

心筋に及ぼす高圧の影響

その 3

心筋の興奮性に及ぼす高圧の影響に就いて

岡山大学医学部第一生理学教室 (主任: 林 香苗教授)

安 田 浩 士

[昭和 34 年 7 月 16 日受稿]

I. 緒 言

生活組織に及ぼす高圧の影響に就いての研究の一環としての心筋に対する圧効果に関して、心搏動の変化、心電図上の変化、或は不応期の変化などに対する影響を探したが、更に心筋の興奮性に対しては如何と考へて実験した。従来 Ebbecke¹²⁾, Cattell¹⁹⁾, Edwards¹⁵⁾¹⁶⁾ 等の心筋を使用して行なつた諸種加圧実験がなされているが、心筋の興奮性に就いての研究はなされていない。唯、骨格筋の興奮性に対する成績としては Ebbecke¹²⁾, 丹原³³⁾ のものがあるので、心筋と骨格筋とで圧による興奮性の変化にどのような相違があるかを見るのも興味があると思われ、更には大和³⁴⁾, 川岡²⁴⁾ の行なつた骨格筋、心筋の酸素消費量が平圧下よりも増加するという実験成績との関連も考えられるので実験した。

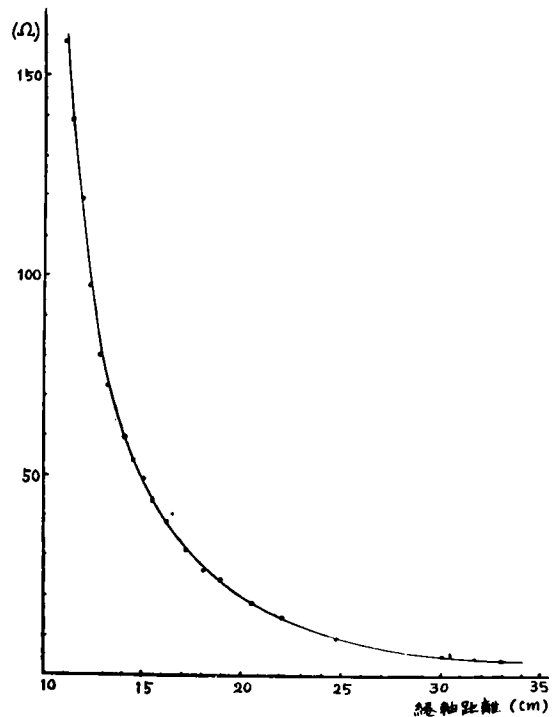
II. 実験材料、装置及び方法

実験に用いた材料はトノサマ蛙 (*Rana nigromaculata*) の摘出心であるが、之に更に房室間に結紮を施して搏動をとめた心室に就いて実験した。此の標本を流動パラフィンを満した小試験に入れ (その 1 参照)、之を既述の高圧ポンペ装置に入れて全周平等加圧する様にした。刺激には Du Bois-Reymond の機型感応コイル、2 Volt の蓄電池を用いての単一開放電流を用い、心室につけた 2 ケのクリップを刺激電極とした。刺激による心筋の収縮は装置の関係上、肉眼的に観察出来ないし、又骨格筋に使用した如き装置³³⁾ は牽引力の弱いため用いられず、ために大動脈根部と心尖部より E. K. G. に誘きその光点の移動により興奮発生の有無が観察された。

刺激閾値を求めるには 1 分間隔をおいて漸次強い刺激を加へ、E. K. G. に心室の興奮による光点の動きが観察される最も弱い刺激に対する二次コイル

の総軸距離を求めた。尚、使用した感応コイルに就いての総軸距離に対する電流強度は一次コイルの回路に可変抵抗を挿入し「生理的電流計」を用いて、外抵抗と総軸距離との関係を求めて曲線とし、之より任意の総軸距離に対する値を出すようにした。更に興奮性は閾刺激強度の逆数として表わした。使用した感応コイルの総軸距離と回路の外抵抗との関係が第 1 図である。

