

C-4 超高水圧の筋肉へ与える影響（第2報）

東京医科歯科大学公衆衛生学教室

眞野喜洋，前田 博，井田和美

宮本智仁，芝山正治，中西芳樹

生体が超高水圧に曝露されると強直現象が認められ，その筋肉の組織学的な変化として横断面であたかも周囲から均等に圧迫され，押しつぶされて円形に筋線維が圧縮され，変性された像が出現するという知見に関して，前回の第9回日本高気圧環境医学会において報告した。この研究に関するその後の実験経過についての分析を今回は連続切片標本を通してまとめたので報告する。

実験方法

被験オタマジャクシへ及ぼす，加圧影響と減圧影響とを区別する目的で，高圧下において組織固定できる装置を試作した。（図3）

この装置に基づき，オタマジャクシを300～500気圧へ10分間圧曝露し，圧力をそのまま保った状態で，ただちに固定し，固定終了後，瞬間減圧してパラフィン包埋し，Malloryで染色した。クリオスタットで6 μ に連続的に標本作製されたオタマジャクシ尾筋の立体的構造分析がなされ，前回，認知された，円形の変性像との相関が追試された。

なお，本実験を進める上で Taylor & kollros の分類に基づくような成長したオタマジャクシでは切片が数千枚以上に及ぶため，発生学上のさらに若い時期におけるオタマジャクシで尾筋の完成されている時期，すなわち外鰓から内鰓へ変化したオタマジャクシを被験動物とした。（図1）

実験結果

発生学上の若い時期ほど，高圧の影響を受けやすいことは予想されたが，実験の結果はそれを裏づけており，非常に強いダメージを受けていた。

尾筋の縦断面において図2に示されるように，筋筋は断裂され，収縮して無構造化しており，筋線維は幾つも重合して一体化され，まるで融合して癭痕化したがつき，変性像となっていた。それはちょうど，筋線維が弾性の限界以上に強く収縮して，ついに引きちぎられて，筋筋基部に圧縮癭痕化した，すでに筋のもつ，本来の横紋構造を失なった，massとしての筋の破壊された像であり，その内容は完全に融解したがごとき，変性所見であった。そしてこれらの肉眼的所見は超高圧下では強直していたものが減圧後はその強直がとれ，筋構造は肉眼的な強直現象の面からとらえるならば，超高圧下で強直したものが減圧されるとその強直現象はあたかも可逆的に圧曝露以前の正常な尾筋のごとく，柔軟性をとり戻していた。すなわち圧曝露に

対する尾筋は肉眼的には可逆性を持ったものごとく推定された。しかし組織学的検索では全く不可逆的な筋線維の変性像がいたるところの筋に認められ、肉眼的観察と組織学的観察との両者間の結果に大きな差異を認めることが知られた。

考察

このような肉眼的検索と組織学的検索とにおける大きな差異について、現時点における論理的な解析が必要である。

すなわち、現象論的には、超高水圧下における何らかの物理的、生理学的作用に基づく筋線維の収縮性痙攣が生じて尾筋の強直が生ずる。その後、その収縮性痙攣がより強く働いて筋線維の持つ弾性の限界をはるかに超えれば、それが筋線維を離断させ、急激に断裂された線維は融合圧縮されて、筋基始部に癍痕化して、組織学的には無構造化する。その結果として痙攣性の収縮は解除され、肉眼的に認められた強直現象はとれ、減圧後の尾筋はあたかも加圧前の正常な尾筋のように観察されるわけであるが、組織学的には横断面で認められた円形の変性像や縦断面で認められた癍痕様萎縮像となってしまう。以上のような仮説をもとに考察するならば、肉眼的な強直現象と組織学的な観察結果との説明がつき、かつ、前回報告した、円形の変性像が実は縦断面における癍痕様萎縮像の横断面であることの説明もなされ、このことは連続切片標本の分析からも容易に診断された。

高圧下では一般に筋肉の収縮や痙攣が生ずることはよく知られたことではあるが、特に血管壁の平滑筋収縮は有名であり、これは Scholander, P.F. の研究でも優れた潜水能力を構成する上で不可欠の作用であるとされている。私の Hugon, M. らはヒトが2000ft.まで圧曝露されると四肢や顔頸部の筋肉痙攣が生ずると述べている。

これらのことは本実験のようにヒトの実験と比較にならないような超高圧下では、さらに重大な痙攣性収縮は理論的に生じ得ることであり、それにオタマジャクシの場合の尾筋の特殊構造、すなわち骨のような支持力のある構造はなく、脊索が中央部にあること、及び節筋とよばれる特別な筋構造をも考慮するならば、ここで述べた仮説に基づいて筋線維が変性するであろうことは、ほぼ推定されうることではあるが、今後の分析はさらに電顕的考察から、追試実験を行い、超高圧の筋線維に与える影響を検索する予定である。

