

ただ本装置は、前述のレスピロメーターのみによる測定法よりも周波数特性がきわめて悪いので、速い変化には追従し得ないのが欠点である。また、気道抵抗が高いと肺胞気の圧縮によって、口での流速と胸郭での流速にはかなりの差を生ずる。

(ロ) 圧力の測定

気管支と肺全体の粘性抵抗を求めるには、口腔内圧と胸膜表面圧との圧差を測定する必要がある。普通、電気圧差計 (differential electromanometer) が用いられる。その感度は水柱 1 cm の圧力が正確に測定できるもので、1~100 cmH₂O の圧力範囲で直線性があり、しかも少なくとも DC~20 Hz の周波数において忠実に作動できるものを用いるべきである。

a. 口腔内圧の測定

口腔内圧 (P_{ao}) を測定するには、マウスピースに側管をつけ、側圧で測定する。このさい注意すべきことは Bernoulli 効果である。円管内を流体が流れる場合、霧吹きや水流ポンプにみられるように、管内には管のその点から先の粘性抵抗分の圧力のみならず、流れの方向とは無関係に陰圧を生じる。これを Bernoulli 効果、あるいは Venturi 効果と呼んでいる。空気が流れる場合の陰圧度は次式によって求められる。

$$P = -\frac{\rho v^2}{2g} = -\frac{0.56 \dot{V}^2}{A^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 g : 重力の加速度、 ρ : ガスの密度、 v : 線速度、 $\dot{V}$: 流量速度 (l/sec)、 A : 円管の断面積 (cm²)、0.56: 空気の場合の係数 ($\frac{\rho}{2g}$)

したがって、実際の口腔内圧を求めるには、側管から得られる側圧に Bernoulli 効果による圧降下分だけの圧力を加えねばならない。一般に内径 3 cm 以上ある管を用いると問題がないが、それより狭い場合には気流速度が早くなると圧が低くなる。

b. 胸膜面での圧力測定

胸膜面での圧力 (P_l) を直接測定することはむずかしいので、食道内圧を測定することによって代用する。食道内圧は胸腔内圧をよく反映するが、まったく等しくはなく、また、測定方法を誤ると著しく異なった値を示すので、食道内圧の測定には以下に示す細心の注意が必要である。

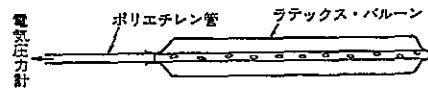


図 33 食道内圧測定用カテーテル
(規格については本文参照のこと)

(a) 圧測定用カテーテル

最も基準となるカテーテルは図 33 のごとく、内径 0.14 cm、外径 0.19 cm、長さ 100 cm のポリエチレン管で、先端から 10 cm の間に多数の穴をあけ、その部を長さ 10 cm、周囲 3.5 cm、厚さ 0.06 mm 程度のラテックス薄膜による袋で覆い、気密にしたものである。

(b) 食道内におけるカテーテルの位置

食道内圧は、重力の影響を受け、食道内でのバルーンの位置によってかなり異なる。立位では、1 cm 下位になると 0.20~0.25 cmH₂O 圧が増すといわれている。また静圧のみならず、動的測定時にも著しい差を生じやすいので、食道内圧測定に当たってはこの点特に注意しなければならない。

理想的な位置としては、胃噴門と気管支分岐部までの約 15 cm の範囲で、これより下では胃内圧、上では気管支内圧や動きの影響、いわゆる tracheal artefact が出現して食道内圧は著しく変形する。鼻口からカテーテルの先端が 45 cm 入った場所が多くの被検者でおよそこの部に相当するが、個人差もあるので、以下に示す方法で正しい位置にあるかどうか確かめた方がよい。

最も基本となる手技は、バルーン内に 1 ml の空気を入れたカテーテルを鼻口からまず 60 cm 挿入し、空気圧力計につなぎ、バルーン全体が胃内にあることを吸気時に陽圧になることによって確かめる。

次いで、呼吸による圧変化が逆転し、吸気時に陰圧方向に変化するまでカテーテルを徐々に引きぬく。この際注意しなければならないことは、バルーンの一部、上方約 1 cm が胸腔内食道まで引き上げられた時にこの逆転が出現すること、従って、この位置からカテーテルをさらに 10 cm 引き上げると、バルーンの先端は噴門上 1 cm 以上のところにあることになる。

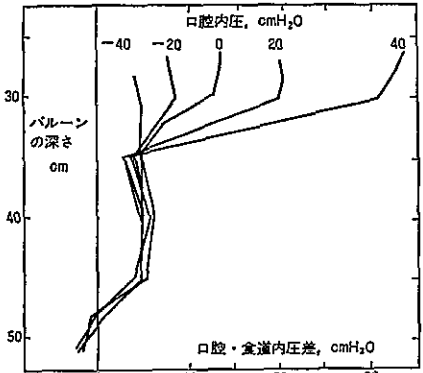


図 34 tracheal artefact (Milic-Emili ら, 1964)
口腔内圧、従って気管支内圧を ± 40 cmH₂O 変化させた際にみられる口腔・食道内圧差の変動とバルーンの深さとの関係

次に、tracheal artefact が出現するか否かを調べる口腔内圧測定用の側管のある部より先で気道を閉じ、口腔内圧 (= 気管支内圧) を ± 40 cmH₂O 程度変化させた際の口腔内圧・食道内圧差 (transpulmonary pressure) を測定する。バルーン内空気量は 0.2 ml とする。この際喉頭を閉じないように注意する。もし食道内圧が正しく胸腔内圧を反映しているとすれば、気流が存在しないため、transpulmonary pressure は肺気量変化のみによって変化するから、 ± 40 cmH₂O の圧変化による肺胞気の圧縮伸展を考えなければ、肺気量は一定であり、気管支内圧変化によっても変動がみられないはずである。しかし、バルーンが気管支内圧の影響を

直接受けると著しく変動する。これを tracheal artefact という。

図 34 は Milic-Emili らが示した tracheal artefact を表している。バルーンの先端が鼻口から 35 cm あるいはそれ以下にあると、気管内圧を $\pm 40 \text{ cmH}_2\text{O}$ 変化させても口腔・食道内圧差にはほとんど変動をみないが、それより口側になると著しく変化することが示されている。

tracheal artefact を簡単に検出するには、上述の方法以外に、被検者の顎を前後に曲げさせるとか、気管の部分を体表面から指で圧迫して、食道内圧が変化しないことを確かめてもよい。

