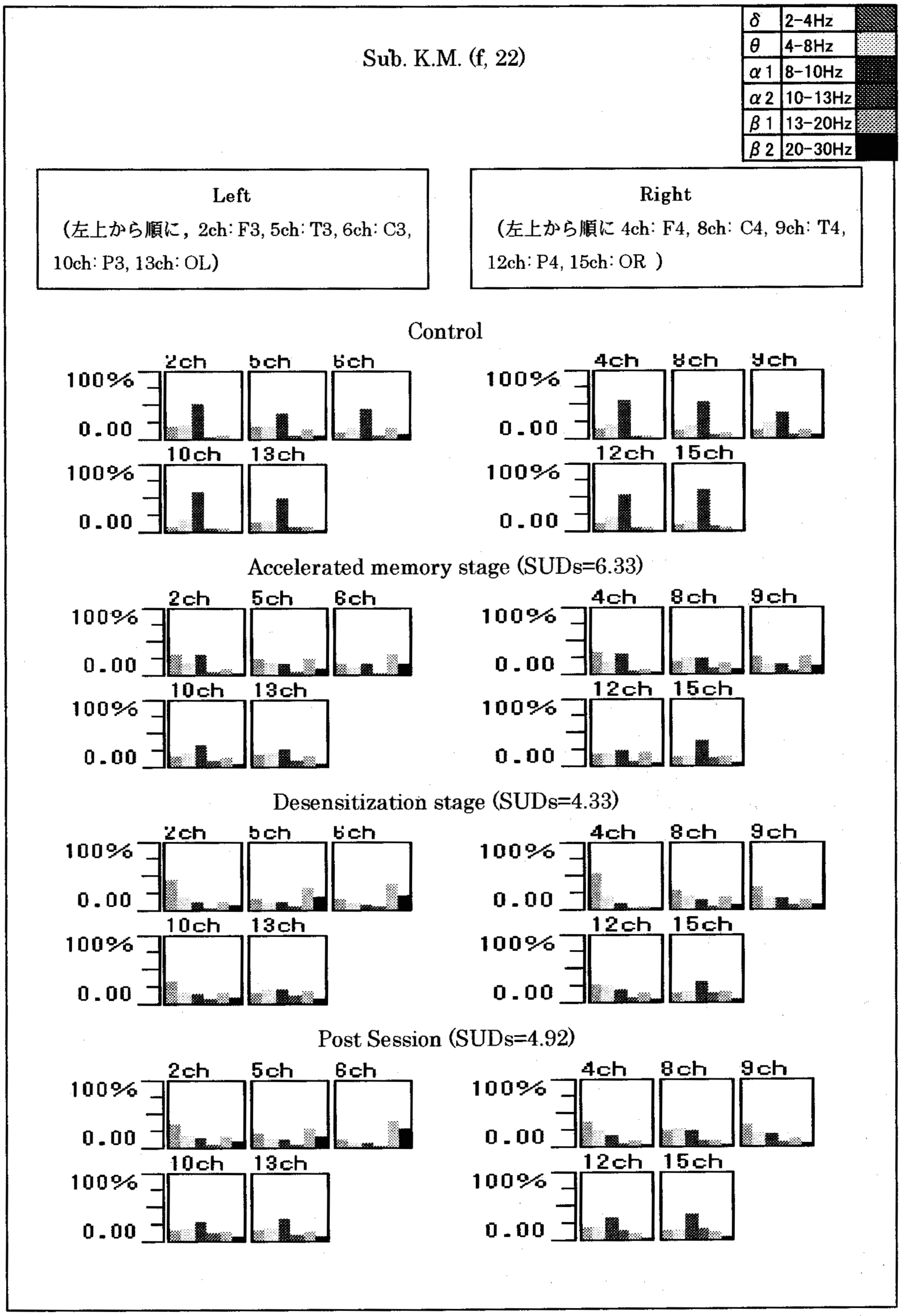

Fig 4. Topographical frequency mapping of $\alpha 1$, and $\alpha 2$ during four conditions.

