

## 原 著

## 脳血行遮断時の家兎脳電図

昭和40年4月3日受付

信州大学医学部第二生理学教室

宮 川 清 小 沢 一 雄\*

## Electroencephalogram during Suspension of the Blood Supply to the Brain in Rabbits

Kiyoshi Miyakawa and Kazuo Ozawa

The 2nd Department of Physiology, Faculty of Medicine,  
Shinshu University

## 緒 言

さきに宮川<sup>①</sup>は家兎で、脳血行を一本の総頸動脈のみでつかさどらせ、その総頸動脈に一定の側圧を負荷することによつて全例に血圧第三級動揺を起こすことに成功した。このいわゆる側圧負荷実験中に脳電図の記録を行なつた。ところがその血圧動揺にもないきわめて規則正しく、そのうえ恒常性に富んだ pattern が脳電図上に繰り返されるのを観察した。

この血圧動揺現象は延髄の循環中枢と、その血流を中心とした feedback 機構にもとづくものである。このとき脳実質は血圧動揺の頂点付近の僅かな時間血流を受ける。そのほかの時期には断血状態に曝されている。いいかえるならば、脳実質は血圧動揺と同頻度で間歇的血流を受けている。

したがつて血圧動揺に付随して出現する脳電図の周期的 pattern を理解するためには、まず脳血行遮断時の、とくに家兎の脳電図の概要についての経験が必要になる。

いままで窒息時あるいは低酸素気吸入時の脳電図に関しては、きわめて多くの研究が行なわれている。しかし手術的に脳血行を遮断させた場合の脳電図の研究は比較的少ない。とくにここに用いられている脳血行遮断を目的とする手術方法は独特のものである。この方法を用いての脳血行遮断時の脳波が標準化が必要であつた。この目的のためこの実験を行なつた。

## 実験方法

椎骨動脈の血行遮断の手術方法は宮川の考案した方法<sup>②</sup>で行なつた。すなわち頸椎の横突起孔にガーゼを

充填することによつた。この手術を両側で行なつたのち、左右の総頸動脈を動脈クレンメにて閉じる。この方法で、どの程度の脳の血行遮断が起こるかについては、さきの論文<sup>②</sup>を参照されたい。

麻酔としては urethane 10% 溶液体重 1kg 当り 10ml を腹部に皮下注射した。血圧は水銀マンメーターを介し煤紙記録を行なつた。呼吸は呼吸運動に際しての上腹部の上下動を拡大、煤紙に同時描記を行なつた。脳電図記録には三栄測器製 805 型を用い、時定数は 0.3 に選んだ。電極は普通用いる  $\frac{1}{4}$  針の注射針をよく磨き前頭および後頭の皮膚を通して骨膜上に達せしめ、そこから導出を行なつた。

## 実験結果

上記の方法で20頭(体重1.9kg~3.2kg)のカイウサギにたいして合計38回の実験を行なつた。その実験結果について述べる。

## 1) おもな実験例

## a) 実験動物 No.20 (3.2kg, ♂) の実験成績

## (第1図 A, B)

横突起孔の充填手術後、両総頸動脈を同時に動脈クレンメにて挟み、脳血行の遮断をこころみる。第1図Aにその時の血圧ならびに呼吸運動の煤紙記録をしめす。遮断時点はAの記録ではシグナルが上昇し、Bの記録では下降でしめされている。脳血行再開時点はそれぞれその逆方向の移動でしめされている。遮断と同時に血圧は急激に 80mmHg ほど上昇、最高 140mmHg に達した。呼吸運動は 2.5 秒後停止し、血圧は 12 秒で最高となる。このときの前頭部後頭部導出の脳電図は第1図Bにしめしてある。脳血行遮断前は周期 1.0 ないし

\* 現勤務先 国立熱海病院内科

1.4秒、振幅 $100\mu V$ におよぶ比較的規則正しい脳波が出現している。この波は呼吸運動に関連したものと考えられるが、脳血行遮断後間もなく周期、振幅ともに以前のなかば程度になる。この大周期の動揺も呼吸運動の消失する時点、すなわち遮断後7秒で消える。そのあとはきわめて規則的な周期0.2秒、波高 $10\mu V$ 以下の小さい波形に移行し、次第に振幅を減じ、最後に線状になる。脳血行遮断は38秒間行なつた。脳血行再開後は2.5秒で脳波が出現し、以後急激に1 c.p.s. 振幅 $100\mu V$ の大きな不規則な波が出現してのち、次第に脳血行遮断前の状態にもどつてゆく。この大周期の動揺は周期の点で、呼吸運動とほぼ一致している。しかし振幅の点では必ずしも呼吸運動とのあいだに密接な関係はみられない。

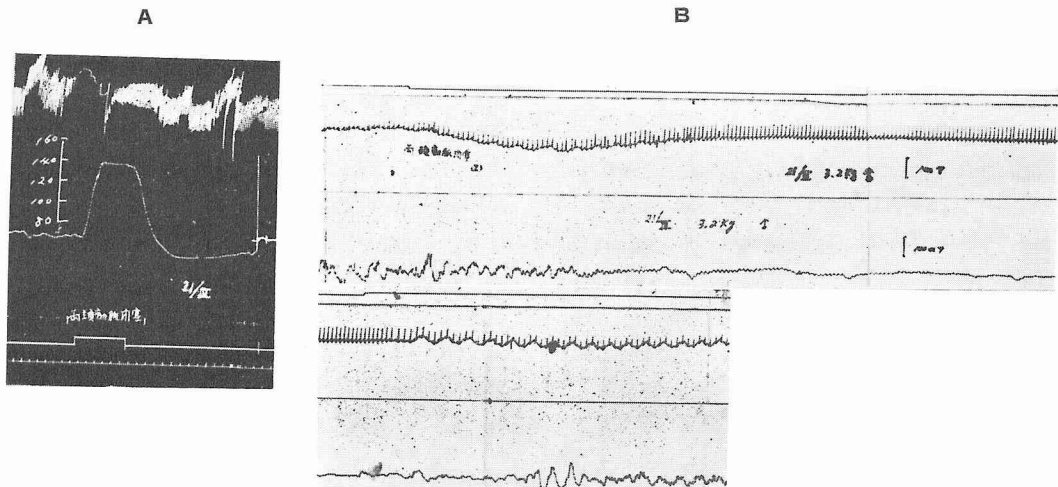
b) 実験動物 No. 5 (2.0kg, ♂) の実験成績  
(第2図 A, B)