もし tracheal artefact がみられたら、消失するまでカテーテルを押し進める。artefact は突然消失するのが普通であるから、それからさらに 1 cm 程度押し進めて固定する。この際カテーテルを進めすぎて、バルーンの先端が一部胃内にあると静的な測定にはあまり差し支えないが、動的な測定には好ましくない。

(c) バルーン内気量

最も適当なバルーン内空気量は、前述した規格のカテーテル・バルーンを使用する場合 0.2 ml である。これより多いと、圧絶対値が低下し陰圧度を減じるばかりでなく、相対的にも陰圧度、圧変化が少なくなる。Milic-Emili が測定した値は図 35 に示すごとくである。一

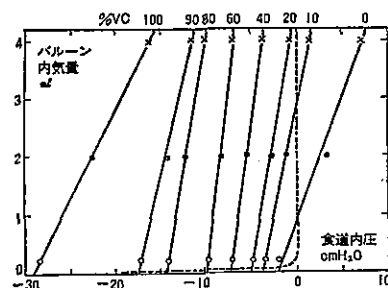


図 35 バルーン内気量と食道内圧
○: 0.2 ml ●: 2 ml ×: 4 ml

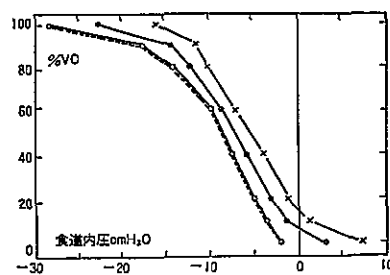


図 36 バルーン内気量を 0.2 ml (○), 2 ml (●), 4 ml (×) とした際の圧量曲線
点線は図 33 においてバルーン内気量ゼロの値を extrapolate した際の値

方 0.2 ml より少ないと、今後はバルーン自身の弾性のため、実際よりもより陰圧になりやすい。図 36 はバルーン内空気量を 0.2, 2, 4 ml にした場合の肺の圧量曲線で図 33 から extrapolate して求めた理論的な圧量曲線がバルーン内気量 0.2 ml の曲線に最も近いことが知られる。

なお、以上は静的な測定を行う場合のバルーン内気量であるが、絶対値に関係のない動的な測定、例えば最大換気時の圧変化をみる際には 0.5 ml 程度に増やすとよい。

バルーン内空気量を 0.2 ml にするには、まず、すり合わせのよい 10 ml の注射筒を用意し、わずかの圧で内筒が移動するのを確かめ、バルーン内に 8 ml 空気を入れ、8 ml 出し入れする。次いで被検者に Valsalva あるいは咳を行わせて胸腔内圧を高めて、バルーンを圧迫した際、注射筒内に 8 ml の空気が出てくることを 2, 3 回繰り返して確かめ、そのうち 0.2 ml のみをカテーテル内に入れて圧力計に連絡する。

測定中も、ことに最大吸気位食道内圧を測定する際にはバルーン内空気量が極めて敏感に影響するため、なるべく頻回に空気量を確認した方がよい。そのためには注射筒に 7.8 ml 入れてバルーンと連結し、同様に胸腔内圧を高めて注射筒に 8.0 ml の空気が戻るかどうかを確認すればよい。

(d) 体位

臥位になると立位、坐位より食道内圧絶対値は陰圧度を減じ、実際の胸腔内圧より陽圧になる。臥位で横隔膜が上昇すること、重力の変化、心や肝の影響によると推測されている。臥位での食道内圧測定は特別の場合を除いて普通は行われない。

(ハ) 肺コンプライアンスの計算

a. 記録方法

肺コンプライアンスは口腔・食道内圧差（以下圧差と略す）と気量との関係から求められる。この際計算のもとになるデータとして、気量曲線、圧差曲線をそのまま用いてもよいが、ブラウン管オシロスコープ上に両者のリザージュ（圧量曲線）を描かせ写真にとる方法あるいは XY プロッター上に直接描かせる方法を用いると便利である。とくに storage oscilloscope を用いると画面に記録された圧量曲線をペンでトレースすることが可能で、極めて実用的である。なお圧量曲線を直接記録するための装置も市販されている。

なお注意すべきこととしては、動肺コンプライアンスを比較的速い換気で求める際に、XY プロッターはその周波数特性が十分でなく使用できない点があげられる。直接のデータを用いるか、あるいはブラウン管オシロスコープによらねばならない。

b. 静肺コンプライアンスの求め方

静的な圧量図 (static recoil curve) を求めるには、被検者に気流阻止装置（電動式、手動式いずれでもよいが、マウスピースの先を手で押さえて気流を遮断する。）を通して換気させ、気量と圧差をオシログラフに記録する（図 37）。安定した曲線が得られたら、被検者にゆっくり最大吸気位まで吸気させ、一定した最大吸気位食道内圧が得られたことを確かめ、次いでゆっくりと呼出をさせ、その間 0.3~0.5 l ごとに気流を遮断し、圧がその間一定になるのを

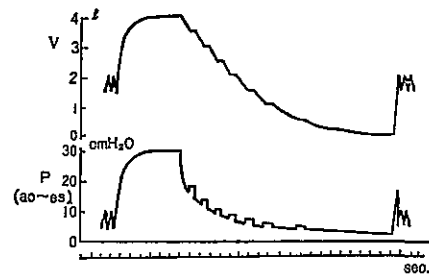


図 37 静的圧量曲線記録のための圧差 (P_{ao-es}) と気量 (V) との測定

図において、安静呼吸位と 0.5 l 吸気位の 2 点を結ぶ直線の傾斜から静肺コンプライアンス [$\Delta V/\Delta P$, l/cmH₂O] が求められる。吸気時得られる圧量曲線は測定前の換気の様式 (volume history) によって著しく異なるので、肺コンプライアンスの測定には用いられない。

c. 動肺コンプライアンスの求め方

原則として静肺コンプライアンスと同様に肺の圧量関係から求められる (図 38)。1 回換気量が 0.5 l 程度の安静時換気運動から求められた圧差、量の両曲線において、あるいは圧量曲線に描かせて、安静呼吸位において気流速度がゼロの点、並びに安静吸気位で同じくゼロになる点と同一相の圧差、量 (ΔP , ΔV) とから計算される。圧量曲線ではこの 2 点を結ぶ傾斜に相当する。

