

腹腔内注入気体に関する研究

第1報 初回注入気体の組成変化

広島医科大学結核研究所（主任 和田 直教授）

岩 本 利 雄

（昭和 29 年 3 月 3 日受付）

緒 言

人工気腹療法（以下気腹と略す）はまず結核性腹膜炎について腸結核の治療法として登場したが、この方面への応用は間もなく衰微して今日では周知の如く殆んど専ら肺結核に対して用いられており、肺結核以外に対して行われる気腹はむしろ例外に属すると言つてよい程である。又腹腔内に注入する気体についても空気・酸素・窒素或いはヘリウム¹⁾の如きが用いられたけれども、現状においては空気の注入が最も普通である。ところで肺結核に対して行う気腹の奏効機転については諸説多くいまだ不明という他はないが、すくなくとも直接目的の最も大きなものは横隔膜を機械的に必要且つ充分挙上せしめるにあると一般に信じられている。しかしながら一面注入気体自身のもつ化学的或いは生物学的作用がある意味を持ち得ることも全くは否定できない。例えば阪田・井村²⁾は腹腔内注入気体として酸素或いは空気をを用いた場合には R.E.S. の機能が亢進するに反し、炭酸瓦斯³⁾に窒素を用いた際には著明に低下するという興味ある報告を行つている。そこで私は気腹の病態生理究明という教室の一貫した研究課題中の一分野を担当して腹腔内注入気体に関する研究を計画実施したのであるが、まず初回に注入した気体の組成変化について追求すべく、腹腔内に注入した諸種気体の組成変化を時間的に経過を追つて分析した。

実験方法

実験対象としては肺結核症例及び体重 2.0 kg 以上の健康成熟家兎を使用し、腹腔内に注入すべき 4 種気体中空気は気腹の日常実施法に従い、他の三者についてはそれぞれボンベと気腹器を直接連結し空気の混入を避けるように努めて注入し、その都度注入気体の分析を行つた。而して肺結核患者の場合は MC Burney 氏点の左側対称点で穿刺し、家兎では背位に固定して中腹部中心で穿刺を行つた。

注気量は肺結核症例では 400~500 cc 注入直後の腹腔内圧即ち Banyai⁴⁾ の所謂 direct pressure 或いは教室の所謂終圧⁵⁾ 4~5 cm 水柱以下の陽圧に止め、家兎の場合は終圧が 8~10 cm 水柱の陽圧に達するのを目標としてほぼ 300~500 cc を緩徐に注入した。かくの如くにして注気後 1 時間・6 時間・12 時間及び 24 時間を経て腹腔内残留気体を瓦斯採集管に採取して分析の用に供し

た。瓦斯分析には労研式小型呼気分析器⁶⁾を使用し、その際炭酸瓦斯は 10% 苛性加里液、酸素は飽和苛性加里液に 10% の割にピロガロールを溶解したものをもつて吸収せしめて炭酸瓦斯及び酸素の容量百分率を求めた。

実験成績

〔A〕臨床実験

第1表 腹腔内注入空気の組成変化

症例	性	年齢 (才)	組成 (%)	空 気 注 入 後 経 過 時 間			
				前	1 時 間	6 時 間	24 時 間
■	合	22	CO ₂	0	5.7	6.1	5.2
			O ₂	20.9	15.4	8.1	5.9
			N ₂	79.1	78.9	85.8	88.9
■	合	29	CO ₂	0	5.1	6.3	5.7
			O ₂	20.9	16.3	10.9	7.5
			N ₂	79.1	78.6	82.8	86.8
■	男	24	CO ₂	0	4.7	5.3	5.0
			O ₂	20.9	16.9	10.6	7.8
			N ₂	79.1	78.4	84.1	87.2
■	合	29	CO ₂	0	4.9	5.2	4.5
			O ₂	20.9	17.2	10.9	6.4
			N ₂	79.1	77.9	83.9	89.1
■	合	25	CO ₂	0	5.2	5.2	5.9
			O ₂	20.9	17.6	11.5	6.2
			N ₂	79.1	77.2	83.3	87.9
平 均			CO ₂	0	5.12	5.62	5.26
			O ₂	20.9	16.68	10.40	6.76
			N ₂	79.1	78.20	83.98	87.98