第 1 図 使用感応コイルの総軸距離—外抵抗曲線



III. 実験成績

予備実験として流動パラフィン中に入れた場合の標本の興奮性の時間的経過についてみた処、大体標本作製後流パラに入れてより 30 分位してから 1 時間

乃至1時間半位にわたつて興奮性の急激な変化がなく、比較的興奮性が安定していることがわかつた。以下の実験はすべて此の期間中に行なつたものである。

加圧実験には先づボンベ内に入れて圧を加える前の刺激閾値を求めておき、之を対照の値とし、次に加圧後時間を追つて閾値の変動を求め、更に除圧後も同様の測定を行なつた。尚、加圧の加え方であるが、多少の加え方の変化によつては成績にひびくというようなことは見られなかつたが、成可く注意して同じ様な加圧の仕方をするよう心掛けた。

- 1) 種々なる強度に加圧した場合の加圧中の興奮性の変化：

50気圧の加圧の場合(第1表)、加圧前及び除圧

第1表 50 気 圧

例温度(°C)	圧力(kg/cm ²)	経過時間(min.)	刺激閾値総軸距離(cm)	刺激強度(R)	興奮性(I/R)	E/K	
I 14.7	1		14.6	54	19		
		5	15.2	47	21	1.11	
	50	11	15.4	46	22	1.16	
		20	16.5	36	28	1.27	
		29	16.5	36	28	1.27	
		1	16	15.2	47	21	1.11
	II 15.4	1		16.9	33	30	
			4	16.9	33	30	1.00
		50	10	17.2	31	32	1.07
			22	17.4	30	33	1.10
28			17.2	31	32	1.07	
1			29	16.9	33	30	1.00
III 15.9		1		15.8	42	24	
	3		15.9	41	24	1.00	
	50	11	16.4	37	27	1.13	
		19	16.6	35	28	1.17	
		30	16.3	38	26	1.08	
	1	11	15.9	41	24	1.00	
IV 17.5	1		14.5	55	18		
		4	14.6	54	19	1.06	
	50	12	15.3	47	21	1.17	
		20	15.4	46	22	1.22	
		31	15.2	48	20	1.11	
	1	19	14.7	53	19	1.06	

V 20.0	1		15.5	45	22	
		10	15.8	42	24	1.09
	50	19	16.0	40	25	1.14
		30	15.9	41	24	1.09
	1	15	15.6	44	23	1.05

第2表 100 気 圧

例温度(°C)	圧力(kg/cm ²)	経過時間(min.)	刺激閾値総軸距離(cm)	刺激強度(R)	興奮性(I/R)	E/K
I 14.5	1		15.5	45	22	
		5	16.2	39	26	1.18
	100	9	17.0	33	30	1.36
		17	17.3	31	32	1.45
	1	30	15.8	42	24	1.09
II 15.5	1		14.9	51	20	
		4	15.0	50	20	1.00
	100	10	15.3	47	21	1.05
		20	16.2	39	26	1.30
		27	16.2	39	26	1.30
	1	30	15.3	47	21	1.05
III 15.9	1		15.8	42	24	
		5	15.8	42	24	1.00
	100	11	16.0	40	25	1.04
		19	16.4	37	27	1.13
		28	16.7	35	28	1.17
	1	24	15.7	43	23	0.96
IV 18.5	1		16.0	40	25	
		6	16.6	35	28	1.12
	100	11	16.8	34	29	1.16
		16	16.9	33	30	1.20
		26	16.7	35	28	1.12
1	10	16.1	40	25	1.00	
V 20.5	1		18.0	27	37	
		6	18.0	27	37	1.00
	100	11	18.1	26	38	1.01
		19	18.6	24	42	1.14
		29	11.6	24	42	1.14
	1	19	17.6	29	34	0.92

後の状態に比べて興奮性の亢進が認められた。興奮性の亢進程度をしるため、加圧前の正常状態に於ける興奮性の値を1.0とし、加圧中及び除圧後の値の割合をとつて E/K として表わした。特に低い圧の処での変化を探るため50気圧の場合をとつたが、100気圧の場合(第2表)も同様であり、興奮性亢