動肺コンプライアンスは換気数によって異なるから、測定時の換気数を忘れずに記載しておく。

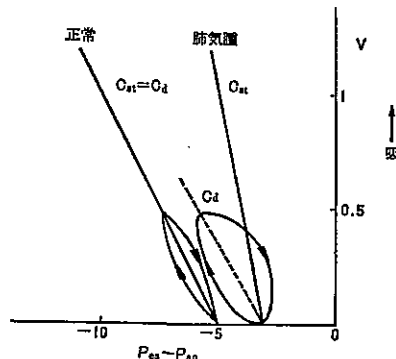


図 38 動肺コンプライアンスの測定
 C_{st} : 静肺コンプライアンス, C_d : 動肺コンプライアンス

みたら開放し、遮断と開放を繰り返して最大呼吸位まで呼出させる。遮断時間は 0.5~1.0 秒程度で、この時間があまり短かすぎると圧が平衡に達しないことがある。遮断中はあまり力んで呼出しないようあらかじめ注意を与える。tracheal artefact があると、遮断中力んで気管内圧が上昇した際、圧がより陰圧になるから注意を要する。

このようにして得られた呼吸時の静的圧量

(二) 正常値の範囲

肺弾性は加齢に伴って低下する。その正常値についてはいろいろな報告があるが、一例を示すと次のとおりである。

静肺コンプライアンス (l/cm H₂O)

対象者数	年 令	平均 値	標準偏差	範 囲
11	young	0.15	0.03	0.08~0.18
21	old	0.13	0.04	0.08~0.23

対 象	回帰式 (l/cm H ₂ O)	正 常 範 囲
若年成人	$(0.00343 \times \text{height in cm}) - 0.425$	65~145% of C
成 人	$0.05 \times \text{FRC in l}$	$0.070 \times \text{FRC to } 0.038 \times \text{FRC}$

静肺コンプライアンスの低下が著しくない場合にも動肺コンプライアンスの換気数依存性が異常となる場合が少なくない。2 Hz (1 分間換気数 120) 以上で、動肺コンプライアンスの低下が換気数ゼロの場合の動肺コンプライアンス (= 静肺コンプライアンス) に比べて有意な低下を来しているか否かを検討する。

じん肺有所見者の肺機能障害の判定には、肺コンプライアンスの換気数依存性が用いられることがある。

動肺コンプライアンス換気数依存性は、呼吸数が増加した場合の動肺コンプライアンスの低下とのみ現在理解されている。しかし、近年慣性抵抗 (Inertance) のため換気数が増加すると、動肺コンプライアンスはむしろ増加する例もあることが報告され、評価の基準の設定には議論の余地が残されている。

いずれにしろ、換気数依存性をみているための基準値として、換気数ゼロでの動肺コンプライアンスが要求される。換気数ゼロでの動肺コンプライアンスを Otis らは静的な、“肺内でも気流がない状態”と定義した。したがって、Volume step 法による静肺コンプライアンスが換気数ゼロでの動肺コンプライアンスに相当すると述べている。

しかし、これまでの健康者での報告では、とくに基準を定めず、呼吸数と動肺コンプライアンスの絶対値より判断している報告、基準として呼吸静肺コンプライアンスをとり、それに対する比で標準化した報告、安静呼吸位からの吸気静肺コンプライアンスを基準とした報告などがある。このうち、呼吸静肺コンプライアンスを基準ととり、19 歳と 20 歳の非喫煙健康男子 8 例で検討した石川らは、動肺コンプライアンス/静肺コンプライアンスは 1 Hz 付近まではほとんど低下せず、1.5 Hz における 2 σ の下限は呼吸静肺コンプライアンスの 80% 以上であったことを報告した。Picken らは 24 歳から 35 歳までの非喫煙健康者 6 例の平均値と 2 σ を示したが、これによれば換気数の増加に伴って動肺コンプライアンスは連続的に低下し、

1.2 Hz での -2σ は呼気静肺コンプライアンスのほぼ 55% となった。一方、安静呼吸位からの吸気静肺コンプライアンスを基準とした Woolcock らの若年健康者 4 例では、動肺コンプライアンスの換気数依存性が認められなかった。このようにいわゆる健康者についても動肺コンプライアンスに換気数依存性のあるものと、ないものが存在している。換気数依存性を示した、いわゆる健康者の中には潜在性の異常を有したものがあつたことも否定できないので、この点今後の検討を要するところであらう。

換気数ゼロの動肺コンプライアンスの設定に関し 24 歳から 36 歳までの健康者で検討した杉山らの報告では、安静呼吸位並びに安静吸気位で約 2 秒ずつ口腔気流を停止させた Volume step 法より求めたコンプライアンスを 100 とすれば、静肺圧量曲線の安静呼吸位より 0.5 l 呼吸位で求めた呼気静肺コンプライアンスは 133 ± 14 となり、吸気静肺コンプライアンスは 90 ± 19 であった。一方動肺コンプライアンスは呼気静肺コンプライアンスを基準にとれば全例換気数依存と判断され、Volume step 法のそれを基準とすれば、非喫煙者の 5 例では、明らかな換気数依存性を認めがたく、残る 4 例、そのうち 3 例は喫煙者であったが換気数依存性ありと判定されたことを述べた。従って、弁別性からいって換気数ゼロの動肺コンプライアンスとしては一回換気量での Volume step 法により求めたコンプライアンスを採用することが一応推奨される。

Flenley らは、1.5 Hz での動肺コンプライアンスが静肺コンプライアンスの 80% 以下を換気数依存性ありとする基準を用い、11 例の健康者を調べ 6 例に依存性を認めた。このことと石川らの若年健康者 8 例 1.5 Hz で 80% 以上であったこと、および Woolcock らは基準として安静呼吸位よりの吸気静肺コンプライアンスをとってはいるが、29 歳から 50 歳までの 8 例のうち 1 例を除き最高の呼吸数 (1.0~1.5 Hz) での動肺コンプライアンスは 80% 以上であったことを参考として、本検査法による成績の評価には換気数ゼロの動肺コンプライアンスを基準に、1 Hz で動肺コンプライアンス 80% 以下を換気数依存性ありと判定するとの提案がなされている。

