終夜睡眠脳波のベースライン・スタディ

—個人内日間変動と個人間変動—

Baseline Study of Sleep Electroencephalography —Daily variation and individual variation—

順天堂大学医学部公衆衛生学教室

木村 康一

群馬大学医学部公衆衛生学教室

川田 智之・竹内 一夫・小川 正行

青木 繁伸・鈴木 庄亮

Koichi Kimura

Department of Public Health, Juntendo University School of Medicine, Tokyo

Tomoyuki Kawada, Kazuo Takeuchi, Masayuki Ogawa
Shigenobu Aoki and Shosuke Suzuki

Department of Public Health, Gunma University School of Medicine, Maebashi

The aims of the present study were to observe the daily habituation to night sleep in a laboratory environment and to make clear the daily and individual sleep variations by using polygraph parameters, including electroencephalography (EEG). Sleep EEG records were obtained from a subject who slept ten successive nights, and from six subjects who each slept one night in the laboratory. The parameters used were as follows: sleep stage %, sleep latency (SL), REM latency (RL), number of stage shifts, subjective sleep, integral EMG, and slope (a) and intersect (b) of a regression equation used to estimate the sleep depth against sleep time.

Stage WAKE and SL, slope (a), intersect (b) and the mean depth of sleep were found to become stable from the fifth night. Stage MT, the number of stage shifts, and integral EMG increased significantly from the fifth night and later, showing $p < 0.01$, $p < 0.01$, and $p < 0.05$, respectively. Judging from these findings, the sleep habituation of the subject in the laboratory was completed within the first four nights.

Coefficients of variation of sleep stage 2 and stage REM of the ten-nights' EEG were the lowest among all the sleep parameters examined. Almost all the parameters of day-to-day sleep of the subject who slept for ten successive nights in the laboratory showed smaller variations than those of the other six subjects. It may be concluded that the mist effect on sleep could be assessed more precisely by using an individual repeatedly than by using a group of subjects.

Key words: 睡眠, 脳波, 馴れ, ベースライン, 個人内日間変動, 個人間変動

Sleep, Electroencephalography, Habituation, Baseline, Daily variation, Individual variation

はじめに

騒音の睡眠への影響を検討する方法に、脳波による睡眠段階判定法がある。終夜脳波測定が、実験室という特殊な環境で行われる場合には、被検者の不安などの心理的要因や電極装着などの物的要因によって、日常の睡眠とは異なったものになるおそれがある。これが実験室効果と呼ばれるもので、特に第一夜に顕著にみられるとされている¹⁻⁴⁾。Kryter は、実験室条件下と実際の生活環境下では、同じ騒音レベルであっても睡眠中の覚醒反応が、後者において低い傾向にあることを報告している⁵⁾。これは実験室での騒音影響評価に際して、十分留意しなければならない点である。しかしこの点は、未だ十分に解明されておらず、第一夜のデータを分析から除外するなどして、回避しているのが現状である。

そこでベースラインスタディとして、被検者の経日的な、いわゆる馴れ habituation の有無あるいは程度を終夜睡眠脳波 (の各種パラメータ) について検討することを試みた。すなわち、一被検者の連続終夜脳波測定データから、個人内の日間変動量を把握し、さらに個人間の睡眠パラメータの変動量と比較検討した。その結果、若干の知見を得たのでここに報告する。

実験方法

個人内日間変動に関しては、健康な27歳の男子K 1名 (身長170 cm, 体重67 kg) について、昭和62年4月19日から10日間連続の睡眠脳波測定を行った。測定日の日中における生活行動は、昼寝を禁止した以外に制限は加えなかった。本報被検者Kの場合、ほぼ毎日飲酒の習慣があるが (ウィスキー2〜3杯)、本測定においては第3夜にワインをグラス1杯、第5夜にビールをグラス1杯、

第6夜にシャンパンをグラス2杯摂取した。また第10夜の日中は、バレーボールを30分間行っている (この間の心拍数は150〜173/min.)。その他は講義と desk work が大半を占める生活行動をしていた。参考までに、VINE社の Heart Rate Memory を用いて測定した24時間ごとの心拍数の平均、標準偏差等を表1に示す。

一方、個人間変動の検討に関しては、健康な19〜28歳の男子大学生6名 (H, M, Mi, U, Ka, S) について、昭和61年から62年にかけて測定したそれぞれ第1夜のデータを用いた。

