

## F-1 超高水圧の筋肉へ与える影響

東京医科歯科大学 公衆衛生 真野 喜洋

” 前田 博

衛 生 北 博正

埼玉医科大学 衛 生 梨本 一郎

### 〈概 括〉

高圧の生体へ及ぼす影響に関する研究のうち、超高圧曝露に関するものはほとんどなされていない。しかし、圧曝露によって生体の組織破壊が生ずることは十分考えられ、その圧力の限界を知る必要がある。そこで超高圧を人工的に作り出す上で水圧を利用すれば有利であることに着目して、水生動物を使用して500気圧までの各種圧曝露実験を行ない、その影響を組織学的に分析した。被験動物として牛ガエルの『おたまじやくし』を選んだが、これは将来の研究の一環である肺呼吸動物とえら呼吸動物との比較生理学上の理由による。

400気圧以上に圧曝露されると強直現象が認められるという肉眼的報告はEbbecke, U.らにより報告されているが、この原因と推定される筋線維の変性所見を組織学的に検索した結果その強直現象の原因と考えられる組織学上の変化を見つけることができた。しかもその変化はまた全く強直の出現し得ない圧曝露下においても認められ、曝露条件が厳しくなるにつれ、変化像の出現頻度も高くなり、この変化が強直現象の直接原因であろうと推定された。

### 〈方 法〉

実験を進める上で500気圧までの任意の圧力環境をつくり出せる動物用高圧タンクを試作した。(図1, 2)

図-1

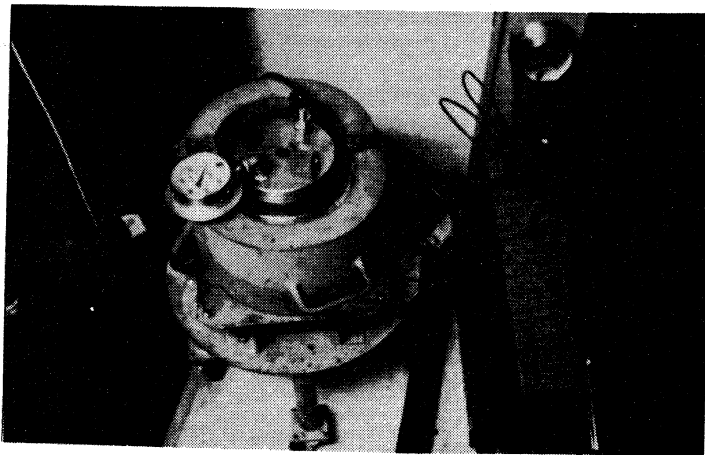


図-2

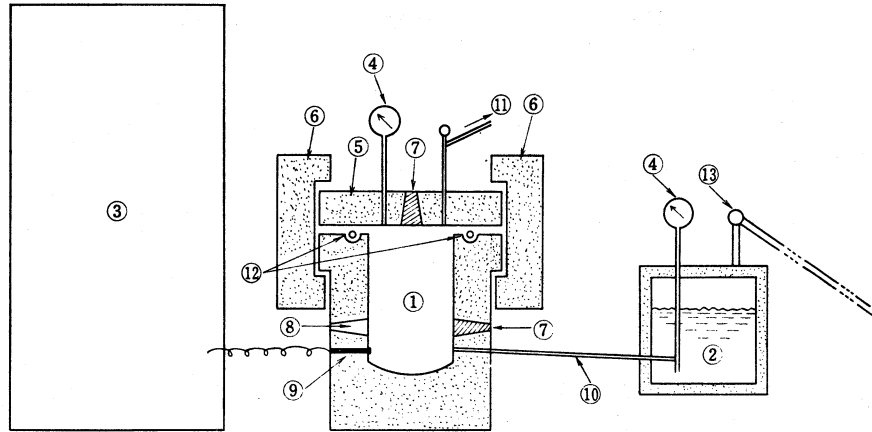


Fig. 2. Schema of animal chamber

- 1) Inside of animal chamber
- 2) Liquid tank
- 3) Multipurpose polygraph
- 4) Pressure gauge
- 5) Upper lid
- 6) Annex for fixation
- 7) Observation window
- 8) Window for source of light
- 9) Penetration cords to polygraph
- 10) Liquid supply pipe
- 11) Drainage pipe
- 12) O ring
- 13) Manual pump for compression

実験に使用されるおたまじやくしの尾筋はかえるへの変態期にはいと退化し始めるので退化期に入る前段階のものを選ばなければならない。そこでTaylorとKollrosの分類による第Ⅱ～第Ⅸ段階までのものを選び、虚弱なものを除き、実験室にて2週間以上飼育し、全く異常を認めず、また運動の活発なものを使用した。以上の条件により、全600余匹の中より実験群204匹、コントロール群51匹が選択され、各実験毎に各実験群とコントロール群との発生学上の変態段階が同一となるように心掛けた。このようにして、7気圧から500気圧までの各圧力下で30秒から120分間曝露し、その後の減圧は1～3秒間とし、減圧の影響を出来るだけ防ぐためには一部を除いて3分以内に固定または凍結した。

固定方法はホルマリン法、ブアン氏法、スサ法を使用し、パラフィン封入後、HE染色またはマローリー染色して鏡検した。

### 〈結 果〉

圧曝露方法は同一であっても減圧後の固定までの時間経過が長いと減圧による影響が強すぎて加圧効果を分析することは困難となる。しかし、圧曝露後の処理を3分以内に行なうならば、筋肉間隙はコントロール群と同様、固定に伴う脱水現象によるわずかなものだけで、十分検索するに足ることを知った。圧曝露条件は表1に示される通りである。