二. 一酸化炭素拡散能力 (D_{Lco}) 測定

(イ) 測定方法

一酸化炭素を使用する D_{Lco} 測定法には、breath-holding 法、steady state 法、rebreathing 法、equilibration 法があるが、breath-holding 法について述べる。

図 39 に示すごとく、装置は、9 l のベネディクトーロス型レスピロメーター、クリスティーの balloon box system, Maurer の 5 方向弁、J-valve とこれらを結合するゴム管よりなる。その他必要なものとしては、1~2 l の sample bag, bag の端を cramp する棒子、mouth piece, nose clip、それにガス測定用として、赤外線一酸化炭素分析装置、He 分析のためのカサロメ

ーターである。ガス測定用として、ガスクロマトグラフを使用することもできる。また使用混合ガスは、0.3% CO, 10% He, 20% O₂, 70% N₂ を使用している。ガスクロマトグラフを用いる場合は、分析でのキャリアー・ガスとして He を使用するため、混合ガスの He の代りに Ne を使用する。本法では、あらかじめ何らかの方法で全肺気量を知っておく必要がある (He 稀釈法によって機能的残気量を測定し、それにレスピロメーターで測定した最大吸気量を加えて全肺気量とする)。

測定に先立って、クリスティー型 balloon box 及び、それをつなぐゴムチューブを使用ガスでよく洗っておいた後、balloon を上記混合ガスで満たしておく。また sampling bag は、十分空気を吸引して空にしておく。検査は、普通坐位で行う。

まず、マウスピースを通して室内空気を呼吸させておき、次に強制最大呼出を行った後、合図とともに balloon 内の混合ガスを一挙に最大吸気位まで吸わせる。そして、その位置で、吸気の初めから正確に 10 秒間呼吸を停止させた後、合図とともに、急速に最大呼出を行わせる。この際、死腔を洗い流すために、最初の呼気部分の 750 ml をレスピロメーター内に棄てる。残りの呼気ガスを、呼吸停止の最後の時点の肺胞気として採取するために、sampling bag の方に 5 方向弁を切りかえる。このようにして採取した sample gas と、吸入すべき混合ガスの CO 濃度と He 濃度を測定するのであるが、混合ガスを吸入した最初の肺胞内 CO 濃度 (F_{Aco}) は、吸入ガスが残気量でうすめられた濃度である。He は不活性ガスであり、肺から吸収排泄されないから、 F_{Aco} は、吸入ガス CO, He 濃度、 F_{Ico} , F_{IHe} , 呼出 He ガス濃度 F_{AHe} より次の式で算出される。

$$F_{Aco} = \frac{F_{Ico} \times F_{AHe}}{F_{IHe}} \dots \dots \dots (A)$$

肺毛細管血の CO 分圧 (P_{Cco}) は非常に小さいから、これを無視すると、呼吸停止中の肺胞内 CO 濃度は、exponential に下降して、 t 秒後の肺胞 CO 濃度は次のようになる。

$$\frac{dV_{co}}{dt} = -D_{Lco} P_{Aco}$$

$$V_A \times \frac{dF_{Aco}}{dt} = -D_{Lco} (P_B - 47) F_{Aco}$$

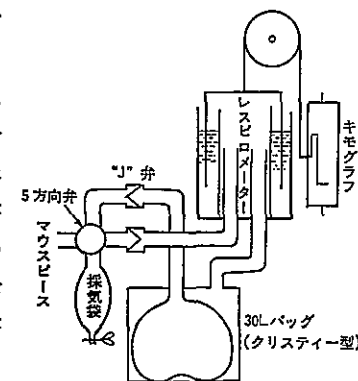


図 39 breath holding method による D_{Lco} 測定装置

$$\therefore \int \frac{dF_{Aco}}{F_{Aco}} = -\frac{D_{Lco}(P_B - 47)}{V_A} \int dt$$

$$\ln F_{Aco} = -\frac{(P_B - 47)D_{Lco}}{V_A} t + C$$

$t=0$ のとき, F_{Aco} は F_{Aco} であるから $C = \ln F_{Aco}$

$$\therefore \ln \frac{F_{Aco}}{F_{Aco}} = -\frac{(P_B - 47)D_{Lco}}{V_A} t$$

$$\therefore F_{Aco} = F_{Aco} \cdot e^{-\frac{D_{Lco}(P_B - 47)t}{V_A}}$$

これが Krogh の式である。

ゆえに t を秒にすると

$$D_{Lco} = \frac{V_A \times 60}{(P_B - 47)t} \ln \frac{F_{Aco}}{F_{Aco}}$$

(A) 式を代入し

$$D_{Lco} = \frac{V_A \times 60}{(P_B - 47)t} \ln \left[\frac{F_{Ico}}{F_{Aco}} \times \frac{F_{AHe}}{F_{IHe}} \right]$$

V_A : 肺胞気量 (STPD, あらかじめ測定しておいたもの)

P_B : 大気圧

t : breath-holding time (秒)

$\ln$: 自然対数, $2.303 \times \log$

F_{Ico} , F_{IHe} : 吸入された混合ガス中の CO 及び He 濃度

F_{Aco} , F_{AHe} : breath-holding 後に呼出された混合ガス中の CO 及び He 濃度

CO の測定には赤外線分析計, He の測定にはカサロメーターが利用される。この際ガス濃度は実際の濃度でなくても、濃度比が求められればよいから、吸入気の CO 及び He を 100 になるようにメーターを調整すると計算は容易になる。ガスクロマトグラフィーを用いて He をキャリアー・ガスにする場合、混合ガスを He の代りに Ne にすればよい。

呼吸停止時間は、Forster は、吸気のはじめから死腔を洗い肺胞気を出するまでの時間としているが、Gaensler は、吸気のはじめから呼気のはじめまでとしている。各々一定の規準に基づいて行う。また呼吸停止時間は、レスピロメーターの記録から正確に求めた方がよい。

測定は 3 回繰り返して行ったものを平均して実測値とする。

(ロ) 正常範囲

D_{Lco} の正常値の範囲としては、breath-holding method による Ogilvie らの式があり、次のとおりである。

$$D_{Lco} = 13.5 \times \text{体表面積 (m}^2\text{)} - 6.8 \text{ (ml/分} \cdot \text{mmHg)}$$

