

# 氣胸肺の呼吸運動に関する一考察

国立療養所福岡厚生園

赤 星 一 郎

## は し が き

氣胸患者を透視してみると、虚脱肺も盛んに伸縮し却つて対側肺よりその動きが大きい様に認められたので私は理論的に考察を加え、透視による観察を行つたのでその結果を報告する。

## I. 呼 吸 運 動

胸廓の拡張及び横隔膜の収縮で胸腔が広がると、胸腔内圧が低くなるので呼吸道を通つて肺内に働いている大氣圧と内圧との差が大きくなり、その差による力が肺の弾力に打克つて肺を押し拡げるのが吸息である。

胸廓を拡げていた呼吸筋及び横隔膜が弛緩して胸腔が狭くなると、肺内に働く大氣圧と内圧との差による力が小さくなつて、今までの様に肺の弾力に打克つて肺を押し拡げておくことが出来なくなり、肺は自身の弾力で縮まつて呼息が行われる。

肺内に働く大氣圧をAとし、胸腔内圧をBとし、肺の弾力をCとすれば、

$$A = B + C$$

になる位置で肺の伸縮が平衡を保つのである。

胸廓内容積をW、縦隔嚢容積をM、肺容積をL、肋腔内空気容積をXとすれば、

$$W = M + L + X \dots\dots\dots(1)$$

であり、呼吸による各項の変化を夫々  $\Delta W$ 、 $\Delta M$ 、 $\Delta L$  及び  $\Delta X$  とすれば

$$(W + \Delta W) = (M + \Delta M) + (L + \Delta L) + (X + \Delta X)$$

となつて、(1)式と辺々相減じると、

$$\Delta W = \Delta M + \Delta L + \Delta X \dots\dots\dots(2)$$

となる。

こゝで縦隔嚢をつくつている組織の圧縮率は非常に小さいものと考えられ、その容積は普通の場合呼吸では変わらないとみてよい。即ち

$$\Delta M = 0$$

としてよい。

$\Delta X$  について考える。胸腔内圧は大氣圧に対して -5 ~ -10 cm 水柱圧であるから、その値は略々 10 cm 水柱圧である。呼吸による圧の変化は 2~3~5 cm 水柱圧で

ある。又肋腔内空気は熱容量の大きい軀幹内にあるので等温変化をするものと考えられるから、その容積及び圧力はボイル・シャールの法則に従う。即ち

$$Pv = \text{konstant}$$

である。上述の如く P の呼吸による変化は P の値の 2~3~5% であるので、それに応ずる V の変化は P に逆比例するがその変化量は v の値の 1~3~5% である。今空気量を仮りに 1,000 cc とすれば呼吸によるその容積変化は 2~3~5 cc となる。人の呼吸量は大体 500~600 cc となるので、上式の  $\Delta W \triangleq \Delta L$  は略々それに近い値であり、それに対して  $\Delta X$  は無視し得るものとする。即ち

$$\Delta X \approx 0$$

とする。

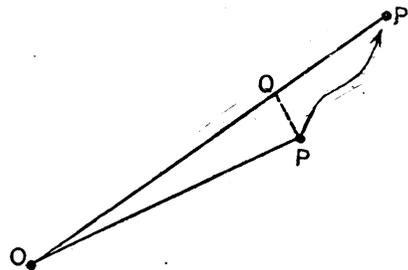
$\Delta M$ 、 $\Delta X$  がこの様なものであれば(2)式から

$$\Delta W \approx \Delta L$$

と云うことになる。つまり呼吸による胸腔内容積の変化は近似的に肺容積の変化に等しい。

尚、肺組織そのものの容積は変わらないものとみられるから、肺容積の変化とは肺内空気量の変化即ち呼吸量に等しい。結局胸廓の拡張、横隔膜の収縮による胸廓内容積の変化が呼吸量に等しいことになる。

