From the 1st Medical Clinic, Iwate School of Medicine (Director: Assistant Professor Itio Ono M. D.)

The Experimental and Clinical Studies of the Electrocardiograms of Caisson Disease (II)

INFLUENCE HIGH PRESSURE SURROUNDING THE ELECTROCARDIOGRAMS OF RABBIT

By

TADAKATSU NARISHIMA

(Received for Publication, May 4, 1959)

潜函病の心電圖に関する實驗的並びに臨牀的研究 (第2報)

高壓環境下における家兎の心電圖學的研究

成島 忠勝

岩手醫科大學第一内科 (擔當 工藤祐三教授, 小野一男助教授)

I have observed the influence of high pressure surrounding the electrocardiograms of rabbits and its pathological changes on various conditions experimentally. Forty rabbits were used for this experiment.

They were put in the "compression-box" by compression air and pressure was put on them by various methods to observe influences on electrocardiograms and electrolyte in serum.

The results obtained are as follows:

1. In 4 cases, when the air pressure was lowered gradually in a step-like fashion, one case revealed coronary T wave after undergoing the procedure 15 times. In cases where severe pressure was applied, the author observed many increased R and P waves.

2. In 16 cases that were performed the air pressure was lowered gradually in straight-line fashion. In two cases the I or III leads showed occasional coronary T waves, but potassium in blood serum was not increased.

3. Rabbits with electrocardiographic changes

showed some changes also pathologically. The author observed the callosity and degeneration in the heart muscles. In groups with the heart callosity of the right ventricle there showed coronary TIII wave, moreover in groups with the heart callosity of the left ventricle there showed T_r wave an electrocardiograms.

4. In the group presenting experimental caisson disease, serum K concentration increased in half of the cases, and in other cases decreased. But K concentration in myocardium increased slightly in many cases. Sodium and potassium concentration in serum increased in a few cases, but in many cases were found more frequently to decrease after the pressure.

No appreciable correlation was found between the electrocardiographic changes and the electrolytes in serum. The electrocardiographic changes on experimental caisson disease were caused by the fact that the physical conditions were caused by compression and depression, causing thereby the pathological-histological changes of the heart and lung.

第3章 高壓環境下における家兎の心電圖學的研究 (連續的段階式減壓法)

潜函病の發生が主として N₂ ガスの栓塞によることが判明している現在, その障害の最も甚しいのは脂肪, リポイドに富む腦脊髄等の中樞神經であることは異論はない. 潜函病の場合の様に, 高壓環境下の作業から急激に平常氣壓環境下に戻った場合に, 體內に多量に溶解込んで居つた窒素がガス泡となつて, 血行中に入つて栓塞となり, ひいては周圍組織に損傷を來して色々の障害を惹起する疾患に際しては, ただに神經系のみならず, 循環系にも障害を及ぼして種々なる血行障害を來す事は當然

豫想されるところである.

しかし此方面に關する從來の検索は少く, 循環系特に心臓に對しては殆んど検索の手が進められて居らず, 從來の文献によるも和氣¹³⁾(1931)の病理組織學的研究と, 岡田(1938)の刺戟傳導障害を起した症例報告, 及び田村¹⁴⁾等の古い梗塞曲線を認めた症例が報告されているに過ぎない. 一方本病の心電圖の實驗的研究については殆んど検索がなされて居らない.

私の第2章に記載した潜水夫並びに潜函病症の心電圖でも, 潜函病に罹患直後撮影の心電圖がなく, しかも相當長時間潜水作業を行なつた例もなく, 従つて著るしい刺戟傳導障害や, 梗塞曲線の所見は未だ得られて居らな

いので、従つて種々なる高壓環境下にもたらされる心電圖の變化を追究するにはどうしても動物實驗によらなければならない。

ここに於て私は、いろいろの程度の高壓を加えた時の所見を知りたいと思ひ、特に著るしい高壓下の變化を知る目的で家兎に60乃至70米の海底に相當する壓(6~7氣壓)を人工的に加え、加壓時間、減壓時間、加壓回数を種々に組合せてその變化を追究して見た。

本論では先ず高壓の心臓に對する影響を實驗的に檢索するため、家兎に加壓操作を加え、次いで減壓せしめ、斯る一連の處置を繰返しつつ、経過を追うて心電圖を撮影し検討を加えた。

第1項 實驗動物

2.0kg以上の雄性成熟家兎16羽を使用、實驗に供した。(これらにNo. 1よりNo. 40の通し番號を付して、實驗成績を見易いようにした。)

第2項 實驗裝置及び使用器械

圖1のような加壓裝置を作製し加壓した。すなわち空氣壓縮機械で壓搾空氣を作り、壓搾空氣貯藏タンクに—

時壓搾空氣を貯え、これからホースで加壓函に壓搾空氣を導き、バルブによつて自由に加壓函内の壓を調節出来る様にした。しかして空氣壓縮機械は空冷式V型、單働二段壓縮機械で、力量5HP、流量毎分551、回轉數毎分456回、吸入管徑3.17cm、掛氣管徑1.9cm、氣筒數2個、氣筒×衝程=(12.7×5.08)×8.25cmであり、壓搾空氣貯藏タンク容積×108.51、加壓函容積40.71である。

(Fig. 1)

心電計は福田製可搬型、1mVを1cmに調整し、導子は針導子を用いた。家兎心電圖撮影には遠山¹⁴⁾、小出¹⁴⁾の報告を参考とし、一定肢固定即ち仰角 $1\frac{1}{2}$ 直角によつて行なつた。つぎにP-Q、Q-T時間の測定には清水¹⁵⁾、福田¹⁵⁾の報告により計算値を求め實測値と比較した。

なお健康家兎棘波高に關しては高尾²⁰⁾の報告を参考とした。

實驗終了後は脱血致死せしめ、ただちに心、肺を摘出し、10%フォルマリン溶液にて固定、パラフィン包埋切片とし、フェマトキシリンエオジン染色及びワグニンイーソン染色を併用し、組織標本を作り檢鏡し、その病理組織像をも併せ吟味した。

Fig. 1. Side Elevation Figure

第3項 実験方法

加圧函に動物を入れ、目的とする圧に1時間放置後、緩速階段状減圧（規定の減圧法）、並びに急速減圧法の2法により大気圧に戻し、直ちに検索の用に供した。

しかして、潜函病は加圧の際に起るものでない事は周知であるので、目的の圧までに上昇させるためには、可急的速やかに圧を上昇させた。

加圧上昇に際し、可急的速やかとは云え、内耳、循環器系、肺等に及ぼす影響のある事も考え、1気圧上昇するに3分間を要するようにした。

言いかえれば、5過重気圧までに上昇させるに15分、7過重気圧に上昇させるに21分を要した事になる。過重気圧から大気圧に復し、しかも潜函病を起さないようにするには、人体の場合は、ほぼ確定されているが、動物実験の場合は、いまだに確たる実験を行なっているものは少く、ただ野村²¹⁾は家兎の場合は90呎、30分加圧、急速減圧で異常をみないと言ひ、Heller, Mager, u. Schrötter¹²⁾は60呎ないし、70呎では急速減圧ですこしも障害を来さないと述べているに過ぎない。

私は關谷の豫備実験にもとづき、潜函病を起さずに加圧できる緩速減圧法の規準を定め、この規準を規定減圧とし、又この他急速減圧をも行なつた。

即ち1気圧ならびに2気圧各1時間過重加圧し、5分間要して大気圧に戻したものは全例生存しておるし、3気圧1時間過重気圧から10分間要して大気圧にしたものも全例生存している。

4気圧1時間、過重加圧し、規定減圧を行なつたものは1例死亡した。

5気圧1時間、過重加圧し、規定減圧を行なつたものは全例生存している。

6気圧1時間、過重加圧し、規定減圧を行なつたものは全例生存している。

7気圧1時間、過重加圧し、規定減圧を行なつたものは全例生存している。

そこで実験の場合は、3気圧以上は、大気圧まで減圧するに5分延長し、20分を要し安全度を高める様にした。

これを簡単に示すと Fig. 2. のようになる。

しかして、実験で死亡したものは、いずれも潜函病による事をその解剖所見から確めた。

皮膚血管は勿論、心臓、大血管はガス泡を以て満されており、肺臓は貧血性であり、腹部内臓血管内にもガス泡を認め、且出血を伴っている事を認めた。

急速減圧は、一定加重加圧から、バルブを全開し、10秒ないし30秒の間に大気圧に戻すようにした。

しかして、実験はつぎの3群に分けて行なつた。

(A) 規定の減圧を反復した群

目的とする圧に1時間放置し、規定減圧を行なつた群で、1過重気圧、1時間から始め同一気圧を週3回行な

Fig. 2. Method in raising as well as in lowering air pressure.

い、1週に1気圧づつ上昇してゆき、7過重気圧に及んだものである。

撮影は週1回、3回目加圧後に行ない実験に供した。

(B) 急速減圧法を反復した群

目的とする圧に、1時間放置後、急速減圧法を行なつた群で、同一過重気圧を週3回行ない、1週に1気圧づつ上昇してゆき、死亡するまで加圧を行なつていたものである。

(C) 急速減圧法を同じ気圧で3回だけ行ない、検査した群

以上の3群について心電圖を撮影し、死後剖見し病理組織學的検査を行なつた。

なお、家兎の正常心電圖は前述の如く清水、福田の値を参考にし、加圧前の成績を對照とした。

第4項 実験成績

A) 規定の減圧を反復した群

No. 1 では $TrTm$ 棘が氣壓度の増すにつれて増高し7気圧では $TrTm$ が増高し、且 STr も上昇している。然し PQ, QRS, Q-T 間隔には變動は見られない。(TABLE IV)

No. 1 の病理組織學的所見は、左室心筋に線維芽細胞淋巴球、單核細胞の増殖が見られる。心筋の變性も見られる。肺臓では無氣肺、ウツ血、充血が見られる。

No. 2 は5気圧2回加圧、減圧後急に下肢麻痺を発生したが翌日快復している。4乃至5気圧操作で心脈數緩徐となるが著明なものではない。 $TrTm$ 棘が氣壓度の増すにつれて増高しているのが目立つ。然るに5気圧2回加圧後下肢麻痺を來したが、6気圧加圧後より、 STr の上昇、 STm の相反性と Tr の陰轉が現われ、7気圧

TABLE IV.

