

イヌの臨床脳波に関する基礎的研究

II. 単極導出法及び双極導出法

鈴木實*・豊澤敬一郎*・七條喜一郎*・館崎良太*・
松本 博*・吉田 勝*・石田尚夫*

昭和59年7月31日受付

Fundamental Studies on Clinical Electroencephalography of Dogs

II. Unipolar Lead and Bipolar Lead

Minoru SUZUKI*, Keiichiro TOYOSAWA*,
Kiitiro SITIZYO*, Ryota TATEZAKI*,
Hiroshi MATSUMOTO*, Masaru YOSHIDA*
and Takao ISHIDA

About 11 healthy mongrel adult dogs of both sexes were used in this experiment. They ranged in weight from 6.5 to 18.5 kg. Electroencephalograms (EEG) and electrocorticograms (ECoG) were recorded by unipolar and bipolar (intrahemispheric, transhemispheric) leading methods. Amplitude, frequency and pattern characteristics of the EEG and ECoG of unanesthetized and barbiturate anesthetized dogs were determined.

The EEG and ECoG of unanesthetized dogs were approximately the same, in both with unipolar and bipolar recordings. The patterns appeared as low amplitude high frequency wave activity.

Under barbiturate anesthesia in the dog there was a tendency for the spike amplitude to be increase. The EEG and ECoG patterns changed from the low amplitude, fast activity of the awake state to high amplitude, slow activity. In both unipolar and bipolar recordings, the changes of the EEG and ECoG patterns were approximately the same.

The results were generally similar to those reported from previous studies. This electroencephalographic data in the anesthetized dog is considered a reliable frame of canine encephalopathies.

* 鳥取大学農学部獣医学科家畜生理学研究室
Department of Veterinary Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

緒言

前報¹⁹⁾で述べたように、イヌの臨床脳波に関する多くの報告がみられる^{1,3,5,7-12,16-18)}。しかしながら、電極の種類、電極数、電極装着位置、電極の組み合わせなどをはじめ、研究者によって、その導出記録方法が統一されていない。また、イヌの種類、体型によって、電極位置と脳皮質との対応部位が異なり、さらに、体動、筋電図、心電図などの artifact の混入がみられることが多い。

イヌ脳波の臨床的応用のためには、artifact の混入を防ぐ方法、イヌの安静状態を保ち安定した脳波記録を得る方法、各研究者の統一標準化された導出記録方法など、未解決な基礎的研究が残されている。著者らは、これらの基礎的研究の一環として、双極導出法 (bipolar lead) による表面脳波 (electroencephalogram, EEG) と皮質脳波 (electrocorticogram, ECoG) の覚醒時及び麻酔時について、検討し、報告した¹⁹⁾。

本報告では、イヌの EEG と ECoG について、さらに詳細な検討を加えるために、覚醒時及び麻酔時における双導出法と単極導出法 (unipolar lead) を行った。また、単極導出による麻酔時の EEG と ECoG との同時記録を行い、頭皮上から導出される脳波が、脳皮質の電気活動をどのように反映されるかについても検討した。

実験方法

実験動物及び導出方法

実験動物は、体重6.5~18.5kgの雑種犬19頭(雌11頭、雄8頭)を供試した。動物の麻酔及び処置は、すべて前報¹⁹⁾と同様である。

探査電極 (LF, RF, LO, RO, V) の装置位置並びに ECoG の電極の植え込み方法は前報の通りである。基準電極 (reference electrode, N) は鼻背部とし、接地電極 (earth electrode, G) は外側後頭隆起のやや尾側の頸部に装着した。導出時の電極位置は Fig. 1 に示した。

単極導出及び双極導出における電極の組み合わせは、Fig. 2 に示したように、単極導出 (LO-N, RO-N, V-N, LF-N, RF-N) は 5 channel, 双極導出 (LO-V, RO-V, LF-V, RF-V, LO-LF, RO-RF, LO-RO, LF-RF) は 8 channel を記録した。

電極と脳波計の各素子の入力端子は次のように短絡した。双極導出は、電極 V の関与する導出では V を G₁ へ、それ以外の電極を G₂ へ入力した。また、脳半球内の導出では LF, RF を G₁ へ、LO, RO を G₂ へ入力し、脳半球間の導出では LF, LO を G₁ へ、RF, RO を G₂ へ入力し

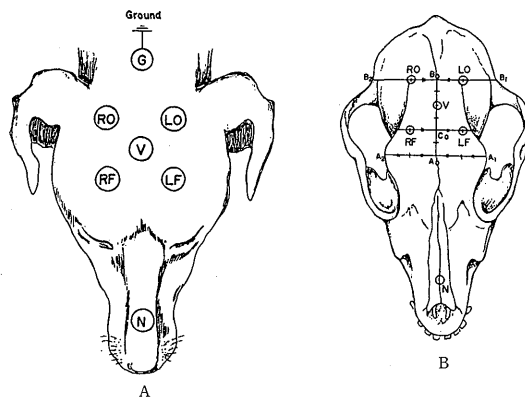


Fig. 1 Position of the electrodes with respect to the scalp and the skull.
A : The scalp. B : The skull.

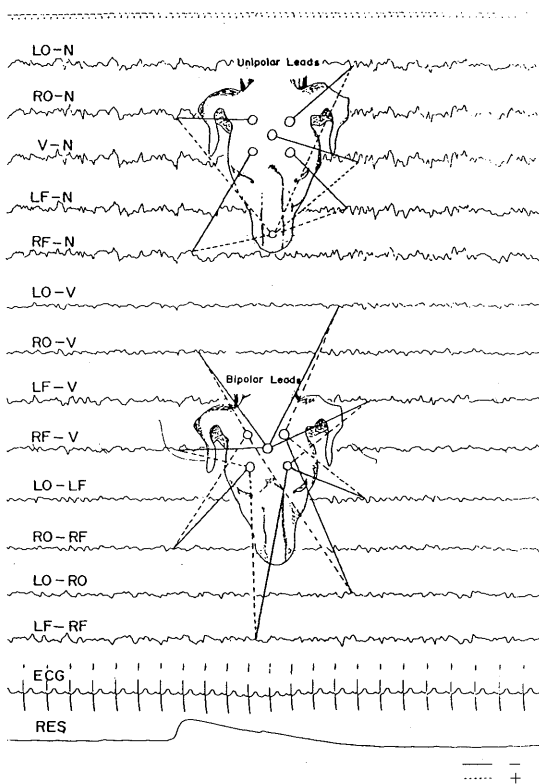


Fig. 2 Relationship of electrode connections to the electroencephalographic recording.

