実験的潜函病の研究

Experimental Studies on the Caisson Disease

東京大学医学部衛生学教室

豊川行平 成瀬定男 前田平馬

Kôhei Toyokawa, Sadao Naruse, Heima Maeda

Department of Hygiene, Faculty of Medicine, University of Tokyo

緒言

潜函病は高压下において生体の組織体液に溶解せる過剰の窒素が急速減圧時に気泡化し血管に栓塞を生じその流域の諸組織を障害することによって発生する。原因がかくのごとく純物理的作用にあることは周知の事実であるが、実験的潜函病の発病、死亡条件を既往の文献に求めるとかなりの不一致がみられる。すなわち野村¹⁾によると家兎で 100 封度 30 分にて発病、110 封度より 120 封度 30 分にて死亡とし、清原²⁾は 5.5 kg/cm^2 25 分より 30 分で発病、 5.5 kg/cm^2 40 分で死亡、上田³⁾は 5.5 kg/cm^2 35 分で発病、同 40 分で死亡、土屋⁴⁾は 5.5 kg/cm^2 20 分で死亡と報告している。元来潜函病の発生には個体差が非常に著明であるとされているが、さらに発病、死亡に関係する因子として実験動物の性別、成熟度、加減圧時の気温の変動、反復使用による耐性の出現などが考えられる。

われわれはこれらの条件を参考として、家兎による実験的潜函病の発病、死亡条件を求め、同時にその臨床所見、剖検所見を観察したので報告する。

実験設備、実験材料、実験方法

1. 実験設備：再圧治療タンクで、鋼製主室（2 名収容可能）、副室に分かれ、最高使用気圧 7.0 kg/cm^2 、4 吋 2 気筒エアコンプレッサー、ディーゼルエンジン 10 馬力、貯気タンク（ 10 kg/cm^2 まで貯気可能）、空気冷却用水槽を備え、昇圧能力は主室は 3.0 kg/cm^2 まで 5 分、 4.0 kg/cm^2 まで 8 分、 5.5 kg/cm^2 まで 23 分 30 秒、副室は 3.0 kg/cm^2 まで 20 秒、 4.0 kg/cm^2 まで 40 秒、 5.0 kg/cm^2 まで 5 分、 5.5 kg/cm^2 まで 8 分、 6.0 kg/cm^2 まで 10 分である。高压になるにつれて、加減圧時間が比例以上に増大するが、空気の漏洩、コンプレッサーの能力などによるものである。減圧時間は排気弁の全開で 2

分である。

2. 実験動物：体重 2.5 kg 前後の成熟家兎で、実験前一定期間 1 匹につきオリエンタル酵母株式会社製固型飼料（RC 5）1 日 120 g 、水 1 日 200 cc にて飼育したものを使用。

3. 実験方法：再圧治療タンクの副室を用い希望高压まで 10 分前後で加圧するようにし、一定時間滞在後前記の方法で急速減圧し潜函病発症の有無を調べた。家兎は自由に運動できるが、激しい運動のできない鉄製檻に入れて実験をおこなった。なお実験前 4 時間は餌を与えず、また疲労、馴化など高压による影響を防ぐため、毎回異なつた家兎を使用した。

実験成績

われわれは清原²⁾、上田³⁾の未発症条件 5.5 kg/cm^2 滞在 15 分、加圧 3 分 40 秒、減圧 1 分に近い条件、すなわち 5.5 kg/cm^2 滞在 15 分、加圧 8 分、減圧 2 分で白色雌性家兎 2 匹を用いて実験したが、いずれも重症潜函病に罹患、発病した。ついで気圧を 1.0 kg/cm^2 低くして、 4.5 kg/cm^2 加圧 2 分 30 秒、滞在 20 分、減圧 1 分 20 秒で 2 匹につき実験し、未発症のため以後高压条件は 5.0 kg/cm^2 以上とし計 30 匹について実験した。その成績は第 1 表のごとくである。すなわち雄性家兎 21 匹、雌性家兎 9 匹で、雄性家兎は 5.5 kg/cm^2 滞在 25 分、加圧 8 分、減圧 2 分では $\frac{2}{3}$ 、 5.6 kg/cm^2 滞在 20 分では $\frac{2}{3}$ 死亡、 5.0 kg/cm^2 滞在 20 分、加圧 5 分、減圧 2 分では 10 匹全例に、 4.5 kg/cm^2 滞在 20 分、加圧 2 分 30 秒、減圧 1 分 20 秒では 2 匹全例に発病を認めなかつた。雌性家兎では 5.5 kg/cm^2 滞在 20 分、加圧 5 分、減圧 2 分で $\frac{1}{7}$ 発病、 $\frac{1}{7}$ 死亡がみられ、 5.5 kg/cm^2 滞在 15 分、加圧 8 分、減圧 2 分では $\frac{1}{2}$ の死亡であつた。すなわち本実験では発病、死亡条件のそれぞれを明確に区別しうるものは得られなかつた。

