

〔特別掲載〕

(東京女医大誌 第30巻 第11号)
(頁2441—2445昭和35年11月)

実験的慢性窒息に関する研究

I. 呼吸その他一般症状について

東京女子医科大学法医学教室 (主任 吉成京子教授)

阿 部 和 枝
ア ベ カズ エ

(受付 昭和35年9月26日)

緒 言

窒息とは呼吸が阻止されるために起る障害である。窒息に関する従来の大多数の研究は、急性窒息すなわち法医学的には、縊死、絞死、扼死に見られるように呼吸阻害後5～6分で死に至るものを対象としている。

然し窒息死の中には急性ではなく、極めてまたはやや緩慢な経過を辿つて死を招来するものがある。緩慢な経過と言つても、窒息の原因、手段、場所その他の状況によつて一概には言うことができない。

ある場合には、外界の空気と遮断されて密閉され、一定の空気のみを呼吸せねばならないために、一定時間を経て窒息死を招くことがある。その空気量によつて死亡時間が異なるであろうが、経過が急性とは言えない場合である。またある場合には、病的な原因その他による気道狭窄のために比較的長時間を経て死亡する場合もある。また別の場合として、首つり自殺の途中で紐が切れ、失神中に救出手当をされたが及ばず数時間を経過して死亡した場合とか、他殺時、絞殺した犯人が、死んだと思つて紐をゆるめて逃走してから、被害者は息を吹き返したが数時間後に死亡した例などがある。

急性窒息とは異なるこれらの緩慢な経過を持つ窒息に対して、どういう名称をあたえるかは諸家により一致していない。慢性窒息、緩性窒息、亜急性窒息、遷延性窒息等の種々の用語を見るのである。

しかし遷延性窒息という用語は、縊死、絞死などの際、一旦息を吹き返したが後数時間以上経て死亡するという例の如く、急激な頸部胸部の圧迫にもかかわらず、急性の死を免れて死期が遷延した場合に用いられた例もあり¹⁾、そういう場合の用語として妥当であるように思われる。

又亜急性窒息というのは、急性すなわち3分ないし5

分の経過を有する窒息死よりもいささか死期が長びいた場合(10分か20分位)に用いている例がある。

慢性窒息、緩性窒息などの用語は、30分から数時間又は数十時間を要して徐々に窒息死を招く場合に用いられており研究者によつて一致していない。

著者は3分ないし5分の経過を持つ急性窒息に対して、それより長時間の経過を経て死亡する本実験の如き窒息を一括して慢性窒息の名称で呼ぶことにした。

さて、慢性窒息を実験的に惹起する方法として従来用いられているのは、気管カニユーレを用いる方法と、コルベンを用いる方法である。宮崎²⁾(昭和18年)は、尖端部内径を細くした硝子の気管カニユーレをウサギ気管に挿入し、短いのは2時間13分から長いのは27時間に及ぶ窒息を起させている。又同じく小野江³⁾(昭和18年)は、吸気内酸素欠乏時の脳波を研究するため3lの呼吸瓶をウサギ気管に連結して18分から51分の長さの窒息を起している。又当教室の伊藤⁴⁾は、密閉した内容約25lのガラス容器内にモルモットを入れることにより死亡迄10時間前後の窒息を起させた。コルベン法は、伊藤の実験方法に近い状態を惹起できると考えられる。コルベン法とカニユーレ法による両窒息では、その症状に一見明瞭な差異を認める。

そこで著者は、窒息方法、窒息時間が異なれば、生体反応、死の機転も異つて来るのではないかと考え、その一端を知るべく、本論文においては、先づ呼吸数、血圧循環血量その他一般症状を中心として、慢性窒息の、実験方法及び窒息時間による差異、急性窒息との差異などを総括的に検討した。

実験方法

1) 実験動物；体重2kg前後の雄性成熟ウサギを使用した。

Kazue ABE (Department of Legal Medicine, Tokyo Women's Medical College): Studies on the experimental chronic asphyxia. I. Observations on the rate of respiration, blood pressure and general appearance.