た。すなわち、双極導出における入力端子の短絡は前報と同様である。本報告では新たに単極導出を行ったが、

この場合には、探査電極 (LF, LO, RF, RO) を G_1 へ、基準電極 (N) を G_2 へ入力した。

脳波の記録に際しては、前報と同様に心電図 ECG 及び呼吸曲線 RES を同時記録した。これらの脳波、心電図、呼吸曲線の記録方法並びに紙送り速度、時定数などの記録条件は、すべて前報に準じて行った。

波形分析方法

記録した脳波 EEG 及び ECoG は、周波数、振幅及び周波数成比について分析した。これらの分析時間、分析方法は前報¹⁹⁾と同様に行ったが、麻酔時の EEG のうち 6 例の単極及び双極導出については、次のような分析を行った。

すなわち、signal processor (三栄測器製シグナルプロセッサ 7T08) を使用し、磁気テープに収録した EEG から、FFT 方式 (fast fourier transform) によって power spectra, energy の百分率組成 (percent power) 及び平均周波数を求め、カシオ計算機 MODEL-550 型 typutor に記録した。周波数は、1 Hz から 30 Hz までの power spectrum の加重平均とした。周波数成比は、周波数を 1~3.5 Hz, 3.5~7.5 Hz, 7.5~10 Hz, 10~13 Hz, 13~18 Hz, 18~30 Hz の 6 段階の周波数帯域に分けて、それぞれの帯域の energy power を百分率変換した。1 回の data の取り込み時間は約 2 秒 ($3.9 \times 10^{-3} \times 512$ 秒) で 30

回 (約 1 分) を 1 例とした。

Signal Processor — 7T08 を用いた分析は、イヌの麻酔後 5 分から 60 分までの各時相で、単極導出の LO-N, RO-N, LF-N, RF-N の 4 channel 及び双極導出の LO-V, RO-V, LF-V, RF-V, LO-LF, RO-RF, LO-RO, LF-RF の 8 channel について、それぞれ算出した。

また、双極導出のうち、LO-RO の 1 channel については、長時間連続分析を行った。分析結果は X-Y レコーダー (三栄測器 8U11) に記録し、周波数 0~30 Hz の範囲で 24 秒に 1 本、すなわち約 51 分で 128 本の power spectrum array を描記した。

実験成績

1. 覚醒時の EEG

単極導出による覚醒時 EEG の記録を Fig. 3 に示した。Fig. 3-A は、比較的 artifact の混入が少ない例であるが、Fig. 3-B, C では筋電図、呼吸運動、体動などによる artifact の混入した記録である。覚醒時 EEG の導出記録を行った 10 例のイヌのうち、artifact の少ない EEG が得られたものは 4 例に過ぎなかった。また、単極導出では、呼吸運動による基準電極 (N) の動揺のためと思われるが、双極導出より以上に artifact の混入する例が多くみられた。

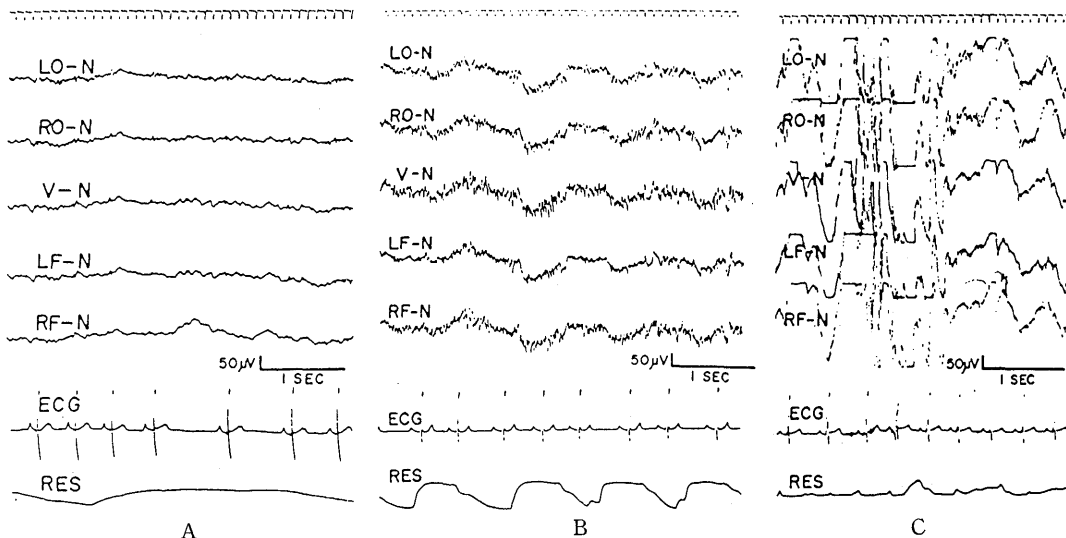


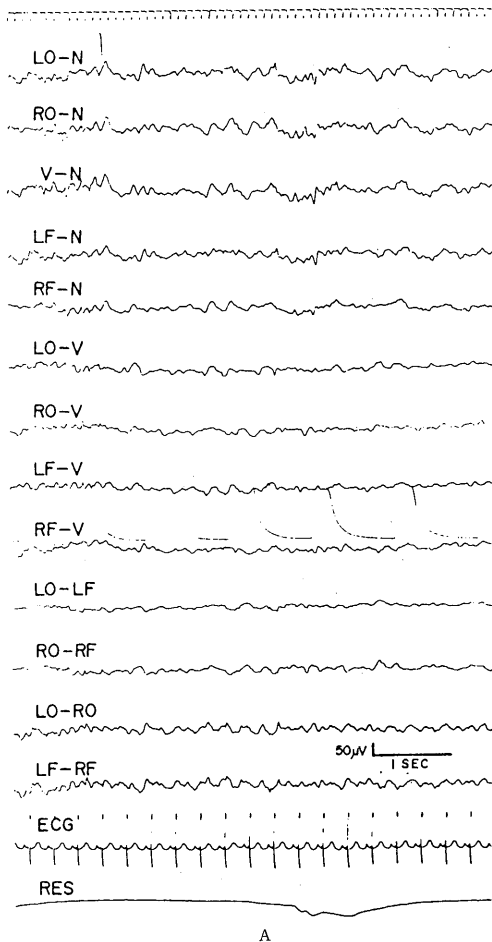
Fig. 3 Unipolar recording EEG of unanesthetized dog.