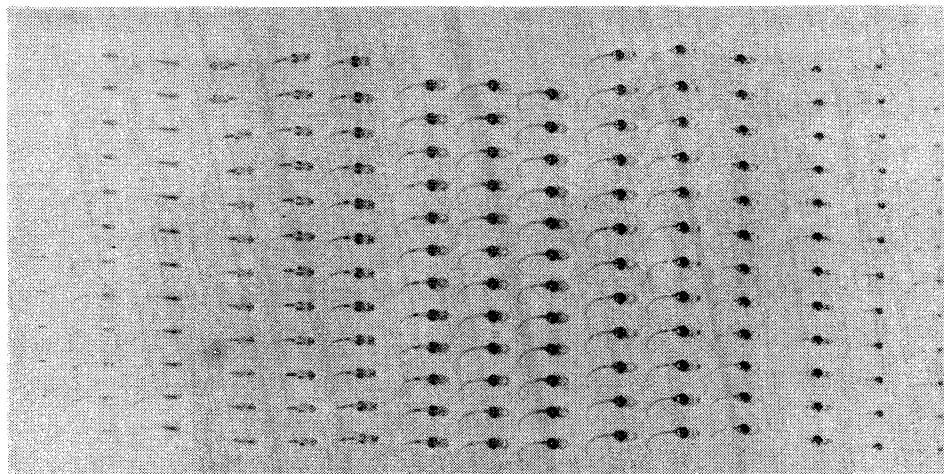


図1 内総期オタマジャクシの連続切片標本500 ATA に10分間圧曝露し、圧をそのまま保った状態で Bouin 固定された。

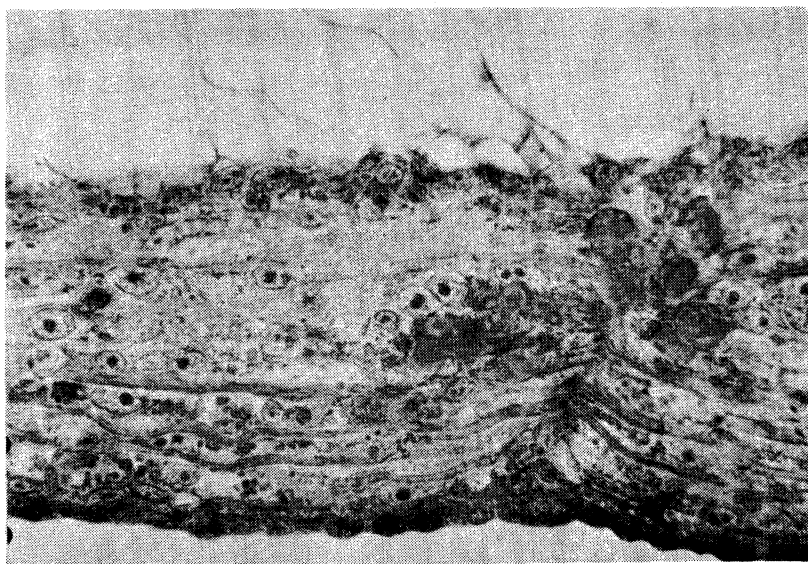
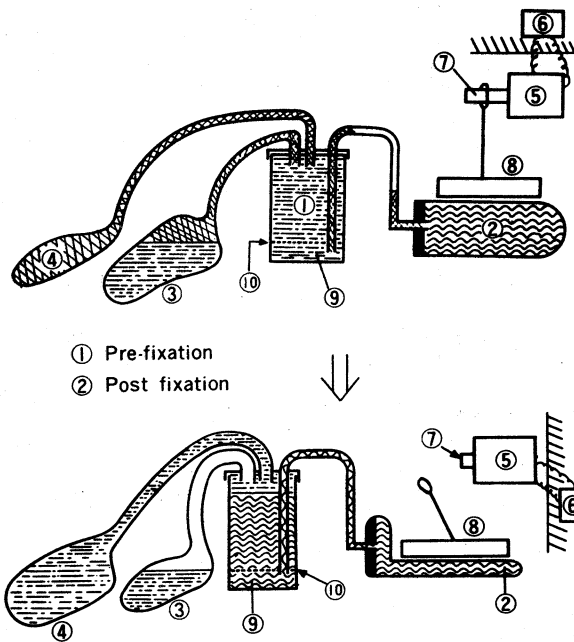


図2 400 ATA 10分間圧曝露後、Fig 3 の装置にて400 ATA 下で Bouin 固定された。
筋筋基始部。×500



① Pre-fixation
② Post fixation

Fig 3 Schema of fixation equipment under
Hydrostatic pressure

- 1) Main cistern.
- 2) Sag for fixation liquid
- 3) Bag for pressure control
- 4) Bag for drainage at decompression
- 5) Solenoid
- 6) 24-volt current battery (outside the chamber)
- 7) Prop
- 8) Weight (1.0 kg plumbum)
- 9) Subjects (tadpoles)
- 10) Net to prevent the subjects surfacing

図3 高水圧下固定装置

①：固定前

高圧曝露後，Prop を落として

②の状態にして，固定を完了させる。

《質問》 九州労災病院病理検査部 北野元生

超高水圧下曝露のオタマジクシの固定後の減圧はゆっくりやっているか、それとも急速か。

《答》 東京医科歯科大学 眞野喜洋

高水圧下固定後の減圧方法であるが、Controlとして Mallory 染色は常水圧下で Subject に対し、ほぼ5分間で染色出来ることが知られたので、高水圧曝露後、染色時間として5分間を圧 Keep し、その後は水圧ですので徐々に減圧することが不可能なため瞬間減圧を行っている。このような急速減圧は余り望ましくはないが、現状ではやむを得ないと考えている。