測定当日は午後9〜10時頃、脳波計などの調節および電極の装着を行い、被検者は暗騒音約30〜35 dB(A)の実験室で0〜1時に就寝し、翌朝8時半頃測定者によって起床させられた。主観的な睡眠状態を把握するために、起床後、被検者の当夜における睡眠感についてのアンケート調査⁶⁾を行った。睡眠段階判定は Rechtschaffen & Kales⁷⁾ のクライテリアに基づいた、青木ら⁸⁾ の睡眠段階自動解析システムを用いたが、入眠までの睡眠段階判定には若干の視察による修正を加えた。脳波は左中心 (C3) 一右耳介 (A2) の単極誘導をとり、不関電極は正中額部においた。眼球運動は右眼窩外側縁一左耳介、左眼窩外側縁一左耳介の単極誘導をとった。筋電図は頤正中中部と左頤筋間の双極誘導をとった。なお、主なパラメータは各睡眠段階の出現率 (WAKE 期, 1 期, 2 期, 3 期, 4 期, REM 期, MT 期), 入眠潜時 (SL), REM 潜時 (RL), 睡眠段階移行回数/h (Shift), 筋電図 (EMG) の積分値, 睡眠感, また MT 期を除く睡眠段階 WAKE 期, 1 期, REM 期, 2 期, 3 期, 4 期をそれぞれ 0, 1, 1.5, 2, 3, 4 と数値化して求めた平均睡眠深度, 就寝後の時間を独立変数, 睡眠深度を従属変数とした回帰直線の勾配と y 切片を試みの指標として用いた。睡眠

表1 被検者 K における24時間毎の心拍数/min. の算術平均値, 標準偏差および身体運動による最高値

実験日	平均	±	標準偏差	身体運動による最高値	その他の最高値
第1日	—	—	—	—	—
2	74.1	±	13.42	121 (階段 up 5F)	
3	75.1	±	10.42	126 (階段 up 5F)	
4	81.6	±	12.56	119 (階段 up 5F)	122 (アルコール)
5	78.4	±	16.15	115 (階段 up 5F)	151 (精神的緊張)
6	76.1	±	12.85	121 (階段 up 5F)	138 (アルコール)
7	74.9	±	12.84	123 (階段 up 5F)	
8	74.5	±	13.23	120 (階段 up 5F)	
9	76.7	±	15.57	137 (車の手洗い)	
10	80.9	±	17.71	173 (バレーボール)	

注 その他の最高値は身体運動による最高値より大きい場合のみ示した。

深度の数量化に当たっては、REM 睡眠が音刺激と夢内容の混同から覚醒域値が上昇し易い傾向にあるので^{*)} 1.5とした。回帰式の勾配と y 切片は、睡眠深度の経時変化をみるために用いた。なお有意性の検定には Mann-Whitney test を用いた。また終夜睡眠時間の長短による各パラメータの変化をみるために、各夜の終夜睡

眠時間を統一した上での検討も加えた。終夜睡眠時間の統一は、各夜の就寝後の最小終夜睡眠時間である367分に揃え、以降を切り捨てて行った。

結 果

(1) 被検者 K における10日間連続終夜睡眠脳波測定

表2 被検者 K における10夜の各睡眠段階出現率の推移

被検者	実験日	SW	S1	S2	S3	S4	REM	MT	睡眠時間(分)
K	第1日	3.1 (3.8)	6.3 (5.7)	63.0 (65.2)	0.0 (0.0)	0.0(0.0)	26.2 (24.0)	1.1 (1.4)	446 (367)
	2	8.4 (9.8)	14.3 (10.4)	58.2 (62.4)	0.2 (0.3)	0.0(0.0)	17.8 (15.8)	1.1 (1.4)	467 (367)
	3	2.2 (3.0)	7.6 (5.7)	64.1 (63.5)	0.0 (0.0)	0.0(0.0)	25.1 (26.7)	1.0 (1.1)	498 (367)
	4	9.2 (9.3)	7.3 (7.1)	56.3 (56.4)	0.3 (0.3)	0.0(0.0)	26.1 (26.2)	0.8 (0.8)	368 (367)
	5	5.2 (7.6)	3.9 (5.2)	55.6 (65.4)	0.2 (0.0)	0.0(0.0)	32.4 (17.7)	2.8 (4.1)	543 (367)
	6	4.0 (5.2)	7.2 (7.6)	59.4 (66.8)	0.4 (0.5)	0.0(0.0)	26.4 (16.3)	2.5 (3.5)	552 (367)
	7	2.8 (3.8)	8.2 (7.4)	57.8 (54.8)	0.0 (0.0)	0.0(0.0)	28.5 (30.5)	2.8 (3.5)	502 (367)
	8	3.3 (3.3)	7.1 (7.1)	59.7 (59.7)	0.5 (0.5)	0.0(0.0)	25.6 (25.6)	3.8 (3.8)	367 (367)
	9	3.6 (4.9)	14.5 (18.0)	55.6 (60.5)	0.2 (0.3)	0.0(0.0)	22.8 (12.5)	3.2 (3.8)	496 (367)
	10	4.7 (6.0)	10.0 (12.8)	61.0 (63.5)	0.0 (0.0)	0.0(0.0)	21.8 (14.4)	2.5 (3.3)	472 (367)
Mean		4.7 (5.7)	8.6 (8.7)	59.1 (62.6)	0.2 (0.2)	0.0(0.0)	25.3 (21.0)	2.2 (2.7)	471.1
S.D.		2.36(2.46)	3.39(4.00)	2.96(3.04)	0.18(0.21)	—(—)	3.92(6.28)	1.07(1.31)	63.36
C.V.		50.2(43.2)	39.4 (46.0)	5.0 (4.9)	90.0(105.0)	—(—)	15.5 (29.9)	48.6(48.5)	13.4

