



Title	間接断続撮影並びにその健康人呼吸性変化のX線学的検討への応用 第2報 健康人胸部呼吸性変化のX線学的研究
Author(s)	渡辺, 長盛
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1962, 22(3), p. 237-249
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19871
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

間接断続撮影並びにその健康人呼吸性変化の X線学的検討への応用

第2報 健康人胸部呼吸性変化のX線学的研究

東北大学医学部放射線医学教室 (主任 古賀良彦教授)

渡 辺 長 盛

(昭和37年 5 月10日受付)

Intermittent photofluorography and its application to roentgenological studies
on the respiratory changes of the lung.

2nd Report.

Roentgenological studies on the respiratory changes
of the lung of the normal adults.

By

Chōsei Watanabe

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Tohoku University.

(Director: Prof. Y. Koga)

The respiratory changes of the lung of the normal adults were studied by the intermittent photofluorograms taken with a newly constructed apparatus

Results are as follows.

1) Respiratory changes of the thorax could be measured minutely, therefore, the extent of the respiratory changes of the thorax was seized.

2) The respiratory changes of the heart and the hilum shadows was measured and discussed. The change of the transverse diameter, considered to show the pulsation of the heart, was also measured at the resting respiratory phase, and it was found that the amplitude of the pulsation was greatest in the resting respiratory phase.

3) By the observation of respiratory changes of the lung vessels, the narrowing of the diameter of these vessels were noted at the maximum expiratory phase.

Diameters of the visible finest lung markings in our photograms, taken at the maximum inspiratory phase, were in the range of 2 to 3 mm.

4) Diameterchange of the lung vessels by the pulsation of the heart in connection with the respiratory phases were not touched.

5) In normal adults, the respiratory changes of the density of the lung field were measured. At the right lung, results were as follows: The respiratory changes of the density of the lower lung field were more evident than that of the other fields, and consequently the isodensity curves related to the respiratory phases showed a

divergent inclination from the upper lung field to the lower.

6) Visibility of the details of the lung in the photofluorograms was much influenced by the base density of the lung field, and less by the respiratory phases.

7) Roentgenographic changes of coughing act and Valsalva-Müller's test were observed

8) Usefulness of the intermittent photofluorography was confirmed by these results.

目 次

I 緒 言

II 各呼吸位相のX線学的検討

1) 撮影方法及び観察方法

2) 胸廓の呼吸性変化

a) 実験並びに観察方法

b) 実験結果

c) 小 括

3) 心臓陰影及び肺門影の呼吸性変動

a) 実験並びに観察方法

b) 実験結果

c) 小 括

4) 肺紋理の呼吸性変化

a) 実験並びに観察方法

b) 実験結果

c) 小 括

5) 呼吸負荷試験の与える影響

a) 実験並びに観察方法

b) 実験結果

c) 小 括

6) 肺野濃度の呼吸性変化

a) 実験並びに測定方法

b) 実験結果

c) 小 括

III 総括並びに考按

IV 結 論

V 文 献

I. 緒言

前報で間接断続撮影装置の概要特にその臨床的応用から診断能を中心として述べた。本報では健康人の呼吸運動に伴う変化についてその正面像からX線学的検討を試みた。

従来肺の呼吸或は収縮、拡張機能の検査法には幾多の考案があり、近年著しい進歩を示して居る。X線学的方法による検査も当然考えられて来

た。即ち深吸気、深呼気各位相個々のX線像によるもの、或はその重複撮影、又は動態撮影(キモグラフ)によつて、之等による比較観察が従来屢々報告されて来て居る。但し之等の研究の殆どはその診断能の点から直接撮影写真によるもので、近年X線映画法の発達に著しいものが認められるが、所謂小型フィルムによつて、且つ連続的撮影による呼吸性変化のX線学的検討を試みた報告は寡聞にして知らない。本研究の目的は健康人胸部の呼吸に伴う変動をその間接像についてX線学的検討を加えることであつて、呼吸機能自体に対する直接質的及び量的診断を目的とするものではない。

II. 各呼吸位相のX線学的検討

1) 撮影方法及び観察方法

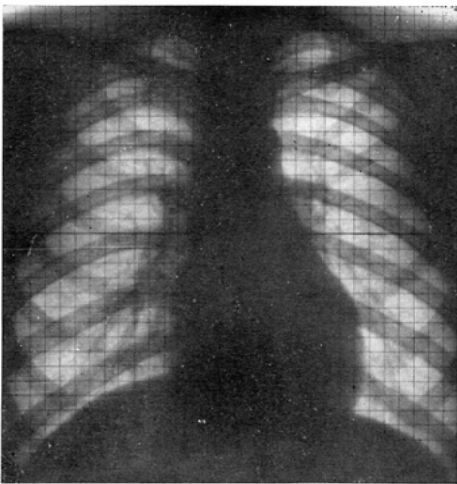
間接断続撮影装置及びX線発生装置、附属器具は前報と同様である

各呼吸位相の写真と比較観察するには先づ各位相写真の撮影条件が一定でなければならぬ。本撮影法によつて被写体の位置は固定され、同一撮影条件のもとでの三呼吸位相(深吸気、平靜、深呼気)の胸部X線像の変化を正確且つ容易に観察することが出来た。

即ち、同一被写体について同じ姿勢のまま、深吸気、平靜呼吸及び深呼気運動を連続的に行ひしめ、それを断続間接撮影した。

観察或は計測にあつては、直接計測法¹⁾によつた。螢光板面のガラス板に1cm間隔の格子を書き、被写体と同時に計測板を撮影して得られた計測板目盛を尺度として被写体の運動の大きさを直接に計測する方法であるが(Fig. 1), その際 $\frac{1}{2}$ 実大乃至実大に拡大投影して観察、計測した。但し肺紋理の観察、肺野濃度測定等の場合には計測

Fig. 1. Roentgenogram of the grids for measurement.