2) 窒息方法

1. 急性窒息：ウサギを固定台に背位に固定し、頸部を切開して気管を露出し、コッヘル氏鉗子で一挙に気管を圧迫閉鎖した。

2. 慢性窒息

a. コルベン法：窒息時間の長短を得るため、17, 37, 77, 207, の4種のコルベンを使用した。ウサギ気管とコルベンとは丁字形気管カニユーレの側管にゴム管を附したのにより連結し、このカニユーレの他端にもゴム管をつけ、このゴム管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。

b. カニユーレ法：内径約5mmのガラス管の一端をひきのばしてその内径を0.5mmから0.8mmの太さにしたカニユーレをつくり、この毛細管カニユーレを丁字型気管カニユーレの他の一端にもゴム管を附して、これをコッヘル氏鉗子で閉鎖することにより毛細管カニユーレを通してのみウサギが呼吸するようにした。

3) 呼吸数測定法

ウサギを固定台に背位に固定して気管を露出し、30分以上を経てウサギが落ち着いたと思われる頃、術前呼吸数を1分間測定した。窒息操作を加えた場合は、30秒間測定してそれを2倍した場合が多かった。

4) 血圧測定法

水銀マンオメーターを用いて頸動脈血圧をキモグラフィオンに描記せしめた。

5) 循環血量測定法

エヴァンス・ブルウ法⁵⁾によつた。エヴァンス・ブルウ注射液は0.3%のものをそのまま2ccウサギの一侧の頸静脈に注射し、注射後10分を経て他側頸静脈より血液2ccを採り、ヘマトクリット値を測定、一方血漿を分離しその血漿0.5ccに生理的食塩水10ccを加えて混和後これを比色した。術前ウサギと窒息ウサギとは同一のウサギを用いた。すなわち、術前血量測定後4ないし5日間の間隔を置き、術前値測定のために注入したエヴァンス・ブルウの色が全部排泄された頃に、再び窒息実験に用いた。この際の窒息方法は207コルベンを使用して約2時間の窒息を行つた。

急性窒息時循環血量は、エヴァンス・ブルウ液注射より採血まで10分間を要するので、3分間前後の経過で死に至る窒息の測定はできなかつた。

実験成績及び考察

I) 呼吸を中心とする一般所見について

1. 急性窒息

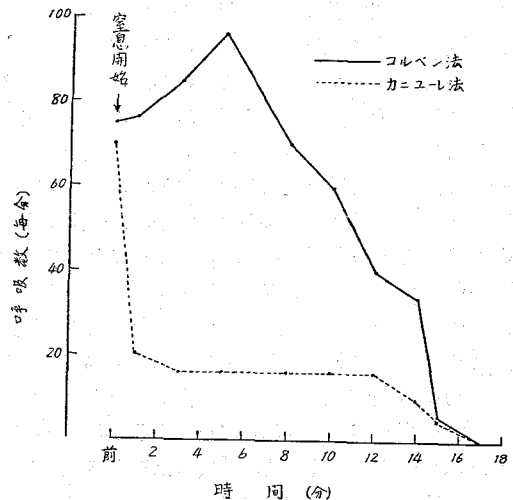
家兎を背位に固定台に固定して約10分～30分を経てから観察すると、兎により異なるが、大体1分間50から100前後の浅くて早い呼吸を行つており、固定直後やまた兎によつては1分間200近くの極めて早い呼吸を数える場