No. 1

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	18/XI	1.0	1.2	0.6	0	0	0	1.8	3.1	1.8	1.2	1.2	0.3	0	0.21	0.075	0.03	0.15	
1 a. p.	28	0.3	1.2	1.2	0	0	0	1.0	2.8	2.5	0.3	2.5	1.8	0	0.21	0.075	0.03	0.15	T ₂ T ₃ (↑)
2 a. p.	4/XII	0.5	1.0	1.0	0	0	0	1.2	1.8	1.0	0.5	1.6	1.0	0	0.21	0.07	0.03	0.15	〃
3 a. p.	12	1.2	1.8	1.2	0	0	0	1.8	3.1	1.8	1.0	1.8	1.2	0	0.21	0.07	0.03	0.15	〃
4 a. p.	28	1.0	1.2	1.0	0	0	0	1.2	3.1	1.8	0.5	2.5	1.8	0	0.22	0.07	0.03	0.15	〃
5 a. p.	26	1.0	1.2	1.2	0	0	0	1.2	3.1	1.8	1.2	2.5	1.2	0	0.21	0.07	0.03	0.16	〃
6 a. p.	8/I	1.0	1.2	1.0	0	0	0	1.2	3.1	2.5	0.5	1.2	1.2	0	0.21	0.075	0.03	0.15	T ₃ (↑)
7 a. p.	22	0.5	1.0	1.0	0	0	0	1.2	3.1	1.0	1.8	2.5	1.0	+0.1	0.25	0.08	0.035	0.165	T ₁ T ₂ (↑), ST(↑)

第1回目加壓後これが著るしく、其の後47日で冠性 T を示す所見が見られ、一方 P_{II}, P_{III} 棘の増高が認められた。猶 7 氣壓加壓後には電氣的心軸がやや横位を示すに至つた。(TABLE V.)

病理組織像は、左右兩室の前壁に軽度の心外膜炎を認め、左室心筋の特に心外膜に近いところに線維芽細胞、淋巴球、單核細胞を含む幼弱結締組織の増殖と筋線維の断裂、亂れ、肥大、核の破壊、消失等所謂心筋肥の像が散見できる。更に左室乳嘴部附近に軽度の心内膜炎が見られた。肺臓に於ては、無氣肺、ウツ血が見られた。

(Fig. 3.)

B) 急速減壓を反復した群

No. 3 では、2 氣壓加壓後より T_{II}, T_{III} 棘が増高するが、一方 R_I, R_{II} 棘は平低となり、猶 P_I も低小となる。R-R, P-Q, QRS, Q-T 間隔には著變は見られない。本例は、6 氣壓急速減壓後死亡している。(TABLE VI.)

病理組織學的所見は、左心室壁のところどころに、筋線維が染色不良で、該部に軽度の細胞浸潤がある。結合組織原細胞、單核細胞が増している。心筋の横紋も不明瞭になつている。肺臓に於ては、無氣肺、ウツ血、出血が認められる。

No. 4 では、3 氣壓加壓後よりむしろ R 棘が増高し、一方 P_I, P_{II} 棘も 5 氣壓加壓頃より増大している。R-R, P-Q, QRS, Q-T 間隔には著變は見られない。(TABLE VII.)

Fig. 3. No. 2 heart

The so-called findings of heart callosity noticeable: proliferation of young connective tissues, a slight degree of cellular infiltration chiefly composed of lymphocytes and monocytes, rupture and disarrangement of muscle fibers with same destruction and loss of nucleus.

Hematoxylin-eosin stain

病理組織像では、心臓に於ては、左心室に結合組織原細胞、單核細胞が増加し、横紋が不明瞭になつている。肺臓では、無氣肺、肺ウツ血、出血が強い。

C) 急速減壓を同じ氣壓で、3 回行ない、検索した群

No. 5, No. 6 は、2 氣壓 1 時間、1 週間の中 3 回加壓後、急速減壓を行なつた。

No. 5 に於ては、T_{II}T_{III} は幾分低下している。(TABLE VIII.)

TABLE V.

No. 2

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	18/XI	0	1.0	1.0	0	0	0	0.5	1.6	1.6	0	1.6	1.6	0	0.22	0.06	0.03	0.14	
1 a. p.	28	0.3	1.5	1.2	0	0	0	1.2	1.2	1.1	0.6	3.1	2.5	0	0.21	0.06	0.03	0.135	T ₂ T ₃ (↑)
2 a. p.	4/XII	1.0	1.6	0.4	0	0	0	1.6	1.6	0.8	1.6	1.8	0.8	0	0.19	0.06	0.025	0.125	T ₁ (↑)
3 a. p.	12	0.5	1.2	1.2	0	0	0	1.0	1.2	1.2	0.5	1.8	1.8	0	0.20	0.06	0.03	0.13	
4 a. p.	18	0.6	1.2	1.2	0	0	0	1.2	1.2	1.2	1.0	3.1	3.1	0	0.19	0.06	0.025	0.135	T ₂ T ₃ (↑)
5 a. p.	24	1.0	1.2	1.2	0	0	0	1.8	3.1	3.1	1.8	3.1	1.8	0	0.27	0.08	0.03	0.18	T ₁ T ₂ (↑)
5 a. p.	26	0.8	1.2	0.8	0	0	0	1.0	1.2	1.2	1.6	2.5	1.0	0	0.23	0.06	0.03	0.14	T ₂ (↑)
6 a. p.	8/I	0.5	1.2	1.2	0	0	0	0.3	1.0	1.0	-1.0	2.5	1.8	+0.5	0.21	0.06	0.03	0.14	T ₂ (↑)T ₁ (-) ST ₁ (↑)
7 a. p.	15	0.5	1.2	1.0	0	0	0	1.0	1.2	1.2	-1.0	1.8	2.5	+1.0	0.21	0.07	0.03	0.13	T ₃ (↑)T ₁ (-) ST ₁ (↑)
7 a. p.	1/II	0.5	1.6	1.6	0	0	0	2.5	1.0	1.2	-1.6	2.5	3.3	0	0.22	0.06	0.03	0.155	P ₂ P ₃ (↑) T ₁ (-)

TABLE VI.

No. 3

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	22/I	1.0	1.2	1.0	0	0	0	1.0	3.1	3.1	1.8	2.5	1.2	0	0.25	0.07	0.04	0.17	
1 a. p.	29	0.3	1.2	1.0	0	0	0	0.3	3.1	3.1	1.2	2.5	1.2	0	0.22	0.05	0.04	0.14	
2 a. p.	5/II	1.0	1.2	1.0	0	0	0	1.2	5.0	5.0	1.2	3.1	2.5	0	0.25	0.06	0.045	0.155	T ₂ T ₃ (↑)
3 a. p.	10	0.3	1.2	1.0	0	0	0	0.3	3.1	3.1	1.2	3.1	1.2	0	0.25	0.07	0.045	0.12	R ₁ (↓), P ₁ (↓), T ₂ T ₃ (↑)
4 a. p.	22	0	1.2	1.2	0	0	0	0.3	1.8	3.1	0.3	2.5	2.5	0	0.24	0.06	0.045	0.15	R ₁ R ₂ (↓), P ₁ (↓)
5 a. p.	2/III	0.3	1.2	1.0	0	0	0	0.3	1.8	3.1	1.2	1.2	1.0	0	0.25	0.07	0.04	0.145	R ₁ R ₂ (↓), P ₁ (↓)
Killed by decompression																			

TABLE VII.

No. 4

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	22/I	0.3	1.0	1.2	0	0	0	0.3	1.8	1.8	1.2	1.8	1.0	0	0.25	0.07	0.04	0.15	
1 a. p.	29	0.3	1.0	1.0	0	0	0	0.3	1.8	1.8	1.0	1.8	1.2	0	0.25	0.07	0.04	0.15	
2 a. p.	5/II	0	1.0	1.0	0	0	0	0	1.8	3.1	1.2	1.8	1.2	0	0.25	0.07	0.04	0.15	
3 a. p.	10	0.3	1.0	1.2	0	0	0	0.3	2.5	3.1	1.2	1.8	1.2	0	0.25	0.07	0.04	0.15	R ₂ R ₃ (↑)
4 a. p.	22	0.3	1.0	1.0	0	0	0	1.0	2.5	2.5	1.2	2.1	1.0	0	0.25	0.06	0.045	0.165	R ₂ R ₃ (↑), T ₂ (↑)
5 a. p.	2/III	0.5	1.2	1.2	0	0	0	1.0	1.8	1.8	1.0	1.8	1.2	0	0.24	0.07	0.04	0.15	R ₁ (↑), P ₁ P ₂ (↑)
6 a. p.	9	0.5	1.2	1.2	0	0	0	1.0	1.8	1.8	1.2	1.2	1.0	0	0.22	0.07	0.045	0.15	R ₁ (↑), P ₁ P ₂ (↑)

TABLE VIII.

No. 5

<i>Degree in raising</i>	<i>Date</i>	<i>P₁</i> <i>(mm)</i>	<i>P₂</i>	<i>P₃</i>	<i>Q₁</i>	<i>Q₂</i>	<i>Q₃</i>	<i>R₁</i>	<i>R₂</i>	<i>R₃</i>	<i>T₁</i>	<i>T₂</i>	<i>T₃</i>	<i>ST</i>	<i>R-R</i> <i>(sec)</i>	<i>P-Q</i>	<i>QRS</i>	<i>QT</i>	<i>Potassium</i> <i>in blood</i> <i>serum</i>	<i>Finding</i>
<i>Before</i>	22/VI	1.0	1.2	2.0	0	0	0	3.0	1.2	1.2	0	3.0	3.0	0	0.23	0.07	0.03	0.13	3.3 mEq	
<i>2 a. p.</i>	29/VI	0.5	1.2	1.2	0	0	0	1.2	1.2	1.0	0	2.0	2.0	0	0.20	0.07	0.03	0.11	3.8 mEq	$\left. \begin{matrix} P_3(\downarrow) \\ R_1(\downarrow) \end{matrix} \right\}$
	<i>Killed by taking of blood</i>																			

病理組織像では、心臓に於ては、右室壁に圓形細胞の浸潤があり、左室には、筋線維の變性、結合織原細胞、單核細胞の増殖がある。

猶筋線維の萎縮、消失、乳嘴筋に心筋の所見がある。肺臓では、ウツ血、無氣肺が見られた。

No. 6 に於ては、T₁T_{III} は幾分低下している。病理組織像は、心臓では軽度の圓形細胞の浸潤がある。肺臓では、無氣肺、ウツ血が見られた。

No. 7, No. 8 では、3 氣壓 1 時間、1 週 3 回加壓後急速減壓を行なつた。

No. 7 に於ては、加壓減壓後 T_{II}, T_{III} の増高が見られる。

病理組織像は、幾分筋線維の消失、變性、結合織の増

殖がところどころにあるも軽度である。

No. 8 は、3 氣壓、1 時間加壓、減壓後、數分にして全身痙攣の後死亡している。(TABLE X., XI.)

病理組織學的には著變は見られない。

No. 9, No. 10 は、4 氣壓、1 時間、1 週 3 回加壓後、急速減壓を行なつた。

No. 9 は、4 氣壓 1 時間加壓、減壓後數分にして全身痙攣の後死亡している。しかしその病理組織像には著變は認められない。

No. 10 は、4 氣壓第 1 回加壓、減壓後、左後肢の麻痺を發生し、3 回目減壓後の心電圖に於ては、P_{III}R_{III}T_{III} が低下を示した。これは左下肢の麻痺のためかと思われる。(TABLE XII., XIII.)

TABLE IX.