A : Satisfactory record. B : Muscle potential artifacts. C : Respiratory and body movement artifacts.

覚醒時 EEG を導出した10例のうち、比較的 artifact の少ない4例について、平均周波数及び平均振幅を計測し、その平均値と標準偏差を算出し、Table 1 に示した。表にみられるように、単極導出における平均周波数と平均振幅の平均値は、それぞれ21.3~24.4Hz, 15.0~18.7 μ V の範囲であり、双極導出では、それぞれ19.5~23.8 Hz, 8.8~15.0 μ V の範囲であった。

これらの平均周波数及び平均振幅ともに、各導出 channel 間に大きな差異がみられなかった。また、単極導出と双極導出との間にも、差異はみられず、ともに低振幅速波であった。

2. 麻酔時の EEG



麻酔後1分及び60分における EEG の記録を Fig. 4 に示した。図にみられるように、麻酔時の EEG は、麻酔後の各時相ともに共通した徐波 pattern となり、かつ全例で速波成分の重畳がみられた。

麻酔後の単極導出による9例の EEG の平均周波数及び平均振幅は、麻酔1分後から60分までほぼ安定しており、それぞれの平均値で、5.2~6.5Hz, 26.1~38.3 μ V の範囲であった。Fig. 5 に示したように、平均周波数は麻酔後1分から60分まで低値のまま推移し、個体による差異がみられなかったが、平均振幅では、麻酔1分後から高振幅となり、個体間の最大値と最小値では約4倍の差異がみられた。また、導出 channel 間の差異については、

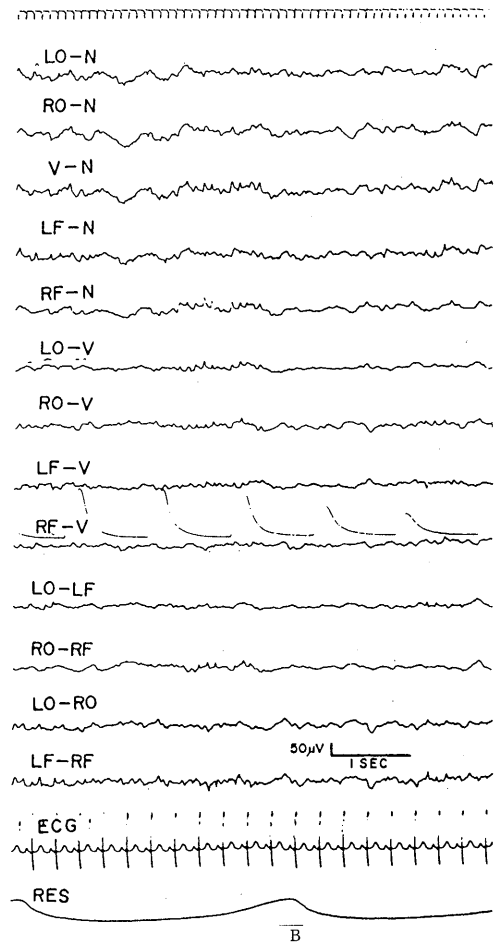


Fig. 4 Unipolar and bipolar recordings arrangement EEG during anesthesia in dog.

A : 1 minute after anesthesia. B : 60 minutes after anesthesia

Table 1 Frequencies and voltages of unipolar and bipolar recording EEG in unanesthetized dogs

Leads	Frequencies (Hz)	Voltages (μv)
LO-N	24.4 \pm 0.3	18.7 \pm 2.5
RO-N	24.0 \pm 1.6	17.5 \pm 2.8
V -N	22.3 \pm 2.0	15.0 \pm 0
LF-N	23.8 \pm 1.0	17.5 \pm 2.8
RF-N	21.3 \pm 1.2	15.0 \pm 0
LO-V	19.8 \pm 2.2	11.2 \pm 2.5
RO-V	20.3 \pm 2.4	12.5 \pm 2.8
LF-V	19.5 \pm 3.1	8.8 \pm 1.7
RF-V	20.3 \pm 2.3	11.2 \pm 2.5
LO-LF	20.1 \pm 2.5	12.5 \pm 2.8
RO-N	20.4 \pm 3.2	11.2 \pm 2.5
LO-RO	23.5 \pm 3.2	12.5 \pm 5.0
LF-RF	23.8 \pm 3.4	15.0 \pm 0
H.R.	102.5 \pm 19.4/min	Mean \pm SD (n=4)
R.R.	24.7 \pm 7.8/min	

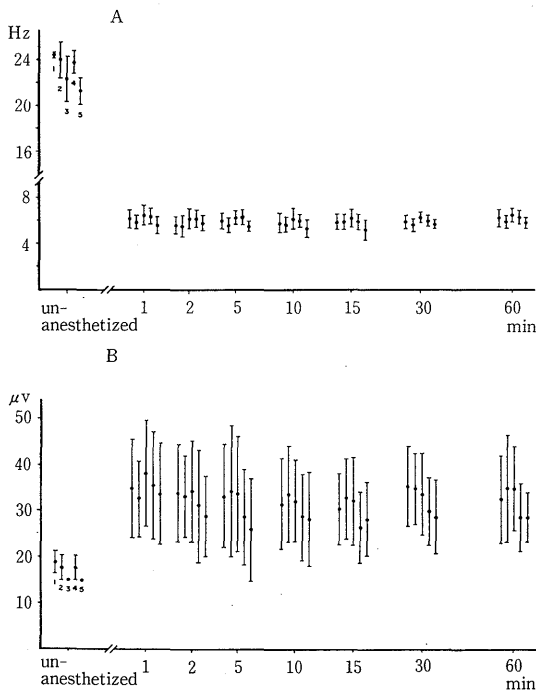


Fig. 5 Frequencies and voltages of unipolar recording EEG in anesthetized dogs. A : Frequencies. B : Voltages of EEG. 1 : LO-N. 2 : RO-N. 3 : V-N. 4 : LF-N. 5 : RF-N.