ホ. クロージング・ボリューム測定

末梢気道の呼吸機能異常を早期に検出し得る方法として考案されたものである。

測定方法の原理は、ナイトロジェンメーターとポテンシオメーターをつけたスパイロメーターを用い、最大呼気位から最大吸気位まで純酸素を吸入させ、次いで 0.5 l/sec 以下のスピードで最大呼気位まで呼出させて、 N_2 濃度と呼気量を X-Y レコーダーに記録する。図 40 の IV 相に相当する部分が、クロージング・ボリューム (CV) にあたるとしている。

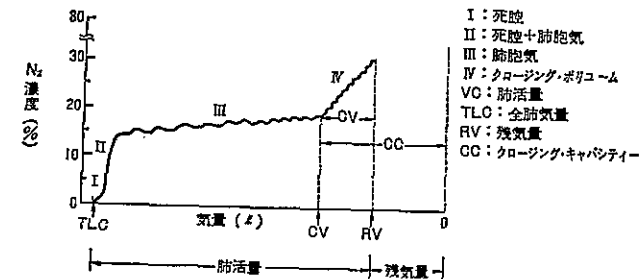


図 40 クロージング・ボリューム

(イ) 測定方法

クロージング・ボリュームを測定するのに大別して 2 つの方法がある。その 1 つは "Bolus technique" である。これは、最大呼気位より最大吸気位まで吸入を行うに当たり、そのはじめの時期に指標ガスを数 ml ないし数百 ml 吸入させる方法である。指標ガスとして He, Argon, ^{133}Xe 又は N_2 が用いられた。

第 2 の方法は "Resident gas technique" と呼ばれ、指標ガスとしては N_2 を用いる。これは最大呼気位より 100% O_2 を最大吸気位まで吸入させ、それに続いて一定の速度で呼出を行う際の呼気量と呼気 N_2 濃度との関係を見る方法である。

指標ガスの種類及びその分析方法をどのようにするかにより、個々の測定法に相違がある。

^{133}Xe -bolus 法は肺局所の換気の不均衡の検討もでき、研究のためには高く評価されるべき方法であるが、ラジオアイソトープを用いる点で制約が存在する。アルゴンを指標ガスとするには質量分析計が必要である。He を指標ガスとする時には、簡便な Critical orifice helium analyzer, helium leak detector が利用できる。

(ロ) 正常範囲

クロージング・ボリュームには測定時の被検者の体位、吸入・呼出時の気流速度、吸入開始肺気量などが影響するので、明確にされた条件の下で正常値を規定しなければならない。

成人について、Anthoniesen ら、Leblanc ら、McCarthy ら、Susskind ら、Buist & Ross が年齢との関係を検討した。これら報告について、用語を NHLI の勧告に従って統一し、phase IVに移行するとき(彎曲点)の気量をクロージング・キャパシティー (ml), それから残気量を差し引いたものをクロージング・ボリューム (CV) とし、それぞれ、全肺気量 (TLC) に対する百分比, CC/TLC (%), 肺活量 (VC) に対する百分比, CV/VC (%) に整理してみると、いずれの報告でもクロージング・ボリュームは年齢とともに増加する傾向が認められている。この中で Buist & Ross の報告は前記 NHLI の方式にほぼのっとり、BMRC の質問表でも所見のない非喫煙者を対象 (男子 132 名, 女子 152 名) に測定を行ったものであり、最も参考になる。

男子

$$CV/VC (\%) = 0.562 + 0.357 \times \text{年齢} (\pm 4.15 \text{ SEE})$$

$$CC/TLC (\%) = 14.878 + 0.496 \times \text{年齢} (\pm 4.09 \text{ SEE})$$

女子

$$CV/VC (\%) = 2.812 + 0.293 \times \text{年齢} (\pm 4.90 \text{ SEE})$$

$$CC/TLC (\%) = 14.420 + 0.536 \times \text{年齢} (\pm 4.43 \text{ SEE})$$

へ. 負荷試験 (運動又は薬物)

運動負荷による肺機能検査の意義を要約すれば次のとおりとなる。

- ① 種々の肺機能検査では、は握できない潜在的な肺機能障害を見出すことができる。
- ② 呼吸困難等による労働能力の低下を運動負荷による被検者の反応から、は握することができる。

このため、被検者に運動をさせて身体負荷を与えた時に、これ以上運動を継続することが困難なレベルをは握することを目的とする。

薬物負荷による肺機能検査の意義は、通常の肺機能検査において認められる肺機能障害が、機能的なものか、器質的変化によるものかを確認することにある。このため、気管支拡張剤吸入前後の肺機能検査結果を比較検討する。

(イ) 検査方法

a. 運動負荷

エルゴメーター又はトレッドミルを用いて、一定の負荷をかけた後に、諸種の肺機能検査を行う。肺機能検査の項目としては、換気量の測定、動脈血ガスの測定等の検査があげられる。

b. 薬物負荷

気管支拡張剤を含むエロゾルをネブライザーで被検者に吸入させて諸種の肺機能検査を行う。

(ロ) 検査結果の判定

運動負荷試験の判定については、検査法ともあわせて現在研究が進められており、現在まで、学会等で認められた基準等は出されていない。したがって、個々のケースごとに、適正な方法による検査を行い、他の検査結果ともあわせて総合的に判定することとする。

薬物負荷試験は、既往歴等から、閉塞性の疾病り患が疑われるケースについて、負荷前後の検査結果を比較検討する。判定の基準等については、運動負荷試験と同様に、一定の基準等は出されていないため、他の検査結果ともあわせて総合的に判定することとする。

(なお、検査方法の記述、図表、正常範囲等については、肺機能セミナー編「臨床肺機能検査」第3版、日本胸部疾患学会肺生理専門委員会「大気汚染による呼吸障害を検出するための呼吸機能検査法」の現時点における考え方とその評価より転用させていただいた。

6. 合併症に関する検査

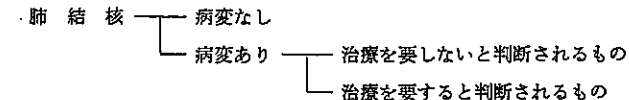
じん肺と密接な関連がある疾患を、じん肺法では合併症と定義し、じん肺法施行規則第1条にその具体的な疾患名を規定している。