No. 6

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	22/VI	1.0	2.0	1.0	0	0	0	2.5	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	0	0.20	0.07	0.03	0.13	3.8 mEq	
2 a. p.	29/VI	0.8	1.0	0.6	0	0	0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.2	0.5	0	0.20	0.06	0.03	0.10	3.2 mEq	
	Killed by taking of blood																			

TABLE X.

No. 7

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	1/VII	0.5	1.2	1.0	0	0	0	0.5	1.0	1.0	0.5	2.5	1.2	0	0.16	0.06	0.025	0.10	3.5 mEq	
3 a. p.	7	0.5	2.0	1.2	0	0	0	1.0	2.0	2.0	0.5	3.7	2.7	0	0.16	0.06	0.03	0.10	3.0 mEq	T ₁ T ₂ T ₃ (↑)
Killed by taking of blood																				

TABLE XI.

No. 8

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	1/VII	0.5	1.2	1.0	0	0	0	1.5	2.0	1.8	0	0.5	0.6	0	0.21	0.06	0.03	0.10		
3 a. p.	7																			Killed by decompression

TABLE XII.

No. 9

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	6/VII	1.0	1.2	1.0	0	0	0	2.0	3.0	2.0	1.2	2.2	1.0	0	0.18	0.06	0.03	0.11		
4 a. p.	8																			Killed by decompression

TABLE XIII.

No. 10

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	6/VII	1.0	2.0	1.0	0	0	0	1.0	6.6	3.3	0.5	2.0	1.0	0	0.20	0.05	0.03	0.11	3.8 mEq	
4 a. p.	8	0.5	1.0	1.0	0	0	0	1.0	4.4	3.0	0.5	1.0	1.0	0	0.20	0.05	0.04	0.12	4.4 mEq	
	13	1.0	2.0	0	0	0	0	0.8	1.0	0	1.0	3.5	0	0	0.20	0.06	0.03	0.11		R ₂ (↓)T ₂ (↑)
	15	0.8	1.0	0	0	0	0	2.0	5.0	0	0	1.0	0	0	0.18	0.04	0.03	0.11		P ₃ R ₃ T ₃ (↓)
Killed by taking of blood																				

しかし心臓の病理組織像には著變は認められない。

No. 11, No. 12 は、5 氣壓 1 時間、1 週 3 回加壓後、急速減壓を行なつた。

No. 11 に於ては、R-R 間隔が幾分延長したのみである。

No. 12 に於ては、R₁T₁R₁ 棘が増高している。(TABLE XIV., XV.)

次に No. 13, No. 14 は、6 氣壓、1 時間加壓後急速減壓を行なつたが、No. 13, No. 14 共に 6 氣壓、1 時間第 1 回目加壓、減壓後死亡している。

又 No. 15, No. 16 に於ては、7 氣壓、1 時間加壓後急

速減壓を行なつたが、No. 15, No. 16 は、7 氣壓、1 時間第 1 回目加壓、減壓後數分にして死亡した。

従つて No. 13, 14, 15, 16 の心電圖は検査できなかった。

第5項 小 括

家兎を實驗動物として、これに次の如く實驗條件を负荷した。即ち一定時間加壓後、規定減壓をしたものと、急速減壓を反復したものと、急速減壓を 1 回だけ行なつたもの等について心電圖を撮影し、併せて病理組織學的にも心臓の變化を追究して、次の如き結果を得た。

TABLE XIV.

No. 11

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R	P-Q	QRS	QT	Findind
Before	5/XI	0.5	1.0	1.0	0	0	0	0.5	0.8	1.0	1.5	3.0	2.0	0	0.21	0.05	0.02	0.14	
5 a. p.	7	0.5	1.8	1.8	0	0	0	0.5	1.0	1.0	1.5	3.0	1.2	0	0.24	0.05	0.02	0.16	T ₃ (↓)
Killed by taking of blood																			

TABLE XV.

No. 12

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	5/XI	0.5	1.0	0.8	0	0	0	0.5	1.0	1.0	2.0	4.0	1.0	0	0.19	0.05	0.02	0.13	
5 a. p.	7	0.5	1.0	1.0	0	0	0	0.5	2.0	2.0	1.5	4.0	2.0	0	0.21	0.05	0.02	0.14	R ₂ R ₃ (↑)
Killed by taking of blood																			

(1) 1 氣壓より 7 氣壓まで漸次加壓し、規定減壓を行なつた例に於ては、氣壓度の増すにつれて T_{II}, T_{III} 棘が増高し、ST_I と ST_{III} の相反性と冠性 T の出現を見た。不整脈は見られなかつた。急速減壓を行なつた例では、R 棘、P 棘の増高が見られた。

(2) 病理組織學的には、心電圖所見に變化のあるものに圓形細胞の浸潤、結合組織細胞の増殖、筋線維の萎縮、心筋の所見が見られた。又肺臓には、いずれにもウツ血と無氣肺が見られた。

第 4 章 高壓環境下における家兎の心電圖的研究 (主として段階式減壓法)

潜函病發症は、加壓時間、氣壓値、減壓速度によつて左右される。減壓速度が急速に過ぎると、體内に溶存した窒素ガスが過飽和になり氣泡化する。一體に減壓法として、連續的に減壓する漸降法の方が、減壓しては一定壓で停止し、また減壓するという段階式減壓法よりも發病率が高いと云われる。

前章に於ては、一定時間加壓後規定減壓を行なつたもの、又は急速減壓を行なつた群についての成績を述べた。此章では、加壓時間、減壓時間を変えて、主として段階式減壓法をいろいろ組合せて施行した。

猶前章に於て高い T を示した例があつたが、今回は更にこれと血清 K との關係をも追究して見た。

第 1 項 實 驗 動 物

2.0 kg 以上の雄性成熟家兎 16 羽を使用した。

第 2 項 實 驗 装 置

前章と同じである。

第 3 項 實 驗 方 法

No. 17, No. 18 は前章と同じく、1 氣壓より同一氣壓に 1 時間放置する。それから同一氣壓を 1 週 3 回行い、1 週に 1 氣壓づつ上昇し、7 過重氣壓に及び、減壓は段階式減壓を行なつた。特に血清 K を測定し、T 波との關係を吟味した。

No. 19, No. 20 は初めより 5 過重氣壓を 1 時間加壓し 5 氣壓より 1 氣壓に付き減壓するに 5 分間要し、途中で

一定氣壓で停止することなく、連續的に減壓し、結局大氣壓まで減壓するに 25 分を要したことになる。この様な加壓を 1 週 3 回繰返した。

No. 21, No. 22 に於ては、初めより 6 過重氣壓を 1 時間加壓し、1 週 3 回繰返し、減壓は 1 氣壓に付き 5 分の漸降式減壓を行ない、大氣壓まで減壓するに 30 分を要した。

No. 23, No. 24 では、7 過重氣壓で 1 時間加壓し、1 週 3 回繰返し、減壓は 1 氣壓に付き 5 分を要し、大氣壓まで減壓するに 35 分を要した。

No. 25, No. 26 は、3~7 氣壓までの加壓時間は 30 分、加壓回数は 1 回とし、減壓時間は 1 氣壓 5 分とし、3 と 5 氣壓に 5 分間止めた。

即ち 3 過重氣壓に 30 分加壓し、減壓は 1 氣壓につき 5 分を要し、大氣壓に減壓するに 15 分を要した。

4 過重氣壓に 30 分加壓し、4 氣壓より 3 氣壓まで減壓するに 5 分を要し、3 氣壓で 5 分間とどめ、3 氣壓よりは 1 氣壓につき 5 分を要し、大氣壓まで減壓するに 15 分を要した。

5 過重氣壓では 30 分加壓後、5 氣壓から 3 氣壓まで減壓するに 10 分間を要し、3 氣壓に 5 分間止め、3 氣壓より 1 氣壓につき 5 分を要し、大氣壓に減壓するに 15 分を要した。

しかし No. 25, No. 26 は共に 5 過重氣壓加壓、減壓後全身痙攣の後死亡したので爾後の實驗が不能となつた。

No. 27, No. 28 に於ては、3~7 氣壓まで漸次加壓し、加壓時間は 20 分間、加壓回数は 1 回とし、減壓方法は 1 氣壓に付き 5 分、3 と 5 氣壓に 5 分間止めた。

No. 29, No. 30 に於て、初めより 7 過重氣壓で 20 分間加壓後、1 氣壓につき 5 分の平等減壓を行ない、7 氣壓より大氣壓まで減壓するに 35 分を要した。加壓回数は 1 回とした。

No. 31, No. 32 に於ては、3~7 氣壓まで漸次加壓し、加壓時間は 10 分間、減壓方法は 1 氣壓につき 5 分とし、一定壓に止めることなく減壓した。

第 4 項 實 驗 成 績

No. 17 に於ては、6 氣壓加壓、減壓後 T_{II}, T_{III} が幾分増高したが、7 氣壓では逆に T_{II}T_{III} は平低になつ

TABLE XVI.

No. 17

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Bforee	31/X	0.5	1.0	1.0	0	0	0	0.5	3.5	4.0	0.5	1.0	1.0	0	0.26	0.07	0.035	0.135	6.3 mEq/l	
1 a. p.	6/XI	0.5	1.2	1.0	0	0	0	0.5	3.2	3.0	1.2	1.2	0.5	0	0.26	0.06	0.03	0.13	4.9	"
2 "	13	0.8	1.0	1.0	0	0	0	0.8	3.0	3.0	1.0	1.2	0.8	0	0.24	0.06	0.03	0.14	4.6	"
3 "	19	0.8	1.2	1.2	0	0	0	1.0	3.0	3.0	1.0	1.2	0.5	0	0.24	0.07	0.03	0.14	4.8	"
4 "	26	0.8	1.2	1.0	0	0	0	1.0	4.0	3.0	1.2	1.2	0.8	0	0.25	0.06	0.03	0.13	6.0	"
5 "	4/XII	0.8	2.0	1.0	0	0	0	2.0	4.0	3.5	1.0	1.8	0.8	0	0.25	0.06	0.025	0.13	5.5	"
6 "	13	0.5	2.2	1.0	0	0	0	0.8	5.0	4.5	1.0	2.0	1.2	0	0.25	0.06	0.025	0.12	5.1	" T _{II} T _{III} (↑)
7 "	20	0.8	1.8	1.0	0	0	0	1.0	5.0	4.5	1.0	1.0	0	0	0.25	0.07	0.025	0.14	5.0	" T _{III} (↓)

ている。なお T の増加のあつた時に、血清 K 値は増加していない。(TABLE XVI.)

No. 18 に於ては、2 氣壓減壓後に R_2 が増高し、7 氣壓に於ては $T_I T_{II}$ は増高しているが、血清 K 値はむしろ減少している。(TABLE XVII.)