第2図Aに示すように、脳血行遮断後平均血圧は $60mmHg$ から $168mmHg$ に上昇、呼吸は8秒後停止している。第2図Bには前頭部後頭部導出の脳電図をしめしてある。この場合、脳血流遮断前にはNo.20の例にみられたような大周期、大振幅の動揺はみられていない。脳血流遮断時点前後を比較して著しい相違はみられない。脳血流遮断5秒後、振幅 $80\mu V$ 、周期1秒の動揺が現われる。この動揺のなかには振幅は $200\mu V$ に達するものがある。この振幅の突然の増大は3ないし3.5秒の間隔を置いて3回起こっている。この特徴ある脳波の出現に後続して、きわめて規則的な振幅10

$\mu V$ の周期おのおの0.2秒の波が出現する。この動揺は次第に振幅を減じてゆき、遮断時点から25秒後には全く消失している。この場合、脳血行遮断は52秒間行なつた。脳血行再開後14秒で脳波が出現した。呼吸運動の開始にともない、おのおのの潮汐運動に1対1の対応をしめす振幅 $150\mu V$ 周期2秒から2.5秒の動揺が現われた。ある個所ではこの動揺は顕著な2 c.p.s. 程度の波を載せている。このようにして次第に遮断前の状態にもどつた。

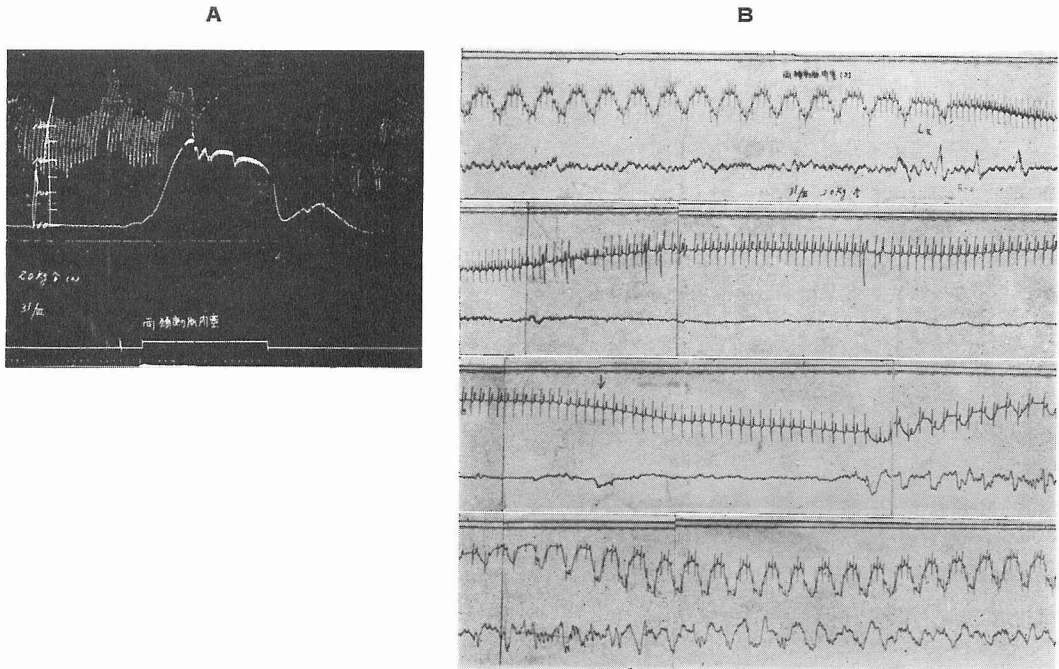
c) 実験動物 No. 6 (2.0kg, ♂) の実験成績  
(第3図 A, B)

頸椎横突起孔充填手術ののち、両側の総頸動脈を動脈クレンメで閉じ、脳血流遮断実験を行なつた。第1のシグナルは片方の総頸動脈を閉じた時点をしめし、後続する持続的上昇は脳血行遮断をしめす。第3図Aに示すように遮断前 $60mmHg$ であつたものが、遮断後24秒で最高 $160mmHg$ にまで上昇している。呼吸運動は脳血行遮断後6秒で停止している。この脳血行遮断実験の際の脳電図は第3図Bにのせてある。脳電図においては脳血行遮断時点前後で認むべき相違はみられない。大きな動揺は次第に姿を消し、ついでに残存している小周期の動揺もその振幅を減じていつた。これら動揺の振幅の減少は連続的に行なわれるが、つぎの二つの時点では変化が比較的急激である。大きな周期の動揺の消えるのは、脳血行遮断後17秒である。25秒後には小周期のものも急激にその振幅を減じた。脳血行遮断は44秒間行なわれたが、その後脳波はきわめて



第1図 脳血行遮断実験成績 (実験動物 No.20)

A: 煤紙記録 上から呼吸曲線, 血圧, シグナル, 時標 (1区間6秒).  
B: 心電図, 脳電図の同時記録 上からシグナル (Aのものと同じ), 時標 (0.1秒), 心電図 (第II導出), 脳電図 (前頭・後頭導出).



第 2 図 脳血行遮断実験成績 (実験動物 No. 5)

A : 煤紙記録 上から呼吸曲線, 血圧, シグナル, 時標 (1 区間 6 秒).

B : 心電図, 脳電図の同時記録 上からシグナル (A のものと同時), 時標 (0.1 秒), 心電図 (第 II 導出), 脳電図 (前頭・後頭導出).