進の程度が100気圧の場合の方が大である。そして200気圧では更にその度が強くなつてゐることがわかる(第3表)。然し300気圧になると(第4表)、稍々少し趣きを異にし、加圧直後は可成りの興奮性の亢進が見られるが、加圧持続と共に興奮性は低下して来る。場合によつては30分位して電気刺激に

第3表 200 気 圧

例温度(°C)	圧力(kg/cm ²)	経過時間(min.)	刺激閾値総軸離(cm)	刺激強度(R)	興奮性(I/R)	E/K		
I 13.3	1		16.5	36	28			
		200	3	16.8	34	29	1.04	
			10	18.2	26	38	1.36	
			16	18.2	26	38	1.36	
			30	16.7	35	28	1.00	
	1	4	18.2	26	38	1.36		
		10	18.8	23	43	1.54		
		25	17.0	32	31	1.10		
		II 13.5	1		12.3	92	11	
				200	6	12.7	82	12
13	12.9				77	23	1.18	
20	13.4				68	15	1.36	
25	13.4		68	15	1.36			
1	20	12.5	86	12	1.09			
III 16.1	1		16.8	34	29			
		200	6	17.5	30	33	1.14	
			13	17.8	28	36	1.24	
			19	17.8	28	36	1.24	
	25	17.6	29	34	1.17			
	1	29	17.0	33	30	1.03		
IV 17.5	1		15.9	41	24			
		200	4	16.2	39	26	1.08	
			10	17.0	32	31	1.29	
			23	18.3	25	40	1.67	
			31	18.5	24	42	1.75	
	1	30	15.8	42	24	1.00		
	V 19.2	1		14.0	61	16		
200			5	14.5	55	18	1.13	
			10	15.4	46	22	1.38	
			20	15.9	41	24	1.50	
			26	16.0	40	25	1.56	
			30	14.1	60	17	1.06	
1		30	14.1	60	17	1.06		

第4表 300 気 圧

例温度(°C)	圧力(kg/cm ²)	経過時間(min.)	刺激閾値総軸離(cm)	刺激強度(R)	興奮性(I/R)	E/K		
I 14.0	1		16.2	39	26			
		300	3	17.0	32	31	1.19	
			10	17.8	28	36	1.38	
			20	13.0	73	14	0.54	
			25	(-)	(-)	(-)	(-)	
	1	8	16.0	40	25	0.96		
		19	17.5	30	33	1.27		
		29	16.2	39	26	1.00		
		II 15.3	1		15.8	42	24	
				300	5	16.8	34	29
13	16.0				40	25	1.04	
18	15.3				47	21	0.88	
30	(-)				(-)	(-)	(-)	
13	17.0				32	31	1.29	
26	16.0		40	25	1.04			
30	15.5	45	22	0.92				
III 15.9	1		16.5	36	28			
		300	3	17.0	33	30	1.07	
			11	14.8	52	19	0.68	
			20	13.8	64	16	0.57	
			29	11.0	155	6	0.21	
	1	8	14.5	55	18	0.64		
		13	16.5	36	28	1.0		
IV 16.8	1		14.7	53	19			
		300	3	15.5	45	22	1.16	
			7	15.9	41	24	1.26	
			14	15.0	50	20	1.05	
			23	12.0	103	10	0.53	
			6	15.0	50	20	1.05	
	12	15.8	42	24	1.26			
1	22	14.5	55	18	0.95			

反応しなくなってくるものがある。更に400~500気圧(第5表)の如き高い圧になつてくると、多くの場合、殊に500気圧ではすべての場合に興奮性は低下し、電気刺激にも反応しなくなってくる。勿論除圧すれば旧の状態に復して来る。尚400~500気圧の場合は、加圧直後に僅かに興奮性の亢進を示すものと、全くその様子の見られないものがある。