注1 SW: Stage Wake S1-4: Stage 1-4 MT: Movement Time S.D.: 標準偏差 C.V.: 変動係数

注2 () 内は検討対象睡眠時間を367分に統一した場合の数値を示す。

表3 被検者 K における10夜の各パラメータの推移

被検者	実験日	SL	RL	Shift	途中覚醒	勾配 a	切片 b	平均睡眠深度	EMG	睡眠時間(分)
K	第1日	23	173	4.3 (4.6)	1 (1)	0.025	1.65	1.74	2336	446 (367)
	2	44	148	5.9 (5.4)	2 (1)	0.068	1.33	1.60	2968	467 (367)
	3	23	90	4.1 (3.6)	1 (1)	0.010	1.71	1.75	2763	498 (367)
	4	45	109	4.1 (3.9)	1 (1)	0.149	1.15	1.61	3290	368 (367)
	5	41	45	6.6 (7.7)	0 (0)	0.043	1.49	1.69	3289	543 (367)
	6	32	72	7.0 (7.7)	4 (1)	0.022	1.61	1.71	3326	552 (367)
	7	30	149	6.3 (6.5)	0 (0)	0.024	1.61	1.71	3429	502 (367)
	8	33	52	7.7 (7.7)	2 (2)	0.056	1.56	1.73	3758	367 (367)
	9	38	120	8.0 (7.2)	1 (1)	0.032	1.52	1.66	3571	496 (367)
	10	36	69	5.3 (6.0)	0 (0)	0.040	1.53	1.69	3262	472 (367)
Mean		34.5	102.7	5.93(6.03)	1.2 (0.8)	0.047	1.52	1.69	3199	471.1
S.D.		7.82	44.24	1.44(1.59)	1.23(0.63)	0.0398	0.165	0.052	412.1	63.36
C.V.		22.7	43.1	26.7(26.4)	102.5 (78.8)	84.7	10.9	3.1	12.9	13.4

注1 SL: Sleep Latency (min.) RL: REM Latency (min.) Shift: 睡眠段階移行回数/h S.D.: 標準偏差 C.V.: 変動係数

注2 () 内は検討対象睡眠時間を367分に統一した場合の数値を示す。

注3 勾配 a および切片 b は就寝後の時間を独立変数、睡眠深度(睡眠段階 MT を除き、SW, S1, REM, S2, S3, S4 をそれぞれ 1, 1.5, 2, 3, 4 と数量化)を従属変数とした回帰直線 ($y = ax + b$) の勾配、および y 切片を示す。

注4 平均睡眠深度は睡眠深度の算術平均を示す。

実験第 1 夜から第 10 夜にあたる 10 日間の各夜の睡眠段階の出現率を、各終夜睡眠時間を統一した場合の数値とともに表 2 に示した。同様に、入眠潜時、REM 潜時、睡眠段階移行回数、平均睡眠深度、就寝後の時間に対する睡眠深度の回帰式の勾配 a と切片 b、および EMG 積分値を表 3 に示した。表 6 には各パラメータの平均、標準偏差および変動係数を示した。また被検者 K における各夜の睡眠段階出現率の構成比を図 1 に示した。

被検者 K の場合、10 日間における各パラメータの平均値±標準偏差は、WAKE 期：4.7±2.36 (%)、1 期：8.6±3.39 (%)、2 期：59.1±2.96 (%)、3 期：0.2±0.18 (%)、REM 期：25.3±3.92 (%)、MT：2.2±1.07 (%)、入眠潜時：34.5±7.82 (分)、REM 潜時：102.7±44.2 (分)、睡眠段階移行回数/h：5.9±1.44 (回)、途中覚醒：1.2±1.23 (回)、勾配 a：0.047±0.0398、切片 b：1.52±0.165、平均睡眠深度：1.69±0.052、および EMG 積分値：3199±412.1 であった。3 期は各夜とも 1% 未満で、ほとんど現われず、4 期は全く出現しなかった。平均して 2 期は 59.1%、REM 期は 25.3%、および平均睡眠深度は 1.69 を示し、変動係数はそれぞれ 5.0%、15.1%、および 3.1% と各パラメータの中で最も小さかった。

次に、被検者 K における各パラメータの経日の変化を検討した。10 夜の推移を図 2-1～2 に示す。また睡眠感の推移を表 7 に示す。これらを観察すると入眠潜時

は第 4 夜まで変動が大きい、その後は漸減している。WAKE 期、勾配 a、切片 b および平均睡眠深度は第 4 夜までばらつきが大きい、その後は比較的安定している。MT 期および睡眠段階移行回数は第 5 夜以降、EMG 積分値は第 4 夜以降増加している。3 期は、増減を繰り返しながらも漸増傾向がある。そこで 10 夜を第 1～4 夜の群と第 5～10 夜の群に分け、各群間で各パラメータの代表値の検定を行い、その結果を表 8 に示す。MT 期、睡眠段階移行回数、および EMG 積分値は第 5 夜以降、有意に増加している (それぞれ、 $p<0.01$, $p<0.01$, および $p<0.05$)。睡眠感第 6 夜以降「よく眠れた」と答える日が増え、10 夜を通して「よく眠れなかった」はなかった。さらに各パラメータの測定日に対する回帰式を求めた結果 (表 9) では、MT 期： $Y=0.285X+0.59$ 、睡眠段階移行回数/h： $Y=0.296X+4.30$ 、および EMG 積分値： $Y=109.0X+2599.7$ であり、相関係数はそれぞれ 0.808, 0.621, および 0.801 であった (それぞれ、 $p<0.01$, $p<0.05$, および $p<0.01$)。