板を除き、肺紋理走行、その他の変化の観察は投影像をトレース或は印画紙に拡大焼付して比較した。

被写体：健康男子学生 3 名

A：年令25才胸厚21cm肺活量4900cc

B： 21 19 3600

C： 21 20 4000

2) 胸廓の呼吸性変動

a) 実験並びに観察方法

胸廓の呼吸性変動を知る為、平静呼吸、深呼吸運動についてそれに伴う肋骨の運動、横隔膜運動及び肺野面積の変化を比較観察した。

又、被写体に深吸气から連続的に軽い咳嗽発作を行わしめ同様にそれに伴う胸廓の変動を観察し

た。

動きの計測及び肺野面積の算定は計測格子によつた。

b) 実験結果

健康男子学生 3 人について胸廓のについて観察計測した結果は Table 1 の如くであつた。即ち、

(i) 平静呼吸時：各肋骨の動きは写真観察上殆ど認められず、従つて肋骨運動に伴う胸廓の外側への拡がりには認められなかつた。それに反して横隔膜は経時的上下運動を示し、個人差はあつたが両側穹窿部で螢光板像上 1 ~ 2 cm であつた。

(Fig. 2)

(ii) 深呼吸時：深吸气時には著明な胸廓の拡がりが認められ、平静呼吸時に影響されなかつた 1 ~ 2 cm の外側への動きが計測され、特に中野から

Fig. 2. Resting respiration.

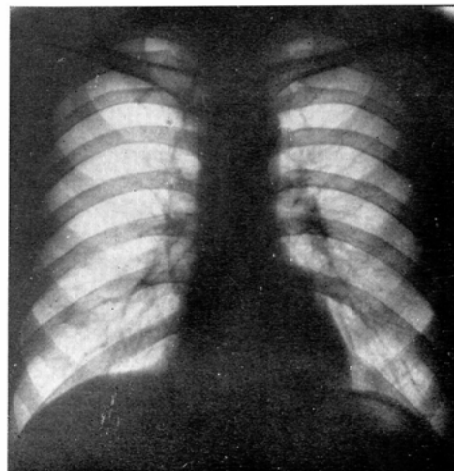


Table 1: Changes of the thorax by Respiration

		Thorax amplitude (cm)			Diaphragm amplitude (cm)	Lung area (rate)
		upper	middle	lower		
A	Resting respiration	0	0	0	1.5	1
	Maximum respiration	1.0	3.0	3.0	5.0	insp. 1.5
						exp. 1/1.5
B	Resting respiration	0	0	0	1.2	1
	Maximum respiration	0.5	2.0	2.5	4.0	insp. 1.2
						exp. 1/1.2
C	Resting respiration	0	0	0	1.5	1
	Maximum respiration	1.0	2.5	3.0	4.0	insp. 1.4
						exp. 1/1.4

Fig. 3. Maximum inspiration

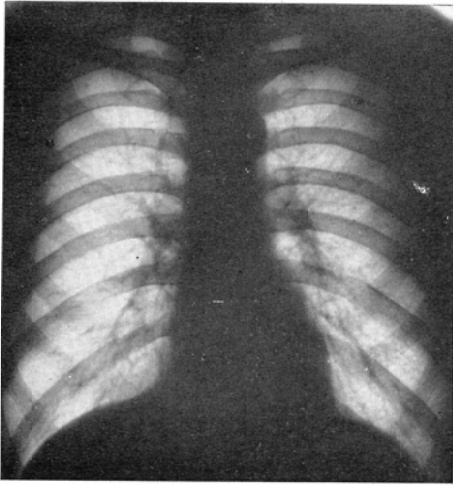


Fig. 4. Maximum expiration

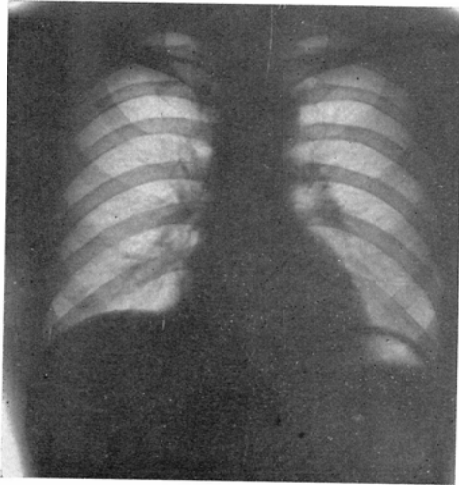


Fig. 5. Inspiration.

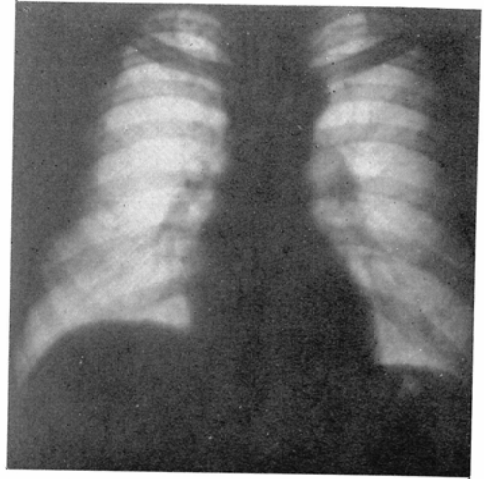
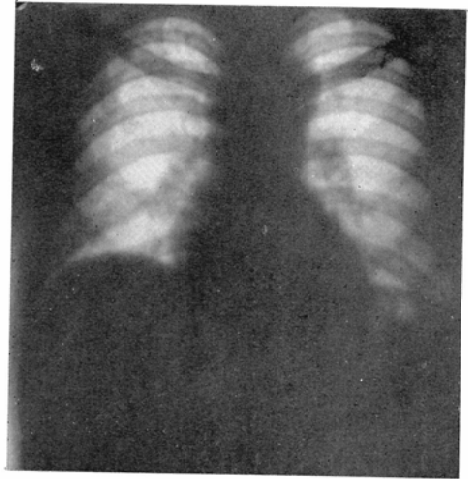


Fig. 6. Coughing.



