

窒息に関する研究補遺

慢性窒息時の血液ガス変動について

東京女子医科大学法医学教室 (主任 吉成京子教授)

高木松江・齋藤寿賀子
タカギ マツエ サイトウ スガコ

(受付 昭和 34 年 4 月 15 日)

緒言

死の断定を最後に下すものは志村¹⁾によれば心臓、肺臓及び中枢神経の機能停止であつて、この三者のいずれが死の原因になるかによつて心臓死、肺臓死及び中枢死の区別がたてられるといつている。島田、伊藤²⁾は実験的気管狭窄による窒息死を急性と慢性にわかれ、急性は無酸素症であることに異議はないが、狭窄の軽度または中等度のときは 30 分ないし 3 時間の経過をとつて死にいたる。これを慢性窒息とよび、この場合動脈血中の酸素の減少が僅少で死に近づいても 20% ないし 30% の減少にとどまるといい、炭酸ガスははじめ増加して後やや減少し、pH が下降し、アミノ酸窒素が増加することによりこれをショック標識を中心とする動脈血組成と比較して全く同じような経過をもつので慢性窒息死はショック死であるといつている。大塚³⁾は急性窒息の血液ガスの分析を行い、急性窒息死は炭酸ガスの蓄積によるのではなく、酸素欠乏によることを証明した。私共は慢性窒息時の動脈血中酸素及び炭酸ガス量の変動を検索したので報告する。

実験動物並びに方法

実験には体重 2 kg 前後の雄性成熟ウサギを使用した。酸素の測定には大型 Barcroft の血液ガス検圧計を、炭酸ガスの測定には Van Slyke の検圧計を用いた。

窒息方法：ウサギを固定台に仰臥位に固定し、頸部を切開して気管を露出し、甲状軟骨の下方で気管切開を行い、丁字型気管カニューレの一端を挿入し気管と共に結紮固定した。次いで第 1 の方法はカニューレの

側管にゴム管を介して容量 3 立のコルベンを連結しカニューレの他の一端にはゴム管を接続しこれをコッヘル氏鉗子で圧閉することによりコルベン内の空気のみを呼吸するようにしたもの、第 2 の方法は同様にして 3 立のコルベンを 6 立にかえたものである。第 1 及び第 2 の方法によるものを A 群とした。第 3 の方法は一端を内径 0.5 mm~0.7 mm の毛細管にしたガラス管を丁字形気管カニューレに上記同様に連結し、その毛細管を介してのみ呼吸するようにし、この方法によるものを B 群とした。

酸素測定方法：

採血は前記のごとく窒息を開始するに先だち、頸動脈を露出せしめこれに動脈カニューレを挿入し、ゴム管にてピペットに連結し、これを用意したスピットグラス内に空気にふれぬようにして約 3 cc 採血し、これを術前動脈血とした。(スピットグラス内にはあらかじめ二重碳酸を採血量に対し 1% になるように入れ、その上に流動パラフィン層約 2 cm をおく。) 次で窒息を開始し 15 分ないし 1 時間ごとに死にいたるまで数回採血した。採血した血液は全血のまま Barcroft 法⁵⁾にしたがい酸素量を測定した。

炭酸ガス測定法：

前記酸素測定時と同様にして約 3 cc 採血し、直ちに遠心沈澱器に毎分 3000 回転 10 分間かけ血漿を分離し、その血漿につき Van Slyke の検圧計を用いて含有炭酸ガス量を測定し⁶⁾、その数値を 0°C 1 気圧に換算した。

実験成績

酸素含有量について

A 群 (第 1 表, 第 1 図):