病理組織學的には、No. 17 に於ては心筋では間質細胞の増殖、變性があり、横紋線維は殆んど解らない。又結合織の増殖、筋線維の斷裂、筋線維の萎縮があり、心筋障害並びに軽い心筋脂肪の所見がある。以上の所見は左心室壁に殊に強い。肺臓に於ては無氣肺、充血があり、部分的に肺氣腫の所見がある。

No. 18 では、心臓に於ては、間質細胞が増加し結合織

の増殖があり、心筋脂肪の所見がある。これ等の變化は右室には少なく、左室に特に多い。肺臓では、無氣肺、ウツ血があり、部分的に肺氣腫の所見がある。

No. 19 に於ては、5 氣壓加壓、減壓後 $R_{II} R_{III}$ の増高を示している。(TABLE XVIII.)

No. 20 では、第 1 回 5 氣壓加壓、減壓後死亡している。(TABLE XIX.)

No. 21 に於ては、處置後 T_I の著明な増高、 ST_I の軽度低下、 ST_{III} の軽度上昇、次いで T_{III} の陰轉即ち冠性 T_{III} の出現を見た。T の著明な増高を示したので血清 K を定量したが、むしろ減少しておる。(TABLE XX)

No. 22 に於ては、處置後 T_I の著明な増高、 $T_{II} T_{III}$

TABLE XVII.

No. 18

Degree in raising	Date	P_1 (mm)	P_2	P_3	Q_1	Q_2	Q_3	R_1	R_2	R_3	T_1	T_2	T_3	ST (sec)	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	31/X	1.0	2.0	1.0	0	0	0	0.5	3.0	3.0	2.5	3.0	2.0	0	0.25	0.06	0.04	0.15	4.4 mEq/l	
1 a. p.	6/XI	0.5	1.0	1.0	0	0	0	0.5	2.2	3.0	1.2	3.0	2.0	0	0.28	0.06	0.04	0.15	3.6	"
2 "	13	0.5	1.2	1.0	0	0	0	0.8	4.0	3.0	1.0	3.0	2.0	0	0.30	0.05	0.035	0.15	4.6	" $R_{II}(\uparrow)$
3 "	19	0.5	1.0	1.0	0	0	0	0.5	1.2	2.0	1.2	2.2	1.2	0	0.26	0.06	0.025	0.14	4.6	"
4 "	26	0.5	1.5	1.0	0	0	0	0.5	2.0	1.2	1.0	2.5	1.2	0	0.24	0.05	0.025	0.14	4.4	"
5 "	4/XII	0.5	1.5	0.5	0	0	0	1.0	2.0	2.0	1.0	2.2	0.8	0	0.26	0.06	0.025	0.15	4.3	"
6 "	13	0.5	2.0	2.0	0	0	0	0.5	1.2	2.5	0.5	2.0	2.0	0	0.27	0.05	0.025	0.15	4.3	"
7 "	20	0.8	2.0	1.5	0	0	0	0.5	2.5	2.0	2.0	3.0	1.0	0	0.24	0.06	0.025	0.13	4.1	" $T_I T_{II}(\uparrow)$

TABLE XVIII.

No. 19

Degree in raising	Date	P_1 (mm)	P_2	P_3	Q_1	Q_2	Q_3	R_1	R_2	R_3	T_1	T_2	T_3	ST (sec)	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	11/I	0.5	1.0	1.0	0	0	0	1.0	2.0	2.0	0.5	1.2	1.0	0	0.20	0.06	0.03	0.135	
5 氣壓	14/I	0.5	1.0	1.0	0	0	0	1.0	4.0	5.0	0.5	1.2	1.0	0	0.20	0.06	0.025	0.121	$R_{II} R_{III}(\uparrow)$
Killed by taking of blood																			

TABLE XIX.

No. 20

Degree in raising	Date	P_1 (mm)	P_2	P_3	Q_1	Q_2	Q_3	R_1	R_2	R_3	T_1	T_2	T_3	ST (sec)	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	11/I	1.0	1.0	0.5	0	0	0	5.0	3.0	3.0	1.0	2.0	2.0	0	0.16	0.05	0.03	0.13	
5 氣壓	14/I	Killed by decompression																	

TABLE XX.

No. 21

Degree in raising	Date	P_1 (mm)	P_2	P_3	Q_1	Q_2	Q_3	R_1	R_2	R_3	T_1	T_2	T_3	ST (sec)	R-R	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	25/I	0.5	3.0	2.0	0	0	0	1.5	2.0	2.0	1.8	3.0	1.0	0	0.23	0.06	0.025	0.13	6.9 mEq/l	
6 a. p.	1/I	1.0	2.0	1.0	0	0	0	2.0	2.0	1.0	3.0	1.2	-1.5 $+0.1$	0.20	0.05	0.025	0.12	4.3	"	$T_I(\uparrow)$, $T_{II}T_{III}(\downarrow)$ $ST_{III}(\uparrow)$
	Killed by taking of blood																			

TABLE XXI.

No. 22

Degree in raising	Date	P_1 (mm)	P_2	P_3	Q_1	Q_2	Q_3	R_1	R_2	R_3	T_1	T_2	T_3	ST (sec)	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	25/I	0.5	2.0	2.0	0	0	0	0.5	5.0	5.0	0.5	2.5	2.2	0	0.20	0.05	0.025	0.135	6.8 mEq/l	
6 a. p.	1/II	1.0	2.0	1.2	0	0	0	0.5	4.0	5.0	3.0	2.0	-0.5	0	0.21	0.05	0.03	0.14	4.0	" $T_I(\uparrow)$ $T_{III}(\downarrow)$
	Killed by taking of blood																			

の低下，陰轉が見られた．この例に於ても T_I の著明な増高を示したので，血清 K を定量したが，此の例でも減少しておる．(TABLE XXI.)

次に病理組織學的所見として，No. 21 では心筋に於て左室より右室の方が變化が強い．

即ち右室では，圓形細胞，大單核細胞の浸潤がある．

Fig. 4. The findings of the heart of rabbit (No. 21): there are noticeable in the right ventricle cellular infiltration chiefly composed of the so-called round cells and monocytes, and atrophy of muscle fibers. Hematoxylin-eosin stain

Fig. 5. The findings of the lung of rabbit (No. 21): there are noticeable atelectasis and stagnation. Hematoxylin-eosin stain.

Fig. 6. The findings of the lung of rabbit (No. 21): there are noticeable atelectasis and stagnation. Hematoxylin-eosin stain.

筋線維の萎縮があるが，心臓の所見は見られない．肺臓に於ては，無氣肺，ウツ血が見られた．(Fig. 4, 5, 6)

No. 22 に於ては，心臓では，右室壁に瀰漫性の大單核細胞の増殖と，好酸球の増殖が見られた．肺臓では充血と無氣肺があつた．(Fig. 7.)

Fig. 7. The findings of the heart of rabbit (No. 22): there are noticeable in the right ventricle diffuse cellular infiltration consisting of monocytes as well as eosinophils.

Hematoxylin-cosin stain.

No. 23 は減壓中に死亡し，No. 24 は加壓，減壓後10分にして，全身痙攣の後死亡した．

No. 25 に於ては，3 氣壓加壓後 T_I の増高， T_{III} の陰轉を示し，4 氣壓加壓，減壓後にも T_I の増高， T_{III} の陰轉を示している．なおこれは5 氣壓加壓，減壓後10 數分にして，全身痙攣の後死亡している．(TABLE XXII.)

No. 26 では，3 氣壓處置後 T_{III} の平低，4 氣壓では T_{III} の陰轉を認めた．この例も5 氣壓加壓，減壓後數分にして死亡している．(TABLE XXIII.)

病理組織學的所見では，No. 25 では心筋に於ては，心筋内の軽度のウツ血と好中球，小單核細胞の集簇巢と，若干の結合織の増殖及び乳嘴筋に結合織の増殖が見られた．肺臓に於ては充血と無氣肺が見られた．

No. 26 では，心臓に於ては，右室心筋内の軽度の心筋肥大と，纖維球の増殖，心筋の萎縮，肺臓ではウツ血と

Fig. 8. The findings of the heart of rabbit (No. 26): there are seen slightly heart callosity. Van-Gieson stain.

TABLE XXII.

No. 25

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	10/II	1.0	1.2	0.8	0	0	0	4.0	2.4	1.2	2.0	2.5	0.5	0	0.29	0.06	0.025	0.19	
3 a. p.	11/	1.0	1.7	0.8	0	0	0	4.0	3.0	2.0	4.0	2.7	-1.2	0	0.27	0.06	0.03	0.17	T _I (↑), T _{III} (↓)
4 "	14/	1.0	1.2	1.0	0	0	0	3.0	2.0	2.0	4.0	2.0	-1.2	0	0.26	0.05	0.025	0.16	T _I (↑), T _{III} (↓)
5 "	16/	Killed by decompression																	

TABLE XXIII.

No. 26

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	10/II	1.0	1.2	0.5	0	0	0	3.0	3.0	1.0	3.0	3.0	0.5	0	0.21	0.05	0.025	0.16	
3 a. p.	11/	1.2	1.2	0.5	0	0	0	4.0	5.0	2.0	3.0	3.2	0	0	0.25	0.06	0.025	0.17	
4 "	14/	1.0	1.0	0.8	0	0	0	3.0	5.0	3.0	3.0	2.0	-1.0	0	0.25	0.06	0.025	0.15	
5 "	16/	Killed by decompression

Fig. 9. The findings of the heart of rabbit (No. 26): there are seen proliferation of fibrocytes, a slight degree of heart callosity, and atrophy of muscle fibers. Hematoxylin-eosin stain.

部分的の無氣肺を見た。(Fig. 8, 9)

No. 27 に於ては、3 氣壓と 4 氣壓加壓に於て、R_{II}R_{III} の増高を來したのみであり、血清 K 値は殆んど變動がない。なお 5 氣壓加壓、減壓後死亡している。(TABLE XXIV.)

No. 28 に於ては、5 氣壓處置後 T_{II}, T_{III} の増高、次いで 6 氣壓に於ては、R_{II}R_{III} の増高を來し、更に 7 氣壓を加壓したところ、ST_I の上昇、冠性 T_I の出現、ST_{III} の低下の發現を見た。7 氣壓加壓、減壓後 T_I の低下を示した時の血清 K は、幾分對照より低下している。猶心臓は、肉眼的には、左室前壁中央部に小蒼白部を散見した。(TABLE XXV)

病理組織學的所見では、No. 27 では、心臓に於ては著變を認めなかつた。肺臓に於ては、軽度のウツ血と無氣肺があつた。(Fig. 10, 11.)

No. 28 では、心臓に於ては、左室壁に結合組織細胞、淋巴細胞、白血球、大單核細胞の増殖浸潤、筋纖維の萎

TABLE XXIV.

No. 27

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	19/II	0.5	1.5	1.0	0	0	0	4.0	4.0	2.0	0.5	2.0	2.0	0	0.23	0.06	0.025	0.14	4.1 mEq/l	
3 a. p.	21	1.0	2.0	1.0	0	0	0	5.0	6.0	3.0	1.0	1.2	1.0	0	0.24	0.06	0.03	0.14	4.1 mEq/l	R _I R _{II} (↑)
4 "	24	1.0	2.0	1.0	0	0	0	5.0	6.0	5.0	1.0	2.0	1.2	0	0.25	0.05	0.03	0.14	4.2 mEq/l	R _{III} (↑)
5 "	26	Killed by decompression																		

TABLE XXV.