下野にかけて著しく観察された。横隔膜は深呼吸によつて明瞭な上下運動を示し、穹窿部の振巾は3~5cmと計測された。従つて肺野面積の変化は、平靜呼吸時には横隔膜の軽度の上不運動による下肺野の拡張、縮小のみであつたが、深吸気時計測された肺野面積は平靜呼吸時の1.2~1.5倍であることがわかつた (Fig. 3)

深吸気時には之等の変動は深吸気時の大凡逆の現象として観察された。(Fig. 4)

(iii) 咳嗽に伴う胸廓の変動：深吸気からの咳嗽運動を1秒間3枚の割合で断続撮影したが、形

態上すでに述べた普通呼吸運動に伴う変動と同様に胸廓の縮小、横隔膜の挙上が認められ、急速な呼吸運動像を示した。連続的咳嗽運動の場合には急速な呼吸運動のみならず、その間に横隔膜の低下で示される軽度の吸気運動の介在することがわかつた。但し之等の変動は急速である為普通呼吸運動像に比べて一般に不鮮明に観察された (Fig. 5, 6)

c) 小括

胸廓の呼吸性変動、これは、(1)横隔膜の運動、(2)肋骨の運動によつて起るが、吸気時胸

廓の例をとればその拡がり方は一様ではなく主として横隔膜によつては下方に動き、肋骨の挙上によつて横に、肋骨の前方及び上方への運動によつて前方に拡がり、呼吸は主として呼吸筋の弛緩と肺の弾性によつておこなわれるとされて居る²³⁾。

従来之等の呼吸性変動について多くのX線学的研究がなされて居るが⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾、それと関連して測定される肺野面積より肺容量を算出する試みも当然行われて来て居る¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。鈴木¹⁶⁾は内外の報告を検討、又三呼吸位相の直接撮影写真について観察し、多くの人々によつて肺野面積より肺容積を算出する試みが行われ、それから認められる値は精密さに於て「スパイログラム」に及ばない。しかし大略の値は測定し得ることをこれらの研究は証明して居る。それ故に健康者に於ける三呼吸位相の肺野面積の変化を十分に把握するならば、各呼吸位相の肺野面積の動きにより換気能障害の有無のみならず、障害の性質、即ち呼吸性、吸気性或は両者によるものかの鑑別も診断し得ると述べて居るが、その為には正面像の肺野面積からの推察のみでは不充分と考えられる。本研究では正面像についてのみ観察を行つたので、その胸廓の変動を形態的にのみ計測したが、その結果は従来の報告と略一致し、又生理学成書の知見にも略一致することがわかつた。

次に咳嗽運動のX線像について観察を試みたが、Rienzo¹⁷⁾は気管支造影のもとで咳嗽運動の観察を試み咳嗽はこれを気管支でおこない、胸廓運動は殆ど関与しないと結論づけて居るが、Weber¹⁸⁾は気管支造影のもとでは非生理的、即ち造影によつて人工的肺気腫の状態を惹起せしめて居るのであつて少くも健康人の咳嗽運動には胸廓運動が関与して居るとX線連続撮影等から観察報告して居るが、本実験に於ても明かに胸廓縮小、横隔膜の挙上等一種の呼吸運動が認められた。但し得られた撮影像では普通呼吸運動の場合と異り、横隔膜の輪廓及び肺紋理が不鮮明であつたのは本撮影法の欠点である様に思われた。これは恐らく撮影回数(1秒間3回)よりも露出時間が横隔膜及び肺紋理の急速な運動速度に比して長過ぎた為と判断され、咳嗽運動は相当の瞬間速度を有する

ものと考えられた。

3) 心臓陰影及び肺門影の呼吸性変動

a) 実験並びに観察方法

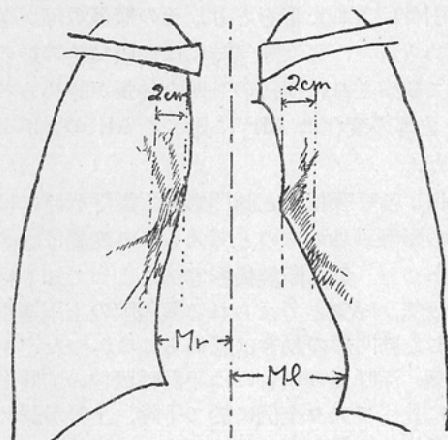
心臓陰影及び肺門影の呼吸性変動について観察を試みた。更に呼吸運動とは別に心搏動自体の影響が当然予想されるが、それによる変動を知る為各呼吸位相々々停止状態のまゝで連続撮影した。

(1秒間3枚、3~4秒間)

観察にあつては拡大投影法によつたが、その際蛍光板中心の投影点が必ず一致する様に次々と投影し、その点を上下、左右運動の目安とし、被写体個々についてその撮影像を連続的に重複トレースしてその動きを観察した。

観察対象としての心臓陰影の変動はFig. 7に示す如き心横径(Mr+Ml)の変化を検討し、肺動静脈基部の陰影とされて居る肺門影の変化については両側肺野2cmまでを観察対象とした。

Fig. 7. Transverse diameter of the heart and limit of the hilum shadows for Measurement.



b) 実験結果

観察及び計測結果はTable 2の如くであつた。計測値は蛍光板上の数値である。

(i) 心搏動とその影響：心搏動位相の相異によると思われる心横径の変化を各呼吸位相々々停止状態の撮影像を観察したが、各呼吸位相何れに於ても各被写体の心横径変化が認められ、特に平静呼吸時に最も著明であつたが、それでも Mr, Ml 何れも蛍光板上で5~8mm程度 ($10 < Mr +$

Table 2: Respiratory and pulsatory changes of the heart. (transvers diameter)

		A			B			C		
		Mr+Ml	Amplitude	rate (%)	Mr+Ml	Amplitude	rate (%)	Mr+Ml	Amplitude	rate (%)
Max. Insp.	min.	48+72	3	3	47+70	6	4	53+73	4	3
	max.	48+75			49+74			55+75		
Rest. Resp.	min.	52+79	5	4	53+80	8	7	57+78	7	5
	max.	53+83			56+85			60+82		
Max. Exp.	min.	57+87	3	2	60+90	5	3	64+86	6	4
	max.	58+90			62+93			65+91		