## 第 1 図



## II. 呼吸に於ける肺の動き

呼吸に際し肺は伸縮して容積を変化し、肺内各点は移動する。

容積の変化率は、肺容積をVとし、その変化量を  $\Delta V$

とすれば、

$$\frac{rV}{V} \dots \dots \dots (4)$$

で表わされる。

肺が支持されているのは肺門部であつて、そこには呼吸時にも動かない固定点乃至固定部があると考えられる。肺内任意の点を考えてPとする。Pに近い固定点をOとする。そのPが第1図に示す如く呼吸によつてP'に移動したとする。肺の伸縮は弾力繊維に基く弾力によるものであり、固定点に向つて略々求心的或は遠心的に移動するものと考えられる。又一般に弾性体の膨脹収縮に際して或る二点間の距離は全容積の立方根に比例するものであるから、肺もそれに従うものとすれば、肺内任意の点Pの固定点Oからの距離は、

$$OP = k_n V^{\frac{1}{3}}$$

で表わされる。但しVは肺容積、 $k_n$ は各点毎に決るべき常数である。呼吸によりPがP'に移動し、Vが $\Delta V$ だけ変化すれば、

$$OP' = k_n (V + \Delta V)^{\frac{1}{3}}$$

となること勿論である。

第1図でOP'上に、OPに等しくOQをとれば、

$$QP' = OP' - OP = k_n \{ (V + \Delta V)^{\frac{1}{3}} - V^{\frac{1}{3}} \} \dots \dots (5)$$

となる。

このQP'と線PP'即ちP点の移動距離とはお互に相伴つて増減するものである。即ち線PP'が大となる様な時はQP'も大となる。逆にQP'が大となつた時は線PP'が大となつてゐるのである。

私は肺内任意の点Pの移動量を論じたいのであるがそれを式で表わすことが私には出来ない。ところが上に論じた様にQP'の大小を論ずることによつて、P点の移動即ち肺内各点の移動の大小を論じ得るのである。即ち(5)式の大小を論ずればよいことになる。

### III. 氣胸と呼吸量

終圧が陰圧程度の氣胸に於て次のことを仮定する。即ち、

(1) 胸廓の拡張、横隔膜収縮等の呼吸運動は氣胸の前後に於て変らない。

(2) 縦隔嚢に呼吸性動揺は起らない。

と。

第1仮定は氣胸の前後に於て胸腔内容積の呼吸性変化は変らないと云うことで、第1章の所論に従えば氣胸によつて呼吸量は変らないと云うことになる。又第2仮定によつて左右各々の呼吸運動は相干渉することはないわけであるから、第1仮定による呼吸量の不変と云うこと

は氣胸肺と對側肺も夫々呼吸量が變らないと云うことであつて、例えば氣胸肺の呼吸量減少を對側肺呼吸量の増加によつて代償していると云うのではないと云うことになる。

一体肋腔内に少々空気を入れた位で横隔膜を押し下げたり、胸廓を押し拡げたりするとは考えられない。何故なら強い外圧による力で外から圧せられながらもその形を保ち得る様な肋骨を主とする胸廓の強度のために胸廓はその形及び位置を保つてゐるのである。氣胸によつて少々胸腔内の大氣圧に対する陰圧の程度が減つても、やはり外から圧せられているわけであり、胸廓の位置が氣胸前と變るとは考えられない。

横隔膜が弛緩した状態即ち呼吸位は圧の低い胸腔内へ向つて腹圧で横隔膜が押し上げられてゐる状態である。この場合横隔膜筋は伸びており、押されてゐる腹圧による力に対する反作用としての力が受動的に横隔膜に起つてゐるのであつて、横隔膜筋の収縮力によつて腹圧の力に対する力が起つていて平衡してゐるのではない。従つて氣胸によつて胸腔内圧が少々高くなつても、腹圧に対して陽圧にならない限り、横隔膜を下から押す力が少くなつただけ、反作用の力が少くなり横隔膜自身の位置は依然として變らないところで平衡してゐるものと考えられる。

斯くの如く氣胸しても胸廓の位置、横隔膜の位置は變らず、唯肺が空気の容積だけ収縮するものであると了解される。この様に氣胸前と同じ位置から胸廓の拡張及び横隔膜の収縮が始まるのであれば、肋腔内に空気があつたからと云つて呼吸筋の収縮そのもの、乃至筋を支配する神経の作用が變るとは考えられないので、氣胸しても胸廓の拡張及び横隔膜の収縮による胸腔内容積の呼吸性変化は變らないものと思う。

