

心筋に及ぼす高圧の影響

その2

心筋の不応期に対する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〕

1. 結 論

心筋に対する高圧の影響に就て、摘出蛙心を用いて搏動数の変化、心電図に於ける変化等を中心として観察したが、更にその一部として不応期或は潜伏期に対してどの様に変化を与えるかを調べてみた。

比較的不応期が長いと云われる心筋を用いての圧による不応期の変化がわかれば、摘出心の搏動、或は心筋の興奮性の変化などと共に心筋の圧作用を考究する上にも意味があり、更には当教室でなされた骨格筋に対する圧作用の詳細なる研究²⁰⁾³³⁾にも関連があると思われる。単一刺激を加えて潜伏期の変化も観察せんと試みたが、装置の関係もあり決定的な成績は得られなかつたので、主に不応期に就いて述べる。

圧作用による不応期の変化は、亀の心臓を材料として Cattell, Edwards⁹⁾ が Lucas のペンデルを使用して測定しており、詳しい報告は出ていないが、不応期が圧により延長するといっている。

II. 実験材料、装置及び方法

実験に使用した高圧ポンペは既述したものと同一のものであり、材料も同様「トノサマ蛙」の摘出心を用いた。加圧中の搏動は直接観察出来ないので心電計の光点の移動により知る様にした(その1参照)。即ち摘出心に房室間結紮を施して自然搏動をしない様にした心室に2つの刺激(開放感応電流)を加え、その結果おこる心室の収縮を心電計にて観察した。二刺激の間隔の測定は林¹⁹⁾の使用した方法を用いた。即ち、1mの円筒内に水を満し、その水の中を錘により下降する速度が一定範囲では一定な速度であることを利用したもので、滑車を用い錘が移動する様にし、その途中に電鍵を2ヶ

取付けておき、相互の距離を加減して二刺激の間隔を決めた。別に電磁シグナルによりキモグラフィオンにかかせて時間を測定しておく。勿論測定期間中は温度の変化を防ぎ、又心筋の方も正確に1分1回の割合に刺激を加え、一実験の間中絶することのない様に努めた。私の用いた装置では目盛が10~20の間は直線的であり、17~20°Cの範囲で1目盛が0.096 sec. の値であつた。

潜伏期は心電図では刺激波と心室興奮に基く曲線との分析が出来難いので、はつきりした成績は得られなかつたが、参考迄に記載した。

III. 実験成績

1. 各種強度の圧力を加えた場合の不応期の変化:

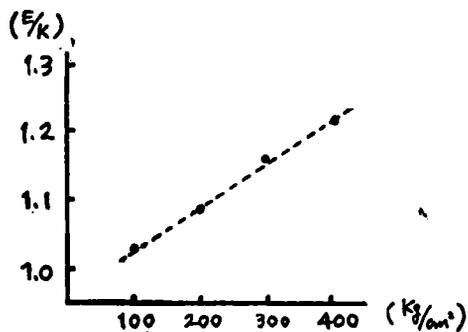
100~400気圧迄の圧を加えた場合の不応期の変化をしらべた(第1表)が、100気圧では加圧前の値と変化のないもの及び多少遅延を認めるものがあり、200, 300気圧と圧が高まるにつれ遅延の度が大となる。尚、例によつては再現性に乏しく加圧前後の値の差の大きいものが見られたが、之等は除いた。多数の例に就いて、加圧前の対照値と加圧中の値との比(E/K)をとり、その平均値を出してみると、100気圧3% (20例)、200気圧9% (13例)、300気圧16% (8例)、400気圧22% (4例)と加圧強度の大なるにつれて不応期の延長が著しくなる。之をグラフ(第1図)に示すと、加圧の程度の大なると共に、大体圧に比例して不応期が延長していることがわかる。但し400気圧を越すと屢々電気刺激に反応しなくなるものが増加するため例数も少くなる。

連続的に加圧した実験例をグラフ(第2図)で示したが、之からもわかる如く、加圧により不応期が延長するが、除圧した場合に、時として不応期の短

第 1 表 圧の不应期に及ぼす影響 (室温17~20°C)

例 気圧 (kg/cm ²)	1	2	3	4	5
1 (K)	1.30 sec.	1.20 sec.	1.49 sec.	1.15 sec.	1.30 sec.
100 (E)	1.34	1.30	1.49	1.20	1.30
E-K	0.04	0.10	0	0.05	0
E-K/K	0.03	0.08	0	0.04	0
1	1.34 sec.	1.39 sec.	1.20 sec.	1.49 sec.	1.30 sec.
200	1.44	1.54	1.30	1.63	1.34
E-K	0.10	0.15	0.10	0.14	0.04
E-K/K	0.07	0.11	0.08	0.09	0.03
1	1.54 sec.	1.30 sec.	1.44 sec.	1.15 sec.	1.20 sec.
300	1.87	1.44	1.82	1.34	1.44
E-K	0.33	0.14	0.38	0.19	0.24
E-K/K	0.21	0.11	0.26	0.17	0.20
1	1.20 sec.	1.58 sec.	1.39 sec.	1.30 sec.	
400	1.49	1.97	1.63	1.58	
E-K	0.29	0.39	0.24	0.28	
E-K/K	0.24	0.25	0.17	0.22	