MI<15) で、且つ MI の変化が Mr よりも一般に著明であつた。

同時に肺門部の変動も認められ、一般に収縮期と考えられる心横径縮小時には拡張期と考えられる心横径伸長時に比べ僅かではあるが各被写体共高位であり、その変動も亦平靜呼吸時に最も明瞭であつた。

(ii) 各呼吸位相と心横径の変化:

平靜呼吸時の心横径を基準とすれば、深吸気時には個人差はあつたが心臓陰影は横隔膜の下降と共に引伸ばされた形をとり、その横径短縮が著明に認められた。又深呼気時には深吸気時の逆の像として観察され、横径の著明な伸張が認められたが、之等の変化は Mr に比べて MI の方が著しかった。

(iii) 各呼吸位相と肺門影: 平靜呼吸時には心搏動の影響以外のものと考えられる変動は認められなかつた。即ち断続撮影写真によつて知り得るその吸気、呼気と考えられる横隔膜の上下運動と相關した肺門影の動きは認められなかつた。但し深吸気、深呼気の場合には平靜呼吸位の肺門影の位置に比べて夫々全例に於て下降、上昇が認められたが、その最大例で螢光板上の実測値は10mm程度であつた。

c) 小括

X線学的に心臓搏動をとらえることによる心臓の形態並びに機能の研究は従来屢々行われて来た。キモグラフィ⁴⁾²⁰⁾、或は心臓搏動と連動する胸部重複撮影²¹⁾²²⁾²³⁾によるものがある。後者によつての重複影響像は、普通のX線撮影の如く撮影時の心臓運動位相の不正確さは全くない。本実験では心臓との連動装置は使用せず断続撮影した

わけであるが、呼吸運動との関連に於て検討を試みた。

即ち実験結果より各呼吸位相に於て明かに心搏動の為と考えられる心横径の変化が認められ、特に平靜呼吸位に於て最も著しく計測されたが、これは心搏動が最も生理的狀態にあることを示唆したのと考えられた。又心横径の搏動性変化として Mr よりも MI によりよく観察されたのは、右第Ⅱ弓は右心房を示すのに対し、左第Ⅳ弓は左心室を示し、その強い搏動の為と考えられた。

心横径は一方呼吸位相の相異によつて明かに変化し、その結果逆に心搏動の生理的狀態に対して影響を与えて居ることがわかつた。

X線写真で云う肺門影は現在では健康人の場合肺動静脈基幹部の重積陰影であると考えられ、更に太い気管支も多少関与して居ると考えられるが、肺門影そのもの、呼吸性変化についての報告はみられない。但し気管、気管支等の呼吸に伴う運動についての研究はすでに古くから行われ²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾、主として造影X線診断によつて居る。古くは Weingertner²⁴⁾ は気管が吸気時に下降し、呼気時に上昇することを実験的に認め、但しその程度は10mm以上になることは稀であると称して居るが、本邦では近年小倉²⁷⁾の研究があり、その報告ではその健康人の上下運動として最低 5.3mm 最高14mmの計測値を得、気管の呼吸性上下運動は主として横隔膜の呼吸運動によつて左右せられると論及して居る。肺門影自体気管或は気管支運動とは同一視出来ないが、本実験では平靜呼吸位の位置を基準とすれば深吸気、深呼気によつて夫々5~10mmの上下移動が計測され、直接横隔膜運動に關係する様

に思われ、心搏動によつては平靜呼吸位で僅かにその変動が認められるのみであつたが、これは最も生理的狀態の爲心搏動の影響が肺門影に及んだものと考えられた。

4) 肺紋理の呼吸性変化

a) 実験並びに観察方法

肺紋理の呼吸性変化の観察を目的として、比較的太い血管影、及び血管影と思われる認知可能の最小肺紋理についてその呼吸性変化について検討した。

最小肺紋理の観察にあたつては、前報で報告せる如く細部現出能は直接濃度に關係すると思われるので、肺野濃度の呼吸性変化(後述)を除く目的で撮影条件(管電流)を変えて各呼吸位相について撮影し、略同一濃度の写真についておこなつた。又同様の方法で微小焦点管球(焦点 0.2mm)によつて二倍拡大間接撮影像についても検討した。

又呼吸位相の他に心搏動位相も肺紋理に影響すると思われるので、被写体Aについて観察を加えた。

計測は対照としての直接撮影像の計測値と比較する為、間接像では螢光板上の実大値に換算した。その際フィルム直接の計測は困難であるので印画紙に6倍(螢光板上像の $1/2$)に拡大焼付してノギスによる計測値を2倍した。但し二倍拡大間接撮影像では印画紙計測値をもつてそのまま表わした。

b) 実験結果

各呼吸位相の間接写真(及び2倍拡大間接写真)何れに於いても血管影と思われるその肺紋理は肺門部より末梢にかけて明瞭に認められたが、直接

写真で認められる小縦状陰影及び点状陰影は殆ど認められなかつた。

(i) 血管影と思われる認知可能の最小肺紋理の横径を各呼吸位相の写真について計測した結果は Table. 3に示す如くであつた。対照の直接像計測値と比較して間接像の肺紋理現出能は余り劣つて居ないことがわかる。又二倍拡大間接撮影の効果は殆ど認められず、直接撮影の場合と異り、微細部の対照度と間接撮影の綜合解像力が関連して關係するものゝ如く思われた。

各呼吸位相の写真の測定結果を比較すれば、深吸氣位でその現出能が最も良い様に判断された。

(被写体B 被写体C)

(ii) 呼吸位相の相異によつて影響をうけると考えられる肺血管横径の変動を知る為には同一血管の同一部位を計測しなければならない。末梢肺紋理の計測では不正確である。従つて Fig. 8 被写

Fi. 8. Shows the measured lung vessels.