徐々に振幅を減じ, 脳血行再開後もその傾向を維持し, かえつて平坦化している。脳血行再開後16秒で呼吸運動が現われ, それよりも2ないし3秒先んじて脳波が出現している。これ以後の脳電図には呼吸運動に対応して顕著な動揺が出ている。血行再開後40秒して小周期の動揺が, これら大周期の動揺に載せられて現われてくる。

d) 実験動物 No. 4 (1.9kg, ♂) の実験成績

頸椎横突起孔充填手術ののち, 両側の総頸動脈の血行を遮断, 脳血流遮断実験を行なう。脳血行遮断前の血圧は 68mmHg である。脳血行遮断後15秒で血圧は最高に達し 180mmHg となる。呼吸運動の停止は脳血行遮断後17秒で起こる。この場合は脳血行遮断前においても, 脳電図には呼吸と同リズムの著明な動揺は認められない。両側の総頸動脈の血行遮断前後で脳波に顕著な変化はみられていない。血行遮断後15秒で周期 0.25秒, 波高 50 $\mu$ V の規則正しい動揺になつた。その後12秒間その波が継続, その間きわめて徐々に振幅を減じついに全く消滅する。脳血行遮断は67秒間続けられた。脳血行再開後呼吸運動にともない脳電図にも大きな動揺がみられた。

e) 実験動物 No.17 (2.9kg, ♀) の実験成績

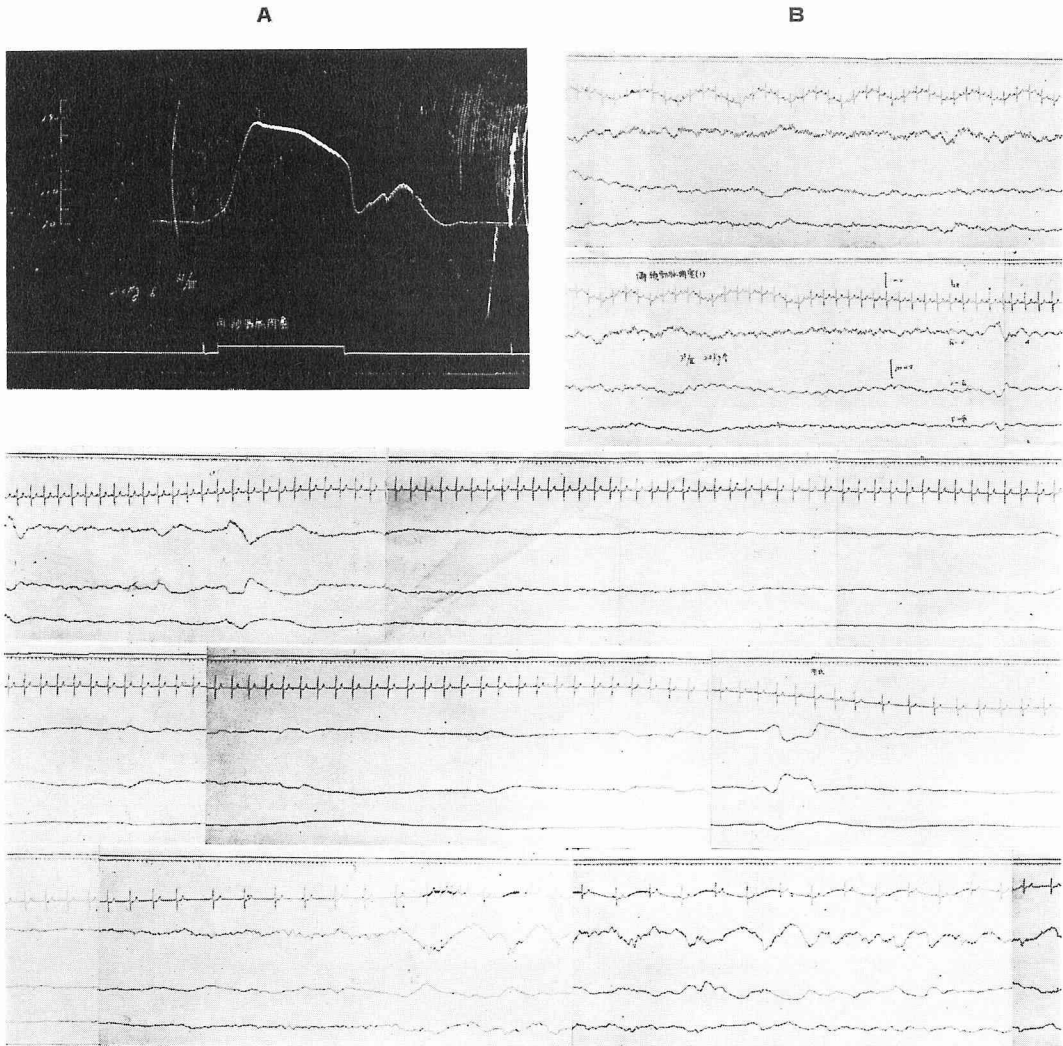
(第 4 図 A, B)

脳血行遮断前の血圧は 40mmHg であつた。脳血行遮断後は22秒で最高の 150mmHg に達している。呼吸運動は脳血行遮断後6秒で停止している。第4図Bにしめたのはこの例の前頭部後頭部導出の脳電図である。脳血行遮断前は 1 c.p.s. の振幅 50 $\mu$ V 程度の大きな脳波が現われているが, これは脳血行遮断後 9.5 秒で消失した。これに後続して周期 0.3 秒, 振幅 20~25  $\mu$ V の比較的規則的な脳波が出現し, これも遮断後33秒で全く消失した。この例においては脳血行の遮断は 42.5秒間行なつた。脳血行再開後は, ただちに脳波が出現した。この場合振幅は 100 $\mu$ V 以上に達し, 周期は 1 秒をうまわる比較的不規則な脳波が出現した。再開後約33秒で遮断前の状態にもどつている。

f) 実験動物 No.18 (2.0kg, ♂) の実験成績

(第 5 図 A, B)

脳血行遮断後10秒で呼吸は停止し, 血圧は 56mmHg より最高 158mmHg に上昇, この間34秒である。脳波は遮断後15秒で, これまでに存在していた 1 c.p.s. ないし 2 c.p.s. 程度の大きな動揺は消える。そし



第3図 脳血行遮断実験成績 (実験動物 No.6)

A: 煤紙記録 上から呼吸曲線, 血圧, シグナル (脳血行遮断をしめす), 時標 (1区  
間6秒).

B: 心電図, 脳電図の同時記録 上からシグナル (Aのものと同様で脳血行遮断をしめ  
す), 時標 (0.1秒), 心電図 (第II導出), 脳電図 (上から前頭・後頭導出, 後頭・耳  
介導出, 前頭・耳介導出).