即ち第1仮定は解剖学、生理学並びに力学的に容認し得るものであると考える。

胸腔内圧の呼吸性変化は氣胸患者についてみても殆ど変化は認められない。多少の変化を認めても略々1~2cm水柱圧程度である。

そもそも縦隔嚢に呼吸性動揺を起す力は左右兩胸腔内圧の差が呼吸性に變動する場合に起り得るものであるが、氣胸の際には上述の如く圧差の動揺は起り得ても1~2cm水柱圧程度以下のものと考えられるので、この程度の圧差で縦隔嚢の強度に打撃つて動揺を起し得るとは考え難いところである。氣胸後縦隔嚢が偏位を起す様な時の氣胸側内圧の氣胸前に比べた変化から考えても上のことは容認し得ると思う。即ち第2仮定も容認出来ると思われる。

IV. 先進学者の業績

立花の調査によると諸家の所見は略々次の如くなっている。

胸廓呼吸運動は縮小するとするもの、増大すると云うもの或は不変だと云うもので一定しない。呼吸数は気胸しても変わらないと云うことに略々一致している。呼吸量は減少は認められず、不変又は正常以上である。これは両側気胸の場合にも同様であつて気胸肺の方の減少を対側肺の方で代償しているのではないとしている。

隈鎮雄は犬による実験で気胸しても肺の呼吸運動は著明に行われるのを目撃し、両側肺別々に呼吸曲線を描かせながら一方或は両側に気胸を施し気胸肺の呼吸は衰えることなく依然として存続されるを報告している。全く私の仮定通りの事実を認めているわけである。

V. 気胸肺の呼吸運動

肺の呼吸運動を(4)及び(5)式で表わすことにしたので、これを用いて気胸肺の呼吸運動を考えてみたい。

気胸前の肺容積を  $V_0$ 、肋腔内空気の量を  $X$  とすれば、気胸肺の容積は

$$V_0 - X$$

となる。

気胸肺の呼吸量は前章までの所論によつて気胸前と変わらないのであるから、 $X$  には無関係の量であり、 $\Delta V$  で表わす。

従つて(4)及び(5)式により気胸肺の呼吸運動は  $V$  の代りに  $(V_0 - X)$  を代入した、

$$Y_1 = \frac{\Delta V}{V_0 - X} \dots\dots\dots(6)$$

及び、

$$Y_2 = kn \{ (V_0 - X) + \Delta V \}^{\frac{2}{3}} - (V_0 - X)^{\frac{2}{3}} \dots\dots(7)$$

の変化を論じればよいことになる。但し、 $Y_1$  及び  $Y_2$  の値の正負は運動の方向、即ち肺が膨脹する方向を正、収縮する方向を負とすることに決める。変化の大小は絶対値が表わすこととなる。

$Y_1$  及び  $Y_2$  を  $X$  で微分すると、

$$Y_1' = \frac{\Delta V}{(V_0 - X)^2}$$

及び、

$$Y_2' = -\frac{kn}{3} \left[ \{ (V_0 - X) + \Delta V \}^{-\frac{2}{3}} - (V_0 - X)^{-\frac{2}{3}} \right] \dots\dots\dots(9)$$

となる。

$\Delta V > 0$ 、従つて  $Y_1 > 0$ 、 $Y_2 > 0$  の時は、 $Y_1' > 0$ 、及

び  $Y_2' > 0$  であるから、 $X$  が増すにつれて  $Y_1$  及び  $Y_2$  共に増し、その絶対値も増加する。

$\Delta V < 0$ 、従つて  $Y_1 < 0$ 、 $Y_2 < 0$  の時は、 $Y_1' < 0$ 、及び  $Y_2' < 0$  であるから、 $X$  が増すにつれて、 $Y_1$  及び  $Y_2$  共に減じるが、共に負であるためその絶対値は増すことになる。

$\Delta V = 0$  と云うことは呼吸がないと云うことであり、この場合論議の必要はない。

結局  $X$  が増すにつれて  $Y_1$  及び  $Y_2$  の絶対値は常に増加することになる。

換言すれば気胸では肋腔内の空気量が大きい程、即ち気胸をする程気胸肺の呼吸運動が増加すると云うことになる。

VI. 透視所見

昭和 22 年(1947)以後の文献、主として日本のものであるが、それをみると気胸は呼吸運動を制限するか、安静を保たせるものと考えられ、或は期待されているものが多い。

