にとって大きい障害となっている。また強度の rigospasticity, tremor 等は運動の随意性を妨げている。訓練中の転倒とか、ベットからの転落による打撲傷、骨折等は心理的な打撃を含めて回復を遅らせる重大な合併症であるが、危険防止には万全の注意が必要である

こうした障害因子は解消されることなく常に機能回復への大きな壁であることには間違いないが、いくらかでも改善出来るものには対処していかなければならないと思われる。これにはまず受け入れ体制の整備からは

じめなければならない。現在の整形外科医、内科医、看護婦、療法士、ケースワーカー等によるスタッフの充実向上と、精神々経医、心理指導者を加えての team approach を形成すること、またその他の関係職員のリハビリテーションに対する理解度を深めること等が必要であろう。麻痺肢の疼痛、筋の異常緊張状態、手の知覚障害、言語障害等の検索もこれからの我々の課題である。また退院患者の実態調査も検討すべき重要課題の一つであると思われる。

急性ガス中毒の治療としての体外循環の応用

熊本大学吉永外科 (主任 吉永直胤教授)

立	神	高	明
松	金	秀	暢

Experimental Application of Extracorporeal Circulation to Acute Gas Poisoning

By

T. Tategami & H. Matsugane

2nd Department of Surgery, Kumamoto
University Medical School

Among such poisonous gases as carbon monoxide, nitrogen oxide, ozone and sulfur dioxide, carbon monoxide is probably the most widespread poisoning hazard. Here is carbon monoxide poisoning referred to.

CO is only toxic because it reacts with hemoglobin to form carboxyhemoglobin (HbCO). The affinity of hemoglobin for CO, expressed as K, is 200-300 times its affinity for O₂. In a given blood with the value of K, heat decreases the affinities of both gases for hemoglobin, but affects that of CO more than that of O₂. Light greatly lowers the affinity of CO for hemoglobin, but has relatively little effect on the affinity of oxygen. Hence increase in either temperature or illumination lowers the value of K and assist oxygen in displacing CO from the hemoglobin molecule. If one expects to treat CO poisoned patients not only by oxygen administration but also by decreasing the affinity of CO for hemoglobin, an application of extracorporeal circulation is necessary to perform above procedure.

This past decade has witnessed the introduction and subsequent development of temporary total or partial extracorporeal circulation as a routine and useful surgical technique. Our order-made plastic chamber has multiple abilities to oxygenate, thermoregulate and illuminate the blood in the extracorporeal circuit. Using this chamber we studied the rate of decrease in HbCO under such various conditions as at 40°C, illumination of a 10 W. ultra-violet lamp and oxygenation with 10% CO₂ containing oxygen.

Following results were obtained in our circuit; oxygenation alone decreased 68% of

HbCO to 45%, oxygenation plus 40°C heat decreased 74% to 35%, oxygenation plus illumination 66% to 36, and oxygenation plus lowered pH 63% to 37%. The oxygenation plus heat, illumination and lowered pH together decreased 65% to only 36%, showing no additive effects of those combined.

When much improvement of oxygenator is made to facilitate above-mentioned procedure, the rapid removal of CO from lethally saturated blood is possible with the use of equipment that is cheap, rapid to assemble, and already widely available.

ガス中毒とは、一酸化炭素、酸化窒素、オゾンおよび二酸化イオウなどによる中毒のことである。このなかで、私たちが日常接するものは、一酸化炭素 (CO) 中毒であろう。ここではCO中毒の治療として、体外循環を用いた基礎的研究の結果を報告する。

CO中毒の本態に関しては、ヘモグロビンの酸素 (O₂) が結合する鉄原子にCOが可逆的に、酸素と置換して、結合することが分っている。従って、血中の一酸化炭素ヘモグロビン (HbCO) の存在は、残りの機能的ヘモグロビン (Hb) の酸素運搬能力を障害するゆえに、CO中毒は、これまで、anemic Anoxiaとして扱われている。

CO中毒の治療は、Anoxiaの改善と血中HbCOの解離促進にあることは言うまでもない。純酸素の吸入や5～7%の炭酸ガスを含むCarbogenが、臨床的に用いられているが最近では、高圧酸素療法が有効であると報告されている。そこでHaldaneのO₂-CO分配則の法を吟味してみると、

$$\frac{[\text{HbCO}]}{[\text{HbO}_2]} = K \frac{P_{\text{CO}}}{P_{\text{O}_2}}$$

(但し、[HbCO]、[HbO₂]は、COまたはO₂と結合しているHbの量であり、P_{CO}、P_{O₂}は血液が接して平衡に達している、COまたはO₂の各ガス分圧である。Kは平衡恒数)