第5表 400気圧・500気圧

例温度(°C)	圧力(kg/cm ²)	経過時間(min.)	刺激閾値総軸距離(cm)	刺激強度(R)	興奮性(I/R)	E/K		
I 15.4	400	1	13.6	66	15			
		8	13.5	67	15	1.00		
		15	12.5	82	12	0.80		
		21	10.0	240	4	0.30		
	1	400	25	(-)	(-)	(-)	(-)	
			5	10.5	187	5	0.30	
			10	13.5	67	15	1.00	
			15	14.6	54	19	1.30	
		1	500	25	13.2	71	14	0.90
				1	13.5	67	15	
				6	14.0	60	17	1.13
				10	13.7	64	16	1.07
II 15.6	400	15	(-)	(-)	(-)	(-)		
		4	9.0	325	3	0.20		
		13	14.5	55	18	0.83		
	1	500	19	13.5	67	15	1.00	
			25	12.5	86	12	0.80	
			1	15.3	47	21		
			3	15.0	50	20	0.95	
	I 13.8	500	10	9.0	325	3	0.14	
12			(-)	(-)	(-)	(-)		
5			9.5	270	4	0.19		
11			12.3	92	11	0.52		
1		500	15	14.5	55	18	0.86	
			19	15.6	44	23	1.09	
			21	15.3	47	21	1.00	

加圧後10分、20分、30分後の興奮性の変化を平均してみると(第6表)50、100、200気圧では20分前後に興奮性が一番高くなっている。表中の最高値としてあるのは、経過中最も興奮性の高いものを経過時間と関係なくとり、その平均値を出したものである。之によると200気圧で最高を示していることが

第6表 興奮性の変化(E/Kの平均値)

経過時間(分)	10	20	30	最高値
50	1.12	1.18	1.12	1.18
100	1.12	1.25	1.26	1.27
200	1.27	1.40	1.37	1.45
300	1.09	0.67	0.21	1.23
400	1.01	0.30	(-)	1.07
500	0.14	(-)	(-)	0.95

(-)は電気刺激に全く反応しなくなつたものを示す。

わかる。300気圧になると寧ろ加圧直後に興奮性は亢進し、以後次第に低下していつている。400~500気圧となると更にその程度が大となり、電気刺激に全く反応しなくなつてしまう。

以上の心筋の興奮性の変化は、電気刺激閾値を測定し常圧下のそれと比較したものであるが、個体差による変動も相当みられるので加圧後5~10分以内でE/K値が1より大なるもの即ち興奮性の亢進したものと、E/K=1即ち変化ないもの及びE/K<1即ち興奮性の低下した例数を調べて見ると第7表の如くなる。これからわかる如く400気圧迄は加圧程度の大なるにつれ興奮性の亢進するものが減少し、興奮性の低下するものが増加している。500気圧ではすべての場合加圧中の興奮性の亢進は見られない。

第7表

圧力(kg/cm ²)	100	200	300	400
E/K>1	15 (79%)	11 (69%)	10 (67%)	3 (37%)
E/K=1	3 (16)	2 (12)	1 (6)	0
E/K<1	1 (5)	3 (19)	4 (27)	5 (63)