併し一部には、「人工気胸によつて病巣部の安静を図ると云う考えは多分に疑問視されている。」(西野、笹本)。「人工気胸を行えば病肺は萎縮する。従つて安静を保つことが出来ると云う考えは実際以上に買い彼られている様に思われる。」(岡西)。「人工気胸によつて人の云う絶対安静とか、又は呼吸運動廢絶とかは全く行われ難いことが知れる。」(佐藤)。等の意見もみられる。

佐藤は気管枝造影動態撮影法で気管枝の呼吸運動が気胸によつて少しも制限されないことを力説している。又岡西によれば Dormer も同様のことを認めている。

私は特別の実験をやる装置をもたないのでレ線透視で観察した。被検者は国立療養所屋形原病院大串院長並に横溝技官の好意で同院の気胸患者を診ることが出来た。

(1) 検査方法

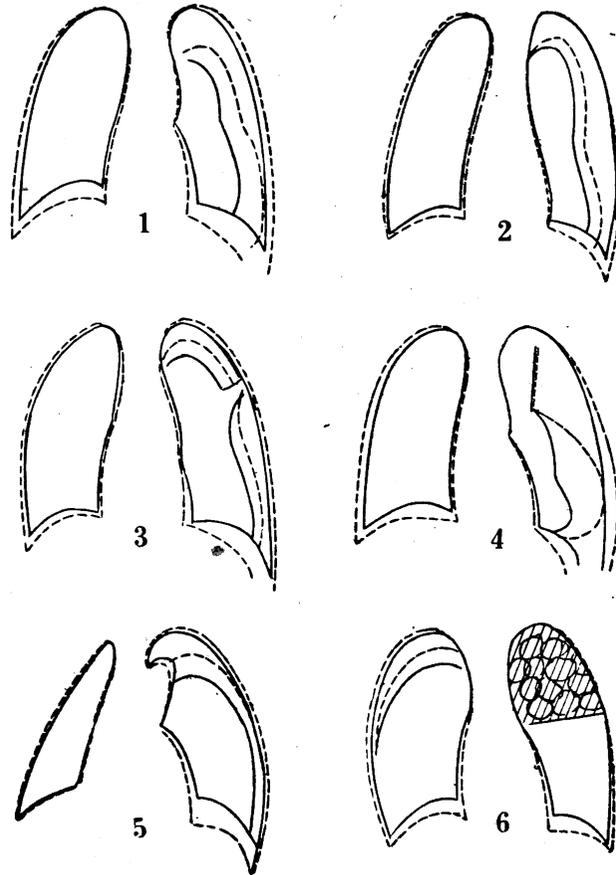
患者を充分落着かせた後、十分に暗調応した眼で透視した。記録は螢光像を被覆含鉛ガラス用板上にガラス用鉛筆で書き留めた後、薄紙に透写した。それを検討した。

患者に毎回同じ程度の呼吸をさせると云うことは困難であり、従つて厳密に気胸の前後に於ける呼吸運動を比較することは出来ない。唯私は胸廓や横隔膜の動きの程度で呼吸の程度を類推するにすぎない。深呼吸は常に同程度の呼吸をさせるための一方法である。

(2) 所見

健康者群。予備検査の意味もあつて療養所職員の約 50 名について行つた。胸廓の動き、横隔膜の動き並に縦隔

## 第 3 図



透視所見模写図

実線で呼息位、断続線で吸息位の像を表わす。

1. } 胸廓の移動よりも肺外縁の移動が大きい。
2. }
3. 癒着のある部分の動きが著しくない。
4. 上葉の無気肺かと思われる部分の動きは殆どなく、他の部分は著しく大きい。
5. 右側に成形術を行つたものに左側気胸を行つたもの。
6. 左側に充填術を行つたものに右側気胸を行つたもの。

竇の態度について私の眼を騙らした。

気胸患者。縦隔竇の呼吸性動揺は少くとも透視では認められない。肺の呼吸運動は気胸前に比して増す様に認められ、記録した肺外縁の移動距離も増していた。

少くともどの例をみても胸廓の運動よりも肺外縁の運動は数倍の大きさに認められた。若し気胸していないのなら肺外面は胸廓内面に接しているのだから、その運動も同程度であるべきなのに、上述の如く肺の方が運動が増しているのは気胸したためであると考えられる。