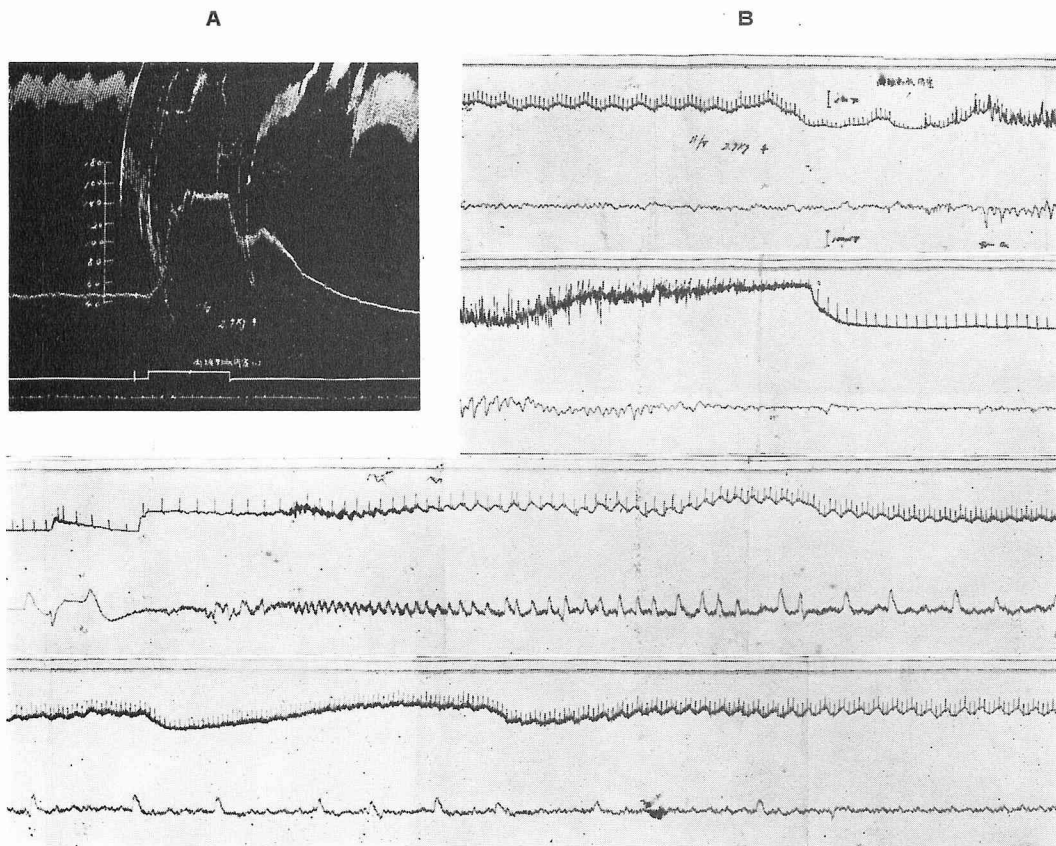
て5 c.p.s.程度の細かい動揺がはつきりと単独で現われてくるようになる。この波も脳血行遮断後40秒で消失している。脳血行再開後はただちに呼吸運動は再開する。そのリズムに対応して脳波には大きな不規則な波の出現をみる。そして徐々にもとにもどつてゆく。

g) 実験動物 No.15 (2.8kg, ♀)の実験成績

この例では脳血行遮断後10秒にて呼吸は停止し, 血圧は57mmHgより最高170mmHgに30秒間で上昇して

いる。脳波にはスパイク様の急峻な波が遮断前に出現している。脳血行遮断7秒以後はこのスパイク様変化はみられない。およそ5 c.p.s.の比較的規則正しい脳波が現われ, 次第にその波高を減じて26秒以後消失する。脳血行再開後は総頸動脈上の動脈クレンメを除くと, ほとんど同時にスパイク様の波が出現する。その後徐々に回復, 55秒後操作前の脳波になる。

第1表は実験結果を表示したものである。



第 4 図 脳血行遮断実験成績 (実験動物 No.17)

A : 煤紙記録 上から呼吸曲線, 血圧, シグナル (脳血行遮断をしめす), 時標 (1 区間 6 秒).  
 B : 心電図, 脳電図の同時記録 上からシグナル (A のものと同時で脳血行遮断をしめす), 時標 (0.1 秒), 心電図 (第 II 導出), 脳電図 (前頭・後頭導出).