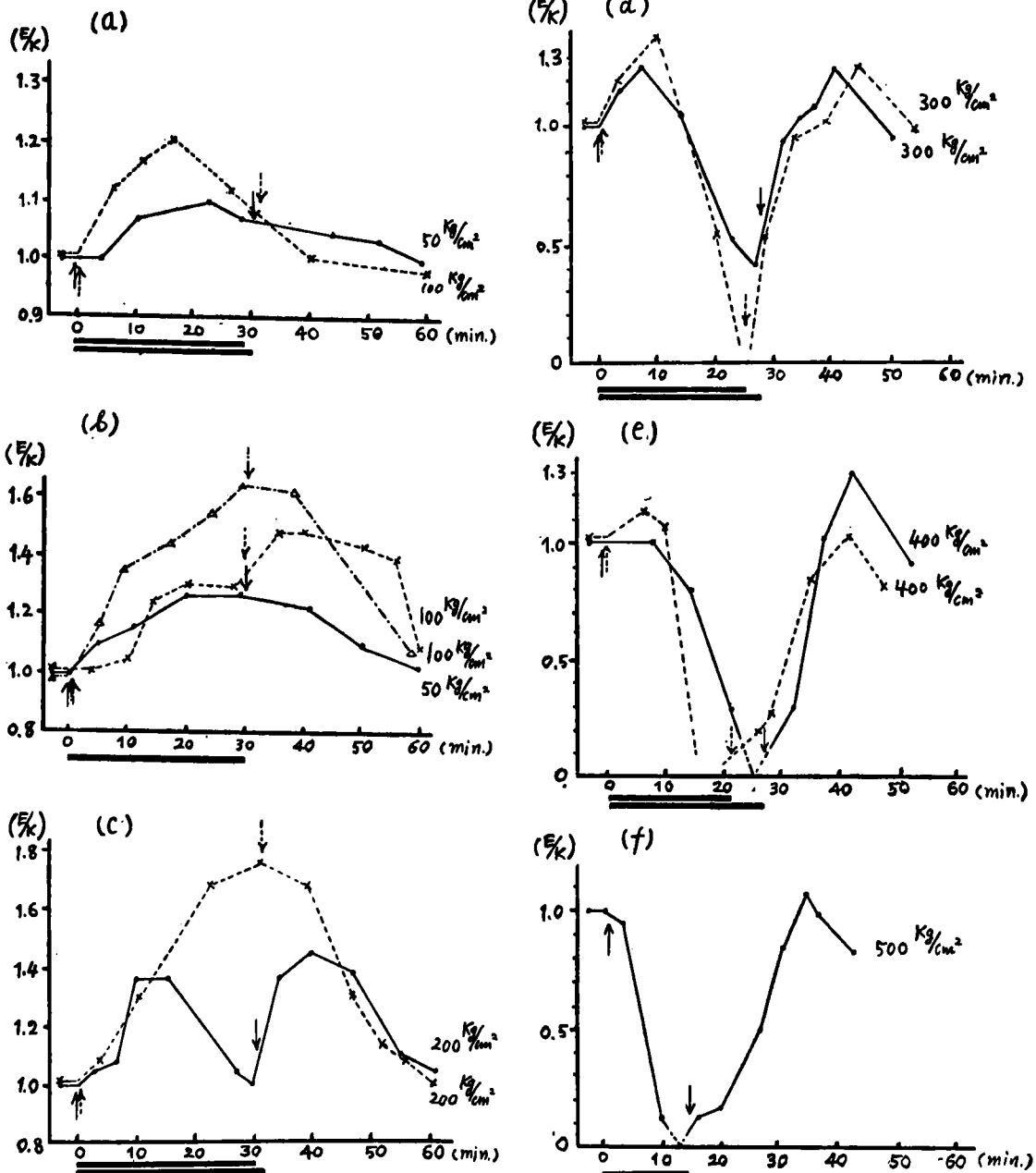
2) 種々なる程度に加圧した場合の除圧後の興奮性の変化:

加圧中の興奮性の変化は前述の如くであるが、圧のNachwirkungともいふべき除圧後の興奮性の変化についても興味ある成績が得られたので述べる。即ち50気圧では除圧後すべて興奮性は次第に低下し、

加圧前の状態にもどる(第2図 a, b). 100気圧では少数のものに於て除圧後一時僅かながら興奮性が亢進し、以後旧に復するものがあるが、大部分は50気圧の場合と同様である。200気圧でも加圧中に興奮性が平圧のそれと同じになつたものが、除圧後興奮性が亢進して、その後もとの状態になるのが見られる(第2図 c), 300気圧では加圧中初め暫く興奮

性が上昇したのち漸次正常以下に迄低下しており、除圧後旧に復し、更に一時興奮性が亢進して後、再び加圧前の状態に帰るものが多く観察される(第4表, 第2図 d). 400~500気圧でもこの傾向は見られることがある(第5表及び第2図 e, f). 之は骨格筋での加圧実験では見られていない現象であり、興味深いことと思れる。

第2図 加圧による興奮性の変化



縦軸：平圧値との比率 (E/K)

横軸：経過時間 (分)