じん肺健康診断においては、胸部エックス線撮影検査と胸部臨床検査の結果、合併症に罹患しているかまたはその疑いがあると診断された者に対しては、合併症に関する検査を行うこととされている。

以下、合併症の診断を行うための検査方法及びその結果の判定について述べる。

(1) 肺結核

肺結核の区分は、従来の活動性による区分は採らず、次のように区分する。



イ. 精密検査を必要とする者

胸部エックス線撮影検査で、じん肺の陰影以外の異常陰影が認められた場合には、肺結核の合併が疑われる。胸部臨床検査において肺結核の既往を認めた場合には、その経過について十分な聞き取りを行うと同時に、特に読影の際に注意を払う必要がある。また、自覚症状に、持続する微熱、盗汗等の症状の訴えがある場合、聴診により呼吸音に異常を認めた場合にも注意を要す

る。

このような症状や所見が認められた時には、次に述べるような肺結核の精密検査を行う必要がある。しかし、これらの症状や所見は肺結核に特異なものとは必ずしもいえないことから、特に、従来からの経過に十分な注意を払い、必要に応じてエックス線フィルム等の過去の資料について検討する必要がある。

ロ. 精密検査の方法

イで述べたような症状や所見があり、肺結核を合併しているか合併している疑いのある者に対しては、じん肺法第3条に基づいて次の項目のうち、医師が必要と認める項目について精密検査を行うこととされている。

- ① 結核菌検査
- ② エックス線特殊撮影による検査
- ③ ツベルクリン反応検査
- ④ 赤血球沈降速度検査

これらの検査法の詳細については、すでに多くの成書に記載されているので、ここではその概略について述べる。

(イ) 結核菌検査

たんや胃液または喉頭粘液から結核菌を証明することは、治療を要する結核に罹患しているか否かを判定する場合に重要である。

たんを用いた結核菌検査では、1回の検査で菌陽性にならないことがあり、菌陰性の場合にも繰り返して検査を行う必要がある。

たんは、早期起床時のものを採取して検査試料とする。胃液または喉頭粘液を用いる検査はたんがでないときに行う必要がある。胃液の採取は早朝空腹時に行う。

結核菌の確認は、たん等の塗抹標本を、チールネルゼン法により染色して菌を確認するほか、3% 小川培地を用いて結核菌培養を行って確認する。

(ロ) エックス線特殊撮影による検査

胸部エックス線写真において確認されたじん肺以外の肺結核を疑わせる異常陰影について、その陰影を詳細に検討しようとする際、よく用いられる撮影法には、多方向撮影、断層撮影法がある。

多方向撮影には、側位、斜位、肺尖等があり、原則として、側方向の撮影を行い、背腹位で撮影したエックス線所見ともあわせて判定を行う。

断層撮影法は、ある任意の層のみの像を鮮明にとらえようとするものであり、直接撮影では必ずしも明確にとらえられない病巣の位置、病巣の状態等をとらえることができる。特に進行

したじん肺に合併した肺結核の確認には有用である。

場合によっては気管支造影が用いられることもある。

(ハ) ツベルクリン反応検査

ツベルクリン反応検査は、結核に感染した者のアレルギーを調べる検査であり、結核病巣の動態を必ずしもは握し得るものではないが、この検査結果は他の肺疾患との鑑別のための一助となる。

(ニ) 赤血球沈降速度検査

赤血球沈降速度は、人体の種々の状態によって影響を受け、肺結核以外の疾病によっても沈降速度の促進がみられる。

肺に病変が相当程度あり、はかに沈降速度を促進するような原因を認め得ない場合には、肺結核病巣の病態の判断に際しての一助となり得る。

ハ. 検査結果の判定

胸部エックス線撮影検査、胸部臨床検査及びロで述べた結核精密検査の諸検査の結果を総合し、肺結核の病態を判断する。

肺結核の分類は、結核病学会病型分類(1960年改訂)を基本とする。分類の概略は次のとおりである。

第I型 広汎空洞型

空洞面積の合計が拡がり1(第2肋骨前端上縁を通る水平線以上の肺野の面積を超えない範囲)を超し、肺病変の拡がりの合計が一侧肺に達するもの

第II型 非広汎空洞型

空洞を伴う病変があって、上記第I型に該当しないもの

第III型 不安定非空洞型

空洞は認められないが、不安定な肺病変があるもの

第IV型 安定非空洞型

安定していると考えられる肺病変があるもの

第V型 治癒型

治癒所見のみのもの

なお、第III型か第IV型かが疑わしいときには第III型と判定する。

「要治療」と判定されるものは一般に次のようなケースである。

- ① たん等の検査から結核菌の排菌が認められるもの
- ② 上記分類で第I、II、III型に該当すると認められるもの
- ③ 上記分類で第IV型に該当すると認められる場合でも、経過、病巣の拡がり等から

医師が治療を要すると診断したもの

(2) 結核性胸膜炎

結核性胸膜炎は、肺内等の病巣に引き続いて起こることがあり、臨床上確認できない結核の肺内またはリンパ節病巣に引き続いて起こることもある。臨床上肺結核病巣を確認し得る場合の胸膜炎についてはその診断はさほど困難ではないが、臨床上病巣を確認できない場合に起こってくるものについては必ずしもその診断は容易ではない。

イ. 精密検査を必要とする者

胸部エックス線フィルムで肋横角に変化を認め 自覚症状で胸痛や発熱等を認めた場合には結核性の胸膜炎のり患を疑い必要な検査を行う。

ロ. 精密検査の方法

結核性胸膜炎の合併が疑われる場合には、じん肺法第3条に基づいて、医師が必要と認める場合に、たん又は胸腔滲出液の菌検査を行い結核性胸膜炎のり患について確認する。

たんの中に結核菌を認めることがしばしばあるため、たんの結核菌の検査を実施する。検査の方法は肺結核の項で述べた方法と同様の方法を用いる。また、滲出液を採取して滲出液の結核菌検査も行うことが望ましい。滲出液の結核菌検査は塗抹標本による検査と結核菌の培養検査を行う。塗抹標本による検査では菌陰性であることが多く、培養検査では多量の滲出液を用いると菌陽性になる場合が多い。