後頭部導出(LO-N, RO-N)の振幅でわずかに高い傾向にあったが,平均周波数,平均振幅ともに大きな差異がみられなかった。

単極導出の周波数成分比は, 4 channel (LO-N, RO-N, LF-N, RF-N)ともに, 麻酔1分後から60分まで, 各周波数帯域それぞれが, ほぼ安定した値であり, 2-8Hz帯域の, いわゆる徐波成分が平均値で約70-80%を占めた。麻酔後60分における単極導出4 channelの周波数成分比は Fig. 6 に示したように, 平均値では, 2-4Hz帯域が40.3-46.0%, 4-8Hz帯域が25.4-35.3%, 8-13Hz帯域が11.3-19.5%, 13-20Hz帯域が6.2-8.6%, 20-30Hz帯域が1.8-2.8%の範囲であり, 2-4Hz帯域及び4-8Hz帯域の低周波成分が, その大部分であった。また, 個体別では, 前頭部からの導出(LF-N, RF-N)が, 後頭部からの導出(LO-N, RO-N)に比べて, 徐波成分がやや少ない例もあったが, 平均値では, これらの4導出channel間の明らかな差異はみられなかった。

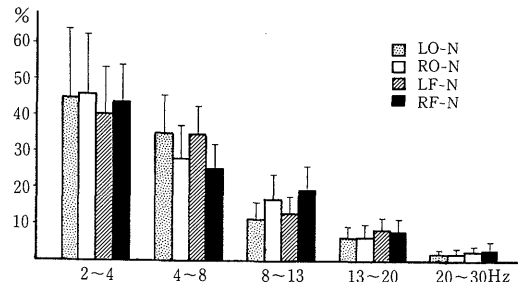


Fig. 6 Frequency component histograms of unipolar recording EEG at 60 minutes after anesthesia in dogs.

麻酔時の単極導出と同時記録した双極導出 EEG の平均周波数と平均振幅を計測し, 7例の平均値及び標準偏差を Fig. 7 に示した。平均周波数, 平均振幅ともに, 麻酔1分後から60分後まで安定した値であり, 平均値はそれぞれ4.5-6.4Hz, 18.5-36.4 μV であった。図にみられるように, 振幅, 周波数ともに前頭部導出(LF-RF)が他の導出channelよりもやや高い値であったが, channel間に大きな差異はみられなかった。また, 単極導出の場合と同様に, 各個体間の振幅の差異が, 双極導出においてもみられた。

単極導出と双極導出の EEG を比較すると, 周波数では大きな差異はみられなかった。振幅では各個体間の差異はあるが, 個体別にみると, 単極導出の EEG が双極導出のそれよりもやや高い値であった。また, 単極導出の

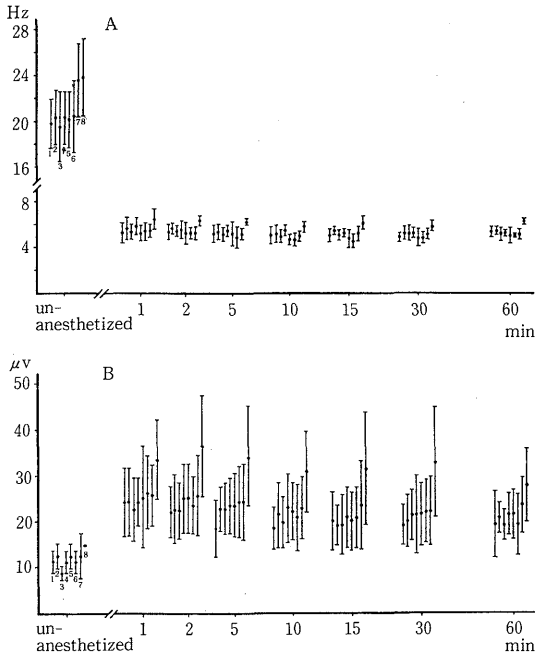


Fig. 7 Frequencies and voltages of unipolar recording EEG in anesthetized dogs. A : Frequencies. B : Voltages. 1 : LO-V. 2 : RO-V. 3 : LF-V. 4 : RF-V. 5 : LO-LF. 6 : RO-RF. 7 : LO-RO. 8 : LF-RF.

EEGでは、5 導出 channel 間の同位相活動がみられ、波形の類似性も高かったが、双極導出では同位相活動、波形の類似性は低かった。

3. 覚醒時の ECoG

銀球電極植え込みの手術創が完全治癒したイヌ 6 例について、覚醒時の ECoG の単極導出を行った。これら覚

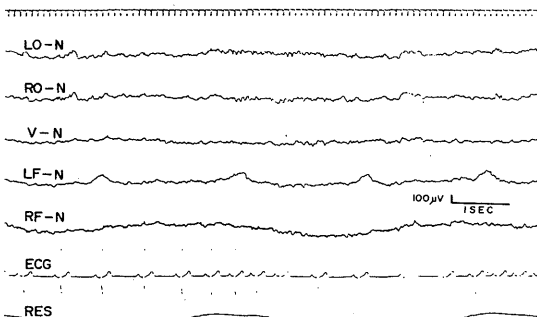


Fig. 8 Unipolar recording ECoG of the unanesthetized dog.

醒時の ECoG の記録は、できる限りイヌが安静を保っている状態で行ったが、Fig. 8 に示したように、基準電極の呼吸運動による動揺が原因と思われる artifact の混入がみられる例が多かった。

覚醒時の ECoG を単極導出した 6 例について、比較的安定した波形の平均周波数と平均振幅を測定し、その平均値と標準偏差を Table 2 に示した。これらの平均周波数及び平均振幅はそれぞれの平均値で、17.3~21.6Hz

Table 2 Frequencies and voltages of unipolar recording ECoG in unanesthetized dogs

Leads	Frequencies (Hz)	Voltages (µv)
LO-N	19.7±2.6	56.6±19.7
RO-N	19.7±1.9	55.7±12.5
V -N	17.3±2.2	43.7±18.1
LF-N	20.5±3.1	48.7±22.2
RF-N	21.6±0.8	46.0±23.1
H.R.	118.6±27.3/min	Mean±SD (n=6)
R.R.	47.0±36.4/min	

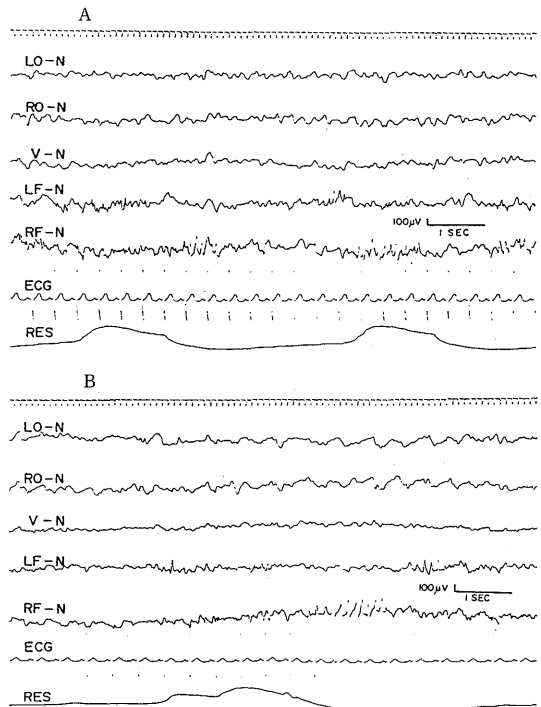


Fig. 9 Unipolar recording arrangement ECoG during anesthesia in dog. A : 1 minute after anesthesia. B : 60 minutes after anesthesia.