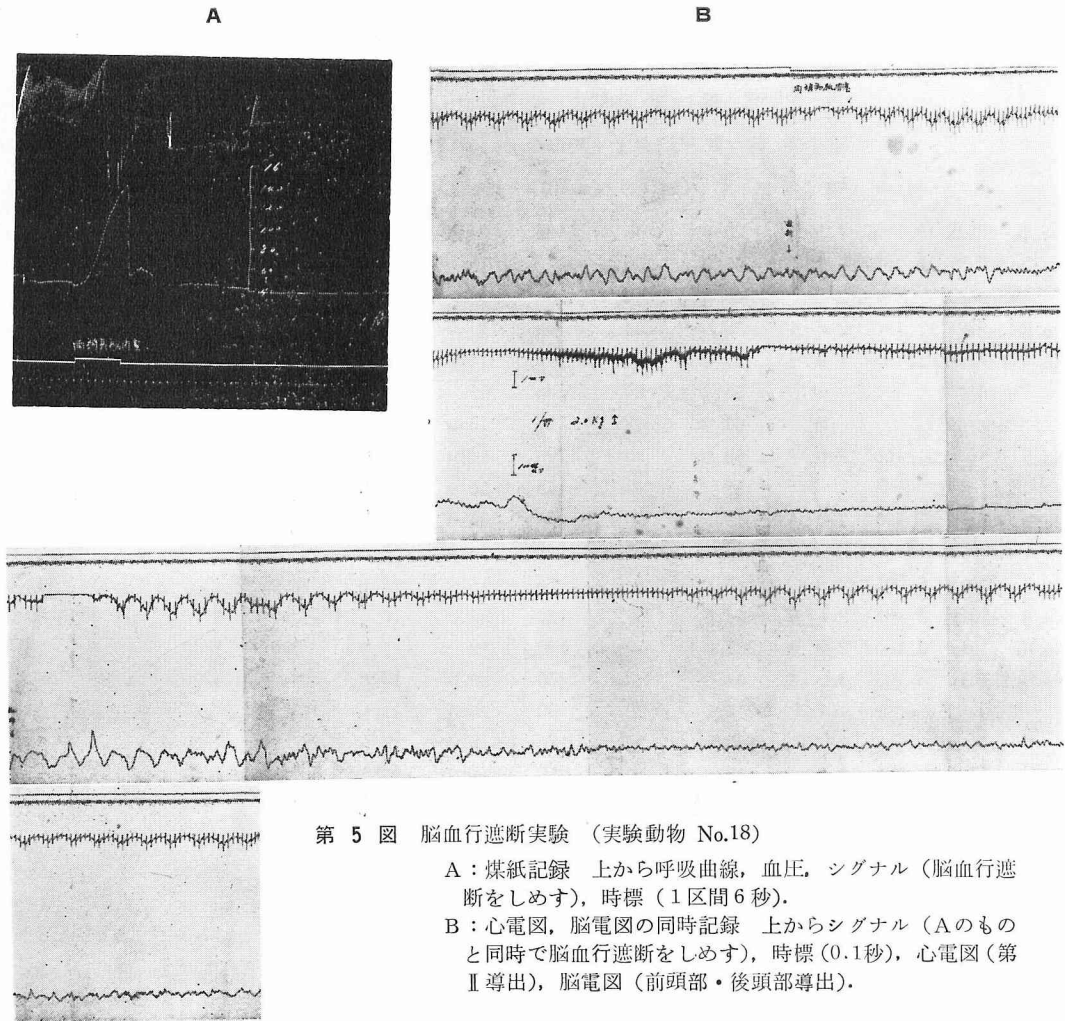
2) 脳血行遮断による脳電図の変化の概要, ならびにその特徴

左右の椎骨動脈血行遮断手術後で, 両側総頸動脈血行遮断前では, 家兎の脳電図は個体差がきわめて大きい。しかしその主体は 2 ないし 5 c.p.s. の波であり, それに 10 c.p.s. の波が重積している。

ついで両側の総頸動脈を閉塞させ, 脳への血行遮断を行う。この血行遮断時の脳波もきわめて個体差が大きい, 共通した点のみを抽出して概要をまとめるとつぎのようになる。脳血行遮断により重積した波が消失して, 一般に滑らかな曲線となる。多くの例では血行遮断後一時的に 2 ないし 3 c.p.s. の振幅  $50\mu V$  ないし  $100\mu V$  におよぶ不規則な波が出現する。これが時に急峻なスパイク状を呈することがある。このような一時的に不規則な波の出現するのは, 脳血行遮断後平均 8.8 秒でその標準偏差は 5.0 秒である。この一時的

な不規則な波に後続して, きわめて規則的な 10 ないし  $20\mu V$  の振幅をもつた 3 ないし 4 c.p.s. の波が出現する。多くの場合この波はきわめて滑らかでそのうえ規則的である。この一連の特徴ある波が一定時間持続したのち次第にその振幅, 周期ともに減少し, ついに一本の線となる。脳血行遮断後, 脳波が消失するまでの時間は, 34 例の平均値は 25.5 秒, その標準偏差は 10.4 秒であつた。第 6 図にそのヒストグラムをしめす。

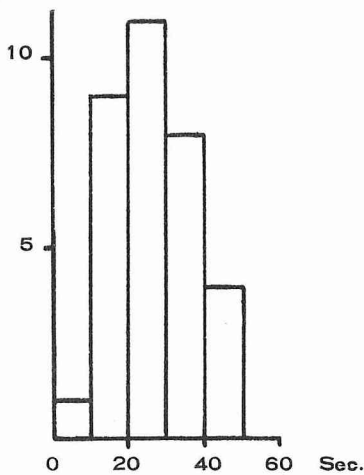
以上の特徴をさらに要約するとつぎのようになる。脳血行遮断時の脳波の消失は急激に断層的に行なわれるのではない。脳波は一定の過程をへて次第に消失する。すなわち周期, 振幅の抑制された時間, ついで急激に周期, 振幅ともに大きい動揺をしめす時期が現われる。さらにこれに後続して振幅は抑制され, 周期は規則的になる時期が到来する。最後にその波高が減少して一本の直線状になる。



第5図 脳血行遮断実験 (実験動物 No.18)

A: 煤紙記録 上から呼吸曲線, 血圧, シグナル (脳血行遮断をしめす), 時標 (1区間6秒).

B: 心電図, 脳電図の同時記録 上からシグナル (Aのものと同様で脳血行遮断をしめす), 時標 (0.1秒), 心電図 (第II導出), 脳電図 (前頭部・後頭部導出).



第6図 脳血行遮断後脳波消失までの時間のヒストグラム

脳血行再開後, 脳波はきわめて徐々に出現してくる。脳血行再開後, 脳波の出現するまでの時間は36例の平均値は7.5秒, その標準偏差は4.8秒であつた。まず一本の線状に化した脳電図に僅かな動揺が現われてくる。これに後続して周期1.5ないし0.5 c.p.s., 振幅  $50\mu V$  ないし  $100\mu V$  の不規則な波が急激に出現するのが常である。この不規則な波の振幅は次第に減少し, 徐々に平常の脳波に移行する。このようにして脳波が脳血行遮断前にもどるまでの時間は, 37例で脳血行再開後平均33.0秒であり, その標準偏差は13.7秒であつた。