表-1

Table 1. Methods of exposures and results

Pressure (ATA)	Exposure time	Time after decompression	Number of subjects	Number of decompre. effects <sup>1)</sup>	Number of compre. effects <sup>2)</sup>	Number of stiffness
7	10 Min	10 Days	9	0	0	0
10	10 Min	10 Days	9	0	0	0
20	10 Min	10 Days	9	0	0	0
50	10 Min	130-180 Min	12	11	0	0
	10 Min	Immediately	6	0	0	0
100	10 Min	100-150 Min	12	12	1	0
	10 Min	Immediately	9	0	3	0
150	10 Min	Immediately	6	0	2	0
200	10 Min	75-135 Min	12	12	0*	0
	10 Min	Immediately	6	0	2	0
300	10 Min	60-120 Min	12	12	3*	0
	10 Min	Immediately	6	0	5	0
310	10 Min	Immediately	3	0	3	0
400	10 Min	120-180 Min	12	12	4*	1
	10 Min	Immediately	6	0	6	0
500	30 Sec	120-180 Min	12	12	1*	0
	30 Sec	Immediately	6	0	3	0
	60 Sec	120-180 Min	6	6	0*	3
	60 Sec	Immediately	6	0	4	2
	3 Min	180 Min	6	6	1*	5
	5 Min	150 Min	6	6	1*	6
	10 Min	90-120 Min	12	12	3*	9
	10 Min	Immediately	9	2	9	8
	30 Min	120 Min	6	6	4*	6
	120 Min	120 Min	6	6	2*	6
Total			204	115	57	46

## Note:

- 1) "Decompre. effects" means the interstices and the muscular damages without the "rounding fibers".
- 2) "Compre. effects" means "rounding fibers".
- 3) It is difficult to observe the "rounding fibers" on the subjects which are not treated immediately, because the muscular fibers have been badly destroyed. (\*)

500気圧曝露において圧曝露時間が30秒間の場合には肉眼的な強直現象は認められなかったが、1分間以上の圧曝露群にはそれが認められ、3分間以上ではほぼ全例に認められた。そして組織学的に調べてみると、横断面であたかも周囲から均等に圧迫され、押しつぶされたように円形に筋線維が圧縮され変形された像が認められた。(図3, 4)

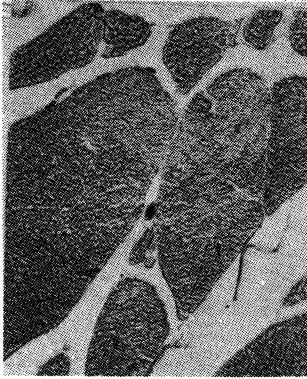
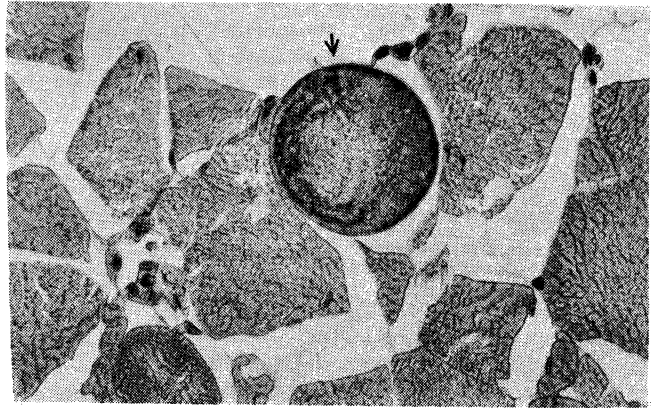


図 3  
コントロール  
横断面  
×500

図 4  
100ATA10分間  
曝露 ×500



この像の発生頻度は強直の程度の強いものほど大きく、肉眼的所見とほぼ一致していた。また縦断面を調べるとコントロールにおけるほぼ平行に配列された筋線維の配列が乱れ、かなり強く屈曲していた。さらに興味深いことは以上の変化が全く強直現象をきたさない群にもその発生頻度は少ないが認めることができ、個体差はあるけれども、すでに100気圧10分間の圧曝露群の中にも認められた。そしてこの円形に変形した像は圧条件が厳しくなるほどより多く認められ、300気圧以上の曝露により急激に増えていた。

すなわち、この筋線維の変性所見の増加にともなって筋肉の強直がきたされると考えるならば、肉眼所見と一致して強直現象を理解しやすい。

#### 《断 案》

筋肉の強直現象はRegnard, P, Hill, L. およびEbbecke, U. などにより報告されているところであるが、その強直の原因と考えられる筋線維の変性所見に関するものはまだなされていない。彼等は海水魚が400気圧で強直するとしているが、我々の実験では金魚などの淡水魚ではすでに200気圧にて強直した症例を得ている。いずれにしても牛ガエルのおたまじやくしては500気圧で強直するといった種の差は生ずるが、その変化は筋線維が円形に変性され、その変性像の増加に伴って強直されると推定できる。しかし、変性を引き起こす原因は圧力そのものの物理作用に依るものか、あるいはそれに表面張力が関与するものか、詳細にあたってはまだ不明な点が残っており、今後の検討事項となろう。