と46.0~56.6 μ Vの範囲であり、導出 channel 間の差異もみられなかった。また、覚醒時 ECoGの方が、覚醒時 EEGに比べて、より高振幅であった。

4. 麻酔時の ECoG

麻酔処置を行ったイヌ6頭の ECoGを、単極導出法によって記録した。そのうちの1例について、麻酔1分後及び60分後の ECoGを Fig. 9 に示した。図にみられるよう

に、麻酔時 ECoGは、覚醒時 ECoGより高振幅な徐波となり、しばしば高振幅な棘波を伴う pattern がみられた。

麻酔時の単極導出 ECoGについて、導出記録した6例の平均周波数、平均振幅及び周波数成分比の平均値と標準偏差を算出した。これらの測定値のうち、麻酔1分後、10分後、60分後の振幅及び周波数を Table 3 に、周波数成分比の2 channel (LO-N, LF-N)を Table 4 に示した。また、麻酔前、麻酔後1, 2, 5, 10, 15, 30,

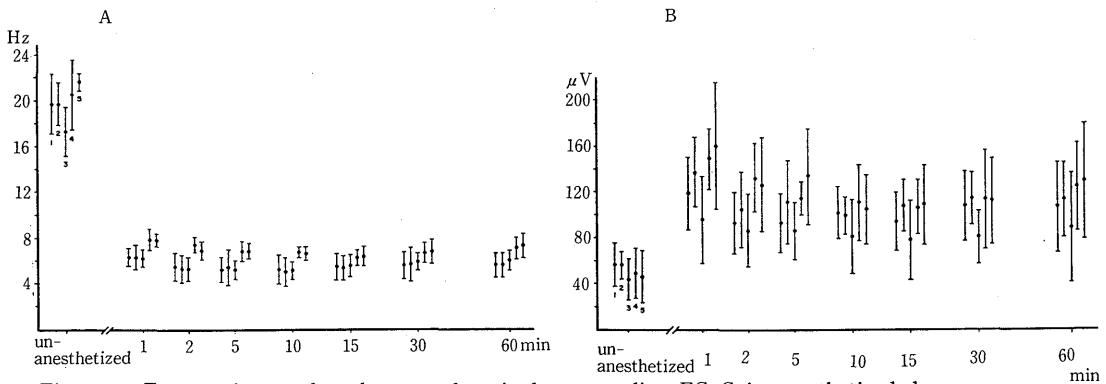


Fig. 10 Frequencies and voltages of unipolar recording ECoG in anesthetized dogs.

A : Frequencies. B : Voltages. 1 : LO-N, 2 : RO-N, 3 : V-N, 4 : LF-N, 5 : RF-N

Table 3 Frequencies and voltages of unipolar recording ECoG in anesthetized dogs

Leads	1	2	5	10	15	30	60 min	
Frequencies (Hz)	LO-N	6.3±0.8 (2-13)	5.5±1.2 (2-14)	5.2±1.1 (2-14)	5.2±1.3 (2-13)	5.4±1.2 (2-14)	5.5±1.2 (2-13)	5.5±1.1 (2-14)
	RO-N	6.3±1.1 (2-14)	5.3±1.2 (2-14)	5.4±1.6 (2-14)	5.0±1.3 (2-12)	5.3±1.1 (2-13)	5.6±1.5 (2-15)	5.5±1.1 (2-13)
	V-N	6.2±0.8 (2-13)	5.3±1.0 (2-12)	5.2±0.8 (2-14)	5.1±0.8 (2-13)	5.5±1.0 (2-13)	5.8±0.8 (2-15)	5.9±0.9 (3-13)
	LF-N	7.8±1.0 (3-15)	7.4±0.7 (2-14)	6.8±0.9 (3-15)	6.7±0.5 (2-13)	6.2±0.7 (2-13)	6.6±0.9 (3-13)	7.0±1.0 (2-15)
	RF-N	7.8±0.6 (3-15)	6.9±0.8 (3-14)	6.8±0.7 (2-15)	6.6±0.6 (2-14)	6.3±0.9 (2-13)	6.7±1.1 (2-14)	7.2±1.1 (3-16)
	H.R. (/min)	183.0 ±24.5	178.0 ±21.0	173.0 ±21.2	156.6 ±14.4	155.0 ±17.9	154.0 ±23.5	170.0 ±32.7
R.R. (/min)	20.5 ±11.7	13.3 ±6.1	9.1 ±4.3	8.1 ±3.7	8.0 ±3.6	6.8 ±2.9	8.5 ±4.1	
Voltages (μ v)	LO-N	118.6 ±32.1	93.5 ±27.0	93.5 ±25.8	102.0 ±22.8	94.4 ±25.7	108.0 ±30.6	106.8 ±39.7
	RO-N	137.0 ±31.2	105.2 ±33.4	111.6 ±36.4	99.7 ±16.5	107.8 ±22.9	114.2 ±23.4	113.7 ±32.9
	V-N	96.2 ±38.4	86.7 ±31.6	86.5 ±25.2	81.0 ±32.9	78.2 ±35.0	80.8 ±23.2	89.3 ±47.9
	LF-N	149.0 ±27.1	132.7 ±30.6	114.5 ±14.7	110.9 ±33.4	106.2 ±24.7	113.9 ±43.6	125.2 ±38.5
	RF-N	160.3 ±56.2	126.6 ±41.7	134.0 ±42.3	105.2 ±30.1	108.7 ±35.0	112.1 ±37.5	129.8 ±50.7

Mean±SD (n=6)

60分後の振幅及び周波数の平均値を Fig.10に、麻酔後60分における導出4 channel (LO-N, RO-N, LF-N, RF-N) の周波数成分比を Fig.11に図示した。

表及び図にみられるように、覚醒時のECoGで約17.3~21.6Hzであった平均周波数が、麻酔後1分で6.2~7.8Hzまで減少し、以降60分後まで大きな変動がみ

channel の振幅を比較すると、頭頂からの導出 (V-N) が、ほかの4 channel よりもやや低い値であったが、それぞれの個体間の差異が大きく、channel 間における一定傾向を検出できなかった。