ところで 10 夜の睡眠時間は 471.1±63.36 分であり、最小値が 367、最大値が 552、変動係数が 13.4% であった。この睡眠時間の差による各パラメータの変化を検討するために、各夜の就寝後の終夜睡眠時間を最小値の 367 分に統一して (以降切り捨て)、各睡眠段階出現率における代表値の検定を行った。その結果、すべての出現率において有意差は無かった。

図 1 被検者 K における 10 夜の睡眠段階出現率の構成比

図2-1 被検者 K における10夜の各睡眠段階出現率の推移

*SW: Stage Wake S1-4: Stage 1-4 MT: Movement Time *破線部は検討対象睡眠時間を367分に統一した場合の数値を示す。

(2) 個人内日間変動と個人間変動

図3-1～2に被検者 K の10夜と被検者 H, M, Mi, U, Ka, S のそれぞれ1夜分, 計6夜の各パラメータごとの分布を示し, 表4, 5に被検者 H, M, Mi, U, Ka, S 6名の睡眠段階出現率および各パラメータを示す。表6には各パラメータの個人内および個人間にお

ける平均, 標準偏差, 変動係数を示す。また被検者 K の10夜と他の被検者6名の各パラメータにおける代表値の差の検定を行った結果を表8に示す。

K の10夜の各パラメータの変動係数は, 他の被検者6名のそれよりも, WAKE 期で52.8%, 1期で20.6%, 2期で6.4%, REM 期で35.7%, 入眠潜時で127.6%, REM

図2-2 被検者Kにおける10夜の各パラメータの推移

*SL: Sleep Latency RL: REM Latency Shift: 睡眠段階移行回数/h *勾配 a および切片 b は就寝後の時間を独立変数, 睡眠深度 (睡眠段階 MT を除き, SW, S1, REM, S2, S3, S4 をそれぞれ 1, 1.5, 2, 3, 4 と数量化) を従属変数とした回帰直線 ($y=ax+b$) の勾配, および y 切片を示す。 *平均睡眠深度は睡眠深度の算術平均値を示す。

図3-1 被検者 K と被検者 H, M, Mi, U, Ka, S における各睡眠段階出現率の分布
SW: Stage Wake S1-4: Stage 1-4 MT: Movement Time 被検者 K: ● (10 nights),
H: ◇ M: ◆ Mi: △ U: ▲ Ka: □ S: ■

潜時で22.8%, 途中覚醒で51.4%, 勾配aで61.4%, 切片bで2.5%, 平均睡眠深度で4.6%, およびEMG積分値で6.4%, それぞれ小さかった(表6)。これらのパラメータは3期, MT期および睡眠段階移行回数以外のすべてである。代表値の検定では, Kの10夜は他の被検者6名に比べ, 3期, MT期, 睡眠段階移行回数, 切片b, 平均睡眠深度およびEMG積分値は有意に小さく(それぞれ, $p < 0.001$, $p < 0.005$, $p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.01$, および $p < 0.001$), 逆にREM期, 入眠潜時, および勾配aは有意に大きかった(それぞれ, $p < 0.005$, $p < 0.05$, および $p < 0.01$)。

考 察

本報では健康な男性1名について, 10日間連続終夜脳

波測定と, 他の6名についてそれぞれ1夜ずつ終夜脳波測定を行い, 個人内における実験室での睡眠における馴れ現象の観察と, 個人内日間変動および個人間変動の比較検討を行った。

(1) 被検者 K における10日間連続終夜睡眠脳波

実験室での睡眠の馴れは, 常識的には, 寝付きがよくなる(入眠潜時が小さくなる), 途中で目覚めなくなる(WAKE期が少なくなる), 起床時の睡眠感がよくなることなどで判定できよう。

被検者 K の場合, 図2-1〜2をみても, 多くの睡眠パラメータで第4夜までは変動が激しいが, それ以降は比較的安定して推移している。入眠潜時が第4夜までの変動後, 漸減傾向にあること, WAKE期が5夜以降, 比較的安定してくること, MT期, 睡眠段階移行回数,