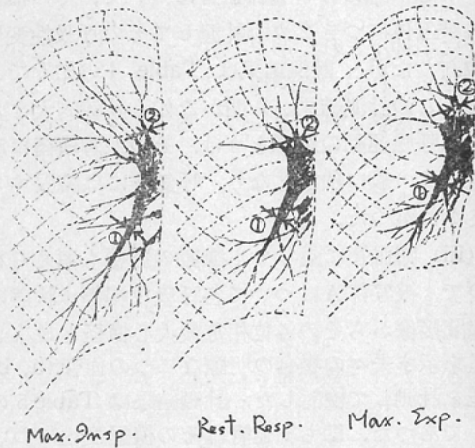


Table 3: Diameter of the visible peripheval lung markings at the each vespirafory phases.

		A	B	C
Direkt Radiogram	max. insp.	1.2~1.5 (mm)	1.8~2.0 (mm)	1.5~2.0 (mm)
	max. insp.	2.0~2.5	2.0~3.0	2.0~2.5
Normal Photofluorogram	rest. resp.	2.0~2.5	3.0	3.5~4.0
	max. exp.	2.5~3.0	3.5~4.0	3.5~4.0
	max. insp.	2.0~2.5	1.8~2.0	2.0
Direkt 2times enlargement Photofluorogram	rest. resp.	2.0~2.5	2.0~3.0	3.5~4.0
	max. exp.	2.0~2.5	2.0~3.0	3.5~4.0
	max. insp.	2.0~2.5	2.0~3.0	3.5~4.0

Table 4: Diameter changes of the lung vessels by respiration.

lung vessels	A		B		C	
	① (mm)	② (mm)	③ (mm)	④ (mm)	⑤ (mm)	⑥ (mm)
max. inspiration	13.2	8.0	4.0	5.5	6.0	10.5
rest. respiration	14.0	8.5	5.8	6.0	7.8	11.5
max. expiration	14.6	9.0	5.8	8.0	9.0	12.8

Table 5: Relationship of the lung vessels diameter to the pulsation at the each respiratory phases.

		Max. Inspiration		Resting Respiration		Max. Expiration	
Transverse Diameter of the heart		max. (mm)	min. (mm)	max. (mm)	min. (mm)	max. (mm)	min. (mm)
		123	120	136	131	148	144
lung vessels	Ⓐ	9.3(mm)	9.5(mm)	10.0(mm)	9.6(mm)	11.4(mm)	11.4(mm)
	Ⓑ	18.2	18.0	19.8	20.0	22.5	22.1

体Aについて示す如く、その間接像で比較的大く、明瞭に認められる肺血管について、その横径を各被写体につき2カ所計測してその呼吸性変化を検討したが、計測結果は Table 4 の如くであった。この計測結果から明かな如く比較的大きな血管は呼吸運動の影響を受け、その血管横径は吸気時には一般に狭小となり、呼気時には拡張することがわかった。

(iii) 肺血管に対して心搏動の影響も考えられるので、被写体Aについて各呼吸位相停止状態の断続間接像からその各位相毎最大心横径と最小心横径を示す夫々の場合の明瞭な二つの血管(a, b)横径を計測して検討した。計測結果は Table 5 の如くであった。即ち肺血管はその横径変化については心横径の変動とは直接関係せず、前述せる如く呼吸位相に関連してその変動を示すことが認められた。

c) 小括

肺紋理の呼吸性変化について心搏動の影響も考慮して計測的観察を試みた。抑て肺紋理は諸家の研究¹⁹⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾により正常の場合には主として肺動静脈であるとされて居る。本実験に於てもその定義に基づいて観察した。胸廓の呼吸運動によって胸腔内圧の程度が変化することは明かである。

従つて胸腔内を走る伸展しやすい肺血管がその影響を受けることが当然考えられ、これが肺循環の特異な点であるとされて居る。

肺紋理即ち肺血管像の横径はその呼吸性変化として計測結果を表で示した如く一般に吸気時狭小となり、呼気時拡張することがわかった。但し之等の計測結果は比較的大い血管像についてのものであつて、末梢部位では同一部分の測定は困難であるので断定出来ないと考えられる。且つ同一撮影条件のもとでは肺野濃度の呼吸性変化の為現出能に直接影響し、各呼吸位相の末梢肺紋理の観察検討は不可能となる。本実験では各呼吸位相によつて末梢肺紋理の現出能に相異を来すか否か確める為各位相について夫々露出を変え、略々同一濃度の写真について観察したが、その結果深吸気時の場合他の位相に比べてより細い血管を投影して居る様に思われた。これは二倍拡大間接写真の場合に於ても同様に思われた。

又肺血管である以上心搏動の影響がX線像に於いても見出されるのではないかと予想されたが、比較的大い血管ではその横径変化は呼吸位相に直接し、心横径の変動との相関関係は得られなかつた。

Table 6: Changes by Valsalva-Müller's test.

		Transverse diameter of the heart	Hilum Shadow		Diameter changes of the lung markings (mm)
			Situation	Largeness	
A	Valsalva's test (compared with max. insp.)	6 mm shortend	constant	reduced	13~8 → 11~7
	Müller's test (compared with max. exp.)	constant	slightly ascended	constant	constant
B	Valsalva's test (compared with max. insp.)	4 mm shortend	constant	reduced	6~4 → 5~4
	Müller's test (compared with max. exp.)	constant	constant	constant	constant
C	Valsalva's test (compared with max. insp.)	4 mm shortend	constant	reduced	10~6 → 8~5
	Müller's test (compared with max. exp.)	constant	slightly ascended	constant	constant

普通呼吸運動に伴う肺紋理の横径変化についての報告は少い²⁹⁾³²⁾。足立等²¹⁾は心搏連動装置を用いて心搏周期と血管像の中及び数との関係を検討して余り影響されないと報告して居る。佐久間³³⁾は直接4倍拡大撮影によつて、呼吸負荷試験(Müller-Valsalva法)に末梢肺紋理の変化を観察して居るが、普通呼吸運動に伴う変化については観察して居ない。