I 腹腔内注入空気の組成変化

肺結核患者の腹腔内に炭酸瓦斯 0%・酸素 20.9%・窒素 79.1% なる組成の空気を注入し、その後 1 時間・6 時間・24 時間の 3 回にわたつて残留気体の分析を試みたところ、第 1 表の如き成績を得た。すなわち平均値をみると空気注入後 1 時間にして炭酸瓦斯は 5.12%・酸素は 16.68%・窒素は 78.20% となり、動物実験と同様炭酸瓦斯は増加し酸素及び窒素は減少した。6 時間後には炭酸瓦斯は殆んど増減を示さず、酸素は一層減少して 10.40%・窒素は増加して 83.98% となつた。又 24 時間後には更に酸素は減じて 6.76%・窒素は増加して

87.98% となつた。

第2表 腹腔内注入炭酸瓦斯の組成変化

症例	性	年齢 (才)	組成 (%)	炭酸瓦斯注入後経過時間		
				前	1時間	3時間
■	♂	45	CO ₂	93.5	4.8	5.2
			O ₂	4.8	17.6	13.5
			N ₂	1.7	77.6	81.3
■	♂	55	CO ₂	93.5	6.7	6.2
			O ₂	4.8	17.8	10.9
			N ₂	1.7	75.5	82.9
■	♀	22	CO ₂	93.5	6.2	5.9
			O ₂	4.8	16.3	12.4
			N ₂	1.7	77.5	81.7
平 均			CO ₂	93.5	5.90	5.77
			O ₂	4.8	17.23	12.27
			N ₂	1.7	76.87	81.96

II 腹腔内注入炭酸瓦斯の組成変化

注入に供した炭酸瓦斯は炭酸瓦斯 93.5%・酸素 4.8%・窒素 1.7% の組成であつて、注入後においては第2表の如き組成の変化を示した。すなわち1時間後には炭酸瓦斯は著明に減少して 5.90% となつたが、窒素は急速に増加して 76.87% となり酸素も 17.23% と増加した。3時間後には炭酸瓦斯は 5.77% となり、窒素は更に増加して 81.96%・酸素は減少して 12.27% となつた。3時間後においては注入気体を既に採集できなかった。

第3表 腹腔内注入酸素の組成変化

症例	性	年齢 (才)	組成 (%)	酸素注入後経過時間			
				前	1時間	6時間	24時間
■	♀	19	CO ₂	1.2	4.8	4.2	4.5
			O ₂	94.3	76.1	44.3	7.7
			N ₂	4.5	19.1	51.5	87.8
■	♀	25	CO ₂	1.2	3.9	4.8	4.1
			O ₂	94.3	74.8	37.6	8.1
			N ₂	4.5	21.3	57.6	87.8
■	♂	46	CO ₂	1.2	5.7	6.5	4.5
			O ₂	94.3	71.7	45.2	6.2
			N ₂	4.5	22.6	48.3	89.3
■	♂	22	CO ₂	1.2	5.4	5.4	5.2
			O ₂	94.3	75.9	42.5	7.1
			N ₂	4.3	18.7	52.1	87.7
平 均			CO ₂	1.2	4.95	5.23	4.58
			O ₂	94.3	74.62	42.40	7.27
			N ₂	4.5	20.43	52.37	88.15

III 腹腔内注入酸素の組成変化

組成が酸素 94.3%・炭酸瓦斯 1.2%・窒素 4.5% である酸素を注入したが、注入後第3表に示したような変化がみられた。すなわち平均値をみると1時間後炭酸瓦斯は 4.95%・窒素 20.43% と増加し、酸素は減少して 74.62% となつた。引つづき6時間後には酸素は減少して 42.40% 窒素は増加して 52.37% となり、炭酸瓦斯には著明な増減をみとめなかつた。更に24時間後には酸素 (7.27%) は減少し、窒素 (88.15%) は増加した。