表4 各被検者における第1夜の睡眠段階出現率

被検者	SW	S1	S2	S3	S4	REM	MT	睡眠時間(分)
H	6.4 (5.7)	10.5 (5.2)	62.1 (67.6)	4.8 (5.7)	0.0 (0.0)	11.2 (11.7)	5.0 (4.4)	419 (367)
M	0.0 (0.0)	5.9 (5.4)	60.0 (66.5)	7.1 (8.2)	0.0 (0.0)	21.7 (15.8)	5.3 (4.1)	437 (367)
Mi	0.9 (1.1)	7.3 (5.4)	52.6 (48.8)	18.8 (21.5)	2.3 (2.7)	13.6 (15.8)	4.5 (4.6)	426 (367)
U	3.7 (4.1)	21.2 (20.2)	54.8 (60.2)	9.0 (11.2)	0.2 (0.3)	7.9 (1.1)	3.3 (3.0)	458 (367)
Ka	1.4 (1.6)	4.5 (5.2)	71.6 (68.9)	7.7 (9.3)	0.0 (0.0)	12.7 (13.1)	2.0 (1.9)	440 (367)
S	9.9(11.2)	10.5 (10.1)	65.1 (63.5)	5.0 (6.3)	0.0 (0.0)	3.9 (2.5)	5.5 (6.5)	456 (367)
Mean	3.7 (4.0)	10.0 (8.6)	61.0 (62.6)	8.7 (10.3)	0.4 (0.5)	11.8 (10.0)	4.3 (4.1)	439.3
S.D.	3.81(4.12)	6.00(6.01)	6.93(7.44)	5.19(5.86)	0.93(1.08)	6.00(6.56)	1.36(1.56)	15.64
C.V.	103.0(103.0)	60.0 (69.9)	11.4 (11.9)	59.7 (56.9)	232.5(216.0)	50.8 (65.6)	31.6(38.0)	3.6

注1 SW: Stage Wake S1-4: Stage 1-4 MT: Movement Time S.D.: 標準偏差 C.V.: 変動係数

注2 () 内は検討対象睡眠時間を367分に統一した場合の数値を示す。

図3-2 被検者Kと被検者H, M, Mi, U, Ka, Sにおける各パラメータの分布

SL: Sleep Latency RL: REM Latency Shift: 睡眠段階移行回数/h 被検者 K: ● (10 nights), H: ◇ M: ◆

Mi: △ U: ▲ Ka: □ S: ■

*勾配aおよび切片bは就寝後の時間を独立変数, 睡眠深度(睡眠段階MTを除き, SW, S1, REM, S2, S3, S4をそれぞれ1, 1.5, 2, 3, 4と数値化)を従属変数とした回帰直線($y=ax+b$)の勾配, およびy切片を示す。*平均睡眠深度は睡眠深度の算術平均値を示す。

EMG 積分値が5夜以降有意に増加すること, 3期が変動しながらも漸増傾向にあること, 睡眠感では6夜以降に「よく眠れた」と答える日が増加すること等の所見を

考慮すると, 被検者Kの場合, 実験室環境での睡眠の馴れ現象は, 第5夜以降現われたとしてよいと思われる。なお, 試みの指標である勾配a, 切片bおよび平均睡眠

表5 各被検者における第1夜の各睡眠パラメータ

被検者	SL	RL	Shift	途中覚醒	勾配 a	切片 b	平均睡眠深度	EMG	睡眠時間(分)
H	5	137	15.8	18 (13)	-0.168	2.32	1.74	5787	419 (367)
M	3	132	13.3	0 (0)	-0.058	2.10	1.90	4261	437 (367)
Mi	12	82	13.8	0 (0)	-0.097	2.42	2.08	3781	426 (367)
U	41	382	12.3	2 (0)	-0.020	1.84	1.76	5022	458 (367)
Ka	7	59	10.4	0 (0)	-0.005	1.86	1.94	3622	440 (367)
S	5	405	19.9	31 (27)	0.043	1.76	1.71	5463	456 (367)
Mean	10.2	216.3	14.23	8.5 (6.7)	-0.051	2.05	1.86	4656	439.3
S.D.	15.33	142.54	3.28	13.08(11.24)	0.0745	0.274	0.144	900.6	15.64
C.V.	150.3	65.9	23.0	153.9(167.8)	146.1	13.4	7.7	19.3	3.6

注1 SL: Sleep Latency (min.) RL: REM Latency (min.) Shift: 睡眠段階移行回数/h S.D.: 標準偏差 C.V.: 変動係数

注2 () 内は検討対象睡眠時間を367分に統一した場合の数値を示す。

注3 勾配 a および切片 b は就寝後の時間を独立変数, 睡眠深度(睡眠段階 MT を除き, SW, S1, REM, S2, S3, S4 をそれぞれ 1, 1.5, 2, 3, 4 と数量化) を従属変数とした回帰直線 ($y=ax+b$) の勾配, および y 切片を示す。