No. 28

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Potassium in blood serum	Finding
Before	19/II	1.0	1.2	0.5	0	0	0	2.5	2.0	1.2	1.0	3.0	2.0	0	0.20	0.05	0.025	0.11	4.6 mEq/l	
3 a. p.	21	1.0	1.2	0.5	0	0	0	3.0	3.0	2.0	1.2	4.0	2.5	0	0.23	0.05	0.025	0.14	4.6 "	R _{II} (↑) T _{II} (↑)
4 "	24	1.0	1.2	0.3	0	0	0	3.0	3.0	1.5	2.0	4.0	2.0	0	0.25	0.05	0.025	0.13	4.5 "	
5 "	26	0.5	1.2	1.0	0	0	0	2.5	3.0	2.0	0.5	4.5	3.0	0	0.23	0.05	0.025	0.13	4.1 "	T _I (↓) T _{II} T _{III} (↑)
6 "	28	0.5	2.0	1.0	0	0	0	2.0	4.0	3.0	1.0	4.0	3.0	0	0.21	0.05	0.025	0.12	6.0 "	R _{II} R _{III} (↑)
7 "	5/III	0.3	1.5	1.0	-1.0	0	0	1.5	2.5	2.5	-1.5	3.0	3.0+1.0	0.21	0.05	0.025	0.12	4.1 "	P _I (↓)R _I (↓) Q _I (↓)T _I (↑) ST _I (↑)	
	Killed by taking of blood

Fig. 10. The findings of the lung of rabbit (No. 27): there are seen atelectasis and stagnation.
Hematoxylin-eosin stain.

Fig. 11. The findings of the lung of rabbit (No. 27): there are seen atelectasis and stagnation.
Hematoxylin-eosin stain.

縮，變性が見られ，猶結合織の増殖が若干あつた。猶肺

臓に於ては，軽度のウツ血，無氣肺が認められた。
(Fig. 12.)

Fig. 12. The findings of the heart of rabbit (No. 28): There are seen cellular infiltration chiefly composed of lymphocytes, leucocytes, and monocytes, atrophy and degenerative signs in the heart muscle, and slight proliferation of the connective tissue.

No. 29 は，7 氣壓第 1 回加壓，減壓後死亡し，No. 30 に於ては，7 氣壓加壓，減壓後 $T_{II}T_{III}$ が低下し， P_{II} も低下している。(TABLE XXVI., XXVII.)

No. 31 に於ては，4 氣壓操作後 P_{IRI} の増高を來し，6 氣壓加壓，減壓後 T_{II} の増高が見られる。(TABLE XXVIII.)

No. 32 に於ては，4 氣壓操作後 P_{IRI} の増高を見たがその他著變は見られなかつた。

第 5 項 小 括

主として階段式減壓法により實驗をしたが，次の如き

TABLE XXVI.

No. 29

Degree in raising	Date	P_1 (mm)	P_2	P_3	Q_1	Q_2	Q_3	R_1	R_2	R_3	T_1	T_2	T_3	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	4/III	1.2	1.0	1.0	0	0	0	3.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	0	0.20	0.06	0.025	0.12	
7 a. p.	7/	Killed by decompression																	

TABLE XXVII.

No. 30

Degree in raising	Date	P_1 (mm)	P_2	P_3	Q_1	Q_2	Q_3	R_1	R_2	R_3	T_1	T_2	T_3	ST	R-R (sec)	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	4/III	1.0	3.0	2.0	0	0	0	2.0	3.0	3.0	1.0	3.0	3.0	0	0.22	0.06	0.03	0.14	
7 a. p.	7/	1.0	1.0	2.0	0	0	0	2.0	2.2	3.0	1.0	1.0	2.0	0	0.22	0.06	0.025	0.15	$P_{II}(\downarrow)$, $T_{II}T_{III}(\downarrow)$
		Killed by taking of blood																	

TABLE XXVIII.

No. 31

Degree in raising	Date	P_1 (mm)	P_2	P_3	Q_1	Q_2	Q_3	R_1	R_2	R_3	T_1	T_2	T_3	ST	R-R	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	9/III	0.4	1.0	1.0	0	0	0	0.5	6.0	5.5	0.8	1.0	1.0	0	0.23	0.05	0.025	0.13	
3 a. p.	11	0.4	1.2	1.0	0	0	0	0.5	7.0	6.0	1.0	1.0	1.0	0	0.25	0.06	0.025	0.14	
4 "	13	1.0	1.1	1.0	0	0	0	4.0	6.0	6.0	1.0	1.0	0.4	0	0.25	0.05	0.025	0.13	$P_1(\uparrow)R_1(\uparrow)$
5 "	14	0.5	1.0	1.0	0	0	0	2.0	6.0	5.0	1.0	1.0	0.4	0	0.25	0.05	0.025	0.13	
6 "	16	0.5	1.5	1.5	0	0	0	0.5	6.0	6.0	1.2	2.0	1.2	0	0.25	0.05	0.025	0.13	$T_{II}(\uparrow)R_1(\downarrow)$
7 "	19	0.5	1.0	1.2	0	0	0	0.5	4.0	6.0	0.5	1.0	1.2	0	0.21	0.05	0.025	0.13	
		Killed by taking of blood																	

TABLE XXIX.

No. 32

Degree in raising	Date	P ₁ (mm)	P ₂	P ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	R-R	P-Q	QRS	QT	Finding
Before	9/III	0.5	2.0	1.0	0	0	0	0.5	2.0	2.0	1.0	2.5	1.2	0	0.20	0.05	0.025	0.13	
3 a. p.	11	0.5	1.5	1.2	0	0	0	1.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.2	0	0.21	0.05	0.025	0.14	
4 "	13	1.2	1.2	1.0	0	0	0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	1.0	0	0.21	0.05	0.025	0.13	PI(↑), TI(↑)
5 "	14	0.5	1.5	1.0	0	0	0	1.0	3.0	3.0	1.0	2.2	1.2	0	0.20	0.05	0.025	0.14	
6 "	16	0.5	1.5	1.2	0	0	0	1.0	2.5	2.0	1.0	2.2	1.5	0	0.20	0.05	0.025	0.13	
7 "	19	0.5	1.2	1.0	0	0	0	1.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.8	0	0.18	0.05	0.025	0.12	
Killed by taking of blood																			

成績を得た。

1) III誘導に冠性 T の出現を見たもの 3 例, 1 誘導に出現したものが 1 例あった。

2) Peaked T を認めた例の血清 K は増加せず, 反つて減少の傾きにある。

3) 病理組織學的所見と心電圖所見は概ね相平行し, その殆んどに心臓乃至心筋變性像を認め, 且つ冠性 TIII の場合には主として右室に, 冠性 TI の場合には主として左室に變化を認めた。

第5章 高壓環境下に於る家兎の心電圖と電解質の變動について

前の2章では, 種々なる加壓, 減壓の組合せによる操作後の, 心電圖所見と病理組織像, 一部血清 K の變動等について述べたが, 本章ではさらに, K の他に, Na, Ca 等電解質の變動との關係を検討してみた。從來人間の潜函病乃至は高壓環境下にある動物の電解質の變動についての發表は殆んど行われて居らない。

次に, 本章の實驗は, 加壓, 減壓條件を少しく變えて加壓時間は今までより長くして, 急速減壓を行なつたものと, 一過重氣壓 3 分の速度に漸降式減壓を行なつたものと, 加壓時間を 1 時間にして同じく漸降式減壓を行なつたものとに分類した。

それぞれの實驗毎に, 心電圖撮影, 血清 K, Na, Ca を測定し, 致死後, 心臓, 肺臓の病理組織像を検索し, 同時に心筋内 K をも併せ測定した。

第1項 實驗動物

2.0kg 以上の雄性成熟家兎 8 羽を使用して, 實驗を行なつたが, その 1 羽は, 第 1 回加壓後死亡したので, 實驗の成績を得たものは 7 羽であつた。(これらに便宜上, No. 33 より No. 40 の通し番號を付して, 實驗成績を見易いようにした)。

第2項 實驗裝置

前章と同様の器械を使用した。猶血清 Na の測定は, 東大式血中鹽類簡易測定器によつた。

血清 Ca の定量は, Kammer²⁹⁾ Fis-dall 法の變法により, 血清 K の測定は, Cobalt²⁹⁾ nitrite 法によつた。

又心筋内 K の測定は, 概ね吉利³⁰⁾の法に據つて行なつた。(正常家兎心筋 K 量 87.7mEq/l)

第3項 實驗方法

No. 33, No. 34 の加壓條件は, 3 過重氣壓より 7 過重氣壓まで, 加壓時間は 90 分を 1 週 3 回行い, 減壓方法は急速とした。

No. 35, No. 36 の加壓方法は, 3 過重氣壓を 90 分, 1 週 3 回, 減壓は途中で stop することなく, 1 氣壓につき 3 分の漸降式減壓を行なつた。

従つて, 減壓時間, 4 過重氣壓では 12 分, 5 過重氣壓では 15 分, 6 過重氣壓では 18 分, 7 過重氣壓では 21 分を要したことになる。

No. 37, No. 38 の加壓條件は, 加壓時間は 1 時間づつ 1 回, 減壓は途中で stop することなく, 1 氣壓につき 3 分の漸降式減壓を行なつた。

即ち, 減壓時間は, 3 過重氣壓では 9 分, 4 過重氣壓では 12 分, 5 過重氣壓では 15 分, 6 過重氣壓では 18 分, 7 過重氣壓では 21 分を要したことになる。

No. 39, No. 40 では, その加壓條件は, 3 過重氣壓より 7 過重氣壓まで加壓し, 加壓條件は 30 分づつ 1 回, 減壓は 1 氣壓につき 3 分の漸降式減壓を行なつた。従つて減壓時間は, 3 過重氣壓では 9 分, 4 過重氣壓では 12 分, 5 過重氣壓では 15 分, 6 過重氣壓では 18 分, 7 過重氣壓では 21 分を要したことになる。

第4項 實驗成績

No. 33, No. 34

No. 34 に於ては, 4 氣壓 3 回目加壓より, 後肢の麻痺が発生した。4 氣壓に於ては, No. 33, No. 34 の何れに於ても, 血清中の K が著明に増加しているが, 心電圖に於ては, ピーク T の出現が見られなかつた。(TABLE XXX., XXXI.)

Ca 値は, No. 33 に於ては, 4 氣壓加壓後は増加しているが, Q-T 間隔の短縮は見られない。

血清中の Na は, No. 33, No. 34 の何れに於ても, 殆んど一定の變動傾向を示さず, 心筋内の K は, 右心, 左心共に増加している。(Fig. 17., 18.)