生理学書²⁾³⁾によれば呼気時胸腔内圧の変化によつて肺胞内に空気が吸込まれると同時に肺循環血液量は増加し、逆に呼気時には減少するとされて居る。本実験で血管横径の吸気時狭小、呼気時拡張像として観察されたのは肺循環血液量の増加、減少が肺血管の呼吸性伸張、収縮に原因するからではないかと考えられた。小倉²⁷⁾は気管支造影によつてその呼吸性移動を観察して居るが、血管横径の呼吸性変化と同様に気管支の内径変化も問題と考えられる。

5) 呼吸負荷試験の与える影響

a) 実験並びに観察方法

(i) 深吸気時と Valsalva's Test: 深吸気に引続いて声門を閉じて強い呼気運動を行う。即ち Valsalva's Test (以下 V-T と称する) を行うことによつてX線像の変化を観察した。

(ii) 深呼気時と Müller's Test: 深呼気に引続いて V-T とは逆に強い吸気運動を行う。即ち Müller's Test (以下 M-T と称する) を行うことによつてX線像の変化を観察した。

b) 実験結果

被写体3名について観察及び計測結果の傾向は Table 6 の如くであつた。但し変化の度合は夫々の呼吸性変化(深吸気、深呼気)の度合よりも僅かであつた。即ち、V-T 写真は深吸気写真に比べて心横径は一般に更に短縮し(4~6 mm)、肺紋理(比較的太い血管)はより狭小になることがわかつた。肺門影の位置には変動がなかつたが、その大きさが僅かに縮小して居る様に計測された。

M-T の場合には深呼気時に比べて心横径にはその変動も認められず、又肺紋理横径の変化も計測されなかつたが、肺門影は僅かながらも全例に於いて更に高位になることがわかつた。

c) 小括

V-T によつて胸腔内圧は高まり、その結果圧迫によつて心臓及び血管は縮小してそれがX線像でも認められ、M-T ではその逆の現象が起るとされて居るが¹⁹⁾²⁹⁾³³⁾、間接像でも V-T の影響が確かめられた。但し M-T の場合にはその影響は観察されなかつた。これは深呼気と云う対照度の悪

い状態、及び間接撮影自体の細部現出能等に原因すると思われた。但し、M-T、の際に肺門影が僅かながらも高位をとるのは胸腔内圧の変化(減少)によつて実際に心臓の拡張が起り、それに原因するものかどうか判然としなかつた。鈴木¹⁶⁾は直接撮影像で観察し、V-T M-T の効果は平靜呼吸位で最も良く認められ、その理由として平靜呼吸位はすべての点で安定した状態であり、深吸気位はむしろその呼吸停止によつて V-T の状態となつて居る為その効果が不明瞭になると述べて居るが、本実験では深吸気一呼吸停止 V-T と連続的の撮影が可能である為 V-T の効果が認められたものと考えられた。

6) 肺野濃度の呼吸性変化

a) 実験並びに測定方法

同一姿勢、同一撮影条件のもとに各呼吸位相を連続的に行ひしめ間接断続撮影し、肺野濃度の呼吸性変化を観察した。濃度測定には前報と同様 **Densitometer** を用い、各被写体の右肺野縦中央軸上肋骨間部を順次測定して濃度分布曲線をつつた。

次に心搏動位相と肺野濃度との関係、及び呼吸負荷試験 (V-T, M-T) による肺野濃度変化について検討した。

又、濃度と現出能の問題を被写体実験を目的として、Fig. 9 の如き自家製ファントム (パラフィンに低濃度造影剤を封入したもの) 被写体右背 X線写真上上肺野に相当する部位に貼付し、各呼吸位相について種々の濃度に於ける線状陰影認知

Fig. 9. Phantom of the Vessels

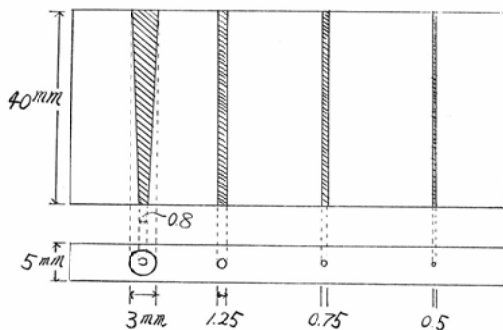
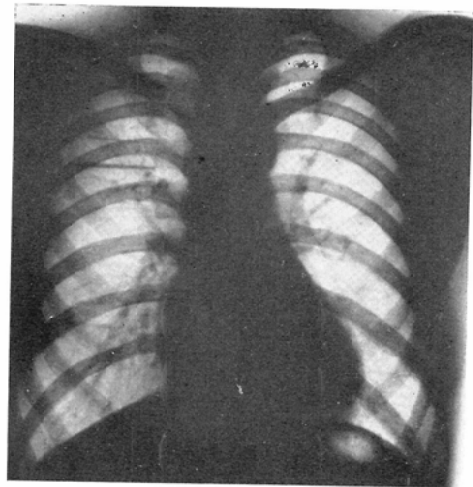


Fig. 10. Photofluorogram of the phantom applied to the chest



能を観察した。

b) 実験結果

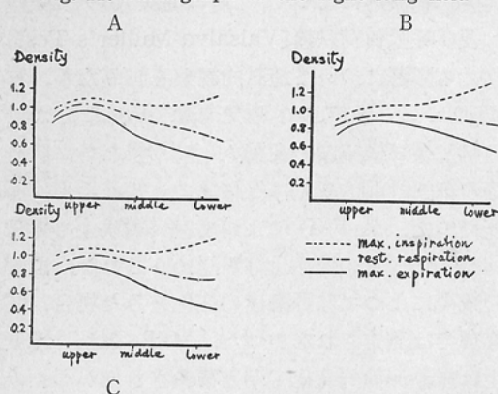
(i) 同一撮影条件による右肺野濃度の呼吸性変化はこれを各被写体について濃度分布曲線として示せば Fig. 11 の如くであつた。各被写体共一見して大略似た様な曲線型を示して居る。即ち肺野濃度は一般に深吸気、平靜、深呼気の順に大きいくことがわかる。又男子健康人では一般に深呼気、平靜呼吸時には上野の方が下野に比べて明るく、深吸気時には下野が上野より明るくなることがわかつた。但し之等の各呼吸位相濃度分布曲線は互に交叉することはなく、肺野濃度の呼吸性変化の度合は下肺野で最も著しく測定された。