後頭部からの導出 (LO-N, RO-N) 及び前頭部からの導出 (LF-N, RF-N) の周波数成分比を求めたが、これ

Table 4 Frequency components of ECoG in anesthetized dogs

Leads	Hz	(%)						
		1	2	5	10	15	30	60 min
LO-N	2-4	37.4±18.9	55.5±13.6	50.8±16.8	48.8±20.5	47.5±18.8	52.1±19.2	49.5±20.8
	4-8	38.6±10.6	26.4± 4.5	28.7± 4.4	30.6± 9.0	32.8± 8.6	27.0± 8.5	32.0±10.0
	8-13	14.5± 8.6	9.5± 5.4	10.9± 7.1	10.2± 5.3	10.3± 4.8	12.4± 5.0	11.0± 9.4
	13-20	7.0± 4.6	6.4± 3.4	7.4± 6.0	7.9± 5.3	7.0± 4.2	6.6± 4.7	5.7± 3.1
	20-30	2.0± 1.5	1.9± 1.7	1.7± 1.7	2.1± 2.1	2.0± 1.9	1.5± 1.3	1.3± 1.1
LF-N	2-4	30.8±17.3	32.9±16.0	32.6±14.4	30.9±15.0	34.2±16.7	26.9± 8.0	29.3± 6.2
	4-8	29.1± 5.0	30.0± 9.9	32.4± 3.5	39.3±10.7	34.8± 9.1	36.8± 8.1	37.8± 6.5
	8-13	24.5±11.1	22.6±11.2	20.1± 9.8	17.3± 6.6	17.5± 8.1	19.2± 8.9	20.3± 6.7
	13-20	10.9± 4.7	10.5± 2.2	11.2± 4.0	9.0± 3.2	10.5± 3.0	12.8± 4.8	9.3± 3.2
	20-30	4.1± 1.9	3.7± 0.8	3.4± 1.1	3.0± 1.2	2.6± 1.1	3.9± 2.0	2.8± 1.3

Mean±SD (n=9)

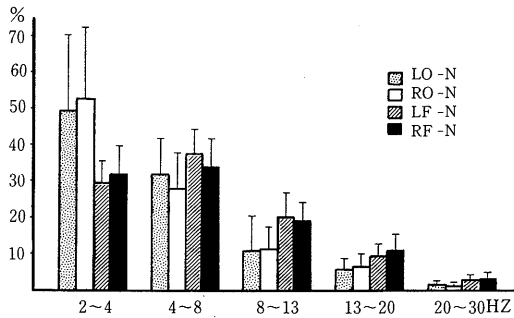


Fig. 11 Frequency component histograms of unipolar recording ECoG at 60 minutes after anesthesia in dogs.

られなかった。平均周波数について、単極導出5 channel を比較すると、前頭部からの導出 (LF-N, RF-N) が後頭部からの導出 (LO-N, RO-N) よりやや高い平均値であり、かつ、棘波の出現が多かった。

平均振幅は Fig.10に示したように、覚醒時 ECoG の平均値が46.0~56.6 μ Vであったものが、麻酔1分後には96.2~160 μ Vへと著しく増大し、以後大きな変動がなく、60分後まではほぼ安定した経過であった。単極導出5

らの4導出ともに、麻酔1分後から60分まで、各周波数帯域で大きな変動がみられず、比較的安定した値であった。これらの各周波数帯域の平均値をみると、後頭部からの導出2 channel の平均で、2-4Hz帯域が約50%、4-8Hz帯域が約30%、8-13Hz帯域が約10%、13-20Hz帯域が約6%、20-30Hz帯域が約1%であった。前頭部からの導出2 channel のそれぞれの帯域では、約30%、35%、20%、10%及び3%であり、2-4Hz帯域以外の4帯域で、後頭部からの2導出より多い傾向がみられた。このような傾向は、麻酔後1分から60分までの期間中みられた。

5. signal processor による麻酔時EEGの周波数分析

麻酔時のEEGを記録したイヌ15例のうち、6例についての周波数及び周波数成分比を、signal processor を用いて分析した。

単極導出によるEEGは、麻酔5分後から60分までの平均値で4.1~5.3Hzの範囲であり、麻酔期間中安定した値であった。また、導出channel間の差異については、後頭部からの導出 (LO-N, RO-N) で、やや高い平均値が得られたが、有意な差異はみられなかった。

単極導出 EEG の周波数成分比は、麻酔 5 分後から 60 分までほぼ安定した値であり、かつ、4 導出 (LO-N, RO-N, LF-N, RF-N) とともに同様であった。周波数成分のうち、1.0~7.5Hz 帯域のいわゆる徐波成分が、平均値で約 70~80% を占めた。signal processor によって分析した周波数成分比のうち、麻酔後 60 分の値を Fig.12 に示した。

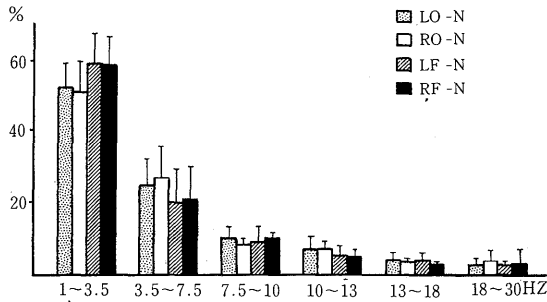


Fig. 12 Computerized frequency component histograms of unipolar recording EEG at 60 minutes after anesthesia in dogs.