病理組織學的所見では, No. 33 では, 心臓に於ては, 左右心室に全般的に變化がみられ, 即ち心筋間質の増加圓形細胞, 結合組織細胞の増殖があり, 筋纖維の萎縮及び心筋の變性も見られる。肺臓では, 無氣肺, ウツ血, 出血が見られる。(Fig. 13., 14.)

No. 33

TABLE XXX.

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R-R (sec)	P-Q	QT	QRS	finding	Electrolyte in blood serum	K concentration in myocardium
Before	20/I	1.0	1.5	1.0	0.8	1.0	1.0	3.0	4.0	2.0	0	0	0	0	0.23	0.07	0.14	0.025		K 5.0 mEq Na 171.00 " Ca 8.2 "	
3 a. p.	26/I	0.8	2.0	1.2	0.5	1.5	2.5	1.5	5.0	4.0	0	0	0	0	0.24	0.07	0.15	0.02		K 5.0 " Na 167.44 " Ca 9.4 "	
4 "	1/II	0.5	2.0	1.2	0.5	1.2	2.0	0.5	5.0	4.0	0	0	0	0	0.24	0.05	0.15	0.025		K 6.6 " Na 170.17 " Ca 19.0 "	
5 "	7/II	1.0	2.0	0.8	0.5	1.0	1.2	3.0	4.0	2.5	0	0	0	0	0.20	0.06	0.14	0.02		K 4.1 " Na 161.07 " Ca 8.0 "	RV 32.3 mEq/l LV 117.9 mEq/l
6 "																					

Killed by decompression

RV=right ventricle
LV=left ventricle

No. 33

Fig. 17.

No. 34

Fig. 18.

Fig. 13. The findings of the heart of rabbit (No. 33): there are seen infiltration of round cells, proliferation of the connective tissue, atrophy as well as degeneration of heart muscle.
Hematoxylin-eosin stain.

No. 34

TABLE XXXI.

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R-R (sec)	P-Q	QT	QRS	Finding	Electrolyte in blood serum	K concentration in myocardium
Before	20/I	1.0	2.0	2.0	3.0	3.0	2.0	1.0	2.0	2.0	0	0	0	0	0.21	0.06	0.13	0.03		K 4.1 mEq Na 163.0 " Ca 9.0 "	
3 a. p.	26/	0.8	2.0	1.5	3.0	2.5	2.0	1.0	1.0	0.8	0	0	0	0	0.18	0.06	0.13	0.035		K 4.3 " Na 171.08 " Ca 8.5 "	
4 a. p.	1/II	0.8	1.0	1.0	3.0	4.0	2.0	0.5	1.2	1.0	0	0	0	0	0.18	0.05	0.11	0.035		K 6.0 " Na 167.44 " Ca 9.1 "	
5 a. p.	7/	0.5	2.0	2.0	2.0	5.0	5.5	0.5	0.8	1.0	0	0	0	0	0.21	0.06	0.11	0.035	R ₂ R ₃ (↑)	K 4.3 " Na 173.81 " Ca 9.5 "	RV 71.7 mEq/l LV 107.6 "
6 a. p.	13/	Killed by decompression

Fig. 14. The findings of the heart of rabbit (No. 33): There are seen proliferation of interstitial substances of heart muscle, infiltration of round cells, atrophy as well as degeneration of heart muscle.
Hematoxylin-eosin stain.

No. 34 では、軽い間質の結合組織の増殖と、心筋の變性が見られる。肺臓では、無氣肺、ウツ血、一部には逆に肺氣腫が見られた。(Fig. 15.)

Fig. 15. The findings of the lung of rabbit (No. 34): there are seen emphysema.
Hematoxylin-eosin stain.

No. 35, No. 36

No. 35 に於ては、5 氣壓加壓時の血清中の K 値は増加しているが、心電圖では、軽度の ST_T, T_i の低下が認められる。

心筋内の K は、右心は對照より減少しているが、左心は増加している。No. 35 は、5 氣壓加壓後45分にして死亡した。Ca 値は、3 氣壓加壓後より減少しているが、心電圖には QT, ST 間隔の延長は見られなかつた。

No. 36 に於ては、4 氣壓加壓頃より、ST_T, T_i の軽度の低下が見られ、5 氣壓、6 氣壓加壓時にも、ST_T, T_i の低下が見られる。4 氣壓加壓後より、血清中の K は減少し、Ca も減少しているが、Q-T 間隔には延長は見られない。(TABLE XXXII., XXXIII.)

Na も 5 氣壓、6 氣壓加壓時には減少している。一方心筋内 K は増加している。No. 36 は、7 氣壓加壓後死亡した。(Fig. 19., 20.)

病理組織學的には、No. 35 では、心臓に於ては、間質

No. 35

TABLE XXXII.

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R-R (sec)	P-Q	QT	QRS	Finding	Electrolyte in blood serum	K concentration in myocardium
Before	11/II	1.0	1.2	1.0	4.0	3.5	2.0	0.5	4.0	5.0	0	0	0	0	0.20	0.06	0.13	0.03		K 5.8 mEq Na 161.98 " Ca 12.0 "	
3 a. p.	16	1.0	2.0	1.0	4.0	3.0	2.0	0.5	3.5	4.0	0	0	0	0	0.20	0.06	0.14	0.03		K 5.2 " Na 170.17 " Ca 7.8 "	
4 "	22	0.8	1.0	0.8	4.0	2.0	1.0	0.5	2.5	3.0	0	0	0	0	0.20	0.06	0.13	0.03		K 4.5 " Na 168.00 " Ca 7.4 "	
5 "	25	0.5	1.0	1.0	3.0	3.0	1.0	-0.5	2.0	1.5	-0.1	0	0	0	0.19	0.07	0.14	0.03	T ₁ (↓) ST ₁ (↓)	K 6.4 " Na 151.06 " Ca 7.1 "	RV 9.2 mEq LV 80.2 mEq
6 "	Killed by decompression																				

No. 36

TABLE XXXIII.

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R-R (sec)	P-Q	QT	QRS	Finding	Electrolyte in blood serum	K concentration in myocardium
Before	11/II	0.8	1.5	1.0	4.0	3.0	1.0	0.5	3.0	2.0	0	0	0	0	0.21	0.06	0.14	0.03		K 5.8 mEq Na 180.18 " Ca 10.5 "	
3 a. p.	16	0.8	1.5	1.0	5.0	3.0	1.0	0.5	2.0	2.0	0	0	0	0	0.21	0.06	0.14	0.03		K 4.6 " Na 171.08 " Ca 7.0 "	
4 "	22	0.5	1.5	1.0	5.0	3.0	1.0	-0.5	2.0	2.0	-0.5	0	0	0	0.19	0.06	0.13	0.03	T ₁ ST ₁ (↓)	K 4.6 " Na 179.00 " Ca 6.6 "	
5 "	25	0.5	1.0	1.2	2.5	2.0	1.0	-0.5	2.5	3.0	-0.5	0	0	0	0.20	0.05	0.14	0.03	T ₁ ST ₁ (↓)	K 5.2 " Na 142.87 " Ca 8.8 "	
6 "	1/III	1.0	2.0	1.0	6.0	3.0	1.0	-0.5	2.0	2.0	-0.5	0	0	0	0.20	0.06	0.13	0.025	T ₁ ST ₁ (↓)	K 4.0 " Na 164.71 " Ca 8.0 "	RV 35.3 mEq LV 69.2 "
7 "	Killed by decompression																				

No. 35

Fig. 19.

No. 36

Fig. 20.

細胞が増加しているが、その他には特別の所見はない。肺臓では、無氣肺、ウツ血がある。

No. 36 では、心臓に於ては、間質における圓形細胞、結合組織細胞の増殖がある。また筋線維の萎縮、軽度の間質の變性が見られる。肺臓では、無氣肺、ウツ血がある。

No. 37, No. 38

No. 37 は、4 氣壓加壓減壓後、數分にして死亡した。

No. 38 に於ては、5 氣壓加壓、減壓後、50分で死亡している。なお死亡前の心電圖に於ては、著明な ST_I, II の降下を示している。

この際の K は増加しているが、Na は著變がなく、Ca は稍減少している。一方心電圖に於ては、前述の如く、ST, T の低下が見られたが、Q-T 間隔には變化がなかつた。なお心筋内 K は、少々増加している。(TABLE

No. 38

Fig. 21.

XXXIV., Fig. 21.)

病理組織學的所見は、肺臓の無氣肺、ウツ血が見られる以外に、著變に乏しかつた。(Fig. 16.)

Fig. 16. The findings of the lung of rabbit (No. 38): there are seen atelectasis.
Hematoxylin-eosin stain.

No. 39, No. 40

No. 39 では、5 氣壓加壓時に Q_I が少々深いだけで、他に著しい變化が見られなかつた。5 氣壓加壓では、血清 K は減少、Ca も少々減少、Na は一定の變動傾向を示さず、心筋内 K は、左室に於ては増加している。(TABLE XXXV.)

No. 40 では、5 氣壓加壓後、P_{II}, P_{III} が幾分増高している。4 氣壓、5 氣壓時では、K は減少し、Na も、Ca も減少し、心筋内 K は右室、左室何れも増量している。

なお、No. 39, No. 40 何れも 5 氣壓加壓、減壓後死亡している。(TABLE XXXVI., Fig. 22., 23.)

第5項 小 括

1) 實驗的潜函病において、血清内 K は増加、減少す

No. 38

TABLE XXXIV.

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R-R (sec)	P-Q	QT	QRS	Finding	Electrolyte in blood serum	K concentration in myocardium
Before	5/III	0.8	1.0	1.0	2.0	2.5	1.5	0.5	3.0	2.0	0	0	0	0	0	0.21	0.06	0.14	0.03	K 4.6 mEq Na 161.9 " Ca 7.2 "	
4 a. p.	7/	0.5	1.0	1.0	2.0	4.0	2.0	0.4	3.0	3.0	0	0	0	0	0	0.19	0.06	0.14	0.03	K 4.9 " Na 164.71 " Ca 7.2 "	
5 "	9/	0	1.0	1.0	2.0	3.0	2.0	-1.0	2.5	2.0	-2.0	0	0	0	0	0.20	0.06	0.14	0.03	K 5.6 " Na 158.36 " Ca 7.0 "	RV 44.6 mEq/l LV 90.0 "
Killed by decompression																					

No. 39

TABLE XXXV.

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R-R (sec)	P-Q	QT	QRS	Finding	Electrolyte in blood serum	K concentration in myocardium
Before	10/III	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	2.5	3.0	1.2	0	0	0	0	0	0.19	0.06	0.15	0.03	K 6.0 mEq Na 164.71 " Ca 8.6 "	
4 a. p.	12/III	0.5	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1.0	0	0	0	0	0	0.21	0.06	0.13	0.03	K 4.6 " Na 164.52 " Ca 9.4 "	
5 "	14/III	0.5	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	2.0	5.0	2.0	0	-1.2	0	0	0	0.20	0.06	0.13	0.03	K 5.2 " Na 171.08 " Ca 7.0 "	RV 27.6 mEq/l LV 141.5 "
6 "	Killed by decompression																				

No. 40

TABLE XXXVI.