第 1 表 急速減圧実験成績

番号	性別	体 重 kg	種 別	高 圧 kg/cm ²	加圧時間 分	滞在時間 分	減圧時間 分	タンク内温度 °C	経 過
1	♀	3.5	白	5.5	8	15	2	22 ~ -1	15分後死亡
2	♂	3.2	黒	4.5	2.5	20	1	21 ~ 4	健
3	♂	3.3	白	4.5	2.5	20	1	21 ~ 4	健
4	♀	3.3	白	5.5	8	15	2	24 ~ 4	20分後死亡
5	♂	3.4	白	5.0	5	15	2	22 ~ 4	健
6	♀	3.4	灰白斑	5.0	5	20	2	22 ~ 0	20分後後肢麻痺
7	♂	3.4	白	5.0	5	20	2	23 ~ 2	健
8	♀	2.65	白	5.0	5	20	2	26.5 ~ 6	5分後死亡
9	♂	2.55	白	5.0	5	20	2	22 ~ 0	健
10	♀	3.6	白	5.0	5	20	2	20 ~ 0	5分後死亡
11	♀	3.6	白	5.0	5	20	2	20 ~ 3	8分後死亡
12	♀	2.45	黒	5.0	5	20	2	27 ~ 8	健
13	♂	2.85	白	5.0	5	25	2	23 ~ 8	健
14	♀	2.3	白	5.0	5	20	2	26.5 ~ 8	11分後死亡
15	♀	2.9	白	5.0	5	20	2	27 ~ 6	健
16	♂	2.4	白	5.0	5	25	2	23 ~ 5.5	健
17	♂	2.6	白	5.5	8	25	2	25 ~ 6	健
18	♂	3.6	白	5.5	8	25	2	26 ~ 5	10分後死亡
19	♂	3.5	黒	5.5	8	25	2	24 ~ 5	5分後死亡
20	♂	3.6	白	5.5	8	20	2	23 ~ 4	健
21	♂	2.4	白	5.5	8	20	2	21 ~ 4	健
22	♂	2.9	白	5.6	9	20	2	26 ~ 4	5分後死亡
23	♂	1.7	灰	5.5	8	20	2	24 ~ 3	健
24	♂	3.65	白	5.5	8	20	2	28 ~ 10	健
25	♂	2.9	白	5.6	9	20	2	32 ~ 12.5	30分後死亡
26	♂	2.1	白	5.5	8	20	2	28 ~ 9.5	健
27	♂	2.25	白	5.5	8	20	2	24 ~ 5	健
28	♂	2.3	白	5.5	8	20	2	28 ~ 7	健
29	♂	3.1	白	5.5	8	20	2	25 ~ 5	健
30	♂	1.7	黒	5.5	8	20	2	24 ~ 5	健

減圧後発病、死亡に至る時間は最短 5 分、最長 30 分で 10 分前後の死亡が多数であつた。

なおタンク内温度の変動は非常に著しく、加圧前 12°C より 24°C のものが、加圧するにつれて上昇し所要気圧では 20°C より 30°C 前後となり、減圧時には -1°C より 12°C へと平均 18°C の下降を示した。

潜函病発病家兎の臨床所見：No. 6 が発病したがその所見は従来の報告とまったく同様で、復圧直後にはなんら異常なく 20 分後より両後肢に弛緩性麻痺が出現し、後肢を引きずるような歩行を示し、かつ糞尿失禁を認め、再圧治療により後肢麻痺は治癒し翌日常態に復した。