3) 脳血行遮断時における脳波と脳血行遮断時に現われる他の現象との関係

脳血行遮断が完全に行なわれているか否かは, そのときの体血圧上昇の程度が指標になる。この40例の遮断実験において, 遮断前の体血圧の平均値は58.9mmHg

第 1 表 脳血行遮断および脳血行再開による血圧, 呼吸, 脳波の変化

動物 ならびに 実験動物	実験期日	動物 体重 (kg)	性 別	脳血行 遮断 時間 (sec.)	脳血行 遮断 平均血圧 (mmHg)	脳血行遮 断後最高 平均血圧 (mmHg)	脳血行遮 断後最高 平均血圧 に達する までの時間 (sec.)	脳血行停 止後呼吸 運動の停 止するま での時間 (sec.)	脳血行遮 断後脳波 に変化を 来たすま での時間 (sec.)	脳血行遮 断後脳波 消失まで の時間 (sec.)	脳血行再 開後脳波 が出現す るまでの 時間 (sec.)	脳血行再 開後脳波 が遮断前 に戻るま での時間 (sec.)
No. 1	Feb. 10, 1957	2.5	♀	26.0	40	185	24.0	7.0		13.0	16.0	21.0
No. 2 (1)	Feb. 15, 1957	3.2	♀	41.0	50	140	15.0	8.0	9.0	14.0	10.0	29.0
(2)				46.0	55	155	16.0	8.0	6.0	23.0	4.0	30.0
No. 3	Feb. 17, 1957	2.0	♀	29.0	54	160	15.0	5.0	10.0	22.0	10.0	15.0
No. 4 (1)	Feb. 21, 1957	1.9	♂	32.0	80	175	14.0	8.0	13.0	29.0	6.0	28.0
(2)				58.0	80	165	15.0	18.0	11.0	31.0	10.0	48.0
(3)				67.0	68	175	15.0	14.0	17.0	34.0	10.0	48.0
No. 5 (1)	Mar. 31, 1957	2.0	♂	52.0	50	180	11.0	7.0	7.0	18.0	8.0	40.0
(2)				52.0	60	168	16.0	8.0	5.0	25.0	14.0	52.0
No. 6 (1)	Apr. 7, 1957	2.0	♂	40.0	50	166	36.0	10.0	12.0	18.0	8.0	28.0
(2)				44.0	60	160	24.0	6.0	12.0	18.0	8.0	30.0
No. 7	May 5, 1957	2.9	♀	85.0	78	168	15.0	13.0	12.0		5.0	45.0
No. 9	July 8, 1957	2.5	♀	64.0	80	180	24.0	16.0	3.0	17.0	8.0	30.0
No. 10	July 2, 1957	2.9	♂	206.0	30	160	12.0	7.0	5.0	18.0	13.0	
No. 13 (1)	July 6, 1957	3.0	♂	64.0	20	60	30.0	14.0	12.0	46.0	7.0	
(2)				216.0	20	60	28.0	17.0	13.0			20.0
(3)				105.0	70	170	12.0	10.0	7.0			26.0
No. 14 (1)	July 14, 1957	2.7	♀	50.0	46	150	18.0	26.0	2.5	7.5	21.0	26.0
(2)				52.0	30	140	19.0	6.0	4.0	15.5	1.0	25.0
No. 15 (1)	July 26, 1957	2.8	♀	67.0	80	110	10.0		10.0			15.0
(2)				53.0	57	170	30.0	10.0	7.0	26.0	0	55.0
No. 16 (1)	Mar. 8, 1958	2.6	♂	47.0	116	196	12.0	6.0	2.0	30.0	11.0	16.0
(2)				67.0	80	158	38.0	4.0	9.0	40.0	4.0	50.0
(3)				47.0	70	134	40.0	8.0	6.0	33.0	5.0	38.0
(4)				55.0	80	136	34.0	10.0	8.0	40.0	5.0	52.0
No. 17 (1)	May 11, 1958	2.9	♀	47.0	50	146	19.0	18.0	5.0	29.0	10.0	60.0
(2)				41.0	40	136	22.0	9.0				
(3)				42.5	40	150	22.0	6.0	9.5	33.0	0	33.0
No. 18 (1)	June 1, 1958	2.0	♂	53.0	56	158	34.0	10.0	11.0	38.0	0	33.0
(2)				60.0	50	138	48.0	2.5	15.0	45.0	0.5	50.0
No. 19 (1)	May 16, 1958	2.0	♂	39.0	68	156	18.0	18.0	7.0	24.5	6.0	20.0
(2)				49.0	56	150	18.0	12.0	6.0	22.0	10.0	40.0
(3)				40.0	72	152	18.0	5.5	32.0	18.0	7.0	25.0
No. 20 (1)	Mar. 21, 1958	3.2	♀	35.0	66	140	12.0	2.5	7.0	29.0	2.5	15.0
(2)				38.0	60	140	14.0	7.0	8.0	8.3	6.0	14.0
(3)				45.0	64	130	34.0	8.0	7.0	32.0	8.0	30.0
No. 21	July 28, 1958	2.8	♀	31.0	20	80	10.0	11.0	9.0	13.0	2.0	7.0
No. 22	June 25, 1958	2.3	♀	120.0	30	110	20.0	7.0	8.0		16.0	30.0
No. 23 (1)	Apr. 7, 1958	2.4	♀	45.0	100	150	15.0	7.0	5.5	27.5	9.0	50.0
(2)				45.5	80	140	20.0	8.0	5.0	30.0	9.0	49.0

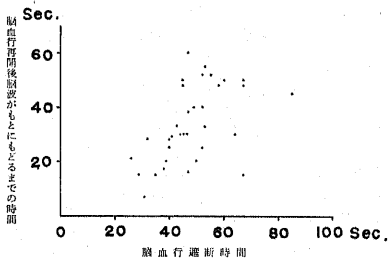
で、その標準偏差は 20.5mmHg であった。脳血行遮断後の体血圧の最大になる時点は平均が 147.5mmHg で、

その標準偏差は 28.4mmHg であった。なお、この最大値に達するまでの時間は脳血行遮断時点から平均 21.1

秒, その標準偏差は 8.9 秒であつた。いま一つの指標として呼吸運動の停止があるが, 39例の遮断実験において, 脳血行遮断後, 呼吸運動停止までの時間は平均 9.6 秒, その標準偏差は 5.0 秒であつた。

上記の方法により呼吸運動停止をきたす程度に脳血行遮断が行なわれているときは, 確実に脳波が消失する。脳波消失までの時間は一般に呼吸運動停止までの時間より長い。いいかえると呼吸運動停止後一定時間後に脳波は消失する。また第1表に示すように一般に血圧が急激に上昇し, 一定値を維持しはじめる時点以後になつて消失する方が多い。

脳血行再開により消失した脳波が出現するまでの時間は消失にくらべ早い。脳血行再開後脳波が以前の状態にもどるまでの時間と, 先行する遮断実験の血行遮断時間との間には第7図に示す相関関係がみられる。この場合の相関係数は 0.55 であつた。また同一個体においても脳血行遮断実験を間隔を置かずに繰り返す場合には脳波の回復が遅れる。