矢印は加圧, 除圧時を, 〓は加圧期間を示す。

以上加圧中及び除圧後の興奮性の変化を一つにまとめて見ると、1) 加圧により興奮性が上昇し、その後僅か低下するものもあるが、兎に負対照よりは興奮性は上昇して居り、除圧により旧に復するもの。2) 加圧により興奮性が上昇するが、経過と共に低下し、対照と同じ値になり、除圧すると興奮性が再び上昇しその後旧にもどるもの。3) 加圧により興奮性が上昇し、その後時間と共に漸次低下して対照よりも更に低下し、除圧すると興奮性が次第に旧に復するか、或いはもとの値と同じになつて後、一時的に亢進して再びもとの値に戻るもの。4) 圧を加えると一時僅かな興奮性の上昇を示してのち或は始めから興奮性が低下し、電気刺激に反応を示さなくなり、除圧すると旧に復するか僅かに対照より亢進して後加圧前の値にかえるもの、以上大体4つに大きく分けられる(第2図 a~f 参照)。而して50, 100気圧では1) が大部分であり、200気圧では1) 又は2) が見られ、300気圧では2) から3) へ移行し、400気圧では3) 又は4)、500気圧になると全く4) のみとなる。かように加圧程度により、比較的低い圧力下では興奮性が亢進し、次第に圧が高くなると興奮性の低下へと移行し、更に圧が高くなると全く反応を示さなくなる。

IV. 考 察

房室間結紮を施した摘心蛙心を流動パラフィン中に浸し、之に単一開放感応電流を与えた場合に起る反応を心電計で観察する事により、種々なる程度の圧を加えた場合その興奮性が如何に変化するかを調べた。ここに流パラを使用したのは Ringer 液であると短絡する為心電計に誘導出来ないこと、及び Ringer 液に標本を浸しその上層部だけに流パラを用いても強い電流強度を必要とし、之は加圧中の変化をしらべる際特に 300 気圧以上の実験では更に強力な電流強度を用いなければならない点から、流パラ全体に標本を浸したものを用いた。尚流パラ使用による実験に対する障碍は何等認められなかつた。

興奮性の変化の程度を窺うために各閾値に於ける刺激強度の逆数を以て興奮性を表わしたが、かかる表わし方は縦軸距離で表わすよりもいいし、大体の傾向を知るには差支えないと考えたので便宜上此の方法を用いた。又、骨格筋の実験³³⁾に於てもこの表現法を用いてあり、これと比較検討する上からも都合がよいと思つて用いた。

加圧による心筋の興奮性の変化は、200~300気圧

迄の圧力では興奮性を亢進せしめることが認められた。骨格筋の興奮性に対する圧作用に就いては Ebbecke¹²⁾、丹原³³⁾の実験があるが、それによると Ebbecke は興奮性亢進作用は多くの場合認められず、寧ろ 100 気圧位でもその低下が観察されたと述べて居り、丹原は 200 気圧迄の圧力に於て明らかに興奮性の亢進を認めたといつている。骨格筋に於いては 300 気圧以上では持続的な所謂「圧迫短縮」ともいうべき特異な収縮を起すのであるが、心筋では 300 気圧以上の圧力でもかかる短縮を起さず、場合によつては 500 気圧でも電気刺激に反応したものがあるから、心筋は骨格筋に比して圧閾値が高いと云えよう。500 気圧以上では大部分の例で働作流が見られなかつたが、之は恐らく直接圧作用で短縮をおこし、為に電気刺激に反応を示さなかつたものであろう。Ebbecke¹²⁾ は種々なる組織に対する圧効果を探べ、心筋収縮の圧閾は 200~400 気圧、麻痺圧閾は 800 気圧、(骨格筋の圧閾は 50~200 気圧)、と云つて居り、矢張り骨格筋に比し圧作用に対する抵抗の大なることを示している。一方 Cattell¹⁸⁾、Edwards¹⁹⁾等は 70 気圧という比較的低い圧力下の亀の心筋の張力変化、熱発生を測定し、其等の増加することを認めているが、私の場合でも 50 気圧位の圧力で既に興奮性の亢進が認められている。興奮性の亢進は 200 気圧で最高値を示しているが、之は心室曲線の高さ(平均値で)も 200 気圧で大きい値を示していることと考え併せ、この辺りが圧作用の促進度の最も大なる処であろうと思う。