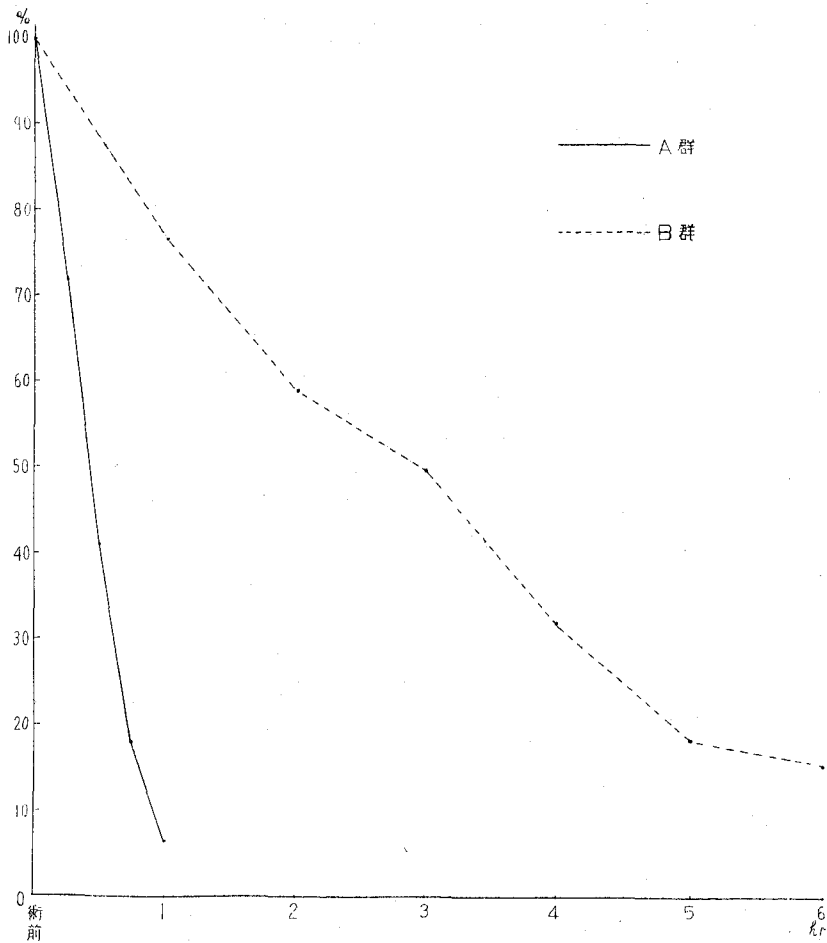
A 群では第 1 表に示すように、死亡までに要し

Matsue TAKAGI & Sugako SAITO (Department of Legal Medicine, Tokyo Women's Medical College): Concentration of oxygen and carbon dioxide in rabbits' blood in the state of chronic asphyxia.

第1表 正常ウサギ動脈血中O₂含有量及び慢性窒息時のO₂含有量 (A群)

単位 vol%

No.	体重 (kg)	術前	15'	30'	35'	45'	60'	死亡時間
1	2.3	18.86	18.70	12.27		3.34		45'
2	2.0	15.58	11.89	4.35	1.25			37'
3	2.0	17.63	7.77	1.81	1.31			37'
4	2.1	18.86	11.48	7.83		3.34		45'
5	2.3	20.80	19.14	8.72		6.15	1.25	61'
6	2.1	19.18	11.07	8.80		1.25		46'
7	2.2	18.86	13.50	9.55		2.61		47'
平均		18.54	13.36	7.62	1.28	3.34	1.25	



第1図 慢性窒息時の動脈血酸素含有量の変動

た時間は37分のもの2例, 45分のもの2例, 46分, 61分各1例であつた。

動脈血中酸素量は, 術前値は最大20.80 vol. % 最小15.58 vol. %, 平均18.54 vol. %であつた。

これは林香苗⁷⁾の生理学計数にある成熟ウサギ正常動脈血酸素量に近似していた。窒息開始後の酸素量の変動は、平均値でみると、15分値は13.36 vol.%, 30分値7.63 vol.%, 45分値3.34 vol.%, 60分値1.25 vol.%となり、術前値を100とすると15分値は72.0, 30分値41.1, 45分値18.0, 60分値6.7である。

すなわち窒息開始後15分までの間に28%酸素を失い、30分では58.9%で術前酸素量の半分以上を失い、45分では82%を、死亡時は93.3%を失っていた。

B群(第2表, 第1図):