Degree in raising	Date	P ₁	P ₂	P ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T ₁	T ₂	T ₃	ST	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R-R (sec)	P-Q	QT	QRS	Finding	Electrolyte in blood serum	K concentration in myocardium
Before	10/III	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	5.0	2.0	0	0	0	0	0	0.21	0.06	0.14	0.03	K 4.3 mEq Na 164.71 " Ca 8.4 "	
4 a. p.	12	1.6	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	5.0	2.0	0	0	0	0	0	0.21	0.05	0.13	0.03	K 3.6 " Na 153.79 " Ca 7.2 "	
5 a. p.	14	0.8	3.0	3.0	3.0	2.0	1.5	1.0	5.0	4.0	0	0	0	0	0	0.21	0.06	0.14	0.035	K 4.9 " Na 138.32 " Ca 6.0 "	RV 52.3 mEq/l LV 120.0 mEq/l
Killed by decompression																					

No. 39

Fig. 22.

No. 40

Fig. 22.

るもの相半ばし、一定の傾向を示さないが、心筋内 K は少々増加するものが多い。又血清 Na, Ca は大部分の例で減少の傾向にある。

2) 此等電解質の變動と、心電圖所見との間には、周知の像 (例えば T の增高, 平低, QT, PQ 等の短縮, 延長) を中心とする関連は殆んど認められない。

第6章 總 括

1900年, Heller, Mager¹²⁾, u. Schrötter 等は、多くの潜函病症例を病理學的ならびに臨牀的に検索し、潜函病發症が、體内に發生する氣泡のためであることを確認して

以來、潜函病發生の本態が、主として體內 N₂ ガス栓塞によるものとされて居るが、其の障害の最も甚しいのは脂肪、リポイドに富む腦脊髓等の中樞神經系である事には異論はない。

之に反して循環系、特に心臟に對する検索の手はあまり進められて居らず、從來の文献によるものと和氣¹³⁾ (1931) は、左心室の輕度の肥大並びに筋内層部の著明の溷濁、心外膜下脂肪組織の水腫狀腫脹を認め、心筋は一般に萎縮狹小で、筋核は膨大し、核色素は瀰慢性に汚染し、心筋肝脈は認めざる事等若干記載し、一方その臨牀心電圖に關しても、僅か岡田²⁾ (1938) の一症例 (刺戟傳導障害) と田村⁶⁾ 等 (1953) の古い梗塞曲線及び輕度の心筋障害存在の報告がなされて居るに過ぎない。

私はまず、潜函病患者 4 例と一般潜水夫 12 例とに就いて心電圖撮影を行い、比較的詳細に検討した。しかし私の検査した成績は、潜水作業者の従業は外海での作業が主なる爲に、A 群に於ては、潜水作業直後の成績が得られず、作業翌日の成績であり、また B 群のように、潜函病に罹患した者も連絡不充分的爲に、相當時日經過後の成績であり、潜水作業直後や潜函病罹患直後の成績は得られず、ただ僅かに C 群に於ては、潜函病後遺症としての所見を検査したに過ぎない不充分性はあつた。

心臟位置は、田村⁶⁾ 等 (1953) は潜水夫 15 名の検査では半垂直位、右位型を示すものが多いことを述べているが私の実験に於ても A 群, B 群, C 群共に右型、垂直位を示すものが多い。これが果して潜水作業という高氣壓環境の物理的影響をうけた爲のものかは、潜水就業前の心電圖が無いので判明出来ない。

猶軸回轉であるが、縦軸に對し時計針方向回轉を示すものが殆んどであつた事は特徴の一つとも云うべきであろう。

B 群の中潜函病に罹患し歩行障害を發生している No. 13 に於ては、全誘導の T 波は低下乃至零線上存在が認められるが、ST の上昇、下降は見られない。田村等の報告した如き古い梗塞曲線は見られなかつたが、心筋障害の所見は認められた。(この心筋障害に就いては、患者はリウマチ性疾患、傳染病、動脈硬化症、高血壓症等の既往症はない。)

又 B 群, No. 14 の潜函病罹患後 14 日目に撮影した心電圖に於ては、T_{II}T_{III} の增高が見られて居る。

C 群に於て、脚ブロック (ウイルソン型) の所見を示すものが 1 例あつたが、既往に於てリウマチ性疾患、梅毒他の傳染病に罹患した事實もなく、以前に心悸亢進、胸部苦悶感、胸痛等の自覺症狀を訴えたことはなかつた。

この心電圖は、潜函病罹患後、相當期間經過後とつたものであり、果して潜函病罹患のために生じた所見であるかどうか速断出来ない。

P-Q 時間は全例に於て延長は見られず、又肥大型を示すものもなく、刺戟生成異常として洞徐脈を示しているものが幾分多い外は不整脈は見られなかつた。

尚潜函病に罹患せるものの1例に心筋障害の存在が想像された。又運動負荷後の心電圖に於ても、安靜時撮影のものと殆んど變化がなかつた。

さて周知の如く潜函病は、生體に加えられる過重壓力の強弱、加壓時間の長短、ならびに減壓時の方法如何により發生するが、同一條件でも全部に發生するものでない事からみれば、本症は發生時の生體の状態、あるいは個體差ということも左右される事は、他の疾病と同様であろう。從來、本症發生については、Pal and Wattle (1854) は機械的壓力説を發表し、高い氣壓による血管壓迫が潜函病の原因であるとし、Gaminet (1871) は出函時の減壓による冷却が原因であるとし、Mac, Naughtan は frictinal electrocity のためであると唱え、其後、Snell (1899) は CO₂ 中毒説を主張し、さらに Lorrain Smith は O₂ 中毒をあげたが、何れも潜函病の病理所見を充分に説明することができなかつた。

しかるに Heller, Mager¹²⁾, v. Schrötter (1900) 等は、前述の如く多くの症例を病理學的ならびに臨牀的に検索し、潜函病は體内に發生する氣泡のためであることを確認した。その後 Boycott, Damant, Haldane 等は同様の實驗をくり返し、氣泡が血管、リンパ管、關節腔中にも發生することを發見し、また動脈内よりも靜脈内に多數見られることを知つた。今日では窒素ガス栓塞説が、唯一の定説であることは疑いがないところである。

Boycott 等は潜函病で死の危険のあるのは、23lbS=1.6 氣壓といい、Schrötter 等は1.4氣壓という。酒井¹⁷⁾は1.3 氣壓以内で潜函病の發生するのはきわめて稀であると云い、松藤¹⁸⁾は症狀にもよるが 12lbS=0.8 氣壓で關節痛がおこるといふ。

したがつてその個體差によるのは勿論であるが、生體内に溶解した窒素ガス量の多寡と、その窒素ガス排泄状況、氣壓と曝露時間の關係如何が、本症が發生するか否かの第一條件と云わなければならないであろう。此等の條件を吟味する爲には人體では不可能であるので、續いて私は家兎を實驗對照として検討してみた。

私の動物實驗では、2 氣壓(海水深度約20米)までは如何に急速減壓しても、發病する事がなく、3 氣壓においては、1 例が死亡し、4 氣壓急速減壓では、2 例共生存したが、1 例は左脚の麻痺を發生した。5 氣壓急速減壓では死亡しなかつたが、6, 7 氣壓に於ては全例共死亡した。

以上の事からして、雄性成熟家兎は、2 氣壓までは、如何に急速減壓しても、死亡することはないが、3 氣壓急速減壓では、高度に潜函病死亡の可能性が存し、4 氣壓以上では、急速減壓を行えば、大部分潜函病死亡を來す事が明らかである。

これ等の事實は、第2章で述べた様に、種市町潜水夫の重篤潜函病は最低20尋(30米)、最高26尋(39米)で罹患していることと相似の關係にあつて、きわめて興味ある事である。

さて、動物實驗による潜函病の心電圖についての詳細な研究は、未だ報告されて居らない。

私は家兎に對して、規定の減壓を反復した群と、急速減壓を反復した群と、急速減壓を1回だけ行なつた群とについて心電圖撮影を行い、病理解剖所見と對比して検討した。

これ等を總括すると、No. 1 では、氣壓度が増すにつれて T_{II}T_{III} 棘が増高し、7 氣壓では T_IT_{II} 棘が増高し、且つ ST_I も上昇している。然し PQ, QRS, Q-T 間隔には變動は見られない。

No. 2 では、6 氣壓加壓後より ST_I の上昇と、ST_{III} の相反性と T_I の陰轉が現われ、7 氣壓第1回目加壓後これが著るしく、その後47日で冠性 T の出現を見た。

No. 3 では、2 氣壓加壓より T_{II}T_{III} 棘が増高するが一方 R_IR₂ 棘は平低となり、P_I も低小となる。本例は6 氣壓急速減壓後死亡している。

No. 4 では、3 氣壓加壓後よりむしろ R 棘が増高し、一方 P_IP_{II} 棘も5 氣壓加壓頃より増大する。

No. 5, No. 6 では、心電圖には餘り變化がなく、血清 K は何れも幾分減少している。

No. 7 に於ては、加壓減壓後やや T_{II}T_{III} 棘が増高しているが、血清 K は反つて減少している。

No. 10 に於ては、第 III 誘導の低電位差は下肢麻痺の爲と思われる。なお全例に不整脈は見られなかつた。

病理組織學的所見では、No. 1 では左室心筋の變性、肺臓に於ては無氣肺とウツ血が見られた。

No. 2 では、心臓に於ては心臓の像が散見され、肺臓では、無氣肺と充血が見られた。

No. 3, No. 4 では、肺臓では無氣肺、充血が見られ、心臓では圓形細胞の浸潤があつた。

No. 6 に於ては輕度の心臓の所見が見られる。

此等の病理組織像と心電圖を對比せしむる時、規定減壓を行なつた群、殊に No. 2 に於ては ST_I の上昇、並びに ST_{III} の相反性、冠性 T_I の出現等、所謂梗塞曲線の出現が見られたが、その組織像に於ても心筋筋脈を散見し、肺ウツ血が強い。

急速減壓を反復した群では、No. 4 に於ては P_{II}P_{III} 棘の増高が見られたが、所謂梗塞曲線は出現せず、組織像では肺ウツ血と無氣肺が認められ、心筋組織像では圓形細胞の浸潤がみられた。なおどの群でも、肺梗塞の所見が見られなかつた。

この様に、病理組織學的所見に於ては、氣壓度が高くなり、又加壓回数や加壓時間が多くなるにつれて、その病理學的變化が多くなるが、同一氣壓に於て1回だけ急速減壓を行なつた例は、心筋に於る變化は比較的少なかつた。

なお T 棘の増高が屢々認められているので、一應加壓後の血清 K 値を測定してみたが、T 棘の増高が認められた場合でも、血清 K 量は反つて減量の傾向を示しておつた。