単極導出と同時に記録した双極導出のイヌ 6 例について、単極導出と同様に分析したところ、周波数平均値は麻酔後 5 分から 60 分まで安定しており、4.2~5.7Hz の範囲であった。また、導出 channel 間における差異もみられなかった。

双極導出 EEG の周波数成分比は、8 導出 channel (LO-V, RO-V, LF-V, RF-V, LO-LF, RO-RF, LO-RO, LF-RF) とともに、麻酔後 5 分から 60 分まで、それぞれの周波数帯域が安定した値であった。周波数成分のうち、1.0~7.5Hz 帯域の徐波成分が約 70~80% を占め、単極導出の場合とほぼ同様の成績であった。signal processor によって分析した双極導出 EEG の周波数成分比のうち、麻酔後 60 分の値を Fig.13 に示した。

また、麻酔時の双極導出のうち、LO-RO の導出について、麻酔後 5 分から 56 分まで連続した power spectrum array を描記したが、power の変動がほとんどなく、ほぼ安定しており、麻酔期を通じて、徐波成分の power が大きい結果が得られた。power spectrum array の 1 例を Fig.14 に示したが、麻酔時 LO-RO channel の EEG は、ほとんどが低周波成分であることを表わしている。

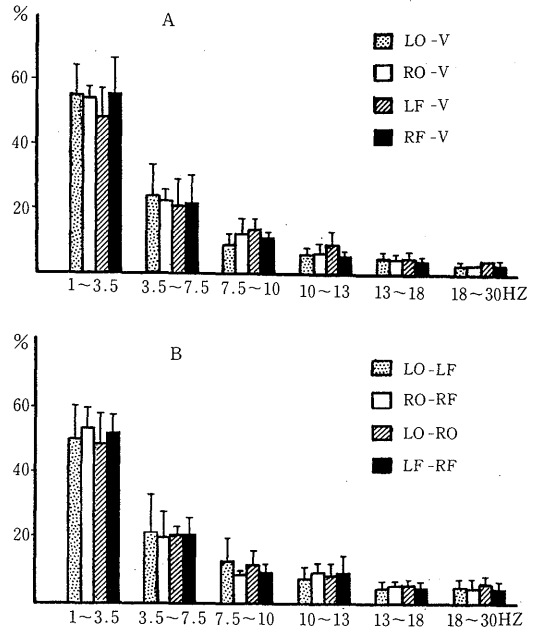


Fig. 13 Computerized frequency component histograms of bipolar recording EEG at 60 minutes after anesthesia in dogs. A: Unipolar, B: Bipolar

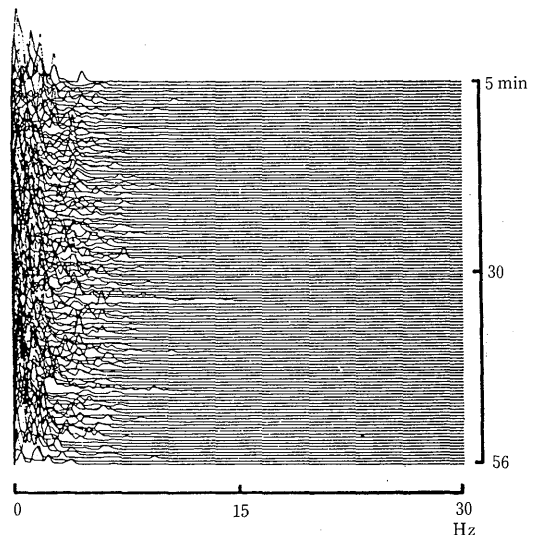


Fig. 14 Power spectrum array of bipolar recording EEG (LO-RO) in the anesthetized dog.

考 察

イヌの脳波の臨床的応用のための基礎的研究として、前報¹⁹⁾においては覚醒時及び麻酔時の双極導出 EEG と ECoG について報告し、振幅は ECoG の方が高いが、周波数は両者に大きな差異がなく、基本的脳波 pattern としては低振幅速波であると記載した。またこれらの pattern は、pentobarbital 麻酔によって高振幅徐波に移行すると述べた。

このような成績は、若干の実験条件の違いがあるとしても、多くの先人の報告^{2,3,4,9,13)}による成績とほぼ同様であった。本実験においては、これらの点をさらに詳細に検討するために、覚醒時及び麻酔時の EEG と ECoG についての単極導出及び双極導出を行った。

覚醒時の EEG の成績は、Table 1 に示したように、単極導出、双極導出ともに、周波数及び振幅が、前報並びに先人の報告した成績とほぼ同様であり、いわゆる低振幅速波であった。覚醒時の ECoG の単極導出を、6 例のイヌについて行った成績では、振幅においてやや高い値ではあるが、双極導出の EEG、ECoG における著者らの前報¹⁹⁾並びに先人の報告とほぼ同様に、低振幅速波とみなされる。

麻酔時の EEG については、Fox⁹⁾が pentobarbital 麻酔のイヌで、Prynn & Redding¹³⁾が Methoxital 投与のイヌで、それぞれの周波数は 4~10Hz、4~6 Hz、振幅は 10~30 μ V、20~50 μ V であると報告した。また、前報においても、周波数 5~7 Hz、振幅は個体差がみられるが、平均値では約 20~36 μ V であり、先人^{2,13)}の成績と同様であった。本実験においても、これらの成績と同じ結果が得られ、麻酔時の EEG は高振幅徐波に移行すると思われる。

麻酔時の ECoG についても、EEG と同様に、麻酔 1 分後から周波数が減少し、振幅が大きく増大した後、麻酔 60 分後まで、ほぼ安定した推移であった。Redding & Colwell¹⁵⁾の報告においても、EEG と ECoG の麻酔下での記録は、振幅の差異はみられるが、脳波の基本的 pattern は同じであると述べている。

すなわち、麻酔時の脳波は、振幅においては ECoG が EEG より高振幅ではあるが、いずれも高振幅徐波 pattern に移行し、麻酔経過中はこのような pattern が持続する。

単極導出と双極導出の記録については、Klemm⁶⁾が 21 頭の成犬を用いて実験し、単極導出では、双極導出より多くの同位相活動を含んでおり、かつ、紡錘波が出現すると報告した。著者らの実験においても、単極導出にお

いて、同位相活動が双極導出より多く出現したが、紡錘波は明らかでなかった。このような紡錘波出現についての成績の違いは、著者らの電極配置及び電極数が、Klemm⁶⁾のそれと異なっており、そのための影響も考えられるので、さらに検討が必要である。

脳波導出に際して、イヌの安静を保つための拘束法をどのようにするかということは、安定した導出記録を得るために重要な問題である。ヒトの場合と異なり、電極数が少なく、導出 channel の限られた波型の中から、正しい臨床診断を下すためには、できるだけ artifact のない脳波を記録する必要がある。

Redding¹⁴⁾は、化学物質による拘束は脳活動に変化を生じること、及び無麻酔でも有効な EEG 記録が得られると述べている。一方、Klemm⁷⁾は無麻酔下での EEG 記録において、イヌの安静を保って安定した記録を得るためには長時間を要し、かつ、筋電図、体動などによる artifact の多いことから、麻酔下での記録を行い、麻酔時 EEG によっても十分に異常が検出できると報告した。

著者らの実験において、無麻酔下の EEG 記録でも約半数例で比較的 artifact の少ない EEG が得られたが、麻酔下での記録のように安定した pattern ではなかった。また、比較的安定した記録の得られる無麻酔下の ECoG においても、単極導出の例では artifact の混入がみられる記録が多かった。