B群では窒息開始後死亡までに要した時間は、6時間もの1例, 他はすべて15時間以上であった。

窒息開始後の酸素量の変動は術前値20.72 vol.%であつたものが、窒息開始後1時間値15.87 vol.%, 2時間値12.27 vol.%, 3時間値10.19 vol.%, 4時間値6.66 vol.%, 5時間値3.93 vol.%, 6時間値3.28 vol.%に減少していた。

術前値を100とすると1時間値76.5, 2時間値59.2, 3時間値49.1, 4時間値32.1, 5時間値18.9, 6時間値15.8となる。すなわち窒息開始後1時間で術前酸素量の23.5%を失い、2時間で40.8%, 3時間で50.9%, 4時間で67.9%, 5時間で81.1%, 6時間で84.2%の酸素を失っていた。

炭酸ガス含有量について

A群(第3表, 第2図):

第2表 正常ウサギ動脈血中O₂含有量及び慢性窒息時のO₂含有量(B群)

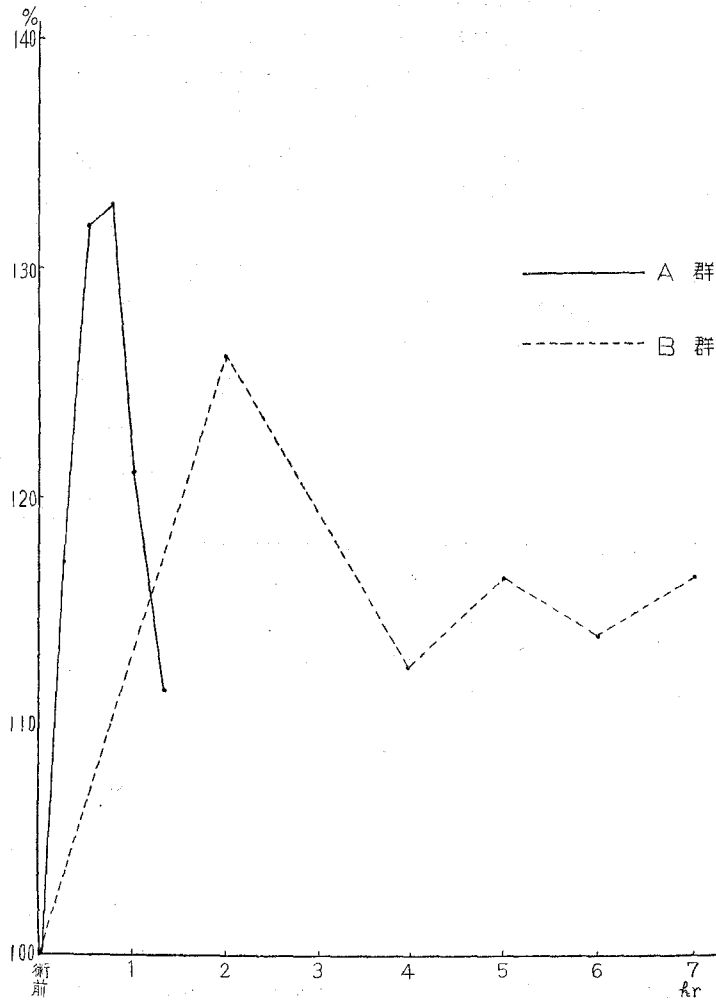
単位 vol %

No.	体重(kg)	術前	窒 息 時 間						死 亡 時 間	
			1	2	3	4	4 ½	5		6
8	1.9	23.49	19.57	12.30	11.37	4.59	3.48	2.46	17	
9	2.0	20.90	12.92	9.43					15	
10	2.2	19.65	13.98	11.70	7.39				16	
11	2.0	18.86	17.00	15.66	11.80	8.72		5.40	3.28	6
平均		20.72	15.87	12.27	10.19	6.66	3.48	3.93	3.28	

第3表 正常ウサギ動脈血漿中CO₂含有量及び慢性窒息時のCO₂含有量(A群)