第4表 腹腔内注入窒素の組成変化

症例	性	年齢 (才)	組成 (%)	窒素注入後経過時間			
				前	1時間	6時間	24時間
■	♂	39	CO ₂	0	5.1	6.2	5.8
			O ₂	4.2	6.2	6.4	5.5
			N ₂	95.8	88.7	87.4	88.7
■	♀	29	CO ₂	0	5.3	6.8	5.6
			O ₂	4.2	4.8	8.5	5.9
			N ₂	95.8	89.9	84.7	88.5
■	♂	32	CO ₂	0	5.0	5.7	4.8
			O ₂	4.2	7.2	8.1	6.9
			N ₂	95.8	87.8	86.2	88.3
■	♂	30	CO ₂	0	4.2	4.6	5.1
			O ₂	4.2	6.6	9.1	5.8
			N ₂	95.8	89.2	86.3	89.1
平 均			CO ₂	0	4.90	5.82	5.32
			O ₂	4.2	6.20	8.03	6.03
			N ₂	95.8	88.90	86.15	88.65

IV 腹腔内注入窒素の組成変化

注入した窒素は炭酸瓦斯 0%・酸素 4.2%・窒素 95.8% という組成をもつていたが、注入後は第4表の如き組成の変化を示した。すなわち平均値をみると窒素は注入後1時間では 88.90%・6時間では 86.15% となつて減少が認められたが、24時間目の分析では 88.65% となつた。酸素は1時間で 6.20%・6時間では 8.03% と軽微ながら増加したが、24時間後においては 6.03% と少々減少した。炭酸瓦斯も矢張り1時間で 4.90%・6時間で 5.82% と僅かの増加を示したが、24時間では少々減少して 5.32% となつた。

第5表 腹腔内注入空気の組成変化

家兔 番号	性	体重 (kg)	組成 (%)	空気注入後経過時間				
				前	1時間	6時間	12時間	24時間
No.1	♀	2.7	CO ₂	0	4.9	6.6	6.1	6.3
			O ₂	20.9	17.5	8.8	7.2	6.9
			N ₂	79.1	77.6	84.6	86.7	86.8

No.2	♀	2.8	CO ₂	0	5.7	6.1	6.4	6.1
			O ₂	20.9	16.8	9.1	6.9	7.2
			N ₂	79.1	77.5	84.8	86.7	86.7
No.3	♀	2.5	CO ₂	0	5.3	6.3	6.0	5.9
			O ₂	20.9	16.4	9.5	7.4	6.8
			N ₂	79.1	78.3	84.2	86.6	87.3
平 均			CO ₂	0	5.30	6.33	6.17	6.10
			O ₂	20.9	16.90	9.13	7.17	6.97
			N ₂	79.1	77.80	84.54	86.66	86.93

〔B〕 動物実験

I 腹腔内注入空気の組成組化

家兎腹腔内に炭酸瓦斯 0%，酸素 20.9%・窒素 79.1% なる組成の空気を注入し、その後 1 時間・6 時間・12 時間及び 24 時間の 4 回にわたって残留気体の分析を試みたところ、第 5 表の如き成績を得たが 3 例とも略々同様の傾向を示した。すなわち空気注入後 1 時間にして炭酸瓦斯 5.30%・酸素 16.90%・窒素 77.80% となつて炭酸瓦斯は増加し酸素及び窒素は減少した。ついで 6 時間後には炭酸瓦斯は僅かに増加して 6.33%・酸素は減少して 9.13%・窒素は稍々増加して 84.54% となつた。12 時間後には炭酸瓦斯は殆んど増減を示さず、酸素は更に減少して 7.17%・窒素は増加して 86.66% となつたが、この組成は 24 時間後においても殆んど変化しなかつた。

