体位変換における肺換気力学

肺 compliance と機械的抵抗について

山口医科大学第二内科（指導 三瀬淳一教授）

中岡 秀男

BODY POSITION AND MECHANICS OF BREATHING.
INFLUENCES OF CHANGING BODY POSITION UPON PULMONARY
COMPLIANCE AND MECHANICAL RESISTANCE

BY

Hideo Nakaoka

Department of Medicine, Yamaguchi University Medical School

(Director: Prof. Junichi Mise, M.D.)

梗概 異なった体位において肺の換気動態がいかなる差異を示すかについて、肺圧縮率(肺 compliance)と機械的抵抗を各体位において測定して、観察し、起坐呼吸の発生機構を追求する一助とした。健康者、肺疾患々者および心疾患々者の3群について坐位、右側臥位、左側臥位および背臥位において測定した結果は、いずれの疾患群も坐位で compliance 最も大、機械的抵抗最も小であった。臥位への体位変換による compliance の低下度は各疾患群に大差がみられなかったが、機械的抵抗は、肺疾患群でその増加が最も大であり、しかも左側に比し右側臥位における方が、また心疾患群では右側に比し左側臥位の方がより大なる傾向がみられる。これらの結果と、心不全患者に最も強く現われる起坐呼吸ならびにしばしば右側偏側臥呼吸 (trepopnea) のみられる事実とを関連させて発生機構について検討した。

緒 言

臥位で呼吸困難をうつたえる左心不全患者が起坐位をとると軽減もしくは消失することは日常経験するところであり、これは肺うつ血などで説明せられているが、一方肺うつ血の著明でない肺疾患々者においても軽度ではあるが起坐呼吸はみられ、これは肺うつ血をその主因とはなしえない。これら起坐呼吸の発生機序に関し、体位における換気動態を知ることは機序解明に重要な手がかりを与えるであろう。

換気の力学的検索は、Fry¹⁾らにより食道内圧

変動が胸腔内圧変動を忠実に反映することを報告して以来、非常に容易となり急速に進展した。Attinger²⁾らは正常および肺疾患々者における換気力学的観察により、背臥位においては坐位に比し明らかに換気動態の悪化を来すことを報告している。著者は、さらに側臥位における換気動態についても観察し、起坐呼吸とともに偏側臥呼吸の病態をも検討するため、正常ならびに心肺疾患々者について、坐位、背臥位および左右側臥位における換気の力学的観察をおこなったので、こゝに報告する。

検査対象

三瀬内科外来および入院患者31例(男24例, 女7例), その中, 正常例として心肺系に異常の認められないもの7例, 肺疾患7例, 心疾患17例について観察した. その概要は, Table 1, 2, 3, に示した.

検査方法

胸腔内圧測定は食道内圧法により, 食道内圧口腔内圧較差を Statham differential manometer により, また気流測定は pneumotachometer

及び Statham 低圧用 differential manometer により, また換気量は pneumotachograph manometer より電気的積分装置を用い測定した. また心拍動の食道内圧への影響が大であることがあり, 食道内圧曲線判読の参考に資するために, 心電図(第2誘導)をも記録, これらを横河6素子電磁オシログラフによつて同時記録した.

これらの装置により求めた換気力学的諸量は, 肺の弾性度, 気道抵抗および肺組織抵抗について測定した.

Table 1. Mechanics of breathing in normal subjects in sitting position.

Name	Age	Sex	Diagnosis	V C (L)	M B C (L/min)	Compl. (Funct.) (L/cmH ₂ O)	Mean Mech. Resist (cmH ₂ O/L/sec)	
							Insp	Exp
	22	F	Nephritis	-	-	0.143	2.04	2.32
	23	M	Nephritis	4.56	116	0.150	1.60	2.05
	23	M	Nephritis	3.79	135	0.132	0.74	0.90
	46	M	Diabetes	3.25	45	0.172	1.17	1.85
	20	M	Normal	3.46	63	0.190	0.78	1.67
	22	M	Normal	-	-	0.164	-	-
	45	M	Normal	-	-	0.182	1.50	1.84
Average				3.77	91	0.162	1.31	1.77

Abbreviations

VC: vital capacity, L. MBC: maximal breathing capacity, L/min. Compl.: compliance, L/cmH₂O. Mech. Resist.: mechanical resistance cmH₂O/L/sec, Insp: inspiratory resistance. Exp: expiratory resistance.