骨格筋、心筋の高圧下の酸素消費量の変化を大和³⁴⁾、川岡²⁴⁾が行なつているが、骨格筋では 300 気圧附近に急峻な峰をつくり酸素消費量が増大しているが、心筋では 100, 200 気圧程度の加圧と共に段々と増加するが骨格筋の如き峰は作らず、300 気圧から凡そ 1,000 気圧迄頂上が続きそれ以上の圧では低下し、1,500 気圧前後で対照値近くになつている。従つて O₂ 消費量の変化の面から考えても、心筋は圧力の高まるにつれて次第に active になるけれども骨格筋程には急激に高まらず、又 active の状態も骨格筋程には著明でないが、然し一旦 active になるとその状態が比較的長く続くものと思われる。この傾向と同じ事が興奮性の変化にもみられ、互に関連性があるように思われる。

興奮性の変化は、自然搏動せる摘出心を用いた実験程にひどい多様性は示さなかつたが、200 気圧で興奮性の低下し始めるものもあれば 400 気圧で興奮

性の亢進するものもあり、骨格筋の場合に比べれば矢張り相当個体差が大きいのであろう。然し、4つの型に分けてみると、大体加圧程度により、比較的低い圧力では興奮性は亢進し、次第に圧力の高くなるにつれて興奮性が低下していることがよくわかる。

加圧下の摘出心が多様性の変化を示す事は、Ebbecke¹²⁾、Cattell¹⁰⁾と同様私も認めた。例えば最初は反応が促進であつたような圧と同じ圧で次には反対の効果がおこることがある。Cattellは少くともこの逆反応の一部分は原形質の粘性に於ける低下したpHの影響によつておこるのであろうといつてゐる。Johnson²²⁾はBrownその他の成績を含め、温度の高低により圧の影響が逆になることがあると云つて、温度影響の大なることを強調している。恒温設備のないため詳細な温度と圧力との関連性を探べ得ないが、同一の温度でもかかることが見られることがあるので、温度のみに帰することは出来まい。私の観察した実験の成績からみて、この多様性の一因を興奮性の変化に帰してもいいのではないかと思う。

アトロピンで処理した心筋の興奮性の変化は大体前述の成績と同じ傾向にあり著しい差異は認められなかつた。

尚、除圧後の圧の後作用ともいふべきものだが、一時的に興奮性が亢進することが見られる。X線等の生活組織への照射の場合にもかかる類似の現象が

あることと考へ併せて興味あることであり、又生活組織に対する圧作用を考察する上にも面白いことと思われる。例えば「イガイ」の線毛運動が除圧後一時的に速くなる³¹⁾ことがあり、心筋の除圧後の興奮性亢進と関連して神経線維の電気刺激の際認められる如きAccommodationなる現象が、圧刺激の場合にも起こると考へてもいいのではあるまいか。

V. 結 論

蛙の摘出心に全周より平等に50~500気圧迄の液圧を加え、単一開放感応電流を用いて心室を刺激して興奮性の変化を調べた結果、次の如き成績を得た。

1. 50, 100気圧という比較的低い高圧で興奮性は亢進する。
2. 200気圧では興奮性の亢進の程度が大となり、300気圧を越えると次第にその亢進度は弱くなつてゆく。
3. 400気圧から500気圧という中等度の高い圧力になると電気刺激に全く反応しなくなる。
4. 平圧に復した場合、一時興奮性を亢進せしめることがあり、圧の後作用として注目すべきことである。

擱筆するに当り終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜つた恩師林教授に対し深く感謝の意を表す。