第 6 表 腹腔内注入炭酸瓦斯の組成変化

家兎 番号	性	体重 (kg)	組成 (%)	炭酸瓦斯注入後経過時間				
				前	1 時間	6 時間	12 時間	24 時間
No.4	♀	2.7	CO ₂	76.5	7.1	6.8	6.2	6.5
			O ₂	4.7	15.3	8.4	8.1	7.2
			N ₂	18.8	77.6	84.8	85.7	86.3
No.5	♀	2.5	CO ₂	76.5	6.9	7.1	6.7	6.3
			O ₂	4.7	14.6	8.8	7.2	6.9
			N ₂	18.8	78.5	84.1	86.1	86.8
No.6	♀	2.7	CO ₂	76.5	6.4	6.2	6.4	5.8
			O ₂	4.7	15.5	8.7	7.9	7.1
			N ₂	18.8	78.1	85.3	85.7	87.1
平 均			CO ₂	76.5	6.80	6.70	6.43	6.20
			O ₂	4.7	15.13	8.63	7.73	7.07
			N ₂	18.8	78.07	84.67	85.84	86.73

II 腹腔内注入炭酸瓦斯の組成変化

注入に用いた炭酸瓦斯は炭酸瓦斯 76.5%・酸素 4.7%・窒素 18.8% という組成をもっており、注入後においては第 6 表のような変化を来した。すなわち平均値をみると注入後 1 時間にして炭酸瓦斯は著明に減少して 5.80%・窒素は急激に増加して 78.07%・酸素も増加し

て 15.13% となつた。6 時間後には炭酸瓦斯は著しい変化なく酸素は減少して 8.63%・窒素は増加して 84.67% となつたが、12 時間及び 24 時間においては既に著明な組成の変化はみられなかつた。

第 7 表 腹腔内注入酸素の組成変化

家兎 番号	性	体重 (kg)	組成 (%)	酸素注入後経過時間				
				前	1 時間	6 時間	12 時間	24 時間
No.7	♀	2.8	CO ₂	0.9	5.8	7.1	5.9	5.4
			O ₂	94.8	82.1	49.5	21.7	9.2
			N ₂	4.3	12.1	43.4	72.4	85.4
No.8	♀	2.5	CO ₂	0.9	6.3	6.4	5.4	6.1
			O ₂	94.8	80.4	38.7	19.4	8.2
			N ₂	4.3	13.3	54.9	75.2	85.7
No.9	♂	2.5	CO ₂	0.9	6.0	6.8	6.4	6.6
			O ₂	94.8	84.4	44.1	23.9	7.8
			N ₂	4.3	9.6	49.1	69.7	85.6
平 均			CO ₂	0.9	6.03	6.73	5.90	6.03
			O ₂	94.8	82.30	44.10	21.67	8.40
			N ₂	4.3	11.67	49.13	72.43	85.57

III 腹腔内注入酸素の組成変化

組成が酸素 94.8%・炭酸瓦斯 0.9%・窒素 4.3% である酸素を注入したが、注入後第 7 表に示したような変化がみられた。すなわち平均値をみると 1 時間後には炭酸瓦斯は 6.03%・窒素は 11.67% と増加し、酸素は減少して 82.30% となつた。6 時間後には窒素は更に増加して 49.13%・酸素は減少して 44.10% となつたが炭酸瓦斯 (6.73%) の増加は既に著明でなく以後も殆んど不変に止まつた。12 時間後には酸素 (21.67%) は更に減少を、窒素 (72.43%) は更に増加をつづけ、24 時間後には前者は 8.40%・後者 85.57% となつた。

第 8 表 腹腔内注入窒素の組成変化

家兎 番号	性	体重 (kg)	組成 (%)	窒素注入後経過時間				
				前	1 時間	6 時間	12 時間	24 時間
No.10	♂	2.4	CO ₂	0	6.4	6.1	5.7	6.2
			O ₂	3.1	4.5	7.6	7.2	7.1
			N ₂	96.9	89.1	86.3	87.1	86.7
No.11	♀	2.6	CO ₂	0	6.2	6.0	6.2	5.9
			O ₂	3.1	4.3	7.8	7.4	7.8
			N ₂	96.9	89.5	86.2	86.4	86.3
No.12	♂	2.3	CO ₂	0	5.8	6.2	6.5	6.6
			O ₂	3.1	5.1	7.1	7.4	6.7
			N ₂	96.9	89.1	86.7	86.1	86.7
平 均			CO ₂	0	6.13	6.10	6.13	6.23
			O ₂	3.1	4.63	7.50	7.33	7.20
			N ₂	96.9	89.24	86.40	86.54	86.57