同様に於ても No. 17 に於ても、6 氣壓操作後 T が幾分増高した場合に、血清 K を測定したが、反つて幾分減少している。

No. 18 に於ては、各氣壓に於て血清 K 値は殆んど増減はなかつた。

次に加壓時間及び減壓時間を少しく變えて、漸降的減壓を行なつた No. 21 に於ては、處置後著明な Tr の増高、STr の軽度の低下、STIII の軽度上昇、次いで TIII の陰轉、即ち冠性 TIII の出現を見た。T が著明な増高を示したので、血清 K を測定したが、同じく減少している。又 No. 22 に於ても、著明な Tr の増高を示したので、血清 K 値を測定したが、この例でも減少している。

以上から、血清 K と T 波増高とは、この實驗では直接関係がない様に思われる。

病理組織學的には、No. 21, No. 22 共に大單核細胞、好酸球、好中球の増殖、筋線維の萎縮が見られた。

次に加壓、減壓時間を短縮し、10分間加壓し、減壓も1氣壓につき3分の平等減壓を行つた No. 31, No. 32 に於ては、前群の如き T の増高、ST の低下、上昇、冠性 T の出現はなかつた。

又加壓時間は30分、減壓は3と5氣壓に5分間止めた減壓方法を行なつた No. 25 に於ては、3氣壓と4氣壓操作後に Tr の増高と、TIII の陰轉を示し、No. 26 でも殆んど同様な所見を見た。

その病理組織學的所見では、No. 25 では心筋内に軽度のウツ血と結合織の増殖が見られ、No. 26 では、軽度の心筋肝臓、線維球の増殖、筋線維の萎縮が見られ、肺臓に於てはウツ血と部分的無氣肺が見られた。

No. 28 に於ては、6氣壓に於ては RII, RIII の増高を來し、更に7氣壓を加壓したところ、STr の上昇、冠性 Tr の出現、STIII の低下の出現を見た。

しかし、その病理組織學的所見では、左室に結合織原細胞、淋巴細胞、白血球、大單核細胞の増殖浸潤、筋線維の萎縮、變性が見られたし、肺臓には軽度のウツ血と無氣肺があつた。

なお、規定の段階狀減壓を行なつた例に於ては、操作後死亡したものはなかつた。3氣壓と5氣壓に5分間止めた例では、3例は5氣壓操作後に死亡し、1例は7氣壓まで死亡しなかつた。

一方減壓途中に停止することなく平等減壓を行なつたものは、5氣壓では1例は死亡し、7氣壓では2例共死亡したが、No. 31, No. 32 に於ては、7氣壓操作後までも死亡が見られなかつた。

この様に發症、死亡は家兎の個體差にもよるが、加壓時間の長短よりも、むしろ減壓速度の如何が關係すると思われ、心電圖上の病的所見も概ねこれ等と平行して居る。

又病理組織學的には、加壓時間、加壓程度、個體差によつて異なるけれども、一般に最初圓形細胞の増殖、好中球の増殖があり、次いで結合織原細胞の増殖があり、筋

線維の萎縮、更に高度になれば心筋が生ずると思われ。なお、肺梗塞の所見は全例に見られない。

次に此等の心電圖所見と、血清 K, Na, Ca, 心筋内 K の變動を追究してみた。血清 K の増加、減少するのは相半ばしたが、此等の中血清 K が増加して居つてもピーク T の出現がなく、實驗的潜函病に際して出現するピーク T 波と血清 K 量との間には、直接関係がないようである。

又血清 Ca, Na は一部増加した例もあるが、大體は加壓するにつれて減少している傾向である。その際も心電圖上 PQ, S-T, Q-T 間隔の延長乃至短縮は見られなかつた。

なお、No. 35, No. 36 で、心電圖の ST, T の低下が見られ、血清 K, Na, Ca 量は減少し、心筋内 K は逆に増加しておつたが、心電圖上の變化はむしろ心臓の病理組織學的變化と結びつきたい。

之を要するに、實驗的家兎潜函病に際して見られる心電圖所見は、主として加壓、減壓操作によつてもたらされる、物理的條件によつて生じられた心、肺の器質的變化に基づくものであつて、その際認められる血清 K, Na, Ca とは直接関係がないと思う。

又心筋内 K は、増加するものが殆んどであつたがこれと心筋變化像或はピーク T 波との間の關係は、これのみから直ちに結論を引き出されない。

いずれにしてもこれ等の點を追究するならば、各種イオン全體の綜合的作用としてあらわれるという解釋の方に進むべきであろう。

なお、一部に見られた血清 K の増加は、筋麻痺による筋組織からの K 遊離も考えられるし、血清内の Na の減少は、一部は高壓という物理的壓迫による肺機能の障害に因する Hypoventilation に基く、呼吸性アシドーシスによるものと思われる。

近年、堀内、井畑³¹⁾は、潜函病豫防の目的に、7%重曹水 50~100 cc を作業直前に靜脈内に注射を行い、重曹投與群からは全く重症潜函病を發生しなかつたと云い、潜函病發生の、劇しい筋勞作をおこなつた部位に起り易いこと、重曹投與がある程度その豫防に効果があることは、本症の原因をなす發泡核の發生が、勞作による局所性の酸鹽基平衡不調とある種の關連があることを推測しているが、私の實驗と對比していささか興味があろう。

第7章 結 語

私は潜函病の際の心電圖について、これを臨牀的並びに實驗的に検討して次の結果を得た。

1) 岩手縣種市町及び陸中八木における潜水夫16例、潜函病患者5例の臨牀心電圖を検査したが、心臓位置は垂直位、軸回轉は時計針方向回轉を示すものが多い。刺戟生成異常としては、洞徐脈が多く、潜函病症例の中に T 波の平低、零線上等心筋障害の存在を想像させるもの右脚ブロックを示すものがあつた。しかし梗塞曲線を認

めるものはなかった。

2) 種々な高圧環境下にもたらされる心電圖の變化について家兎を用いて實驗的に追究し、特に加壓、減壓方法をいろいろ組合せて吟味した。

イ) 一定時間加壓後、規定減壓を行なつたものの中に冠性 T の出現を認めた。又急速減壓を行なつた例では R, P の増高をみるものが多い。

ロ) 一定時間加壓後、主として階段式減壓法を行つた群では、冠性 T の出現を I, III 誘導に認めたものが多く、ピーク (Peaked T) も屢々認められたが、此際血清 K の増量はみられない。

ハ) 病理組織學的には、心電圖所見に變化のあるものに、心筋或は心筋變性像を認め、且つ冠性 T_{III} の場合は主として右室に、冠性 T_I の場合は主として左室に心筋低像を認めた。

ニ) 實驗的潜函病において、血清 K 値は増加、減少するもの相半ばするが、心筋内 K 値は稍々増加するものが多い。しかし心電圖所見と此等血清電解質の變動との間には直接の關連性は無いと思われる。

欄筆に當り御校閲賜つた工藤教授に深く感謝し、御指導戴いた小野助教授、病理學的檢索に御教示賜つた桂教授並びに種々御援助戴いた田村助教授に謝意を表する。

本論文の要旨は第18回、19回、20回日本循環器學會總會において發表した。本研究の一部は勞働省試験研究費によつた。記して謝意を表す。

REFERENCES

- 1) 小辰：診療と經驗，**5**: 47, p. 360, 1941.
- 2) 岡田：兵庫醫學，**4**: 3, p. 41, 1938.
- 3) 酒井：日內雜誌，**15**: 8, p. 575, 1927.
- 4) 田村外：東京醫事新誌，**70**: 6, p. 7 (307), 1953.
- 5) 田村外：東京醫事新誌，**70**: 12, p. 15, 1953.
- 6) 田村外：東京醫事新誌，**71**: 1, p. 13, 1954.
- 7) 田村外：東京醫事新誌，**71**: 4, p. 7 (199), 1954.
- 8) 田村外：東京醫事新誌，**71**: 12, p. 13 (693), 1954.
- 9) 田村外：東京醫事新誌，**73**: 5, p. 19 (295), 1956.
- 10) 佐野著：新臨牀心電圖學 1 版，醫學書院，1957.
- 11) 上田，樫田，木村著：臨牀心電圖學 14 版，南山堂，1957.
- 12) Heller, R., Mager, W. und von Schrötter, H., Luft druckerkrankungen. Wien, Alfred Hölder, Vol. 2, 1900. (醫學のあゆみ **24**: 3, p. 238 より引用)
- 14) 遠山，小出：日本循環器學誌，**5**: 4 p. 138, 1939. **5**: 5, p. 199, 1939.
- 15) 清水，福田：日本循環器學誌，**12**: 5~6, p. 118 1948.
- 16) Baycatt, A. E., Damant, G. C. C. and Haldane, J. S., The prevention of compressed-air illness. J. Hyg., Camb. **8**: 342-443, 1908. (醫學のあゆみ，**24**: 3, p. 238 より引用)
- 17) 酒井：東京醫會誌，**48**: 1, p. 73, 1934.
- 18) 松藤，松永，正木：厚生科學叢刊，第11集，創元社 1949. (醫學のあゆみ，**24**: 3, p. 238 より引用)
- 19) 梨本，小山：お茶の水醫會誌，**3**: 2, p. 47, 1955.
- 20) 高尾：日本外科誌，**43**: 3, p. 371, 1942.
- 21) 野村：海軍醫學誌，**18**: 3, p. 188, 1929.
- 22) 關谷：内科の領域，**4**: 10, p. 19 (567), 1956.
- 23) 關谷：内科の領域，**5**: 11, p. 39 (655), 1956.
- 24) 梨本：醫學のあゆみ，**24**: 2, p. 138~150, 1957.
- 25) 梨本：醫學のあゆみ，**24**: 3, p. 227~242, 1957.
- 26) 鈴木，梨本：勞働科學，**31**: 1, p. 47, 1955.
- 27) 鎮目：日本醫事新報，1595, p. 9 (4817), 1954.
- 28) 藤井：生化學實驗法 9 版，南山堂，1949.
- 29) 齊藤著：臨牀化學檢査法 4 版，南山堂，1953.
- 30) 吉利：日本醫事新報，1615, p. 104 (1752), 1955.
- 31) 堀内，井畑：勞働科學，**31**: 4, p. 249, 1955.
- 32) 有野：勞働科學，**32**: 7, p. 585, 1956.
- 33) 吉利：綜合臨牀，**5**: 9, p. 58, 1956.
- 34) Rozsahegyi, I. und Kenedi, I., Caissanmunkasoh elektrokardiographias vizsgalate. Arvosi Hetilap (Budapest). **96**: 994-998, 1955. (醫學のあゆみ，**24**: 3, p. 241 より引用)
- 35) 田坂：綜合臨牀，**4**: 4, p. 47 (487), 1955.
- 36) Behnke, A. R., Shaw, L. A., Thomson, R. A. and Motley, E. P., The circulatory and respiratory disturbances of acute compressed-air illness and the administration of Oxygen as a therapeutic measure. Amer. J. Physiol. **114**: 526-533, 1936. (醫學のあゆみ，**24**: 3, p. 240 より引用)
- 37) 小林：東京女子醫科大學雜誌，**26**: 11, p. 39 (591) 1951.