Table 2. Mechanics of breathing in patients with pulmonary disease in sitting position.

Name	Age	Sex	Diagnosis	V C (L)	M B C (L/min)	Compl. (Funct.) (L/cmH ₂ O)	Mean Mech. Resist (cmH ₂ O/L/sec)	
							Insp	Exp
	50	M	Pulm. fibrosis	3.23	147	0.159	2.12	2.20
	28	F	L-Thoracoplasty	2.42	46	0.074	3.12	4.71
	56	M	Asth. bronch.	-	-	0.108	-	-
	42	M	Asth. bronch.	2.88	78	0.150	3.00	4.18
	40	M	Asth. bronch.	1.53	49	0.095	13.72	8.90
	45	M	Pulm. emphyema	1.44	17	0.150	8.93	13.12
	55	M	Pulm. emphyema	2.10	30	0.149	4.33	12.09
Average				2.28	61	0.126	5.99	7.53

Table 3. Mechanics of breathing in patients with cardiac disease in sitting position.

Name	Age	Sex	Diagnosis	V C (L)	M B C (L/min)	Compl. (Funct.) (L/cmH ₂ O)	Mean Mech. Resist (cmH ₂ O/L/sec)	
							Insp	Exp
	30	F	Mit. stenosis	2.83	45	0.141	-	-
	46	M	Mit. stenosis	1.66	54	0.070	7.34	2.72
	40	M	Mit. stenosis	-	-	0.060	2.65	5.85
	22	M	Mit. stenosis	3.26	72	0.125	0.85	1.40
	35	M	Mit. stenosis	2.76	57	0.105	3.13	0.75
	49	F	Mit. stenosis	2.34	86	0.115	0.54	1.44
	35	F	Mit. stenosis	2.51	59	0.086	3.90	4.12
	39	F	Mit. stenosis	1.82	61	0.073	4.20	6.30
	32	M	Mit. stenosis	2.27	128	0.092	-	-
	49	F	Mit. insuff.	1.69	53	0.093	-	-
	32	M	Mit. insuff.	-	-	0.063	3.01	3.24
	41	M	Mit. insuff.	3.31	95	0.090	2.77	5.71
	40	M	Mit. insuff.	3.00	78	0.096	2.77	1.28
	18	M	Mit. insuff.	-	-	0.064	-	-
	54	M	Aort. insuff.	2.90	107	0.150	3.34	4.31
	36	M	Aort. insuff.	3.09	76	0.136	2.89	2.17
	13	M	Congenital	3.77	110	0.186	0.76	0.99
Average				2.66	77	0.103	2.97	3.10

肺弾性度は肺圧縮率 (pulmonary compliance, 以下 compl. と略す) として胸腔内圧単位変化に対する肺容量の変化で表わし (l/cmH₂O), 呼気および吸気の終末で, 気流零時の食道内圧差をもつて, それに相当の換気量を除して求め, これを機能的 compl. (functional compliance) とした. なお心拍動の食道内圧曲線への重畳あるいは食道壁の緊張など, 圧変化に誤差を生じることがあるため, 少なくともほぼ等しい換気量 12 cycles の compl. の平均をもつて算定した. compl. 小なるものは肺の硬度増加, すなわち弾性低下を意味する.

気道抵抗および肺組織抵抗は, これらを一括して機械的抵抗として求めた. これは呼吸 1 cycle を呼気, 吸気について各 12 等分し, おのおの肺内圧をそれに相当の気流量で除したもの (cmH₂O/l/sec) をおのおの平均したものを求め, 少なく

とも 2 cycles の平均をもつて平均吸気時あるいは呼気時機械的抵抗 (mean inspiratory or expiratory mechanical resistance) とした.

被検者はまず坐位において上記諸量を測定, 浅呼吸, 深呼吸をも試みさせ, ついで右側臥位, 左側臥位, 背臥位の順に, さらにもう一度坐位にもどして測定, おのおの各体位における測定をおこなった. 坐位における数値は前後 2 回の数値を比較検討し多くは最後のものを採った. また別に坐位における肺活量, 分時最大換気量を Collins 9L respirometer (Tatebe) を使用して上記諸測定の数時間後測定した.

成績ならびに考案

坐位における機能的 compl., 機械的抵抗, 肺活量および分時最大換気量を正常群, 肺炎患群, 心疾患群別にそれぞれ Table 1, 2, 3, に示した.