合もある。気管をコッヘルで圧閉すると直ちに呼吸が深く大きくなり数を減じて、最初の1分間は50前後を数えることができるが2分目に至ると痙攣が始まり吸気性呼吸困難が著明となり呼吸数はさらに減少する。2分30秒に至ると呼吸困難は呼吸性で代つてこの時期に痙攣は最も強く、初めは交替性痙攣であるがやがて強直性となり時に反弓緊張をみる。2分30秒から3分に至ると口唇のチアノーゼは強くなり瞳孔は散大し、眼瞼反射角膜反射は消失し、眼球突出を来す。痙攣は止んで無呼吸期が10～20秒程あり、次に外見上深い吸気運動を数回繰り返しているうちに、運動の大きさは小となり全く呼吸が停止する。この全経過は個体により異なるが、2分半から3分半に至る。痙攣の強さ、気管圧閉直後1分間の呼吸数も個体により少々異なるのが普通である。

2. 慢性窒息

a. コルベン法

窒息時間17分で死亡した1例を主として述べると、

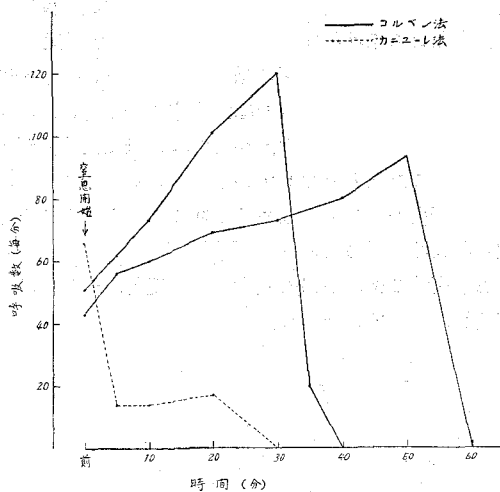


第1図 慢性窒息における呼吸数

(第1図) 窒息前呼吸数75であつたが窒息開始後1分76, 3分85, 5分96と呼吸数は数を増し浅く早くなつたが、8分では70と呼吸数いささか減り不規則の傾向を示して時々大きな吸気性呼吸をするようになった。10分では呼吸数60, 浅く弱くなり時にもがくが如き痙攣を見る。12分では40, 14分では34と呼吸数は益々減じて呼吸は吸気性に大となり、15分で眼瞼反射消失瞳孔散大し、無呼吸期を経てから数回の末期呼吸を繰り返して、17分で死亡した。痙攣は観察した全例において急性窒息時のような強い発現はみられず、中には殆んど痙攣を欠いていた例もあつた。

b. カニユーレ法

窒息時間30分間で死亡した1例について述べると、(第2図) 窒息前呼吸数66のものが、窒息後1分で1分間16の深く大きな吸気性呼吸困難の状態となり、3分14,



第2図 慢性窒息における呼吸数

5分14, 10分14と同様な状態を続けた。12分に至つて16と呼吸数はいささか増えたが眼瞼反射は鈍くぐつたりして痙攣は全然ない。以後25分まで1分間16の吸気性呼吸を規則正しく行つてゐるが、最初5分頃に比較すると徐々に弱い小さな呼吸になつてゐる。28分に至り、2, 3度大きくもがき、急に眼瞼反射消失、瞳孔散大、眼球突出を来した。強直性の痙攣が10秒続き無呼吸の期間があつてやがて末期呼吸を6回繰返して死亡した。又他の1例の如く、術前呼吸数154あつたものが、窒息後1分で36, 3分34, 5分34, 10分33, 15分30と徐々に減少して行き、20分に至つて呼吸数が急に20に減じて呼吸が苦しうになり、眼瞼反射にぶく、時々尾をあげてもがき、腹部に細かい痙攣を見せて、22分で16, 23分で14と呼吸数を急速に減じて、24分で1分間8, 25分で6と末期呼吸的な吸気性の深呼吸を行つて、判然たる無呼吸

期を認め難く、26分で死亡した例もある。

以上は、カニユーレ法としては比較的短い30分間の窒息時間を持つものの症状であるが、3時間以上の長い窒息になると、呼吸数は窒息後30~40位に減少するが、その後は殆んど数に変化を見せず、然し徐々に弱まつた吸気性呼吸を続ける。その弱い、然し規則的な30~40の呼吸が急に20位に減じた場合には、それから約15分前後で死亡する例が殆んどであつたので、その急に起る呼吸数の減少をもつて死期の判定に役立てた。