単位 vol %

No.	体重(kg)	術前	窒 息 時 間						死 亡 時 間
			15'	30'	45'	55'	60'	80'	
1	2.0	37.0	59.0	69.0	67.0				65'
2	2.0	39.0	40.0	46.0	52.0				49'
3	2.0	39.0	46.8	54.5	62.3		57.4		60'
4	2.0	57.3	62.2	67.0	64.1	59.3			65'
5	2.1	38.2	41.0	55.5	52.6	34.3			55'
6	2.3	38.1	47.7	53.6	50.7		47.7		60'
7	2.1	40.2	47.9	51.8	45.9	34.0			55'
8	2.2	21.0	45.0	49.8	48.0		48.0		70'
9	2.0	42.1	47.3	50.8	55.6		49.8	45.9	82'
10	2.1	50.5	57.4	59.4	62.3		52.6	49.7	90'
平均		42.2	49.5	55.7	56.1	42.5	51.1	47.8	



第2図 慢性窒息時の動脈血炭酸ガス含有量の変動

A群では死亡までに要した時間は、49分のもの1例、55分2例、60分2例、65分2例、70分、82分、90分例1であつた。

動脈血血漿炭酸ガス含有量は、術前値最大57.3 vol. %、最小37.0 vol. %、平均42.2 vol. %であつた。これも林香苗の生理学計数にある成熟ウサギの正常値に近似していた。

窒息開始後の変動は、15分値49.5 vol. %、30分値55.7 vol. %、45分値56.1 vol. %、60分値51.1 vol. %、80分値47.8 vol. %であつた。術前値を100とすると、15分値117.2、30分値131.9、45分値132.4、60分値121.0、80分値111.6であつた。すなわち窒息開始後45分までは漸次増加し、その後の経過は時間とともに減少したが、全経過中術前値以下に減少することはなく、死亡頃

においてもなお11%の増加を示していた。

B群(第4表、第2図)：

この群では窒息開始後死亡までに要した時間は、6時間から17時間であつた。

術前炭酸ガス含有量は、最大49.7 vol. %、最小40.0 vol. %、平均43.2 vol. %であつた。

窒息後の変動は平均値でみると、窒息開始後2時間値は54.5 vol. %となり、全経過中最大を示し、4時間値48.7 vol. %、5時間値50.4 vol. %、6時間値49.3 vol. %、7時間値50.5 vol. %であつた。術前値を100とすると2時間値126.1、4時間値112.7、5時間値116.6、6時間値114.1、7時間値116.8となり窒息初期に強く増加し、その後はやや減少するがそれでも死亡までの間15%前後の増加を示した。

第4表 正常ウサギ動脈血中 CO₂ 含有量及び慢性窒息時の CO₂ 含有量 (B群)

単位 vol %

No.	体 重 (kg)	術 前	窒 息 時 間					死 亡 時 間
			2	4	5	6	7	
11	2.2	49.7	60.3	52.6	52.6	52.6	51.0	7 ½
12	1.9	40.0	45.8	42.9	47.7	44.9		6
13	1.5	40.0	57.4	50.7	51.0	50.5	50.0	17
平 均		43.2	54.5	48.7	50.4	49.3	50.5	

考 按

窒息の種類として急性窒息と慢性窒息とがあり、通常死亡までの時間が数分から10数分ものを急性窒息とし、それ以上ながびいたものを慢性窒息としている。島田、伊藤は30分から3時間の経過をもって死に至る慢性窒息の場合の血液組成を種々検討し、酸素量は窒息20分で20%の減少を示し、1時間半まで検査しても同様状態を保っており、炭酸ガス量は、窒息40分までは増加を示し、以後減少し、50分から後はかえつて正常値以下となり、1時間30分では正常値の20%の減少を示すという。なおpHの下降、アミノ酸窒素の上昇をあわせ考え慢性窒息死はショック死であるという。

志村もまた慢性窒息の死型は、左右心臓酸素量の差が10%以上あり肺中の空気がなお酸素を保有している間に血行が停止するものと推測して心臓死に近いものと考えている。

酒井、内山⁸⁾は緩性窒息時の呼吸、血圧の変化についての研究の一端として酸素測定を行い、死亡直前にはなお3 vol. %内外の酸素量を保有していたという。

今回私共の行った実験では、1時間前後で死亡した例(A群)の酸素量は、窒息開始後15分すでに正常値の28.0%を失い、30分では58.9%すなわち半ば以上を失い、45分では82.0%、死亡時は93.3%を失っていた。