$\alpha 2$含有率変動を示したものである。各stageごとに$\alpha 1$，$\alpha 2$含有率変動を見ていくと，control条件下では左右後頭部OR, OLの$\alpha 1$，$\alpha 2$の含有率が増大し，accelerated memory stageでは左右後頭部OR, OLの$\alpha 1$とparietalの$\alpha 1$，$\alpha 2$含有率が減少しているが，desensitization stageでは，parietalの$\alpha 1$，$\alpha 2$と右後頭部ORの$\alpha 1$含有率，左側頭部T3の$\alpha 1$，$\alpha 2$含有率が増加することが注目される。しかし，horizontal条件と比較すると，post session時には左右後頭部OR，OLの$\alpha 2$パワー値，左側頭部T3の$\alpha 1$，$\alpha 2$パワー値が減少しており，SUD sの降下効果が僅かしか見られないことと符合している。

Table 3は視覚刺激条件1 (horizontal) における$\beta 1$，$\beta 2$のstage間検定を示したものである（抽出7名のgrand-average)。Control条件，instruction時で，左右前頭部F3，F4，左右部P3，P4，中心部Cz，accelerated memory stage条件下で，左右前頭部F3，F4，右後頭部OR，desensitization stageで，左頭頂部P3，中心部Cz，左後頭部OLの$\beta 1$ power値と右前頭部F3 $\beta 2$ power値が有意に増大している。

IV 考察と結論

心理療法におけるEMDRに対する期待が大きければ大きいほど，勘や経験のみに頼らない科学的な最適のEMDRプロトコルを確立するためには，これから解明していかなければならない問題は山積している（例えば，M. L. Macklinらの報告（Macklin, M. L. et al., 1999）は長期的にみると悲観的である)。本研究は，上記のような未解決の課題に対して実験心理学的・生理心理学的手法を用いてのEMDR治療過程の最適条件を詳細に検討していこうとするものである。例えば，therapistの指へのgazingは如何にもhypnotherapy（e. g. Greenwald, R., 1995, 1999）を連想させ，果たしてF. Shapiroが主張するようにhypnotherapyとは無縁なのか否か，方向性と速度は最適か，そしてその根拠は-----。

ヒトにおける正負の情動処理には大脳半球間での側方性（lateralization）があり（Canli, T. et al., 1998；Spivak, B. et al., 1998；Levin, P. et al., 1999），心的外傷は強固な負の反射回路を形成することがある。我々の仮説は，EMDRのsaccade（特にhorizontal saccade）がこれを解除する役割を果たしていると考えている。おそらくヒトは，通常の人生において，EMDRのような激しい眼球運動を経験することは殆どありえない。

臨床場面で経験的に用いられているEMDRの眼球運動は，主としてFig. 5におけるDBD'を主軸に（CBC'軸ではなく） habitationを避けるためPB（B'（上，下斜筋支配）を挿入していると考えてよい。しかしその意味については未解決のまま実践されてきているのである。本実験で用いた眼球運動は，Fig. 5のDBD'とCBC'のSUD s比較である。動物実験によるvertical gazingの研究（Pettorossi, V. E. et al., 1991）でも水平運動とはかなり反射が異なる(VVOR vs. HVOR：vertical vestibulo-ocular reflex, horizontal vestibulo-ocular reflex)。眼球運動の中枢は視覚18野，V1 (Zeki, S., 1993)と前葉眼野，側頭葉の一部にあたるが，一方EMDRの眼球運動には，眼球に付着している6つの眼筋（m. rectus superior, m. rectus inferior, m. rectus medialis, m. rectus lateralis, m. obliquus superior, m. obliquus inferior）全てが，パラレルにHering並びにSherringtonの法則にしたがって相互に関わっている。このうち機能の異なる上眼瞼挙筋を除く，上直筋，下直筋，内側直筋（副交感神経が分布）と下斜筋はmesencephalonの動眼神経核に至る第3脳神経oculomotoriusの支配を受けており，眼