第7図 脳血行遮断時間と脳血行再開後脳波がもとにもどるまでの時間との相関図表

### 論 議

脳波と脳血行状態との関係については Berger<sup>④</sup>が人体で脳波の存在を確立する以前から動物を対象に研究が行なわれていた。Práwiedz-Neminski<sup>⑤</sup>は犬を出血させ, このときの脳波の変化を研究している。脳が貧血に陥るとともに, 脳波は一定の経過をつたつち最後に消失することをみる。そのほか Bishop<sup>⑥</sup>, Simpson および Derbyshire<sup>⑦</sup>も脳血流停止によつて大脳の電氣的活動が衰えることを観察している。Bremer<sup>⑧</sup>は彼の遊離大脳で実験を行ない, 頸動脈の圧迫, 迷走神経の刺激によつて脳波が抑制されることを観察している。Jasper, Bridgman および Carmichael もこの点について研究を行なつている。Sugar および Gerard<sup>⑨</sup>もわれわれと同じように頸動

脈以外の血管を結紮しておき, 頸動脈を一時的に圧迫して脳貧血を起こさせ, 猶の脳波がいかに変わるかを研究している。この方面の業績の総説には本川<sup>⑩</sup>のものがある。これらの成績を通じて注目すべき事実は, 脳波が消失する前に電氣的活動がさかんになる時期のあることである。

なお脳波の低酸素との問題は Berger<sup>④</sup>, 只根<sup>⑪</sup>, 原<sup>⑫</sup>, 藤森<sup>⑬</sup>, Davis, Davis および Thompson<sup>⑭</sup>, Körnmüller, Palme, Strughold<sup>⑮</sup>らによつて行なわれている。

以上の研究は主として脳血行障碍, 低酸素吸入時の脳波の変化について現象論的に取り扱われたものである。しかしここ数年脳幹賦活系が注目されてきた。この賦活系との関連においての脳波の研究が, Hugelin, Bonvallet および Dell<sup>⑯</sup>により行なわれている。さらにこの方面の研究が, Creutzfeld, Kasamatsu および Vaz-Ferreira<sup>⑰</sup>によつてノイロン単位に還元して行なわれるようになった。脳波の anoxia による変化に対して, 発生機序の方面から行われた研究とみてよい。むしろ脳波の発生機序解明の一手段として, anoxia に曝露するという方法が用いられたと言つてよいであろう。

脳実質を anoxia に陥れる方法としては脳血流を遮断する方法, 氣道を閉塞する方法, クラレーにより呼吸運動を麻痺させる方法, 出血させる方法等が考えられる。そのうち脳血行遮断を用いた方法はきわめて少ない。最近では Cahn<sup>⑱</sup>らの実験成績がある。

Cahn<sup>⑱</sup>の脳血行遮断時の脳波に関する研究結果から必要な点を引き合いに出してみる。脳血行遮断時点から, 脳波の完全消失までの時間は  $39 \pm 3.6$  秒となつている。この場合使用した動物は家兎で pentothal 麻酔を行なつている。われわれの成績では平均 25.5 秒で標準偏差は 10.4 秒となつている。明らかにわれわれの成績の方が早く消失している。

この原因として考えられるのは, 脳血行遮断方法の相違である。脳血行を完全に遮断することは案外むづかしいものである。Cahn<sup>⑱</sup>らがどのような手術を用いたか具体的に明らかでないが結果の相違の一つの有力な原因と考えられる。つきに問題になるのは麻酔である。Cahn<sup>⑱</sup>らは pentothal [sodium 5-ethyl-5-(1-methyl-butyl) 2-thiobarbiturate] を用い, われわれは urethane である。Cahn<sup>⑱</sup>によると, barbiturate の麻酔は脳血行遮断時から脳波消失までの時間を長くするといふ。まさにこの結果と一致している。

つきに脳血行を再開してから, 脳波の出現までの時



間は Cahn らの成績では  $17 \pm 6.7$  秒となつている。われわれの実験結果では平均7.5秒で標準偏差4.8秒となり、明らかにわれわれの値の方が小さい。Cahnらの場合、この回復に先行する脳血行遮断実験は、脳波が消失してのち30秒ないし40秒続行したという。したがって脳血行遮断時間は1分から1分30秒までである。われわれの血行遮断時間の平均が59.9秒であるのに比して長い。したがって回復に時間を要するのは当然であろう。

ついで脳波の性状について論ずる。まず家兎の安静時の正常の脳波については従来混乱した意見が述べられている。まず Kornmüller, Marinescoら<sup>10)</sup>, Ledebur<sup>11)</sup>によつて主張されている局所特異性である。一方 Ectors<sup>12)</sup>, Drohocki<sup>13)</sup>, Ito および Karketa<sup>14)</sup>, 鈴木<sup>15)</sup>, 戸田<sup>16)</sup>, 大石<sup>17)</sup>らによつては局所特異性は否定されている。鈴木は結論として正常家兎の脳波にはきわめて著しい個体差のあることを述べている。無麻酔無固定家兎では、5~7 c.p.s. の波が人体のα波に相当する主波を構成しているという。この点まったく同感である。われわれはとくにα波を実験の主眼目にしたわけではないので、家兎の個体間の選択は行なつていない。

脳血行遮断に対する脳波の変化には一貫した傾向が認められた。すなわち脳波が消失するまでに、まず脳波の周期の増長、波高の増大、不規則化が現われる。ついで脳波はきわめて規則的な波高の小さな動揺となり、次第に消失する。

このような過程は脳実質が単純に全体として機能喪失してゆく結果とみなすよりは、つぎのように考える方が妥当であろう。皮質、皮質下諸核、脳幹網様体等を構成する一つ一つの神経細胞は anoxia に対して、それぞれ特有の時間的経過の興奮ないし脱分極をもつて反応するものと考えられる<sup>18)19)</sup>。比較的この時期が長く、機能の喪失の時期が遅く到来するものもあろう。一方きわめて早期に機能喪失をきたすものもあろう。しかもこれらがある機能に対し直接、間接的に興奮性、抑制性の二つの面をもっているわけである。このような諸過程の窮極的な総和として、脳波に一つの過程が現われてくるものと考えることができる。この点に関しては後述する諸論文が証明するであろう。

ついでこの実験成績がとくに明らかにしている点はつぎの点である。脳血行遮断時の脳波と体血圧、呼吸運動とのそれぞれの相互関係についてである。これらの事象の時間的關係はつぎのようである。脳血行遮断後ただちに血圧が上昇、ついで呼吸運動が停止、それに後続して全身の間代性あるいは緊張性あるいは左右