正常群においては肺活量 3.25~4.56l, 平均 3.77

l であり、また分時最大換気量は45~135l/min, 平均91l/min であった。機能的 compl. は 0.132~0.182l/cmH₂O, 平均 0.162l/cmH₂O であり、機械的抵抗は吸気時0.74~2.04cmH₂O/l/sec, 平均 1.31cmH₂O/l/sec, 呼気時は 0.90~2.32cmH₂O/l/sec, 平均1.77cmH₂O/l/sec であった。

肺疾患群においては肺活量は 1.44~3.23l, 平均2.28l であり、分時最大換気量は17~147l/min, 平均61l/min, 機能的 compl. は 0.074~0.159 l/cmH₂O, 平均 0.126l/cmH₂O と正常群に比して、いずれも明らかな低下が認められ、また機械的抵抗は吸気時 2.12~13.72cmH₂O/l/sec, 平均 5.95cmH₂O/l/sec, 呼気時2.20~13.12cmH₂O/l/sec, 平均7.53cmH₂O/l/sec と著明な増大を示しており慢性肺気腫および気管支喘息の1例では特にいちじるしい。

心疾患群においては肺活量は 1.66~3.77l, 平均2.66l であり、分時最大換気量は45~110l/min, 平均77l/min と正常に比して明らかに低下が認められるが、肺疾患に比するとやや高値である。一方、機能的 compl. は 0.060~0.186l/cmH₂O, 平均 0.103l/cmH₂O で3群中最も低く、また機械的抵抗は吸気時0.54~7.34cmH₂O/l/sec, 平均 2.97cmH₂O/l/sec で、呼気時0.75~6.30cmH₂O/l/sec, 平均3.10cmH₂O/l/sec であり、正常に比して増大しているが肺疾患群に比べると低値である。心疾患群中、先天性疾患の1例は心房中隔欠損症であり、肺うつ血などは全く認められず自覚的無症状の症例である。

肺活量と compl. との間に有意の相関があることはすでに Brown³⁾ らにより報告されているが、著者の31例についてみた坐位における機能的 compl. と肺活量との関係は Fig. 1 のごとくであって、肺疾患群では、慢性肺気腫の例を除けば両者はよく相関している。しかし機械的抵抗と分時最大換気量との間には Fig. 2 に示されたごとくで、特に有意の相関は認められない。

これら疾患群の体位変換による肺の機能的 compl. の変動については、正常群では Table 4

Fig. 1. Relation between functional compliance and vital capacity.

Fig. 2. Relation between mechanical resistance and maximal breathing capacity.

に示したごとくであり、その平均値の変動は坐位 0.162l/cmH₂O, 右側臥位 0.131l/cmH₂O, 左側臥位 0.138l/cmH₂O, 背臥位 0.139l/cmH₂O であり、坐位最も高値であり背臥位, 左側臥位, 右側臥位の順に低下が認められる。

肺疾患群においては Table 5 に示すごとくで坐位 0.126l/cmH₂O, 右側臥位 0.098l/cmH₂O,

Table 4. Functional compliance in different body positions in normal subjects.

Name	Compl. (Funct.) (L/cmH ₂ O)			
	Sitt.	R-lat.	L-lat.	Sup.
	0.143	0.123	0.137	0.162
	0.150	0.120	0.144	0.140
	0.132	0.108	0.108	0.116
	0.190	0.124	0.114	0.114
	0.164	0.145	0.140	0.142
	0.182	0.142	0.165	0.115
Average	0.162	0.131	0.138	0.139

Table 5. Functional compliance in different body positions in patients with pulmonary disease.

Name	Compl. (Funct.) (L/cmH ₂ O)			
	Sitt.	R-lat.	L-lat.	Sup.
	0.159	0.149	0.156	0.160
	0.074	0.061	0.057	0.043
	0.103	0.032	0.093	0.094
	0.150	0.126	0.140	0.139
	0.095	0.070	0.034	0.063
	0.150	0.092	0.095	0.103
	0.149	0.104	0.119	0.102
Average	0.126	0.093	0.106	0.101

左側臥位 0.106l/cmH₂O, 背臥位 0.101l/cmH₂O であり正常群と同様坐位において最も高く, 左側臥位, 背臥位, 右側臥位の順に低下がみられる。