(ii) 心搏動位相と肺野濃度との関係：心搏動の肺野濃度への影響が考えられたが、各呼吸位相夫々について、心搏動位相を示すと考えられる心横径の変動と肺野濃度には有意の相関関係は得られなかつた。

(iii) 呼吸負荷試験による肺野濃度変化：各呼吸位相夫々について V-T, M-T を連続的に行ひしめ、その濃度への影響をみたが、何れの位相に就いても斯様な呼吸負荷試験による有意の濃度変化は認められなかつた。

(iv) 濃度と認知能：血管ファントムを被写体背部に貼布して撮影した場合の認知能を調べる

Fig. 11. Densograph of the right lung field



為、観察は拡大投影 (Fig.10) によつた。線影像の一部は肋骨陰影或は肺紋理と重積したが観察には支障がなかつた。観察及び測定結果は、前報と同様に濃度 0.8~1.1 の範囲が至適濃度と考えられ、直径 0.75mm の線影像の認められる場合があつた。しかし呼吸位相とは直接関係は認められず、何れの位相に於ても肺野濃度 1.0 程度になる様な撮影条件が至適と考えられた。

c) 小括

(i) 肺野濃度の呼吸性変化について測定、観察したが 3 例共同様の分布曲線型を示した。肺野濃度は当然肺内含気量、肺血管及びその循環血量、そして肺外軟部組織の影響をうけると考えられる。肺野濃度に関しては多くの研究報告があり、影響する因子への研究も行われて居る。一方ではその結果臨床応用の報告¹⁶⁾³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾も行われて居る。

肺内含気量及び肺内循環血量は吸気時増加し、呼気時減少することは生理学的に知られて居る。但し両者はその濃度に与える影響は逆であることがわかる。従つて呼吸による肺野の濃度の変化は、呼吸による肺内血量の変化によるのではなく、肺内含気量の変化による血液を含めた肺組織の密度の変化によるものと考えられて居る。

本実験で得られた各呼吸位相濃度分布曲線は互に交差することではなく、又下肺野に於て散開して居る。鈴木も同様の結果を得て居るが、更に肺換気機能障害のあるものは、その程度に応じて散開せずにむしろ収束している、と述べて居る、従つ

て肺野の濃度の変化を観察することは、肺機能診断上必要なことであると考えられた。

その肺野濃度に影響するものとして、心搏動位相の相異、及び呼吸負荷試験について検討したが、之等によつては間接写真の肺野濃度には各呼吸位相について変化は測定されなかつた。これは直接肺内循環血液量の変化のみでは肺野濃度に相異をもたらないことを示すと考えられた。

(ii) 間接写真の細部示現の良否は撮影装置、附属器具の綜合解像力に関係することはすでに述べた。更にフィルム基礎濃度も対照度の点で問題となり、前報にてその至適濃度は 0.9~1.1 であることを報告したが、人体胸部を散乱体としての実験結果も略々同様の測定値であつた。そして呼吸位相とは特別の関係は認められず、胸部病変細部示現の爲には肺野濃度の均等性が必要であり、濃度分布曲線からわかる爲に平靜呼吸位相撮影がその目的に近いと考えられる。

上記の理由により血管影と思われる認知可能の最小肺紋理横径を知る為、各呼吸位相撮影写真濃度をその上野で 1.0 程度にして計測的观察をおこなつたが、その結果深吸気時に最小肺紋理横径が計測されたのは、末梢血管血流量の増加と、周辺内含気量の増加で対照度の最も良い状態の爲と考えられ、比較的太い肺血管が吸気時狭小、呼気時拡張の像を示すことは本来その意義を異にするものと考えられた。

III. 総括並びに考按

胸部 X 線診断に際してその動的観察乃至は機能的観察を必要とすることは無論である。本研究結果呼吸運動に伴つて胸廓の変動、即ち肺野面積、肋骨及び横隔膜の位置、走行は動的変化を示して居た。之等の変動に関しては古くからキモグラフィー或は呼吸各位相の各個直接撮影写真、重複撮影写真から観察され、健康人についての計測値も得られて居る。本実験結果も略同様の計測値が得られたが、之等の数値から直ちに所謂生理的換気能の診断に即行するか否かは更に検討されねばならないと思う。但し之等の変動に加えるに心臓陰影の呼吸性変動、或は肺門影、肺紋理の呼吸性変動を把握するならば、胸部病的像の発見には有効

な診断法になると考えられる。換言すれば観察結果から従来行われて来た深吸気位撮影の1枚の写真のみでは不充分であることがわかる。例えば心臓陰影の搏動像が平靜呼吸位で最も良く観察されたのはその位相が生理的に最も自然な状態であることを示唆したものと考えられた。

肺内循環血液量は呼吸によつて変動し、呼吸時増加し、呼吸時減少するとされて居るが、本観察結果では比較的太い血管はその横径の計測結果から吸気時狭小、呼気時拡張することがわかつたが、循環血液量の呼吸性変化の見地からすれば逆の現象の様に思われたが、実際には肺血管の吸気時伸張、呼気時短縮によつて血液量の変化が起るのではないかと考察された。

肺野濃度の呼吸性変化を測定することによつて、健康人について、その大凡の濃度分布曲線の傾向が得られたと考えられ、各肺野に相当する肺区域の換気障害があれば当然その変化が濃度分布曲線にあらわれるわけであるが、測定された濃度は下肺野で最も著明であり、上肺野では顕著ではなかつた。これは下肺野ではその濃度変化の原因として単に含気量の変化のみでなく横隔膜の呼吸性運動による下肺野の肺紋理等の集合離散も大いに関係するものと考えられ、機能的X線診断としてその呼吸性濃度変化を知ることが、下肺野に相当する肺区域の診断には合目的性を有すると思われるが、上、中野ではその濃度変化の度合からして更に検討を必要とする。