ハ. 検査結果の判定

胸部エックス線写真像で初期の滲出性の陰影が認められ、たんや滲出液中に結核菌を証明すれば結核性胸膜炎と診断し得る。胸膜の滲出性の陰影が両側性の場合、胸膜に接した肺野に小さい病巣がある場合等にも自覚症状、他覚所見を参考にして、結核性胸膜炎と診断し、要治療とする。

(3) 続発性気管支炎

胸部臨床検査において持続するせき、たんの症状があると認められた者では一般に気道の慢性炎症性変化があると考えられる。このような状態に細菌感染等が加わった場合には治療が必要である。

イ. 精密検査を必要とする者

胸部エックス線撮影検査、胸部臨床検査で結核等の明らかな病変が認められないが、胸部臨床検査の自覚病状の調査で「1年のうち3か月以上毎日のようにせきとたんがある」と認められた者で、自覚症状、他覚所見等からり患が疑われる者については精密検査を必要とする。

ロ. 精密検査の方法

精密検査は、主に、たんについてその量、性状等について検査する。

(イ) たんの量の検査

たんの量は、起床後おおむね1時間のたんを採取してその量を測定する。

たんの量の測定は1回とするが、その判断に当たっては経過に十分な注意を払う必要がある。

(ロ) たんの性状の検査

たんの性状については、採取したたんについて、たんに占める膿の比率を調べる。

(ハ) たんについてのその他の検査

細菌感染が加わったことの確認のためには、(ロ)にあげたたんの性状の検査で、ほぼは握ることができるが、場合によってはたんの中の細菌検査が必要となる場合がある。

ハ. 検査結果の判定

たんの量については次のように区分する。

0	0
1	3ml 未満
2	3ml 以上 10ml 未満
3	10ml 以上

たんの性状については、採取したたんについてその性状を調べ、Miller と Jones の分類を参考に次のように区分する。

M ₁	膿を含まない純粘液たん
M ₂	多少膿性の感のある粘性たん
P ₁	粘膿性たん1度(膿がたんの 1/3 以下)
P ₂	粘膿性たん2度(膿がたんの 1/3~2/3)
P ₃	粘膿性たん3度(膿がたんの 2/3 以上)

気道感染の起炎菌としては、インフルエンザ桿菌と肺炎球菌が重要であるといわれている。

たんの量の区分が2以上で、たんの性状の区分が P₁~P₃ の場合には続発性気管支炎にり患していると判定し、治療の対象とする。

(4) 続発性気管支拡張症

イ. 精密検査を必要とする者

胸部臨床検査の自覚症状の調査において、多量のたんの咯出が続き、時に血痰もある者については、気管支拡張症を疑う必要がある。また、他覚所見の検査において、副雑音が聴取された場

合にも注意を要する。胸部エックス線の単純撮影写真像では、気管支拡張がかなり進展した場合には読影し得る。このような場合には、次に述べる特殊な方法によるエックス線撮影検査は省略してもよい。しかし、左肺下葉にあるような場合には、背腹位撮影によるフィルムでは読影しがたいことがあり、他の検査結果等を参考にして判断する必要がある。

ロ. 精密検査の方法

精密検査としては、エックス線撮影検査とたんに関する検査を行う。

(イ) エックス線特殊撮影による検査

気管支の形態的变化を確認するためには、気管支造影が極めて有用であり、気管支拡張の診断にしばしば用いられている。しかし、造影剤自体の有害作用、造影剤の貯溜による影響等が指摘されており、造影剤を用いたエックス線撮影検査の濫用は避けるべきである。拡張が疑われ、断層撮影法等によって気管支の拡張が確認し得ない場合に気管支造影を行う。通常の気管支造影のほかに、造影剤の使用量が少ない選択的気管支造影もある。気管支造影法の概略は次のとおりである。

咽頭及び喉頭を噴霧麻酔法で麻酔した後、カテーテル又はメトラゾンデを気管内に挿入して造影剤を注入する。この方法では被検者の体位を変換し、またカテーテルを挿入する部位を変えながら、できるだけ全体の気管支の造影を行うことが望ましい。

造影剤としては、ディオノジールが広く用いられている。

造影に伴う副作用としては、注入後のせきの発作があるほか、造影剤の貯溜による影響もある。エックス線撮影は、正面像のほか、側面像、斜位方向の像の撮影も望ましい。造影剤を用いたエックス線撮影のほかに、断層撮影によっても気管支の拡張を確認し得る。また、拡大撮影が用いられることもある。

(ロ) たんに関する検査

たんの量及び性状の検査については、「続発性気管支炎」の項で述べた方法と同一の方法により行う。このほか、血痰がある場合にはこれもあわせて確認する必要がある。

ハ. 検査結果の判定

エックス線撮影検査で、気管支の陰影がのう状、円柱状、瘤状、珠数状に拡張していることが確認されれば、気管支拡張の診断は確定する。

たんの量、性状の判定については「続発性気管支炎」の場合と同様の基準で行い、気管支拡張が認められ、たんの量の区分が2以上で、たんの性状の区分がP₁～P₃の場合には治療の対象とする。

(5) 続発性気胸

一般に、気胸は胸部エックス線写真像では握しうる。胸部エックス線写真においては、一般に、肺野の線状影を認め得ない半透明の部分が認められる。なお、吸気位及び呼気位において、胸部エックス線撮影を行えば、診断はより確かになる。その範囲は、病変の部位、病変の種類等により異なるが、背腹位の胸部エックス線直接撮影写真で確認し得る。これに加えて、胸痛、呼吸困難の自覚症状又は呼吸音の消失等の他覚所見の結果が加われば診断は確定的である。

イ. 精密検査を必要とする者

上述したように、一般的には、胸部エックス線写真像及びその他の所見等で診断は確定するが、じん肺又は合併肺結核等による胸膜癒着、大陰影に伴う気腫性のう胞等により必ずしも診断を確定し得ない場合もある。このような場合には検査を追加して行う必要がある。

ロ. 精密検査の方法

背腹位の胸部エックス線直接撮影検査により確認し得ない場合には、側位又は斜位のエックス線撮影検査を行う。

ハ. 検査結果の判定

エックス線写真像により、り患はほぼ確定し得る。気胸が認められた者は治療の対象とする。

7. その他の検査

2から6までにあげた検査の他に、じん肺の病像をさらには握するためのいくつかの検査がある。これらの検査のうちで重要なものは、心電図検査と選択的肺胞気管支造影である。