また心疾患群においては Table 6 に示すごとく, 坐位 0.103l/cmH₂O, 右側臥位 0.084l/cmH₂O, 左側臥位 0.078l/cmH₂O, 背臥位 0.087l/cmH₂O であり坐位, 背臥位, 右側臥位, 左側臥位の順に低下が認められた。これら各群における変動を Fig. 3 に図示した。上図はそれぞれの平均値の変動を示し, 下図は坐位を 100% としたときの機能的 compl. の変動を示したものである。いずれも坐位において最も高く, 臥位に移ると明らかな低下が認められ, 諸種疾患におけるその低下度には大差が認められなかった。側臥位における変動

Table 6. Functional compliance in different body positions in patients with cardiac disease.

Name	Compl. (Funct.) (L/cmH ₂ O)			
	Sitt.	R-lat.	L-lat.	Sup.
	0.141	0.142	0.134	0.138
	0.070	0.060	0.062	0.060
	0.060	0.053	0.049	0.053
	0.125	-	0.105	0.103
	0.105	0.115	0.095	0.103
	0.115	0.035	0.033	0.079
	0.086	0.055	0.050	0.034
	0.073	0.036	0.030	0.073
	0.092	0.075	0.035	0.090
	0.093	0.073	0.070	0.030
	0.063	0.061	0.047	0.062
	0.090	0.066	0.061	0.033
	0.096	0.072	0.055	0.070
	0.064	0.053	0.047	0.059
	0.150	0.090	0.105	0.035
	0.136	0.115	0.030	0.116
	0.136	0.130	0.120	0.132
Average	0.103	0.084	0.073	0.037

Fig. 3. Functional compliance in different body positions.

は, 正常および肺疾患群では左側臥位に比し右側臥位が軽度ながら低下しているに比し, 心疾患群

Table 7. Mechanical resistance in different body positions in normal subjects.

Name	Mean Mechanical Resistance (cmH ₂ O/L/sec)							
	Sitt.		R-lat.		L-lat.		Sup.	
	Insp	Exp	Insp	Exp	Insp	Exp	Insp	Exp
	2.04	2.32	2.08	2.94	2.00	2.33	2.08	3.02
	1.60	2.05	1.89	2.09	1.90	2.10	1.91	2.00
	0.74	0.90	2.93	1.04	2.02	2.00	1.98	2.07
	1.17	1.35	1.72	3.01	2.02	2.31	1.45	2.30
	0.78	1.67	1.20	2.54	0.96	2.42	1.04	2.52
Average	1.27	1.76	1.96	2.33	1.78	2.33	1.69	2.50

Table 8. Mechanical resistance in different body positions in patients with pulmonary disease.

Name	Mean Mechanical Resistance (cmH ₂ O/L/sec)							
	Sitt.		R-lat.		L-lat.		Sup.	
	Insp	Exp	Insp	Exp	Insp	Exp	Insp	Exp
	2.12	2.20	2.15	3.01	2.08	2.95	3.22	3.71
	3.12	4.71	4.00	5.98	5.32	6.53	4.73	6.80
	3.00	4.13	3.98	4.03	4.92	5.00	4.13	5.01
	13.72	8.90	14.00	10.58	9.70	10.81	12.10	13.02
	8.93	13.12	12.93	20.24	12.01	19.92	14.13	20.21
	4.83	12.09	8.94	15.82	7.32	13.46	10.32	13.90
Average	5.95	7.53	7.67	9.94	6.97	9.73	8.11	10.04

では反対に左側臥位において低下の傾向が認められた。

一方、機械的抵抗の体位における変動については、まず吸気時のそれは、Table 7に示すごとく正常群においては、平均値は坐位1.27cmH₂O/l/sec、右側臥位1.96cmH₂O/l/sec、左側臥位1.78cmH₂O/l/sec、背臥位1.69cmH₂O/l/secであり、坐位において抵抗値最も小であり、背臥位、左側臥位、右側臥位の順に増大が認められる。

肺疾患群においてはTable 8に示すごとく坐位5.95cmH₂O/l/sec、右側臥位7.69cmH₂O/l/sec、左側臥位6.97cmH₂O/l/sec、背臥位8.11cmH₂O/l/secであり、坐位が最も小、ついで左側臥位、右側臥位、背臥位の順に増大している。