剖検所見：死亡せる 10 例について形のごとくおこない

従来の報告と類似の所見であつたが、特異と思われる点を述べると、A. 心：冠血管内にガス泡の羅列、心室内にガス泡沫を含有せる血液あり、ことに右室に著明。B. 胃：胃体部においては小円形の点状出血性糜爛が粘膜皺襞の頂点にあり、かつ胃周囲血管にガス泡の羅列を認める。No. 14 では大彎部噴門近くに充血および粘膜皺襞頂点の出血性糜爛があり、かつ小腸粘膜の充血あり。No. 18 では大彎前壁に出血斑、No. 22 では十二指腸に糜爛点状出血、No. 25 では大彎後壁糜爛、十二指腸糜爛を認める。C. 副腎：点状出血を認める。D. 肝および腎：表面に点状出血斑および腎杯部に出血線を認む。かくのごとく潜函病にて死亡せる場合は単に気泡の栓塞による血流阻

止のみならず、各重要臓器の出血ならびに胃の糜爛が認められ、生体全般の諸機能の廃絶の甚大さが想像される。また潜函病を発症しなくても各臓器に気泡が発生する。梨本²⁾は急速減圧による肝組織内気泡の発生を、また Gersh は減圧による副腎皮質内気泡の発生を報告している。

総括、考案

われわれは30匹の成熟家兎について各種高圧条件を負荷し前記の結果を得た。これを既往の文献にみられる諸成績と比較検討するに、まず既往において発病、死亡と性別の関係について言及せるものはみられない。しかし野村¹⁾の実験結果では発病、死亡の29例中、雌性は19例、雄性6例で同一条件においては明らかに前者に発病、死亡の多いことがうかがわれた。われわれの実験においても雌性は雄性に比して低い条件下、すなわち 5.5 kg/cm^2 15分では 100%、 5.0 kg/cm^2 20分では70%の死亡がみられ、これらの点より雌性家兎は雄性家兎に比し高圧耐性が低いといえよう。次にわれわれの得た実験結果では、雄性家兎の死亡条件は 5.5 kg/cm^2 25分、あるいは 5.6 kg/cm^2 20分滞在後2分で減圧することであり、この条件は従来^{2)・4)}の成績に比し低いように思われるが、加圧時間の $1/2$ を上田の述べるごとく加算すると大体類似の成績となる。野村¹⁾の条件とわれわれのものとは約 2.0 kg/cm^2 の差があり、一見理解に苦しむところであるが、野村の実験では同一家兎を反復使用、幼若成熟、雌雄の区別についての考慮がはられていない点、われわれの結果との比較は妥当ではないと考えられる。次に

死亡例の体重をみるに、5例は 2.9 kg 以下であり、6例は 3.0 kg より 3.6 kg までの肥満せる家兎で、体重差が発病、死亡を左右する重要因子とは考えられない。

結 論

われわれは家兎による実験的潜函病の発病、死亡条件を求め次の結論を得た。

- 1) 雄性家兎は雌性家兎に比して高圧よりの急速減圧に対する抵抗性が強い。
- 2) 体重と発病、死亡との間にはとくに関係が認められない。
- 3) 発病、死亡条件は雌雄別に次のごとくである。
 - a. 雄性成熟家兎： 5.6 kg/cm^2 20分
 5.5 kg/cm^2 25分
 - b. 雌性成熟家兎： 5.5 kg/cm^2 15分
 5.0 kg/cm^2 20分

本論文の要旨は昭和34年3月第29回日本衛生学会総会において発表した。

文 献

- 1) 野村守：海軍々医会雑誌，18，188，1929.
- 2) 清原蕃郷：海軍々医会雑誌，30，585，1941.
- 3) 上田喜一：慶応医学，25，31，1948.
- 4) 土屋健三郎：慶応医学，28，259，1951.
- 5) 梨本一郎：労働科学，31，249，1955.
- 6) Isidor Gersh：Decompression Sickness，p. 177.

(受付：1959年7月15日，特別掲載)