尚、肺内各点の運動を夫々確めることが出来ないが、肺外縁の運動が増しているとすれば、弾性体としての伸縮をなす肺では各点の運動も増しているものと考えるのが妥当であろう。

容積の変化は透視でみることはまず出来ないことである。

癒着のある部は胸廓と同程度に動き、癒着のない虚脱した部よりも運動が少い。

無気肺や浸潤に充されて空気の入りのない部分の運動

は殆ど認められない。唯周辺の動きの波及を受けるだけである。

## VII. 結 語

私は気胸肺の呼吸運動を胸腔内空気量を変数とする函数で表わすことを試みた。そのために呼吸運動を生理学、解剖学及び力学的に考えて二、三の仮定をおいた。

その仮定は先進学者の観察或は実験の結果等から考えても妥当な様に思う。

その函数を微分法で処理してみると、胸腔内空気量の増加と共に肺の呼吸運動が増加すると云う結果が導き出された。

気胸患者について私がレ線透視により観察したところ、上述の結論の一部は実証された。その他については観察の方法を考えて実施したい。

結局、理論的な考察、並びに臨床的な観察から私は次の如く結論して批判を仰ぎたいと思う。即ち

「終圧が陰圧程度の気胸では胸腔内空気量が多い程、肺の呼吸運動は大きい。」

と。

## 追 記

(1) 気胸後も呼吸量は不変であるとして論じて来たが私は気胸後は増加するのだらうと考えている。だとす

れば呼吸運動は更に増すことになる。何れにしてもこの点はまだ少し研究を進めてみたいと考えている。

(2) 本論文では単に運動に於ける移動距離の大小を以て運動の大小を論じて来た。私等が運動を云々するのは結局運動と疾患の治療とに関係があると考えているからであり、運動のどの属性が疾患の治療に最も影響があるかと云う点は難しいことではあるが解決されねばならないと思う。

生活物質の営む種々の生命現象までも広く包含する様な運動の概念は暫く措き、力学的な運動について考えた場合、私は加速度なる属性が疾患の治療に最も大きい影響を及ぼすのではないかと考えている。

もつともつと、この点は考えつゞけねばならないと考えている。

## 主 要 文 献

- 1) 隈鎮雄：日新医学、13：1359、大正13.
- 2) 立花俊三：医学研究、8：昭和9.
- 3) 山家拓：抗菌誌、5：昭和25.
- 4) 岡西順二郎：最新医学、5：130、昭和25.
- 5) 佐藤清一郎：外科誌、38：昭和12.
- 6) 西野忠次郎、笹本浩：診断と治療、臨刊、昭和25

# 動物による結核化学療法薬検定の一判定指針としての 臓器中の結核菌の定量培養

財団法人結核予防会結核研究所(所長 隈部英雄)

小 川 辰 次・岩 崎 龍 郎・工 藤 祐 是  
高 倉 廉・村 瀬 貞 雄・橋 本 芳 郎

## 1 結 論

結核化学療法等の動物実験の一判定指針として臓器中の結核菌数を比較する事は、<sup>(1)</sup>岡教授、柳沢等及び<sup>(2)</sup>Feldman & Hinshaw が取り上げている。

其の後<sup>(3)</sup>岩崎、小川は Screening test として廿日鼠を使用する場合にも、臓器中の菌数の比較が役だつ事を証明し、<sup>(4)</sup>柳沢、梅沢等も天竺鼠に於ける邦製ストレプトマイシンの治療実験に於て、菌数を比較している。我々は今まで種々の化学療法等を動物で検定して来たが、其の際、臨床的、病理学的の検査と共に必ず之に臓器中

の結核菌の定量培養を並用して来たので、此処に其の成績を発表すると共に、其の意味に就いて検討してみた。

## 2 方 法

天竺鼠は 350g 前後のものを、又廿日鼠は 15g 前後のものを使用した。前者は皮下接種により後者は静脈注射により人型結核菌を感染した。薬物は感染前、感染直後、或いは感染後一定期間の経過の後に皮下注射により或いは飼料に混入する事により投与した。一定期間の投与の後、型の如く屠殺剖検し、肉眼的、組織学的に病変