文 献

- 1) Basset et Macheboeuf: C.R. Ac. Sc., 195, 1431 (1932); *ibid.* 196, 67 (1933); *ibid.* 196, 796 (1933)
- 2) Bridgman: *Revs. Mod. Phys.*, 18, 1 (1946)
- 3) Brown: *Am. J. Physiol.*, 97, 508 (1931); *ibid.* 109, 16 (1934)
- 4) do: *J. Cell. Comp. Physiol.*, 4, 257 (1934); *ibid.* 5, 335 (1934); 8, 141 (1936)
- 5) Brown a. Edwards: *Am. J. Physiol.*, 101, 15 (1932)
- 6) Brown, Johnson a. Marsland: *J. Cell. Comp. Physiol.*, 20, 151 (1942)
- 7) Brown a. Marsland: *J. Cell. Comp. Physiol.*, 8, 159, (1936)
- 8) Cattell: *Biol. Rev.* 11, 441 (1936)
- 9) Cattell a. Edwards: *Am. J. Physiol.*, 90, 308 (1929); *ibid.* 93, 97 (1930)
- 10) do: *J. Cell. Comp. Physiol.*, 1, 11 (1932); *ibid.* 6, 277 (1935)
- 11) Deuticke u. Ebbecke: *Hoppe-Seyler's Zeitschr. Physiol. Chem.*, 247, 70 (1937)
- 12) Ebbecke: *Pflüger's Archiv*, 157, 79 (1914); *ibid.* 236, 416, 648, 662, 669 (1935); *ibid.* 238, 749 (1936)
- 13) Ebbecke u. Hasenbring: *Pflüger's Archiv*, 236, 405. (1935)
- 14) Ebbecke u. Schaefer: *Pflüger's Archiv*, 236, 678. (1935)
- 15) Edwards a. Brown: *J. Cell. Comp. Physiol.*, 5, 1 (1934)
- 16) Edwards a. Cattell: *Am. J. Physiol.*, 84, 472 (1928); *ibid.* 93, 90 (1930); *ibid.* 101, 31, (1932)
- 17) Henderson a. Brink: *Am. J. Physiol.*, 21,

- 248 (1908)
- 18) Hill, L.: Caisson Sickness and the Physiology of Work in Compressed Air. London (1912) (7)より引用)
- 19) 林・岡医雑, 40年, 12号, 2613 (1928)
- 20) 福原: 生理学実験法, 南山堂 (1950)
- 21) 市橋: 岡医雑, 第66巻, 1号, 129 (1954)
- 22) Johnson, Eyring a. Polissar The Kinetic Basis of Molecular Biology, Wiley, New York (1954)
- 23) Johnson. a. Zo Bell. J. Bact., 57, 353 (1949)
- 24) 川岡: 岡医雑, 第54, 5号, 964 (1952)
- 25) Landau a. Marsland. J. Cell. Comp. Physiol., 40, 367 (1952)
- 26) Marsland: J. Cell Comp. Physiol. 12, 57 (1938); *ibid.* 13, 15, 23 (1939)
- 27) Marsland a. Brown: J. Cell. Comp. Physiol., 8, 167 (1936); *ibid.* 20, 295 (1942)
- 28) 宮武: 岡医雑, 第69巻, 2号, 485 (1957)
- 29) 長尾: 岡医雑, 第67巻, 3・4号, 655 (1955)
- 30) 岡田: 岡医雑, 第66巻, 10号, 2071 (1955)
- 31) Pease a. Kitching: J. Cell Comp. Physiol., 14, 139 (1939)
- 32) Regnard: Recherches expérimentales sur les conditions physiques de la vie dans les eaux. Parris (1891) (10)より引用)
- 33) 丹原・岡医雑, 第64巻, 5号, 909 (1952)
- 34) 大和: 岡医雑, 第64巻, 5号, 859 (1952)

Effects of High Hydrostatic Pressure on the Cardiac Muscle

Part III. On the Excitability of Muscle

By

Hiroshi Yasuda

1 st. Dept. of Physiol. Okayama University Medical School
(Director: Prof. K. Hayasi, M.D.)

When high hydrostatic pressure was applied to isolated ventricle muscle, the results were obtained as follows:

- (1) The excitability of cardiac muscle augments by the pressure from 50 to 200 atm.
 - (2) The response to electric stimuli disappears at high pressure (400 atm. or more).
 - (3) It is interesting that the excitability of ventricle muscle rises transiently upon release from high pressure.
-