ただしこの方法は窒息開始後死亡までの時間は1時間前後であるが、窒息方法が島田、伊藤と異り、密閉した一定容量のコルベン内の空気を呼吸する方法であるため、時間とともに漸次コルベン内酸素量は減少し、血液内酸素量も減少することは想像されるところで、呼吸ビンの容量が3リッ

トルの時は40分前後、6リットルの場合は1時間後で死亡した。

ガラス毛細管を用いて気道狭窄を起した後、6~17時間後で死亡した例(B群)では、動脈血中酸素量は、窒息開始後1時間半で正常値の略々20%を失い、島田、伊藤の成績と一致するが、その後2時間、4時間、6時間と続けて観察すると、酸素の減少は徐々に進行し、死亡する頃はやはり3 vol. %前後にまで減少し、正常値の84%の酸素を失っていた。

炭酸ガスについて、A群では動脈血中の炭酸ガス量は30分から45分で最高となり、その後はいずれもやや減少したが、死亡時でも正常時の11%増加を示していた。この実験方法は前述のごとく密閉したコルベンを気道に連結したため、時間の経過とともにコルベン内に炭酸ガスの蓄積が起り、ひいては血液炭酸ガスの増加が起ることは考えられるところで、それが窒息前半の炭酸ガスの増加となつて現われたのであろう。

大塚は急性窒息時の炭酸ガス量を測定し、1分から3分の間に増加の極大があり、3分ではやや減少を示したという。私共の実験群では窒息経過の前半期で炭酸ガスは増加し、後半期で減少し、丁度大塚の急性窒息時の変化を時間的にゆつくり現わしたような形になった。

B群の方法は通常慢性窒息を起させる方法としてよく用いられる方法である。この場合は気道狭窄を起し、血中酸素不足、炭酸ガス蓄積が起る。しかし炭酸ガス蓄積はA群または気管圧閉塞窒息のように気道が完全に閉鎖されることはないので、肺胞内炭酸ガスはガラス毛細管口を通り幾分は外界へ逃れ去るわけである。そこでA群とB群との間に炭酸ガス最大増加率の違いができたのである

う。また私共の実験のB群の炭酸ガスの変動と島田、伊藤の実験成績とを比較すると、B群では実験開始後血中炭酸ガス量は2時間で最高となり、以後は減少したが、4時間から7時間の間でも正常値より15%前後増加の状態を続け、正常値以下に減少する所見は得られなかった。

結 論

慢性窒息を所要死亡時間によつてA群とB群に分ち、各群につきウサギの動脈血中の酸素含有量と炭酸ガス含有量の時間的変動を検し次の結果を得た。

(1) A群における動脈血中の酸素含有量は15分で正常値の72.0%，30分で41.1%，死亡前には6.7%に減少していた。

(2) B群においては1時間で76.5%，2時間で59.2%，4時間で32.1% 6時間では15.8%に減少していた。

(3) A群における炭酸ガス量の変動は15分で正

常値の117.2%，30分で131.9%，45分で132.4%，死亡前で111.6%であつた。

(4) B群では2時間で126.1%，4時間で112.7%，5時間では116.6%，7時間では116.8%，すなわち初期に増加しその後減少したが正常値以下にはならなかつた。

終りに臨み御指導と御校閲を賜つた吉成京子教授に深謝します。

主要文献

- 1) 志村太賀志：北海道医学雑誌 7 463 (1929)
- 2) 島田信勝・伊藤国彦：呼吸と循環 1 197 (1953)
- 3) 伊藤国彦：日本胸部外科学会雑誌 4 208 (1956)
- 4) 大塚 卓：東京医学会雑誌 53 314 (1939)
- 5) 藤井暢三：生化学実験法 定量篇 216 (1956)
- 6) 五斗欽吾：アシドーシス 97 (1920)
- 7) 林 香苗：日本人並に日本産医学実験動物の解剖学及び生理学計数 316 (1956)
- 8) 酒井節子・内山貴美子：東京女医大誌 28 481 (1958)