以上の一般症状中呼吸数については、第1~3図にその主なものを示してあり、第1~2図には、慢性窒息のコーペン法カニユーレ法の同時間で死亡せる例を比較図示してある。

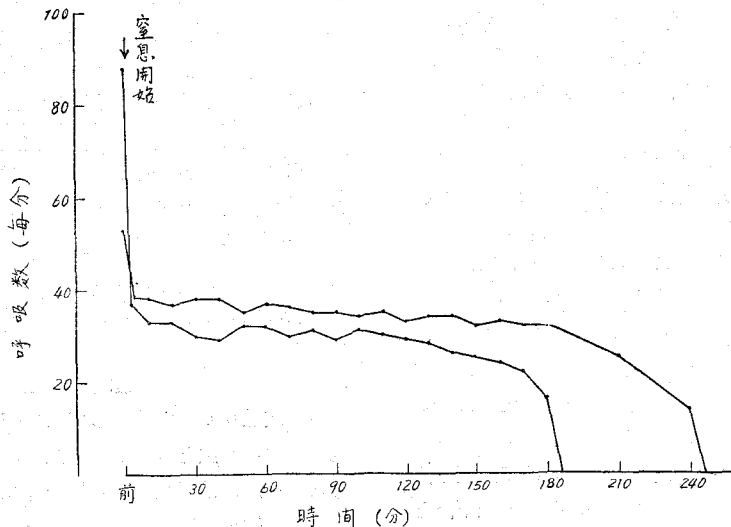
慢性窒息のコーペン法とカニユーレ法とで最も著明な差異は、コーペン法では死亡前10分位までは徐々に呼吸が増大し、後急激に減少するが、カニユーレ法では最初から急に減少し後比較的安定な経過をたどり、死直前に更に急に減少することである。両窒息共、痙攣の発現は急性窒息に比べて弱いのが殆んどであるけれども、カニユーレ法窒息では3分前後で死亡する急性窒息を引きのばした形であるように観察される例もあつた。

外見上のこれら窒息症状の差異が、コーペン法及びカニユーレ法窒息の本態的な差異を示すものであるか、代償作用の現われ方が窒息方法により異なるのに過ぎないのか、種々検討の必要があると考えられる。

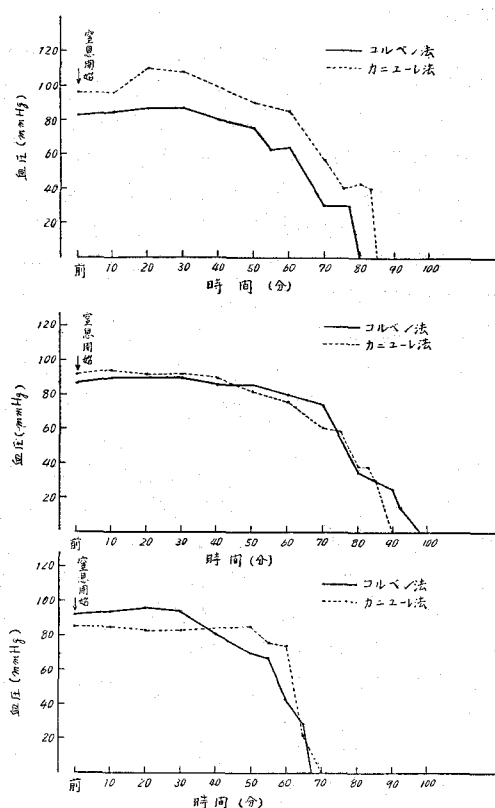
II) 血圧について

血圧については急性窒息時、最初は変化がないが次第に上昇し、吸気性呼吸困難の時期に最高血圧となるが、痙攣期が去ると低下の一途を辿りやがて零になることは成書にも記すところである⁹⁾。