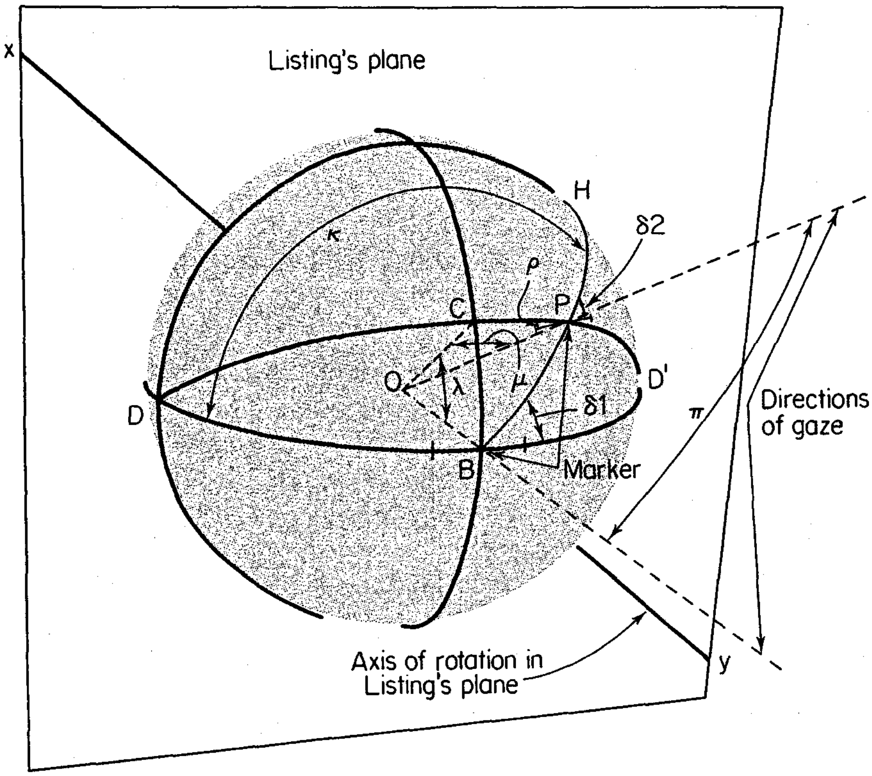

Fig 5.　The basic geometry of eye movements (OB; the primary position, OP an oblique position, DBD; the original horizontal meridian [reproduced from Howard, I. P., 1982]).

球を下外側に回転させる上斜筋は同じく mesencephalon の滑車神経核から出る第 4 脳神経 nervus trochlearis の支配を受けている。他方眼球を外側に向けさせる外側直筋だけは pons の下縁から発している第 6 脳神経 nervus abducens の支配を受けている。したがって Fig. 2 にみられる horizontal-vertical saccade の EMDR SUDs 下降速度の違いは，相互に関連しながらも主に mesencephalon 経路と pons 経路の違いから生じていると思われる。中脳と延髄の間の膨降部 pons は最も重要な伝達経路で，上部は左右 pendunculus cerebri に続き，背面は第 4 脳室上半部底を経て cerebellum に，外側部は pendunculus cerebellaris medius を経て，同じく cerebellum に続く。

PTSD や ASD においては，本来中性であった視覚や聴覚経験が強固な恐怖反射回路を形成してしまっており，この (pons 伝達路を含む) 神経回路の再構成が EMDR の saccade を手がかりとして可能となるのであろう。REM 睡眠中のリズムをつくる pontine reticular activation は青斑核と縫線核の抑制支配を受けつつ，水平方向を主とする急速眼球運動を随伴する。Reprocessing の機能を有する可能性の高い REM 睡眠中の saccade eye movement (e. g. Greenwald, R., 1995) と EMDR の眼球運動との関連については(Ⅲ)，(Ⅳ) において詳しく論じる。

References

1) Canli, T., Desmond, J. E., Zhao, Z., Glover, G., and Gabrieli, J. D. (1998) Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI. Neuro−report, **9**, 3233-3239.