相互性の痙攣があらわれる。脳波が消失するのはその後である。呼吸運動停止は呼吸中枢の低酸素による麻痺によると考えるよりは、呼吸運動中枢を構成する神経細胞の anoxia に対する反応のアンバランスが呼吸運動停止の形として表現されているものと考えべきであろう。しかし、しばらくすれば構成神経細胞全体の機能喪失としての呼吸停止に移行するのはいうまでもない。延髄レベルにある他の中核、たとえば循環中枢は脳波消失後も健全に活躍していることは、血圧をみれば判ることである。呼吸中枢でもその一部である gasping 中枢が作動されるのは脳波消失後かなりたつてからである。したがって同一の神経細胞でも anoxia に対する反応は、循環中枢と脳皮質ではおそらく大きな相違があるものと思われる。

## 文 献

- ①宮川 清：脳の血流制御により引き起こされる血圧第三級動揺並びに呼吸様式の周期性変動について（第一報）。日本生理誌, 17: 383-391, 1955
- ②宮川 清：兎の脳循環の人為的制御の一方法。日本生理誌, 17: 299-309, 1955
- ③Berger, H.: Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Arch. Psychiat. Nervenkr., 87: 527-570, 1929
- ④Berger, H.: Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Neunte Mitteilung. Arch. Psychiat. Nervenkr., 102: 538-557, 1934
- ⑤Práwdicz-Neminski, W. W.: Zur Kenntnis der elektrischen und der Innervationsvorgänge in den funktionellen Elementen und Geweben des tierischen Organismus. Elektrocerbrogramm der Säugetiere. Pflüg. Arch. ges. Physiol., 209: 362-382, 1925
- ⑥Bishop, G. H., & O'Leary, J.: Potential records from the optic cortex of the cat. J. Neurophysiol. 1: 391-404, 1938
- ⑦Simpson, H. N., & Derbyshire, A. J.: Electrical activity of the motor cortex during cerebral anemia. Amer. J. Physiol., 109: 99, 1934
- ⑧Bremer, F., et Thomas, J.: Action de l'anoxémie de l'hypercapnie et de l'acapnie sur l'activité électrique du cortex cérébral. C. R. Soc. Biol., 123: 1256-1261, 1936
- ⑨Sugar, O., & Gerard, R. W.: Anoxia and brain potentials. J. Neurophysiol., 1: 558-570, 1938
- ⑩本川弘一：脳波。202-212, 1947, 南条書店, 東京
- ⑪只基 強：大脳電流に関する研究。海軍軍医誌, 31: 991-992, 1942
- ⑫原 英道：低酸素状態における

人脳電流に関する研究. 海軍軍医誌, 32: 442, 1943  
 ⑤藤森聞一: 脳波及電気心働図による低圧死の研究. 航空医学, 2: 70, 1944 ⑥Davis, P. A., Davis, H., & Thompson, J. W.: Progressive changes in the human electroencephalogram under low oxygen tension. Amer. J. Physiol. 123: 51-52, 1938 ⑦Kornmüller, A. E., Palme, F., & Strughold, H.: Über Veränderungen der Gehirnaktionsströme im akuten Sauerstoffmangel. Luftfahrtmedizin, 5: 161-183, 1941 ⑧Hugelin, A., Bonvallet, M., et Dell, P.: Activation réticulaire et corticale d'origine chémocceptive au cours de l'hypoxie. EEG. Clin. Neurophysiol., 11: 325-340, 1959 ⑨Creutzfeld, O., Kasamatsu, A., u. Vaz-Ferreira, A.: Aktivitätsänderungen einzelner corticaler Neurone im akuten Sauerstoffmangel und ihre Beziehungen zum EEG bei Katzen. Pflüg. Arch. ges. Physiol., 263: 647-667, 1957 ⑩Cahn, J. et al.: Effects of acute anoxia on EEG and brain metabolism in the rabbit and dog. Cerebral anoxia and the electroencephalogram ed. by Gastant H. & Meyer, J. S., 1931, 89-104, Charles C. Thomas, Springfield. Ill.  
 ⑪Marinesco, G., Sager, O., et Kreindler, A.: Études électroencéphalographiques. Bull. Acad. Méd., 119: 330-362, 1938 ⑫Ledebur, J. F. Von.: Hirn-bioelektrische Untersuchungen über sogenannte  $\alpha$ -Wellen beim Kaninchen. J. Psychol. u. Neurol., 49: 420-431, 1940 ⑬Ectors, L.: Étude de l'activité électrique du cortex cérébral chez le lapin non narcotisé ni curarisé. Arch. int. Physiol. 43: 267-298, 1938  
 ⑭Drohocki, Z.: Hirnelektrisches Echophänomen. Pflüg. Arch. ges. Physiol., 240: 183-196, 1938 ⑮Ito, G. u. Kaketa, K.: Zur Frage der Lokalisation des Grosshirnaktionsstromes. Tohoku J. exp. med., 30: 546-560, 1937 ⑯鈴木篤郎: 脳波実験動物としての家兎の検討. 日新医学, 37: 488-493, 1950 ⑰戸田正二郎: 正常家兎脳波の周期に就て. 日耳鼻, 52: 325-331, 1949  
 ⑱大石力三郎: 正常家兎脳波波形に関する研究. 信州医誌, 2: 280-284, 1953 ⑲Van Harreveld, A., & Ochs, S.: Cerebral impedance changes after circulatory arrest. Amer. J. Physiol., 187: 180-192, 1956 ⑳Van Harreveld, A., & Bier-

steker, P. A.: Acute asphyxiation of the spinal cord and of other sections of the nervous system. Amer. J. Physiol. 206: 8-16, 1964

#### ABSTRACT

The electroencephalogram was recorded in rabbits during suspension of the blood supply to the brain by Miyakawa's method. The electrical evolution during the suspension can be summarised as follows. Within 8.8 sec. there appeared a train of slow waves (1 c.p.s.) of high voltage which was followed by the period of regular waves (3 c.p.s.) of small voltage. Then the brain waves disappeared.

At the resumption of the blood supply to the brain the slow waves of high voltage appeared, and then the brain waves resumed gradually the original pattern.