また心疾患群においてはTable 9に示すごとく坐位2.97cmH₂O/l/sec、右側臥位3.72cmH₂O/l/sec、左側臥位4.53cmH₂O/l/sec、背臥位3.62cmH₂O/l/secであり左側臥位において最も高値であり、右側臥位、背臥位、坐位の順に小となっている。

一方、呼気時抵抗は正常群では坐位1.76cmH₂O/l/sec、右側臥位2.33cmH₂O/l/sec、左側臥位2.33cmH₂O/l/sec、背臥位2.50cmH₂O/l/secであり、坐位最も小、ついで右側および左側臥位、背臥位において最も大である。

肺疾患群では、坐位7.53cmH₂O/l/secで最も小、ついで左側臥位9.78cmH₂O/l/sec、右側臥位9.94cmH₂O/l/sec、背臥位では10.04cmH₂O/l/secと

Table 9. Mechanical resistance in different body positions in patients with cardiac disease.

Name	Mean Mechanical Resistance (cmH ₂ O/L/sec)							
	Sitt.		R-lat.		L-lat.		Sup.	
	Insp	Exp	Insp	Exp	Insp	Exp	Insp	Exp
	7.34	2.72	4.56	6.78	9.10	6.82	3.63	6.45
	2.65	5.85	3.96	7.03	7.09	6.11	3.04	5.75
	0.85	1.40	3.08	2.84	4.11	3.98	4.25	2.02
	3.13	0.75	2.37	1.44	1.35	1.15	2.32	2.83
	0.54	1.44	1.76	3.27	3.16	3.95	2.45	3.38
	3.90	4.12	4.09	5.55	4.14	4.02	4.28	5.82
	4.20	6.30	6.12	9.33	6.08	10.15	5.82	9.06
	2.77	5.71	5.31	7.43	2.43	5.61	4.80	7.72
	2.77	1.28	1.21	2.72	5.06	3.29	3.11	1.05
	3.84	4.31	5.54	5.59	6.81	8.36	4.01	7.06
	2.89	2.17	3.10	3.09	3.30	4.23	3.20	4.04
	0.76	0.99	3.16	0.97	1.76	1.31	2.55	1.79
Average	2.97	3.09	3.72	4.72	4.53	5.08	3.62	4.75

Fig. 4. Mechanical resistance in different body positions.

最も大である。

また心疾患群では、坐位3.09cmH₂O/l/sec, 右側臥位4.72cmH₂O/l/sec, 左側臥位5.08cmH₂O/l/sec, 背臥位4.75cmH₂O/l/secで、坐位最も小であり、右側臥位、背臥位の順で左側臥位が最も大である。

これら平均値の変動を疾患群別に Fig. 4 に示した。正常群の体位における変動に比して心肺疾患、ことに肺疾患群では吸呼吸時ともにその変動大であり、また側臥位における抵抗値は肺疾患と心疾患では逆の傾向が認められるのは興味がある。機能的 compl. の体位における変動と機械的抵抗のそれは、ほぼ同様の傾向を示し、坐位に比し臥位において、明らかな換気抵抗増大が観察された。

以上の観察をするに当つて、まず考慮すべきものに食道内圧の体位における忠実性、再現性の問題がある。従来、坐位においては食道内圧は胸腔内圧を忠実に反映するとして広く認められているが⁴⁾、背臥位においては必ずしも一定しないとい

う研究者もある。

Mead⁵⁾ らによると、背臥位においては食道内圧の圧レベルは胸腔内圧に比し、より陽圧側に移動するが、これは食道が他の縦隔洞周囲臓器により圧迫せられるためであろうとし、さらに胸腔内圧および食道内圧の圧振幅は背臥位では、食道内圧は胸腔内圧に比し、5例の測定で4例は大であった。もしかくのごときことがあるとすれば、compl. ならびに機械的抵抗測定にあたり、食道内圧法によれば compl. は小、抵抗は大きな値をうることになる。

しかるに Attinger²⁾ らは、一側の胸腔内液貯留、気胸などによる dysfunction がある時には明瞭な差を示すが、通常、体位変換における換気動態観察に食道内圧を用いることは適正であると述べている。