じん肺の病像をさらに詳細には握することを目的とする場合には、医師の判断に基づいてこれらの検査を行う。以下、検査法の概略について述べる。

(1) 心電図検査

じん肺が進展し肺循環障害が高度になると、ついには肺性心を招来する。肺性心の診断には心電図検査が有用である。三品らによる右室肥大の判定基準は次のとおりである。

イ. 確実な所見 (次の1以上に該当)

- ① $R_{V_1} \geq 0.7 \text{ mV}$ で $R/S_{V_1} \geq 1.0$ (又は V_{3R})
- ② $S_{V_1} \geq 0.7 \text{ mV}$ で $R/S_{V_1} \leq 1.0$ (又は V_0)
- ③ $RAD \geq +100^\circ$ (RAD: 右軸偏位)

Ⅱ. 強く疑わせる所見 (次の1以上に該当)

- ① $R_{V_1} \geq 0.7 \text{ mV}$, R/S_{V_1} (又は V_{1R}) ≥ 1.0
 $R/S_{V_1}(V_6) \leq 1.0$ 又は $R_{V_1} + S_{V_1} > 1.05 \text{ mV}$
- ② $rsr's'$, $rsr'S'$, $rsR'S'$ 又は $V_1(V_{1R})$ における slurred S
- ③ 肺性 P
- ④ RAD: $+90^\circ \sim +99^\circ$

(2) 選択的肺胞気管支造影

肺内の変化を形態学的には握するためには、造影剤を用いたエックス線撮影検査が用いられる。このためには、従来より気管支造影によるエックス線撮影検査が行われているが、末梢まで必ずしも十分に造影し得えず、造影できても末梢気道及び肺胞の微細な変化を十分に握し得ないという欠点があった。また、造影剤を多く使用するため、造影剤による影響も無視し得なかった。このような問題点を改善するために近年開発された選択的肺胞気管支造影 (Selective alveolo-bronchography: SAB) は、気管支肺胞系の形態学的変化をは握するのに有用である。

イ. 検査法

上気道を局所麻酔した後、エックス線テレビジョンの透視下で、ガイドワイヤーの入ったカテーテルを喉頭を経て気管支に挿入し、ウェッジさせない程度にできるだけ末梢にまで進める。咳嗽発作をおさえるために、2% キシロカイン液 10 cc に硫酸アトロピンを混入して噴霧吸入させてもよい。カテーテルは、血管撮影用のもの (KIFA “赤”) を用いるとよい。カテーテルを上葉枝に挿入しやすいように適当に彎曲させて使用する。目的の気管支に挿入後ガイドワイヤーを抜去し、1~3 cc の油性ディオノールを手動で注入し、造影剤が周辺の気管支に流入するように空気約 3 cc を圧を加えないでフラッシュする。

この操作を行った後に、エックス線管微小焦点 (50~100 ミクロンの径) と高感度の稀土類増感紙を使用し、4倍拡大になるように被写体とフィルムとの距離を調節して撮影を行う。

この方法によれば、末梢気道や肺胞の病変を撮影することができる。

この方法は、気管支造影法に比べ造影剤が少量ですむが、ヨード過敏者には実施すべきではない。細気管支肺胞系からの造影剤の排出は 24 時間で 90% であるが、時に 1 週間位残留することもある。このような場合には、十分な医学的管理を行う必要がある。

選択的肺胞気管支造影によって得られるエックス線写真像の評価に当たっては、これらの所見が、肺の一部の領域の所見であり、必ずしも肺全体の病変を表現しているものではないことに留意すべきである。

【付】「じん肺健康診断結果証明書」(様式第3号)への記載に当たっての留意点

1. 一般的な留意点

- ① 過去の健康診断の結果を参考にし得るように、1枚の証明書に数回の健康診断の結果を記入できる様式があり、これを利用することが望ましい。
- ② 上記の様式を用いる場合には、様式の上半分のいわゆる固定的な部分 (健康診断結果を記載する部分以外の部分) への記載事項の多くが数回の健康診断に共通して使用されるために、記載もれや誤りの記載がないように注意する必要がある。

2. 氏名、事業場等

- ① 事業場の欄は、常時粉じん作業に従事する労働者の場合はその所属事業場について、常時粉じん作業に従事する労働者であつた者の場合は常時粉じん作業に従事した最終の事業場について記入する。
- ② 事業場の「業種」の欄は、日本標準産業分類の中分類により記入する。
- ③ 事業場の「所在地」の欄には、郵便番号もあわせて記入する。

3. じん肺の経過

- (1) 「初めてのじん肺有所見の診断」の欄には、次のいずれかによりじん肺の所見があると初めて診断された年を記入する。なお、正確な時期が不明の場合には、“〇〇年頃”と記入する。

イ. じん肺健康診断、労働安全衛生法に基づく健康診断等の健康診断によりじん肺の所見があると診断された場合

ロ. 都道府県労働基準局長よりじん肺にかかっているとの決定を受けた場合

ハ. その他、医師によりじん肺の所見があると診断された場合

- (2) 「前2回の決定状況」の欄への記載に当たっては次の点に注意する。

- ① 「前2回」とは、いわゆる 固定的部分 (健康診断結果を記載する部分以外の部分) に新たに記載しようとする時点以前の2回をいう。
- ② 昭和53年3月31日前の決定を記載する場合は、「じん肺管理区分」の欄には旧法による「健康管理の区分」(管理 1, 2, 3, 4) を、「F」の欄には、旧法のじん肺による心肺機能の障害の程度 (F 0, 1, 2, 3) を記入する。
- ③ 昭和53年3月31日以後の決定の記載に当たっては、じん肺法施行規則様式第4号「じん肺管理区分決定通知書」等を参考にして記入する。
- (3) 上記 (1), (2) 以外の欄への記載に当たっては、「前2回の決定状況」に記載した以降のじん肺管理区分の決定経過を「じん肺管理区分決定通知書」等を参考にして順次追加して記入する。

4. 既往歴

- ① 粉じん作業に従事する以前の既往であっても、り患時の年齢を記入する。
- ② 治療と診断された後に再び同一疾患にり患した場合には、再発と診断された時の年齢を記入する。
- ③ 数回の健康診断の結果を記入できる様式の場合には、いわゆる固定部分への記載時にり患時の年齢を