第 1 図 加圧による不应期の変化



縦軸：平圧値との比率の平均値

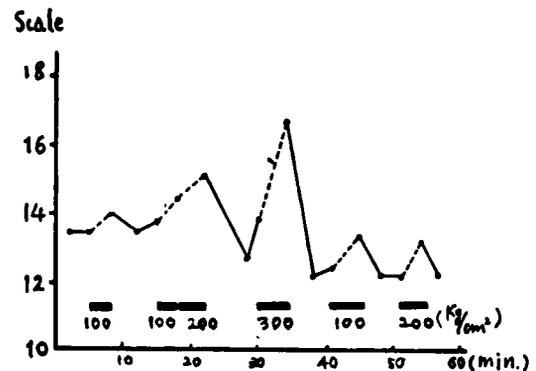
横軸：圧力 (kg/cm²)

縮が認められることがあるのは興味ある事である。

不应期は上記の装置により求めたが、参考迄に心電図により求めたものと比較してみると心電図で 1.65 sec. で反応なく、1.70 sec. で反応があり、17目盛 (1.632 sec.) で反応なく、18目盛 (1.728 sec.) で反応があり、大体一致した値を示していた。

尚、模型的に Lillie のモデルを用いて不应期に対する圧効果を試みたが、装置の関係上遂に成功しなかつた。

第 2 図 連続的に加圧した例に於ける不应期の変化



縦軸：不应期測定装置の目盛 (1目盛: 0.096秒)

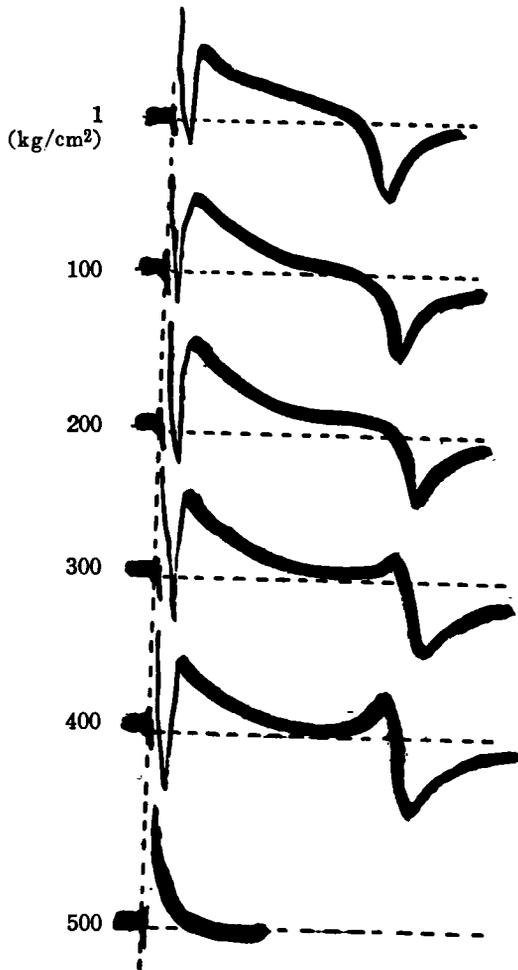
横軸：経過時間 (分)

— : 加圧期間

2. 潜伏期に対する圧の影響：

単一開放感応刺激を加えその変化を心電図で観察したが、心電計の mirror の慣性の関係から正確に潜伏期の測定は出来なかつた。ただ刺激波よりの心電図曲線の立ち上りの位置から大体の傾向は推測出来ると思われる。即ち第 3 図の如く 100~500 気圧の下で電気刺激を加えその結果生ずる心室興奮に基く曲線を見ると圧が高くなるにつれて心室曲線の始まりが基準線より次第に深い点から起つている。

第3図 電気刺激を加えた場合の加圧時曲線



此事は圧が高いと次第に刺激電流の初めより長い時間を経て働作流が現われたことを意味するから、高圧で潜伏期が延びるものと考えられる。基準線より心室曲線の始まり迄の距離を少数例測定した結果が第2表である。

尚第3図で注意することは、刺激によつて生じた心室興奮に基く曲線の形が、加圧下では曲線の高さも大であり、持続期間も延長し、且つ終りの曲線も

第2表 圧の潜伏期に及ぼす作用

気圧(kg/cm ²)	1	100	200	300	400	500
例						
1.	1.2	1.8	1.9	2.0	2.4	(-)
2.	1.8	3.0	5.0	4.8	(-)	(-)
3.	3.5	3.7	4.1	4.0	5.8	(-)
4.	2.5	3.2	3.8	4.0	4.8	3.1
5.	1.2	2.6	4.4	5.1	5.2	(-)

(-) は電気刺激に反応なきことを示す。

鋭い山を呈していることである。自然搏動せる摘出心に加圧した場合の変化と似た形と云えよう。

3. 同一加圧下で刺激の強さを変じた場合の曲線の高さの変化:

同一強度の電気刺激を加えた場合、加圧の程度により心室興奮に基く曲線の形に変化が見られるが、同一加圧下で刺激の強さを変えた場合に心室収縮に基く曲線の形、特に高さに変化があるか否かについてしらべてみた。第3表の如く第二次コイルの総軸距離を変化させても、同一加圧下では曲線の高さに変化がなかつた。即ち加圧下でも悉無律に従つて収縮しているものと考えられる。尚、加圧の程度が大なれば曲線の高さは増し、更に強い圧では電気刺激に反応しなくなる。

第3表 刺激の強さと心室曲線の高さとの関係

気圧(kg/cm ²)	心室曲線の高さ	総軸距離 (cm)
1	10	13.5
"	10	11.0
100	11.5	13.5
"	11.5	11.0
300	13	13.5
"	13	11.0
400	(-)	13.5
"	14.5	12.0
"	14.5	11.0

IV. 考 察

自然搏動せる摘出蛙心に就いて種々認められた成績に鑑み、更に房室間結紮を施した摘出心に対し電気刺激を加えた場合の変化に就いて追求して見た。自然搏動をとめた心臓は自然搏動せる摘出心に比べて時間的に変化する事も少なく、成績も比較的一定したものが得られ易い。

従来なされている此の方面の研究は、主に Cattell¹⁸⁾, Brown³⁾ によりてなされ、心筋の張力の発生が加圧により大になること、亀の心房並びに心室筋の不応期が 1,000 lb/in.² (約70気圧) で平均 5.4% 延長したという報告があるに過ぎない。私の行なつた実験成績によると、加圧した場合 100 気圧以上の圧力で不応期が延長することがわかつた。装置の関係上、恒温に出来ないが実験期間中は少くと

も変化のない様に努め、室温として 17~20°C の時を選んだ。低い圧力 (100気圧前後) では余り変化が認められず (勿論行なつた実験装置の精度の範囲内で)、不応期を短縮させる如きことも殆んど認め得なかつた。唯、除圧後不応期が一時短縮されることが見られたことは興奮性の変化と共に興味のある処である。不応期測定の際、圧によつて刺激回路に於ける抵抗の変化がおこることも考えられるが、強い刺激を用いることによつてその影響は出来る限り小さくした。加圧による不応期遅延のみられるのは、恐らく増大した収縮の結果と考えられ、従つて回復により多くの時間を必要とすると思われる。収縮性の増大は、刺激した場合に限らず前述 (その 1) の自然搏動せる摘出心に就いても認められた処から明らかなことである。

尚、蛙の心室筋は室温で 1~1.5 秒の不応期を示すといわれているが、私の値も大体この範囲内にある。

次に潜伏期の変化に就いてであるが、之は装置の関係上詳しく分析出来なかつたが、刺激波よりの心室曲線の立上りの位置から、大体の傾向として不応期同様遅延せしめられるのではないかと推測される。

刺激によつて生じた心室曲線の形、間隔が、加圧により変化することが認められた。即ち R 棘の高くなること、鋭い山を呈すること、間隔が延長すること等の変化であるが、之等のことは自然搏動せる摘出心に就いても認められたことであり、加圧下の収縮の状態が異なつてゐることを示している。

同一圧力下で、刺激の強さを変えた場合に心室曲線の高さや形には変化がない。即ち加圧下でも悉或無律に従つて興奮していると思われる。勿論加圧の程度が大なれば平圧時のものより大きい。

圧作用は心臓の搏動数を減じ、不応期を延長させ

るものであるが、迷走神経刺激は搏動をのろくさせる点では高圧と似ていても不応期は短縮させるので、圧作用と迷走神経の作用とは異なるものと考えなければならぬ。加圧せる場合と似たものとして、低温、或は疲労の場合がある。即ち低温、¹ 疲労何れも潜伏期、不応期或は収縮期間が延長される。低温に於ける此等延長は、主として温度低下により化学反応速度が遅くなるためであろうが、加圧時の延長は高圧のため心筋に物化学的变化が起つて、その刺激過程が障碍されるからであろう。

V. 結 論

房室間結紮をした摘出蛙心につき、単一開放感応電流を加えて不応期を測定した結果、400 気圧迄の加圧により不応期が延長 (20%内外) することが認められた。不応期延長の程度は加圧強度の大なる程大きい。

潜伏期も延長の傾向があると思われる。

刺激により生じた心室曲線の形、持続、大きさが変化して居り、R 棘は高く、且つ鋭くなり、持続が延びていることが見られた。

同一加圧条件下では曲線の高さや形が刺激の強さに関せず一定である。即ち高圧下でも心筋の悉或無律は崩れないと考えられる。

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。

(文献はその 3 に並記する)

Effects of High Hydrostatic Pressure on the Cardiac Muscle

Part II. On the Refractory Period

By

Hirosi Yasuda

1 st. Dep. of Physiol. Okayama University Medical School

(Director : Prof. K. Hayasi, M.D.)

Experiments were performed to examine the action of high hydrostatic pressure on the isolated frog heart ventricle.

The refractory period of the heart muscle prolonged by about 20 per cent. It seems also that cardiac ventricle under high pressure responds either all or none to electrical stimulus.