けだし食道内圧は測定法、食道壁ないしその周囲臓器の特性などにより変化するものであり、必ずしも不適とはなしえないであろう。

肺活量と compl. とに有意の相関あることはすでに述べた如くであり、肺疾患では慢性肺気腫の例を除けば、よく相関がみられた。各疾患群それぞれの平均値を比べると肺疾患群が最も低いが、一方、機能的 compl. は心疾患に比し肺疾患の方がむしろ高値を示している。これは肺疾患では慢性肺気腫の例を含めた平均値であるためと思われる。Swanberg⁶⁾、Christie⁷⁾ らは坐位に比して側臥位および背臥位では肺活量の減少を来たと報告しており、教室の利重⁸⁾ の観察によると坐位を100%としたさいの各体位の肺活量変動の平均は正常および肺疾患群では、坐位最も大であり、ついで左側臥位、右側臥位ならびに背臥位の順に減少、心疾患群では右側臥位、左側臥位、背臥位の順に減少すると報告している。著者の観察でも compl. の変動は、ほぼ同様の傾向がみられ、特に左右側臥位における観察で、心疾患群は左側臥位の方が、また肺疾患群では右側臥位の方が、それぞれ低値であることは利重のえた結果と符合しており興味がある。

かくのごとく、背臥位における compl. 低下および肺活量の減少は、臥位への体位変換により、右心への静脈還流が増大して肺うつ血の増強することが主因であると従来考えられた。肺うつ血による肺血量増加、肺血管内圧の上昇、さらに間質浮腫等のために、肺弾力系の硬化、換気肺容量の減少を来とし、compl. 低下の一因を作ると考えられる。

これに関し、Sharp¹⁰⁾ は正常およびうつ血性心不全患者の坐位および腹臥位 (prone position) における compl. を観察して、正常例ではほとんど有意の変化を示さないが、うつ血性心不全患者では、腹臥位に変換後直ちに平均約20%の compl. 低下を認めたとし、これは、おそらく肺浮腫によるものであろうと述べている。

左房圧と肺 compl. の間に関連のあることを Borst¹¹⁾ らが報告しているように、肺毛細管圧上昇は肺 compl. 決定に重要な役割を演ずるものと考えられる。Donald¹²⁾ らは、正常および心疾患例について、体位変換による肺動脈圧の変化をみ、横臥位においては、正常例に比し心疾患例では、より著明に上昇すると述べている。これが肺血管抵抗の増加によるものか、肺毛細管圧上昇によるものかは決定していない。けだし横位をとると肺が全体として左室より低くなり、ために静水力学的に肺血圧の上昇を来す可能性も考えられる。肺動脈圧上昇が compl. を低下せしめるか否かについては、Borst らは生犬の実験で、否定している。今日なお不明な点も多いが、健常例の低酸素負荷による急性 hypoxia の実験において教室の平間¹³⁾ は、肺動脈圧上昇も compl. 低下の一因子と述べている。

compl. 低下の他の因子として肺内ガス不均等分布の問題がある。もし臥位で不均等ガス分布をおこせば機能的 compl. は低下する。今、肺を多くの単一肺胞気管支系の集合とみなすと、ガス分布は気道の抵抗と肺胞の compl. とにより決定され、 $\text{compliance} \times \text{resistance} = \text{time}$ 、これは時定数 (time constant) と呼ばれており、この時

定数が肺内で均一であれば全小肺胞気管支系へのガス流入は等しい。しかし各部分で compl. もしくは resistance あるいはその両者の変化のために各時定数が異なつて来ると各単一系へのガス分布は不等となり、機能的 compl. 低下を来たし、かつ呼吸数の増すほど、それはいちじるしくなる。かくのごとき肺内ガス不均等分布が臥位でおこるであろうことは我々¹⁴⁾の心不全患者の観察においてもみられる通りであり、また Attinger²⁾らも正常例にはほとんど認められないが、心肺疾患々々、なかんずく肺気腫においては特に著明におこると報告している。著者の実験で慢性肺気腫の2例は他の心肺疾患例に比し、坐位より臥位への変換で compl. 低下いちじるしく大であつた。

次に臥位への体位変換で横隔膜の挙上かつその運動制限を来たすことも換気肺容量の減少を来たすこととなり、compl. を低下せしめると考えられる。

そのほか、肺うつ血と関連して compl. 低下に関与する因子として肺胞壁と肺胞気との間の表面張力の問題がある。Sharp¹⁶⁾らは肺浮腫における表面張力による compl. について論じており、特にうつ血性心不全患者においては、臥位におこると思われる肺うつ血の増強は、当然、表面張力を変化せしめると考えられるが、この問題はまだ明らかではない。