IV 腹腔内注入窒素の組成変化

注入用窒素は炭酸瓦斯 0%・酸素 3.1%・窒素 96.9%という組成をもっていたが注入後は第8表の如き組成の変化を示した。すなわち平均値をみると窒素は注入後1時間で 89.24%・6時間で 86.40%と減少し、酸素は1時間で 4.63%・6時間で 7.50%と増加したが以後は共に殆んど変化を示さなかつた。而して炭酸瓦斯は1時間で既に 6.13%となり、以後増減をつづけなかつた。

総括並びに考按

腹腔内に注入された気体が時間の経過と共に如何なる組成の変化を来すものであるかについては、Henderson and Haggard⁷⁾の記載以来 Campbell⁸⁾, Pugsley⁹⁾, Rimini¹⁰⁾, 海老名¹¹⁾¹²⁾, 向野¹³⁾¹⁴⁾等の諸学者によつて報告されているが、人工気胸時注入瓦斯分析に附随して行われたものが多く一貫した検索はあまり行われていないのに鑑み、上述した如く私は空気・炭酸瓦斯・酸素及び窒素の4種気体を人体及び家兎腹腔内に注入し、その後注入気体にみられる組成の変化を系統的且つ詳細に追求した。以下その成績を総括すると共に文献を引用しつつ2・3の考察を試みたい。

第9表 腹腔内に注入された諸種気体の組成変化

実施者	使用動物	注入気体	検査時間	組 成 (%)	
Henderson and Haggard	犬	空気	24	CO ₂	5.2
				O ₂	6.5
Campbell	家兎	空気	24	CO ₂	6.5
				O ₂	5.2
	"	窒素	17	CO ₂	5.5
				O ₂	7.3
Rimini	不明	酸素	24	CO ₂	5.4~7.4
				O ₂	4.9~8.3
Pugsley	家兎	窒素	24	O ₂	5.0~7.5
海 老 名	犬	空気	25	CO ₂	4.77~6.42
				O ₂	6.36~9.02
	家兎	窒素	26	CO ₂	6.75
				O ₂	5.65
向 野	家兎	空気	24	CO ₂	4.97
				O ₂	7.42
	"	炭酸瓦斯	1	CO ₂	40.52
				O ₂	10.14
	"	酸素	24	CO ₂	3.48
				O ₂	22.12
	"	窒素	"	CO ₂	4.57
				O ₂	7.80

まず従来諸家によつて報告された注入気体の組成変化を一括表示すると第9表の通りである。

ところで私の得た上述の成績をみると、人体及び家兎の各気体各時間それぞれの組成は炭酸瓦斯及び酸素の容量が人体において一般に少々低い値を示したが、傾向は全く同様であつたので記述を簡易化するために以下動物実験の成績に基き総括しよう。

まず空気を注入した場合酸素は12時間に至るまで漸減したが、炭酸瓦斯は1時間で急に増加し以後は著明な増減を示さなかつた。炭酸瓦斯を注入すると同瓦斯は急激に減少して1時間以後はほぼ一定の値を示し、酸素は1時間で増加し以後は持続的に注入前の値より上まわつた%に止つた。酸素注入の場合における酸素は24時間に至るまで漸減の傾向を辿り、炭酸瓦斯は1時間で増量し以後はほぼ一定値を保つた。更に窒素を注入した際における酸素は6時間まで僅かながら増量し、炭酸瓦斯は1時間で増量したのみで以後は著しい変動を呈しなかつた。

而して4種気体注入後窒素・炭酸瓦斯・空気・酸素の順でおそくとも24時間に至るといづれもほぼ同様の組成を示しており、更に又別に測定した継続空気気腹症例の後充盈後1週間における腹腔内気体の成分(第10表)と比較すると、酸素の量がやや上まわつた傾向が認められたけれども大体において近似した成績が得られた。