麻酔時の記録では、1 分後から 60 分に至るまで、EEG、ECoG、単極導出、双極導出それぞれの組み合わせによる記録のすべてが安定しており、かつ高振幅徐波であるため、波形の分析測定も無麻酔下の記録に比べて正確に、かつ容易であった。

EEG の臨床的応用に際して、無麻酔の状態で安定した導出記録の得られることが望ましいが、患犬の場合には、実験犬よりもさらに、安定した記録を得ることが困難である。このことに関連して、麻酔下における EEG 記録によって、臨床診断のための異常検出が可能であるとする報告も多い^{5,9,10,12)}。これらのことから、臨床的に麻酔可能な条件が満たされているならば、麻酔下の EEG 導出記録によっても、正しい脳機能を把握できると考えられる。しかし、ヒトの脳波のように、常に安定した脳波が得られる条件であれば、動物の臨床脳波においても無麻酔下での記録が望ましい。

麻酔下における単極導出の EEG 及び双極導出の EEG の周波数成分比について、signal processor を用いて分析した値と計測分析した値とはほぼ同様の成績であった。また、麻酔後 5 分から 60 分までの連続分析を行った

power spectrum arrayによっても、麻酔期間中を通して周波数成分比が安定した低周波脳波であった。このような signal processor による分析方法を応用することによって、多くの日数を要する計測分析と異なり、極めて短時間で分析可能となり、臨床応用への有効な手法と思われる。

結 論

イヌの脳波を臨床へ応用するための基礎的研究として、覚醒時及び麻酔時の単極導出による EEG と ECoG の記録波形を分析した。また、双極導出による EEG を導出記録して波形を分析し、単極導出 EEG と双極導出 EEG についても比較検討した。その結果、次のような成績が得られた。

覚醒時 EEG では、単極導出、双極導出ともに artifact が混入し、安定した記録が得られない例が多かった。覚醒時 ECoG においては、EEG に比べてやや安定しているが、一部の例において、呼吸運動による artifact が混入した。

麻酔時の EEG では、単極導出、双極導出ともに artifact の混入が極めて少なく、麻酔期間中を通して、周波数、周波数成分比、振幅が安定していた。麻酔時 ECoG も、EEG に比べて振幅は高いが、周波数、周波数成分比、振幅ともに、麻酔期間中安定し、変動はみられなかった。

麻酔時 EEG の単極導出の振幅は、双極導出の振幅に比べてやや高い傾向がみられたが、周波数及び基本的 EEG pattern に差異はほとんどみられなかった。

以上のことから、イヌの脳波の臨床的応用に際しては、無麻酔の EEG を導出記録することが困難、あるいは安定した波形が得難い場合には、麻酔下の EEG を記録することによって、artifact の混入の少ない、比較的正確な大脳情報が得られると考えられる。

文 献

- Breitschwerdt, E. B., Breazile, J. E. and Brodhurst, J. J. : Clinical and electroencephalographic findings associated with ten cases of suspected limbic epilepsy in the dog. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, **15** 37-50 (1979)
- Fox, M. W. : Effects of pentobarbital on the EEG of maturing dogs and a review of the literature. *Vet. Rec.*, **76** 768-770 (1964)
- Herin, R. A., Purinton, P. T. and Fletcher, T. F. : Electroencephalography in the unanesthetized dog. *Am. J. Vet. Res.*, **29** 32-336 (1968)
- Kadono, H. and Nakagawa, T. : Effects of fluothane on electroencephalogram in the dog. *Jap. J. Vet. Sci.*, **36** 111-120 (1974)
- Klemm, W. R. : Electroencephalograms of anesthetized dogs and cats with neurologic diseases. *Am. J. Vet. Res.*, **29** 337-351 (1968)
- Klemm, W. R. : Subjective and quantitative analyses of the electroencephalogram of anesthetized normal dogs, control data for clinical diagnosis. *Am. J. Vet. Res.*, **29** 1267-1277 (1968)
- Klemm, W. R. : Attempts to standardize veterinary electroencephalographic techniques. *Am. J. Vet. Res.*, **29** 1895-1900 (1968)
- Klemm, W. R. : Animal electroencephalography. Academic Press, New York and London (1969) pp. 1-270
- Klemm, W. R. and Hall, C. L. : Electroencephalographic seizures in anesthetized dogs with neurologic diseases. *J. A. V. M. A.*, **157** 1640-1655 (1970)
- Klemm, W. R. and Hall, C. L. : Electroencephalograms of anesthetized dogs with hydrocephalus. *Am. J. Vet. Res.*, **32** 1859-1864 (1971)
- Klemm, W. R. and Hall, C. L. : Electroencephalographic pattern abnormalities in dogs with neurologic disorders. *Am. J. Vet. Res.*, **33** 2011-2025 (1972)
- Klemm, W. R. and Hall, C. L. : Current status and trends in veterinary electroencephalography. *J. A. V. M. A.*, **164** 529-532 (1974)
- Prynn, R. B. and Redding, R. W. : Electroencephalographic continuum in dogs anesthetized with methoxyflurane and halothane. *Am. J. Vet. Res.*, **29** 1913-1928 (1968)
- Redding, R. W. : A simple technique for obtaining an electroencephalogram of the dog. *Am. J. Vet. Res.*, **25** 854-857 (1964)
- Redding, R. W. and Colwell, R. K. : Verification of the significance of the canine electroencephalogram by comparison with the electrocorticogram. *Am. J. Vet. Res.*, **25** 857-861 (1964)
- Redding, R. W. : Canine electroencephalography. In Canine neurology. 3th ed. Edited by Hoerlein,

- B. F., W.B.Saunders Company, Philadelphia, London and Toronto (1978) pp. 150-205
- 17) Redding, R. W. and Knecht, C. E.: Atlas of electroencephalography in the dog and cat. Praeger Publishers, New York (1984) pp. 1-379
- 18) Redman, H. C., Hahn, F. F. and Muggenburg, B. A. : Electroencephalographic correlates of a metastatic brain tumor in a beagle dog. *Am. J. Vet. Res.*, **34** 681-684 (1973)
- 19) 鈴木 實・豊澤敬一郎・七條喜一郎・館崎良太・松本 博・吉田 勝: イヌの臨床脳波に関する基礎的研究 I・表面脳波 (EEG) 及び皮質脳波 (ECoG) ・鳥大農研報, **37** 26-37 (1985)