注4 平均睡眠深度は睡眠深度の算術平均を示す。

表6 各睡眠パラメータの個人内および個人間における平均, 標準偏差, 変動係数

個人内日間変動: N=10			個人間変動: N=6		
Sleep stage	Mean±S.D.	C.V.	Sleep stage	Mean±S.D.	C.V.
WAKE	4.7±2.36(5.7±2.46)	50.2(43.2)	WAKE	3.7±3.81(4.0±4.12)	103.0(103.0)
S 1	8.6±3.39(8.7±4.00)	39.4(46.0)	S 1	10.0±6.00(8.6±6.00)	60.0(69.9)
S 2	59.1±2.96(62.6±3.04)	5.0(4.9)	S 2	61.0±6.93(62.6±7.44)	11.4(11.9)
S 3	0.2±0.18(0.2±0.21)	90.0(105.0)	S 3	8.7±5.19(10.3±5.86)	59.7(56.9)
S 4	—	—	S 4	0.4±0.93(0.5±1.08)	232.5(216.0)
REM	25.3±3.92(21.0±6.28)	15.1(29.9)	REM	11.8±6.00(10.0±6.56)	50.8(65.6)
MT	2.2±1.07(2.7±1.31)	48.6(48.5)	MT	4.3±1.36(4.1±1.56)	31.6(38.0)
SL	34.5±7.82	22.7	SL	10.2±15.33	150.3
RL	102.7±44.2	43.1	RL	216.3±142.5	65.9
Shift	5.9±1.44(6.0±1.59)	26.7(26.4)	Shift	14.2±3.28	23.0
途中覚醒	1.2±1.23(0.8±0.63)	102.5(78.8)	途中覚醒	8.5±13.08(6.7±11.24)	153.9(167.8)
勾配 a	0.047±0.0398	84.7	勾配 a	-0.051±0.0745	146.1
切片 b	1.52±0.165	10.9	切片 b	2.05±0.274	13.4
平均睡眠深度	1.69±0.052	3.1	平均睡眠深度	1.86±0.144	7.7
EMG 積分値	3199±412.1	12.9	EMG 積分値	4656±900.6	19.3

注1 SW: Stage Wake S1—4: Stage 1—4 MT: Movement Time SL: Sleep Latency (min.) RL: REM Latency (min.) Shift: 睡眠段階移行回数/h S.D.: 標準偏差 C.V.: 変動係数

注2 () 内は検討対象睡眠時間を367分に統一した場合の数値を示す。

注3 勾配 a および切片 b は就寝後の時間を独立変数, 睡眠深度(睡眠段階 MT を除き, SW, S1, REM, S2, S3, S4 をそれぞれ 1, 1.5, 2, 3, 4 と数量化) を従属変数とした回帰直線 ($y=ax+b$) の勾配, および y 切片を示す。

注4 平均睡眠深度は睡眠深度の算術平均値を示す。

深度も, 5夜以降比較的安定している。

MT 期の増加は堀有行ら¹⁰⁾の成績, および堀忠雄ら¹¹⁾の「実験室効果は自由な体動を妨害する方向に作用する」

という知見と一致している。また多くの研究者が, 実験室における睡眠の馴れの問題を追究している。Rechtschaffen¹⁾, Agnew²⁾, 阿住ら⁴⁾, 堀有行ら¹⁰⁾は, 実

表7 被検者Kにおける10夜の睡眠感の推移

実験日	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日	第7日	第8日	第9日	第10日
score	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1

*score 1:よく眠れた 2:ふつう 3:よく眠れなかった

表8 各群間における睡眠パラメータの比較

			SW	S1	S2	S3	S4	REM	MT
第1～4夜	V.S.	第5～10夜							**<
(第1～4夜)	V.S.	(第5～10夜)							**<
10夜	V.S.	(10夜)							
10夜	V.S.	6夜				****<		***>	***<
(10夜)	V.S.	(6夜)				****<		***>	*<

			SL	RL	Shift	勾配 a	切片 b	平均睡眠深度	EMG 積分値
第1～4夜	V.S.	第5～10夜			**<				*<
10夜	V.S.	6夜	*>		****<	**>	****<	**<	****<

注1 SW: Stage Wake S1-4: Stage 1-4 MT: Movement Time SL: Sleep Latency RL: REM Latency
Shift: 睡眠段階移行回数/h <および>: 大小関係

注2 () 内は検討対象睡眠時間を367分に統一した場合の数値を示す。

注3 勾配 a および切片 b は就寝後の時間を独立変数, 睡眠深度 (睡眠段階 MT を除き, SW, S1, REM, S2, S3, S4 をそれぞれ 1, 1.5, 2, 3, 4 と数値化) を従属変数とした回帰直線 ($y=ax+b$) の勾配, および y 切片を示す。また平均睡眠深度は睡眠深度の算術平均値を示す。

注4 *: $p<0.05$ **: $p<0.01$ ***: $p<0.005$ ****: $p<0.001$

注5 10夜: 第1～10夜 6夜: H, M, Mi, U, Ka, S の第1夜

表9 各睡眠パラメータの測定日に対する回帰直線

睡眠パラメータ	回 帰 式	r	
SW	$Y = -0.207X + 5.79$	-0.265	
S1	$Y = 0.232X + 7.37$	0.207	
S2	$Y = -0.302X + 60.73$	-0.309	
S3	$Y = 0.011X + 0.12$	0.182	
REM	$Y = -0.005X + 25.30$	-0.004	
MT	$Y = 0.285X + 0.59$	0.808	$p<0.01$
入眠潜時	$Y = 0.430X + 32.13$	0.167	
REM 潜時	$Y = -7.121X + 141.87$	-0.487	
睡眠段階移行回数	$Y = 0.296X + 4.30$	0.621	$p<0.05$
勾配 a	$Y = -0.002X + 0.06$	-0.131	
切片 b	$Y = 0.006X + 1.48$	0.111	
平均睡眠深度	$Y = 0.001X + 1.68$	0.068	
EMG 積分値	$Y = 109.0X + 2599.7$	0.801	$p<0.01$