一方、肺野濃度は直接その部分の細部示現に関係することがわかつたが、至適濃度範囲内の各呼吸位相間接写真では、血管影と思われる認知可能の肺紋理横径を求めた場合、深吸気時で最小値を得たのは生理的に対照度が最も良い状態の為と考えられた。最小肺紋理横径は被写体によつて異つたが、之れも亦同じ深吸気位でも被写体個々のその部分の生理的対照度の相異による為と考えられた。教室の浅川等³⁷⁾は心臓カテーテル法による肺血管造影直接写真で認知し得る最小血管横径を計測して0.6mm前後の計測値を得て居るが、これは本研究に於ける計測部位より更に末梢に相当する部分と考えられた。

間接断続撮影によつて、更に健康人の咳嗽運動、及び呼吸負荷試験(Valsalva-Müller's Test)の与える影響について追試的観察を試みたが、咳嗽運動は、一種急速な呼吸運動であることが、その胸廓及び横隔膜の変動から知り得たが、肺紋理等の細部計測的変動は写真像から知ることは不可能だつた。又V-Tによつて写真観察上心横径の縮小、肺血管の狭小化等が認められたが、血管影の減少によつて肺野濃度の変化をみた場合、間接写真では測定されなかつた。M-Tでは、濃度変化は無論形態的变化も殆ど観察されなかつたのは、対照度と関連した間接撮影の現出能の為と考えられた。

IV. 結論

間接断続撮影装置を用いて、健康人の連続的呼吸運動の撮影写真の観察を試み、次の結果を得た。

- 1) 胸廓の呼吸性変動を明かに計測し得、その変動範囲を知ることが出来た。
- 2) 心臓陰影及び肺門影の呼吸性変動の範囲も知り得たが、心搏動位相を示すと思われる心横径の変動は平靜呼吸位で最も大きく、同位相が最も生理的状态にあると考えられた。
- 3) 比較的太い肺血管について、その呼吸性横径変化をみたが、一般に吸気時狭小、呼気時拡張することがわかつた。認知し得る最小肺血管横径は深吸気位撮影像で観察された。これは他の呼吸位相に比べて深吸気位が最も生理的に対照度の良い状態になって居る為と判断された。
- 4) 各呼吸位相について、心搏動位相の相異によつては肺血管の横径変化は認められなかつた。
- 5) 濃度測定によつて健康人の肺野濃度の呼吸性変化を濃度分布曲線であらわし、その傾向を知ることが出来た。即ち濃度変化は下肺野が最も著明で、すべて分布曲線は散開型を示した。
- 6) 間接写真の細部現出能は直接肺野基礎濃度に関係し、至適濃度は1.0前後であつて各呼吸位相とは無関係であつた。従つて肺野濃度の均等性を得るには平靜呼吸位撮影が良いことになるが、しかし肺内含気量と血管血流量による生理的対照度は深吸気位が最も良いと考えられた。
- 7) 咳嗽運動及び呼吸負荷試験(Valsalva-Mü-

ller's Test) による変化についても追試的観察を試みた。

8) 以上の実験結果より間接断続撮影の有用性が確認された。

(尚本研究の一部は日本医学放射線学会—第18回東北・北海道・新潟地方会, 第19回, 第20回総会に夫々発表した。)

V. 文 献

- 1) 篠崎他: 日医放誌, 18, 9 (昭33). —2) 高木: 生理学講座, 9 卷 (1950). —3) 佐竹: 生理学講義, 上巻, 南山堂 (昭26). —4) 志賀: 日レ学会誌, 13, 2 (昭10). —5) 林: 日レ学会誌, 8, 5 (昭6). —6) 藤本: 金沢医理学叢書, 4, 1 (昭22). —7) 大岡: 実践医理学, 8 (昭13). —8) 岡本他: 金沢医理学叢書, 11 (昭25). —9) Schich et al.: Fortschr. Röntgenstr. 49 (1934). —10) Hans et al.: Fortshr. Röntgenstr. 51 (1936). —11) Herxheimer, H.: Thorax 4 (1949). —12) Lundsgaard: J. Exp. Med. 27, 65 (1918). —13) Hurtado, et al.: J. Cilm. Invest. 12 (1933). —14) Simon, P. et al.: J. Franc. Med. et Chir. Thorac. 5 (1951). —15) Cohen A.G.: Am. J. Med. 10 (1951). —16) 鈴木: 日医放誌, 20, 2 (昭35). —17) Di Rienzo: Fortschr. Röntgenstr. 78, 1 (1953). —18) H.H. Weber: Fortshr. Röntgenstr. 90, 4 (1953). —19) Schinz. et al.: Lehrbuch der Röntgendiagnostik Band III. —20) 岩崎他: 東京医会誌, 51, 2 (昭9, 8). —21) 足立他: 日医放誌, 14, 3 (昭29). —22) 志賀: 日医放誌, 2, 3~5 (昭16~18). —23) 吉村: 日医放誌, 11, 10 (昭27). —24) Weingaertner, M.: Arch. f Laryngol u Rhinol. (1919). —25) Mac-klin, C.: Am. J. Anat. 35, 303 (1925). —26) Stutz, E.: Fortshr. Röntgenstr. 72, 309 (1949). —27) 小倉: 日医放誌, 18, 4 (昭33). —28) H. Assmann: Die Klin. Röntgendiagnostik in der Erkrant. (1934). —29) N. Westermarck: Röntgenstudies of the lungs and heart. (1948). —30) 三宅: 四国医学雑誌, 8, 3 (昭31). —31) 山中: 臨床放射線, 3, 10 (1958). —32) G. Rigler: Am. J. Roentgenol. 82, 1 (1959). —33) 佐久間: 日医放誌, 20, 2 (昭35). —34) Corcoran: Radiology 50, 751 (1948). —35) Leonard: Arch. Indust. Health. 11, 189 (1955). —36) 峰木: 日医放誌, 19, 9 (昭34). —37) 浅川他: 日医放誌, 21, 3 (昭36).