2) Devilly, G. J. and Spence, S. H. (1999) The relative efficacy and treatment distress of EMDR and a cognitive−behavior trauma treatment protocol in the amelioration of posttraumatic stress disorder. Journal of Anxiety Disorder, **13**, 131-157.

3) Greenwald, R. (1995) Eye movement desensitization and reprocessing (EMDR) : A new kind of dream work? Dreaming, **5**, 51-55.

4) Greenwald, R. (1999) The power of suggestion : comment on EMDR and mesmerism : a comparative historical analysis. Journal of Anxiety Disorder, **13**, 611-615.

5) Howard, I. P. (1982) Human Visual Orientation. John Wiley & Sons, Tronto.

6) Levin, P., Lazrove, S., and van der Kolk, B. (1999) What psychological testing and neuroimaging tell us about the treatment of posttraumatic stress disorder by eye movement desensitization and reprocessing. Journal of Anxiety Disorder, **13**, 159-172.

7) Macculloch, M. L. and Feldman, P. (1996) Eye movement desensitization treatment utilises the positive visceral element of the investigatory reflex to inhibit the memories of post−traumatic stress disorder : a theoretical analysis. British Journal of Psychiatry, **169**, 571-579.

8) Macklin, M. L., Metzger, L. J., Lasko, N. B., Berry, N. J., Orr, S. P., and Pitman, R. K. (2000) Five−year follow−up study of eye movement desensitization and reprocessing therapy for combat−related posttraumatic stress disorder. Comprehensive Psychiatry, **41**, 24-27.

9) Pettorossi, V. E., Bruni, R., Draicchio, F., Ferraresi, A., Errico, P., and Santarelli, R. M. (1991) Vertical gaze stability in the cat : Otolithic contribution. In R. Schmid and D. Zambarbieri (Eds.) : Oculomotor Control and Cognitive Processes. North−Holland, Amsterdam, pp. 115-128.

10) Shapiro, F. (1991) Eye movement desensitization and reprocessing procedure : from EMD to EMD/R −a new treatment model for anxiety and related traumata. The Behavior Therapist, **14**, 133-135

11) Shapiro, F. (1995) Eye movement Desensitization and Reprocessing : Basic Principles, Protocols, and Procedures. Guilford Press, . New York, 1995

12) Schmid, R. and Zambarbieri, D. (1991) Oculomotor Control and Cognitive Processes : Normal and Pathological Aspects. North-Holland, Amsterdam.

13) Spivak, V. Segal, M., Mester, R., and Weizman (1998) Lateral preference in post−traumatic stress disorder. Psychological Medicine, **28**, 229-232.

14) Sugawara, M., Suzuki, K., and Xue, C. H. (2000) Stimulus procedures for EMDR (eye movement desensitization and reprocessing). VII European Congress of Psychology, London (in press).

15) Tallis, F. and Smith, E. (1994) Does rapid eye movement desensitization facilitate emotional processing? Behavioural Research and Theraphy, **32**, 459-461.

16) van der Steen, J., Simpson, J. I., and Tan, J. (1991) Representation of three-dimensional eye movements in the cerebellar flocculus of the rabbit. In R. Schmid and D. Zambarbiere (Eds.) : Oculomotor Control and Cognitive Processes. North-Holland, Amsterdam, pp. 63-77.

17) Watson, D. and Tellegen, A. (1985) Toward a consensual structure of mood. Psychological Blletin, **98**, 216-235.

18) Zeki, S. (1993) A Vision of the Brain. Blackwell Scientific Publications, Oxford .