なおかかる値は炭酸瓦斯の多いこと及び酸素の少ない

第10表 継続空気気腹症例後充盈後における
腹腔内気体の組成

症 例	性	年齢(才)	注気回数	組 成 (%)	
■	♂	29	158	CO ₂	4.9
				O ₂	5.3
				N ₂	89.8
■	♂	21	47	CO ₂	5.2
				O ₂	5.7
				N ₂	89.1
■	♂	30	138	CO ₂	5.5
				O ₂	6.1
				N ₂	88.4
■	♀	38	74	CO ₂	4.8
				O ₂	5.9
				N ₂	89.3
■	♀	28	25	CO ₂	5.3
				O ₂	5.1
				N ₂	89.6
平 均				CO ₂	5.14
				O ₂	5.62
				N ₂	89.24

第11表 呼吸・肺胞気の組成

	炭酸瓦斯(%)	酸素(%)	窒素(%)
呼 気	4.5	16.3	79.2
肺 胞 気	5.6	14.0	80.4

第12表 肋膜腔内に注入された諸種気体の組成変化

実施者	使用動物	注入気体	検査時間	組 成 (%)	
海老名	犬	空気	24	CO ₂	5.1~6.96
				O ₂	9.54~11.9
	"	炭酸瓦斯	"	CO ₂	4.44~7.19
				O ₂	10.42~11.85
向 野	"	酸素	"	CO ₂	4.27~5.36
				O ₂	10.31~11.25
	"	窒素	"	CO ₂	5.15~6.42
				O ₂	9.8~10.9
向 野	家兎	空気	"	CO ₂	3.97
				O ₂	9.64
	"	炭酸瓦斯	"	CO ₂	4.80
				O ₂	10.54
向 野	"	酸素	"	CO ₂	3.57
				O ₂	11.17
	"	窒素	"	CO ₂	3.94
				O ₂	9.73

ことで空気とはかなり趣を異にしており、又呼吸殊に肺胞気¹⁵⁾(第11表)とも全く同じではなく、更に先人の報告にかかる肋膜腔内に注入された諸種気体の24時間後における組成の変化(第12表)との比較を試みると、殊に海老名教授の指摘した如く酸素の量が幾分下まわっていることが注目をひいた。

結 語

肺結核症例並びに家兎腹腔内に空気・炭酸瓦斯・酸素・窒素の4種気体を夫々単独に注入し、その組成の変

化を時間的経過を追って系統的且つ詳細に追求したところ、いずれの気体を注入するもおそくとも24時間後には炭酸瓦斯5~7%・酸素6~8%・窒素86~88%というほぼ一定した組成を示すに至り、しかもかかる一定の数値に到達する時間的順序は窒素・炭酸瓦斯・空気・酸素の順であることを知った。

稿を終るに臨み終始御懇篤なる御指導並びに御校閲を賜った恩師和田教授に深甚なる謝意を表す。

文 献

- 1) Ricen, E.: U.S. Nav. M. Bull., 40: 853, 1942.
- 2) 阪田泰正・井村氏宏: 東京医事新誌, 69: 347—348, 昭27.
- 3) 阪田泰正・井村氏宏: 広島医学, 6: 192—193, 昭28.
- 4) Banyai, A.L.: Pneumoperitoneum Treatment, C. V. Mosby Company, 1946.
- 5) 戸川繁樹: 東京医事新誌, 70: 439—440, 昭28.
- 6) 沼尻幸吉: 労働科学, 23: 20—24, 昭22.
- 7) Henderson, Y. and Haggard, H.W.: Jour. of Biol. Chem., 38: 71, 1919.
- 8) Campbell, J.A.: Jour. of Physiol., 59: 1, 1924.
- 9) Pugsley, H.: Am. Rev. Tuberc., 44: 288, 1941.
- 10) Rimini, R.: Banyai, A. L.: Pneumoperitoneum Treatment, 1946. より引用.
- 11) 海老名敏明: 日本内科学会雑誌, 19: 316—331, 昭6.
- 12) 海老名敏明: The Tohoku Jour. of Experi. Med., 19: 355, 昭7.
- 13) 向野定一: 十全会雑誌, 37: 1566, 昭7.
- 14) 向野定一: 十全会雑誌, 37: 1634, 昭7.
- 15) 吉井直三郎: 臨床生理学, 下巻, 永井書店発行, 447, 昭28.