注1 SW: Stage Wake S1-4: Stage 1-4 MT: Movement Time SL: Sleep Latency RL: REM Latency
Shift: 睡眠段階移行回数/h

注2 勾配 a および切片 b は就寝後の時間を独立変数, 睡眠深度 (睡眠段階 MT を除き, SW, S1, REM, S2, S3, S4 をそれぞれ 1, 1.5, 2, 3, 4 と数値化) を従属変数とした回帰直線 ($y=ax+b$) の勾配, および y 切片を示す。

注3 平均睡眠深度は睡眠深度の算術平均値を示す。

験第1夜はREM期が少なく、WAKEが多いことや深睡眠が少ないことなどを指摘し、これらは第2夜以降急速に改善されると報告している。Dementら²¹⁾の報告もこの第一夜効果を支持するものである。本報被検者Kの場合、これまでの大半の報告が認めている第一夜効果や、馴れた後のREM期の増加、WAKE期の減少という所見はなく、これらの知見とは一致しなかった。しかし、Lesterら¹²⁾は、実験室効果は4期に反映し通常で3～4日、長い場合で7～8日の馴れの速さをみせるとしている。堀忠雄ら¹¹⁾は、馴れの速さは3日以上要する緩徐なものであり、個人差も大きく、第2夜で馴れる者と馴れない者が半数ずつであったことを認めている。またTiessenら¹³⁻¹⁵⁾は、24日間連続および1日おきに12日間(計24日間)の騒音曝露下における、実験室での睡眠の馴れを検討している。その結果、共通の所見として目覚め反応(被検者が途中覚醒時にボタンを押す)が経日的に減少したことを報告し、実験室での睡眠の馴れは、通常考えられている1～2夜よりも長く要することを示唆している。さらに入眠潜時の推移に大きな個人差があったことも示している。これらの報告は、実験室での睡眠の馴れの速さにおける個人差を認めるものである。第5夜以降に馴れ現象が現れ始めた本報の成績は、この個人差を裏付けるものである。

なお、終夜睡眠時間を統一しても、各睡眠段階出現率間には有為な差がなかった。このことは、本報における終夜睡眠時間(睡眠時間)のばらつきは、ほぼ無視しうることを示している。

(2) 個人内変動と個人間変動

被検者Kの10夜と他の被検者の各パラメータを比較すると、3期、REM期、MT期の睡眠段階出現率、および入眠潜時、睡眠段階移行回数、勾配a、切片b、平均睡眠深度、およびEMG積分値に有意な差が認められた。これらから被検者Kの睡眠は他の被検者の睡眠に比し、かなりパタンの違うことがわかる。事実、睡眠段階出現率ではWilliamsら¹⁶⁾の示した20代男子のそれとは大きなずれがある。3期、4期がほとんど現れない被検者Kの睡眠パターンは、この意味で必ずしも典型的な例ではない。しかし、被検者Kは日常生活において全く健常であること、そしてそのK個人の睡眠パラメータの変動をもって検討していることを考慮すれば、一個人の睡眠における特殊性は無視できよう。

被検者Kと他の被検者の各パラメータにおける変動係数を比較してみると、3期、MT期および睡眠段階移行回数以外の各パラメータで、Kの変動係数の方が小さい。

これは個人内日間変動が個人間変動よりも小さいことを意味している。なお、Johnsonら¹⁷⁾は、10人の被検者を対象に、15日間のベースラインを含め、55日間連続で騒音の睡眠影響を検討している。そこで、そのベースラインの各パラメータ(各睡眠段階出現率、途中覚醒、睡眠段階移行回数)ごとに示されている平均値および標準偏差から変動係数を算出し、被検者Kのそれと比較した。その結果、Kにおいて出現率の低かった3期以外は、すべてにおいてKの方が小さかった(MT期は記載がないので比較不能)。これは本報の結果と一致している。本報は被検者K 1名における個人内日間変動の1事例であり、全ての個人内日間変動を論じることはできないが、その情報量は大きく、個人内日間変動が個人間変動より小さいことを裏付ける事例としては有用と思われる。

これらのことは比較的少数例の結果から騒音の睡眠影響を検討する際には、同一被検者を追跡的に測定し、個人内の観察による騒音曝露の影響評価が、より有効であることを示唆している。最近のECの環境委員会プロジェクトでは、環境騒音の睡眠への影響を実験室ではなく、実際の居住室で行うことが試みられており、これらにおいてもすべて同一人について、各種曝露騒音の条件のもとで影響研究を行っている¹⁸⁻²¹⁾。

ま と め

終夜睡眠脳波のベースラインスタディとして、実験室環境での睡眠への馴れ現象の有無または、その程度の把握、および睡眠脳波の各種睡眠パラメータによる個人内日間変動と個人間変動を比較検討した。測定は青年男子被検者について10日間の連続終夜脳波と、数名の被検者の終夜脳波について行った。検討した主なパラメータは睡眠段階出現率、入眠潜時、REM潜時、睡眠段階移行回数、睡眠感および筋電図(EMG)の積分値である。なお、試みの指標として平均睡眠深度、睡眠時間に対する睡眠深度の回帰式の勾配aと切片bを用いた。