慢性窒息時血圧については、第4図に示すように、急



第3図 慢性窒息における呼吸数 (カニユーレ法)



第4図 慢性窒息における血圧の変化
(コルベン法とカニユーレ法との比較)

性窒息に見られるような急激な血圧亢進は、コルベン法、カニユーレ法とも見られないのがその特徴である。但し窒息開始により血圧が極めて僅かに上昇する例は多い。このことは教室の酒井らの報告にもある⁷⁾。死亡前20~30分まで変動の少ない血圧を維持して、呼吸数が急に減少する時期に血圧もまた急な下降を示し、末期呼吸時に或る例では小さな山を形成し更に下降して死に至る。

コルベン法、カニユーレ法の両窒息方法による差異を特に認めることはできない。

急性窒息時の血圧亢進の機序については古くから研究が行なわれているが、交感神経緊張とアドレナリン分泌が主な原因であると言われ、さらに窒息時腎臓のレニン産生増加が昇圧に影響を持つことも研究された⁸⁾。

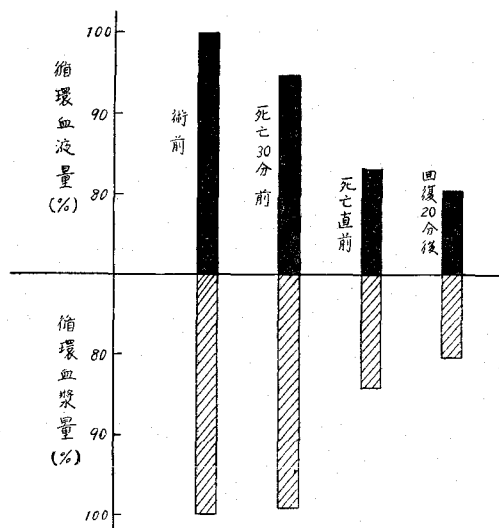
当教室池本⁹⁾によれば、慢性窒息時の静脈血中アドレナリンは、コルベン法、カニユーレ法ともに増加を示し、カニユーレ法によるものがいくらか増加率が高くなっている。然し乍らその増加率と血圧とは一致していない。

Ⅲ) 循環血量について

循環血量を測定したのは、慢性窒息において血圧下降を死前20~30分より認めたのであるが、その血圧下降と循環血量との関係をたしかめようとしたものである。

慢性窒息時循環血液量は第1~2表および第5図に示した。すなわち術前値を100とすると、2時間窒息死直前において平均して26.7%の減少を示したが、採血後死亡まで30分以上あつたものでは減少率は少なく、15.7%であつた。このことは死亡前30分では、循環血液量が窒息前に比してあまり減少していないことを示しており、血圧も又死亡前30分ですく下降に向うということと一致した成績を示している。

なお回復時の循環血量も測定したが回復20分間では未だ術前値に復していないかつた。



第5図 慢性窒息時循環血量

以上の実験事実によれば、呼吸を中心とする一般症状が、慢性窒息と急性窒息とは明らかに異なり、又慢性窒息においてもコルベン法とカニユーレ法とでは、呼吸数及びその形式は明らかに異なるが、血圧の変動様式には差異を認めない。これは、コルベン法では吸気中の酸素及び炭酸ガス分圧が時間経過と共に次第に変わり、これが延髄呼吸中枢に直接作用し、あるいは、頸動脈球又は大動脈神経叢にある化学受容器を刺激して呼吸中枢に作用する結果呼吸促進を起すものであるが、カニユーレ法では、吸気中のガス分圧に変化なく呼吸量が制限せられるために代償的に呼吸が深く大きく遅くなると思われる。コルベン法窒息は CO_2 蓄積を伴った酸素欠乏であり、これを CO_2 蓄積を伴わない純然たる酸素欠乏に比較した場合呼吸数増加が遙かに多いことは、清川も実験している¹⁰⁾。