また機能的残気量の増減は compl. を変化せしめる重要な因子である。McMichael¹⁾らは健常者について坐位に比し臥位では明らかな減少を来たと述べており、Lim¹⁵⁾らによると健常例において臥位では compl. の低下を来たすが、これと比例して機能的残気量の減少が認められ機能的残気量を考慮した specific compliance は坐位におけると同値であつたと述べている。かくのごとき機能的残気量の減少は compl. 低下の重要な因子であるが、一方 Altschule⁹⁾らの心不全患者の体位における観察では、臥位において健常例に比してその減少は著明ではなかつたと述べている。これらは、更に今後検討を要する。

機械的抵抗は正常群に比し心肺疾患群、ことに

肺疾患群では臥位においていちじるしい増大を示しており、なかんずく慢性肺気腫の症例は特に著明な増大を来たしていた。著者の観察において機械的抵抗は肺組織抵抗および気道抵抗を含めて同時に測定したものであり、いずれが主として変化したかは断定しえないが、主として気道抵抗の増加によるものであらうと推察される。

Cherniack¹⁷⁾らは背臥位においては、健常群、心不全患者群ともに粘性抵抗の増大を来たすが、健常群の場合は呼吸の全周期にわたりほぼ均一であるに比し、心不全例においては均一でなく吸気の初期および呼気の終期で特に増大する。すなわち肺容量の小なるときに抵抗値がより大となる傾向があると述べ、これは肺うつ血あるいは肺浮腫により気道の狭小ないし閉鎖を来たすものであらうとしている。しかし、一方、心疾患に比し肺疾患群では著明な抵抗増大をみることもあり、ことに肺気腫などの例では肺うつ血による気道の狭窄で説明することは困難であり、これは坐位より横臥位への変換で、胸腔内圧が、より陽圧側に傾き、ために気道の圧迫をおこすことによるものであらうと考えられる。肺気腫患者では、特に胸腔内圧と気道内圧との圧差の変動が大きく、線弱な小気道部が圧迫を受けることが機械的抵抗、ことにその呼気時における増大の因をなすものと考えられる。

かくのごとく坐位に比し臥位において明らかな換気抵抗増大、したがって抵抗に打ち勝つべき仕事の増大を余儀なくされ、これが起坐呼吸発生機序に大なる関連を有するものであらう。

起坐呼吸の成因に関しては古くより多くの考察がなされている¹⁸⁾。すでに Peabody¹⁹⁾らはうつ血性心不全の起坐呼吸は肺の換気力学的変化によると述べているが、最近は同様の見地より臥位では肺うつ血による肺 compl. の低下を来たし、そのため弾性仕事の増大を来たすことが考えられているが、Cherniack¹⁷⁾らによると正常例およびうつ血性心不全においてはともに臥位における弾性抵抗および粘性抵抗の増加は認められるが分時

換気量の減少があるため、分時弾性仕事量はほとんど増加しないのに比し、分時粘性抵抗仕事量は正常例で約30%，心不全例では50%増加となることより起坐呼吸の成因に粘性抵抗仕事量の増大をあげている。

したがって、うつ血性心不全においては起坐位より背臥位への体位変換により肺うつ血の増強を来し、また左室に対し肺が低位となるため肺血圧が上昇する。さらに横隔膜の挙上などによる換気肺容量、機能的残気量の減少を来し、*compl.*の低下をおこす、すなわち肺硬度の増加を来す。反射による呼吸数の増加、呼吸筋の運動制限なども加わり呼吸困難に至るものと考えられる。

肺気腫を主とした肺疾患にみられる呼吸困難は、肺うつ血よりむしろなんらかの他の原因、たとえば胸腔内圧の、より陽性化などによる *air way*の狭窄が容易におこりうると考えられ、したがって機械的抵抗の増加いちじるしく、さらに換気肺容量、機能的残気量の減少、不均等ガス分布などによる *compl.*低下などのための換気抵抗増大が呼吸困難発生に関与しているものと考えられよう。

一方、心不全における呼吸困難は肺疾患群に比し、特に換気抵抗増大に大差を認めえないことより、心不全時におけるものは、心拍出量減少、循環不全による組織アノキシアのため呼吸筋の *exercise tolerance* の低下が呼吸困難を惹起する因子となるものであろう。