その結果、WAKE期、入眠潜時、5夜以降安定し、MT期、睡眠段階移行回数、およびEMG積分値は5夜以降有意に増加した。したがってこの例では、睡眠の馴れ現象は第5夜以降に現われたと言える。試みの指標として用いた勾配aと切片b、および平均睡眠深度でも5夜以降の安定が観察された。

また各睡眠パラメータの同一被検者における変動係数と、他の数名の被検者のそれとを比較すると、ほとんどすべての睡眠パラメータで、前者の個人内日間変動は後

者の個人間変動よりも小さかった。これらの結果から、比較的少数例で騒音の睡眠影響を検討する際には、同一被検者を追跡的に測定し、個人内の観察による騒音曝露の影響評価が、より有効であることが示唆された。

文 献

- 1) Rechtschaffen, A. and Verdone, P.: Amount of dreaming: Effect of incentive adaptation to laboratory and individual differences, *Percept. Motor Skills*, **19**, 947-958 (1964).
- 2) Dement, W.C., Kahn, E. and Poffwarg, H.P.: The influence of the laboratory situation on the dreams of the experimental subject, *J. Nerv. Ment. Dis.*, **140**, 119-131 (1965).
- 3) Agnew, H.W. Jr., Webb, W.B. and Williams, R. L.: The first night effect: An EEG study of sleep, *Psychophysiology*, **2**, 263-266 (1966).
- 4) 阿住一雄, 陣内貞宗, 高橋信介: 正常成人の睡眠の時間的経過について (第1報) —20例, 100晩の記録から—, *脳波と筋電図*, **2**, 139 (1973).
- 5) Kryter, K.D.: *The Effects of Noise on Man*, p. 445-447, Academic Press, London (1985).
- 6) 小栗 貢: 睡眠感評価法, 鳥居鎮夫編『睡眠の科学』, p. 259~279, 朝倉書店, 東京 (1984).
- 7) Rechtschaffen, A. and Kales, A. (eds.): *A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stage of Human Subjects*. Public Health Service, U. S. Government Printing Office, Washington. D.C. (1968).
- 8) 青木繁伸, 川田智之, 竹内一夫, 小川正行, 鈴木庄亮: 騒音の睡眠への影響 第1報 マイクロコンピュータによる睡眠ポリグラフィ解析システムの開発, *日衛誌*, **43**, 1092-1101 (1989).
- 9) Williams, H.L.: The Problem of Defining Depth of Sleep. In Kety, S.S., Evarts, E.V. and Williams, H.L. (eds.): *Sleep and Altered States of Consciousness*. Williams & Wilkins, 277-287 (1967).
- 10) 堀 有行, 数川 悟, 遠藤正臣: 第1夜効果について, *脳波と筋電図*, **14**, 68 (1986).
- 11) 堀 忠雄, 宮下彰夫: 脳波の推移よりみた睡眠の実験室順応現象, *心理学研究*, **40**, 39-44 (1969).
- 12) Lester, B.K., Burch, N.R. and Dossett, R.C.: Nocturnal EEG-GSR profiles: The influences of presleep states, *Psychophysiology*, **3**, 238-248 (1967).
- 13) Thiessen, G.J.: Disturbance of sleep by noise, *J. Acoust. Soc. Am.*, **64**, 216-222 (1978).
- 14) Thiessen, G.J. and Lapointe, A.C.: Effect of intermittent truck noise on percentage of deep sleep, *J. Acoust. Soc. Am.*, **64**, 1078-1080 (1978).
- 15) Thiessen, G.J. and Lapointe, A.C.: Effect of continuous traffic noise on percentage of deep sleep, waking, and sleep latency, *J. Acoust. Soc. Am.*, **73**, 225-229 (1982).
- 16) Williams R.L., Karacan I. and Hirsch C.J.: *Electroencephalography of Human Sleep: Clinical Application*. Wiley, (1974). (中沢洋一編: 睡眠・覚醒障害の臨床, 医学書院, 東京 (1986). より引用)
- 17) Johnson, L.C., Townsend, R.E., Naitoh, P. and Muzet, A.G.: Prolonged exposure to noise as a sleep problem, in EPA: Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem, Yugoslavia, 559-574 (1973).
- 18) Vallet, M., Gagneux, J.-M., Blanchet, V., Favre, B. and Labiale, G.: Long term sleep disturbance due to traffic noise, *J. Sound and Vib.*, **90**, 173-191 (1983).
- 19) Vallet, M. and Mouret, J.: Sleep disturbance due to transportation noise: ear plugs vs oral drugs, *Experientia*, **40**, 429-437 (1984).
- 20) Öhrström, E. and Bjorkman, M.: Sleep disturbance before and after traffic noise attenuation in an apartment building, *J. Acoust. Soc. Am.*, **73**, 877-879 (1983).
- 21) Wilkinson, R.T. and Campbell, K.B.: Effect of traffic noise on quality of sleep: Assessment by EEG, subjective report, or performance the next day, *J. Acoust. Soc. Am.*, **75**, 468-475 (1984).

(受付 1988年2月12日 受理 1988年11月28日)