Kなる恒数は、HbのCOに対する親和性も表わしている。前述した酸素やCarbogenを用いた治療は、この法則から、右辺の分母であるP_{O₂}の上昇による[HbCO]のCO解離を促進する方法であることがわかる。また、Anoxiaに対する酸素の直接の効果もある。

また、この法則にあるKは、動物差が甚しいと云われているが、人や犬および鳥類では、大体同じで200～300である。CO中毒の治療に当り、このKを何らかの方法で減ずることができれば、血中HbCOの減少はさらに、速やかになるであろうと考えられる。これまでに、血中HbCOの測定の過程において、COの解離

が、温度または光の影響を受けることが確められており、pHの影響は、HbO₂の場合は衆知の如くであるがHbCOにおいては、そのKの値には影響しないと云われている。しかるに、HbCOの解離促進に、これらの条件を加えることはin vivoでは、至難のわざであるが、最近大いに進歩し、応用の段階にある体外循環法を用いるならば、その成果が期待されるところである。

このような観点から、私たちは、図1の如き体外循環回路において、初期容量300ml、循環速度300ml/min貯血槽にて、エアストーンを用いて、1,000cc/minの酸素流量の下に、CO化血(血液にCOをbubbleすることにより、55～80%、HbCOが得られる)に60分間循環を行なった。試料血液は、イヌの、ヘパリン30mg/kgの静注による抗凝固血で、新鮮なものを用いた。

このようなHbCOを含む試料を、5例ずつ4群に分け、温度による影響、光の存在による影響およびpHの低下による影響を観察し、最後にそれら三つの条件に綜合した場合のHbCOの減少に及ぼす影響を調べた。対照には上述の体外循環回路で、純酸素のみの場合のHbCOの減少の状態を用いた。

まず、対照となる5例の平均値として、65%のHbCOが、60分間の体外循環によって、45%に減少した。

つぎに、チャンバーの外箱に、冷水または温水を入

図 1

図 2

れて、貯血槽を浸し、摂氏 15°C、および、40°C または室温のもとに、HbCO の減少をみると、温度が高いほど、効率がよいことが判った。よって、5 例の試料の平均値は 40°C の場合、73% の HbCO が 35% に減少した。

つぎに、明るさの影響として、チャンバーの斜面を流下する。薄層血液に対して、同じ W 数の昼光色、または紫外線ランプを照射すると、紫外線の場合がより効率がよかった。そこで、この条件下に、5 例の試料をみると、65% の HbCO が 38% に減少した。

つぎに、生体内での Bohr の効果を、in vitro にて起すべく、oxygenator の酸素流量に、10% の炭酸ガスを混じて、pH の低下をみると pH < 6.6 以下となった。この条件のもとに、5 例の平均値として、63% の HbCO が 38% に減少した。

最後に、これらの諸条件の総合された影響を観察すると、65% の HbCO は、36% に減少したに過ぎなかつ

た。

これらの成績を図に纏めてみると、基線を 68% 前後に合わせて、比較した結果、血中 HbCO の減少は、酸素のみの場合は、非常に遅いことがわかる。これに、CO 解離促進の条件としての、pH の低下を加えたときはやや早くなる。光の存在のもとでは、さらに早くなり、温度として 40°C のもとでは、最も早いことが判る。しかし、それら三つの条件を総合してみた場合には、必ずしも、各条件の場合の相加的效果はみられなかった。

以上を考察するに、体外循環法は、最近 10 年間に、心臓血管外科ばかりでなく、内科的応用とも云うべき心肺機能不全患者の治療にも用いられつつある。私たちの実験の如くその回路内では、生体の恒常性を無視したかのように、その許容範囲外の血液処理が可能であった。CO 中毒の治療には、体外循環回路において、高温、低い pH および紫外線の存在のもとに、血中 HbCO は解離促進することが確められた。このような、諸条件を満す回路を本来の回路において、oxygenator や、温度調節装置の前に置くことにより、生体は再び、正常に近い血液の還流を得ることが可能となるであろう。注意すべきは、光の影響が強過ぎるとメトヘモグロビン (MHb) が生成する現象で、それが少量であれば、MHb 還元酸素は、生体内組織にあるゆえに、その障害は考えなくてよい。また温度の影響は、60°C までは Hb 自体の崩壊を起さないと云われているが、50°C を越すと、溶血問題が生じてくる。今後の装置の改善と、これらの諸条件の、より詳細な検討がなされるべきである。さらに、臨床応用に当り、心肺機能の高度な抑制や障害があったとしても、人工心肺の本来の目的にもかかなう治療が、効を奏する以上、重症 CO 中毒症に、その適応があるものと考えらる。