心不全患者においてしばしば左側臥位で呼吸困難を訴えるいわゆる偏側臥呼吸 (*trepopnea*) をみるが、Wood²⁰⁾らは左側臥位においては拡大した心臓により縦隔洞の血管、殊に左肺静脈の圧迫により肺うつ血の増強を来すためであるとも考えているごとく、著者の測定した換気抵抗が肺疾患群においては右側臥位が大であるに比し、心疾患群においては左側臥位において明らかな増大を示していることは事実とよく符合する。これらの機構についてはさらに検討を要する。

総 括

心肺系に異常を認めえない正常例、肺疾患および心疾患計31例について坐位、右側臥位、左側臥位、背臥位における肺圧縮率（機能的 *compl.*）、機械的抵抗を測定し、比較観察した。

その結果、どの群においても坐位において *compl.*最も大、機械的抵抗最も小であり、臥位においては明らかに換気抵抗増大が認められた。各体位の *compl.* 平均値の変動をみると、正常群、肺疾患群、心疾患群ともにほぼ同程度の変化を示しているが、側臥位においては正常および肺疾患群は右側臥位の方が、また心疾患群においてはむしろ左側臥位の方がより低下の傾向が認められた。一方、機械的抵抗については、正常群は体位による変動最も小であり、心肺疾患殊に肺疾患において特に呼吸抵抗の増大が著明であつた。また側臥位においては、吸呼吸ともに *compl.* の変化と同様の傾向で、肺疾患群においては右側臥位で、また心疾患群においては左側臥位において機械的抵抗の増大が認められた。これら臥位における換気抵抗の増大は、臥位となることにより、肺うつ血の増強、また肺血管内圧の上昇などにより肺の硬度増加、横隔膜の挙上かつその運動制限、胸腔内圧のより陽性化などによる換気肺容量、機能的残気量の減少、不均等ガス分布などのため、肺 *compl.* の低下を来し、またさらに気道狭窄などによる機械的抵抗の増大を来すなどの可能性が考えられ、これらは心不全患者においてはさらに呼吸筋の *exercise tolerance* 低下などと相まち起坐呼吸の発生の因をなすものと考えられよう。また心不全患者にしばしばみられる右側偏側臥呼吸に関し、特に左側臥位において換気抵抗の増大をみることができた。

（本論文要旨は昭和33年10月第1回日本循環器学会中国四国地方会、昭和34年4月第23回日本循環器学会総会において三瀬教授及び平間により発表された。）

文 献

- 1) Fry, D.L., Stead, W.W.: J. Lab. and Clin. Med. 40: 664, 1952. — 2) Attinger, E.O., Monroe, R.G., Segal, M.S.: J. Clin. Invest. 35:904,

1956. — 3) Brown, C.C., Fry, D.L.: Am. J. Med. 17 : 438, 1954. — 4) Mead, J., McIlroy, M.D., Selverstone, N.J.: J. Appl. Physiol. 7 : 491, 1955. — 5) Mead, J., Gaensler, E.A.: J. Appl. Physiol. 14 : 81, 1959. — 6) Swanberg, L.: Scandinav. J. Clin. and Lab. Invest., 9 : Suppl. 25, 1957. — 7) Christie, C.D., et al.: Arch. Int. Med., 31 : 85, 1923. — 8) 利重浩三: 日本内科学会雑誌, 47 : 1393, 1959. — 9) Altschule, M.D., et al.: J. Clin. Invest., 22 : 805, 1953. — 10) Sharp, J.T.: J. Clin. Invest. 38 : 659, 1959. — 11) Borst, H.G., Berglund E.: J.

Clin. Invest. 36 : 1708, 1957. — 12) Donald, K.W., Bishop, J.M.: Clin. Sci. 12 : 199, 1953. — 13) 平間宏: 日本循環器学誌, 22 : 894, 1959. — 14) 三瀬淳一他: 日本循環器学誌, 23 : 440, 1959. — 15) Lim, T.P.K., Cuft, U.C.: J. Appl. Physiol. 13 : 164, 1958. — 16) Sharp, J.J.: J. Clin. Invest. 37 : 111, 1958. — 17) Cherniack, R.M., Cuddy, T.E., Circulation. 15 : 859, 1957. — 18) 三瀬淳一, 森山勝利: 呼吸器診療, 13 : 22, 1958. — 19) Peabody, F.W.: Arch. Int. Med. 20 : 433, 1917. — 20) Wood, F.C., et al.: Am. J. Med. Sc. 19 : 354, 1937.