総 括

- 1) 成熟ウサギを使用して実験的急性及び慢性窒息、特にコルベン法とカニユーレ法による慢性窒息における呼吸、血圧、循環血量その他一般症状を比較観察した。
- 2) 慢性窒息における呼吸の形式は、コルベン法とカニユーレ法では明らかに異なり、コルベン法では術後呼

第1表 慢性窒息時循環血量

		体重(g)	循環血漿量(cc)				循環血液量(cc)				ヘマトクリット値	
			術 前		術 後		術 前		術 後		術 前	術 後
第一群	No. 1	1900	117.6	100%	87.0	74.0%	189.7	100%	161.1	84.9%	44	46
	No. 2	2320	90.9	100	68.9	75.7	156.7	100	116.9	74.6	42	41
	No. 3	2240	100.0	100	100.0	100.0	185.2	100	161.3	87.1	46	38
	No. 4	2200	86.9	100	76.9	88.5	147.4	100	130.4	88.5	41	41
第二群	No. 5	2250	101.3	100	111.1	100.8	177.6	100	170.9	96.2	43	35
	No. 6	2500	105.3	100	95.2	90.5	161.9	100	148.8	91.9	35	36
	No. 7	2250	100.0	100	97.6	97.6	172.4	100	162.6	94.3	42	40
第三群	No. 8	2300	142.9	100	105.3	73.7	235.2	100	178.4	75.9	35	41
	No. 9	1800	93.0	100	85.1	91.5	152.4	100	133.0	87.3	39	36

〔註〕 No. 1～No. 4 ……約2時間の窒息
 No. 5～No. 7 ……死亡迄30分以上あつたもの
 No. 8～No. 9 ……窒息回復後20分間のもの

第2表 慢性窒息時循環血量平均値

	循環血漿量(cc)				循環血液量(cc)			
	術 前		術 後		術 前		術 後	
(イ) 約2時間の窒息	98.9	100%	83.2	84.2%	169.8	100%	142.4	83.3%
(ロ) 死亡迄30分以上あつたもの	102.2	100	101.3	99.1	170.6	100	160.8	94.3
(ハ) 窒息回復後20分間のもの	117.9	100	95.2	80.7	193.8	100	155.7	80.3

吸数が徐々に増加し、死亡前約10分位で急に乱れて減少し死に至るが、カニユーレ法では窒息後直ちに呼吸数が減少し、その後呼吸数は弱まる傾向はあるが安定した形を示し、死亡前で急激に減少し乱れて死に至る。この呼吸形式の差異は、窒息方法による呼吸中枢刺激の様式の差によるものと考えられる。

3) 血圧の変動の様式は、コルベン法とカニユーレ法とは差を認めない。

4) 慢性窒息における循環血量は死直前に減少を認めた。死前30分前では比較的軽度の減少を認めるのみである。

文 献

- 1) 原三郎・他：頸部圧迫による遷延性窒息死の二例。科学警察研究所報告 12 (3) 315 (昭34)
- 2) 宮崎正徳：窒息死の研究。第28次日本法医学会総会誌 71 (昭18)
- 3) 小野江為正：家兎脳波の実験的研究。北海道医

誌 21 492 (昭18)

- 4) 伊藤美喜子：窒息時における脂質代謝について。東女医大誌 29 1204 (昭34)
- 5) 斉藤正行：光電比色計による臨床化学検査 第5版 南山堂 東京 266 (昭29)
- 6) 古畑種基：法医学 第3版 南山堂 東京 69 (昭29)
- 7) 酒井節子・内山貴美子：緩性窒息時の呼吸血圧の変化について。東女医大誌 28 481 (昭33)
- 8) 酒井節子：窒息時の腎臓機能について。東女医大誌 27 75 (昭32)
- 9) 池本卯典：慢性窒息時 Folin 陽性物質の消長について。科学警察研究所報告 13 292 (昭35)
- 10) 清川八郎：酸素欠乏時各種前麻酔剤のカルデオタコグラフに及ぼす影響について。東北医誌 49 731 (昭29)