

〔シンポジウム：人工呼吸患者における代謝、栄養の諸問題〕

術後の栄養管理と肺機能

安 本 和 正*

栄養状態が呼吸器系に多大な影響を及ぼすことはよく知られた事実であり、すでに多彩な研究が成されている。1日の摂取カロリーを500kcalに制限したsemi-starvationを10日間続けた際の $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ などの変動、および低酸素ならびに炭酸ガスに対する換気応答などについての検討を行ったDoekelら¹⁾によると、semi-starvationの開始に伴って、 $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}CO_2$ は低下し、10日目にはそれぞれ最低値を呈した。一方、低酸素に対する換気応答も同様に有意に低下し、semi-starvation中止後5日には回復傾向を示したと報告している。その他にも栄養が低下すると、呼吸筋力の低下、サーファクタント産生減少、さらに免疫能の低下により肺の感染症が増加するといわれている^{2)~4)}。

したがって、最近では栄養状態が不良な症例に対しては、手術前より積極的に高カロリー輸液を行い、栄養状態を改善してから手術を実施する傾向にある。

著者は、中心静脈栄養により管理されている症例の肺機能、エネルギー消費量を算出する機器の精度、さらに術後の栄養管理などについての検討を行ったので報告する。

研究方法

1) 上腹部手術を予定された36例を対象として、肺活量測定法、最大呼気流量曲線、singleおよびmultiple N₂ washout、さらに血液ガスなどの測定を行った。

2) 市販されている5つの $\dot{V}CO_2$ 測定機器（表1）の精度を検討するために内容量50lの瓶に炭酸ガスを精密な流量計を介して持続的に吸送し、モデル肺とした。炭酸ガスの吹送量を変えること

により $\dot{V}CO_2$ を変動し、その際に各機器が示す測定値を記録した。なお、換気条件は $V_T=500\text{ ml}$ $f=12/\text{min}$ とし、Servo Ventilator 900Cを用いて人工呼吸を行った。

3) 開心術が施行された症例の術後経過を栄養管理面より検討し、間接的カロリメトリ法によりエネルギー消費量(REE)を算出し、下記のHarris-Benedictの式⁵⁾により得られた基礎エネルギー消費量(BEE)と比較した。また一症例では3機種を用いてREEを測定した。

$$\begin{aligned}\text{男} \quad \text{BEE} = & 66.5 + (13.8 \times W) \\ & + (5.0 \times H) - (6.8 \times A)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{女} \quad \text{BEE} = & 665.1 + (9.6 \times W) \\ & + (1.9 \times H) - (4.7 \times A)\end{aligned}$$

ただしW、体重；H、身長；A、年齢を示す。

結果

1) 表2に示したように、年代を問わず栄養状態には経口群およびIVH群の両群間にほとんど差はなかった。また%VC、一秒率、血液ガスなどにもまったく経口摂取群とIVH群との間には差が見られなかった。ところが、両年代においてIVH群では、最大中間呼気流量が減少しており、 \dot{V}_{25} には有意差が証明されなかつたが、% \dot{V}_{25} は両年代においてIVH群の方が有意に小さかった。さらに老人のIVH群ではCV/VCが有意に大きく、Comroe & Fowlerらの方法により得た ΔN_2 も有意に拡大していた。IVHにより栄養管理をな

表1 $\dot{V}CO_2$ の精度を比較した5機種

1. Gould 社製 2900 D
2. Datax 社製 Deltatrac
3. ミナト医科社製 RM-200
4. 日本光電社製 ONR-7101
5. Siemens-Elema 社製 CO₂ Analyzer 930

* 昭和大学医学部麻酔学教室

表 2

群 (N)	成人経口 (10)	成人 IVH (7)	老人経口 (11)	老人 IVH (8)
年齢	48.3±1.6	44.9±3.3	77.6±2.0	76.9±1.0
%VC	114±3	96±7	107±4	94±6
FEV _(1.0) %	82±2	81±2	77±2	72±3
PaO ₂	89±4	88±5	84±4	83±3
PaCO ₂	40±1	43±1	37±1	38±2
%MMF	84±5	66±7	82±9	* 52±5
%V ₂₅	58±4	* 45±4	64±9	* 42±5
CV/VC	18±3	18±2	21±1	* 30±4
ΔN ₂	0.4±0.1	0.7±0.3	0.9±0.3	** 2.6±0.4
総蛋白	6.8±0.1	6.6±0.1	6.8±0.1	6.5±0.1

4群における各パラメータの Mean±SE を示す。
(* P<0.05, ** P<0.01 にて有意差あり)

されていた代表例を図1に供覧した。

したがって、IVHにより管理された例では、栄養状態は経口摂取群と略同等と思われても、老人では末梢気道の病態が悪化していることが窺われ、IVHにより栄養が保たれていても、肺機能にはなんらかの障害が存在することが示唆された。

2) 2900D, RM-200, および ONR-7101の3機種では $\dot{V}co_2$ が変わってもそれぞれが表示する値は近似していたが、Deltatrac と CO₂ Analyser 930の示す値は前3者の値より常に高く推移し、とくに CO₂ Analyser 930より得た値が大きく逸脱していた(図2)。

3) 図3に術後の症例において、間接カロリメトリ法により得た REE と Harris Benedict の式より算出した BEE との関係を示した。程度の差はあるが、全例において BEE と REE とは異なっていた。

症例1(表3)：手術終了後8時間で調節呼吸下であったが、 $\dot{V}O_2$ を測定した。麻薬などを用いて十分鎮静した人工呼吸下にもかかわらず、REEはBEEより約17%も多かった。ちなみに、その際の投与カロリーは1日量で約200kcalであった。この例では第1病日に気管内チューブを抜管して経口摂取を開始しており、いわゆる術後の経過が順調な例である。

症例2(表4)：術後循環動態の改善を得にくく、その上酸素化能も悪化していたので人工呼吸器から離脱することができず、栄養管理が遅れ

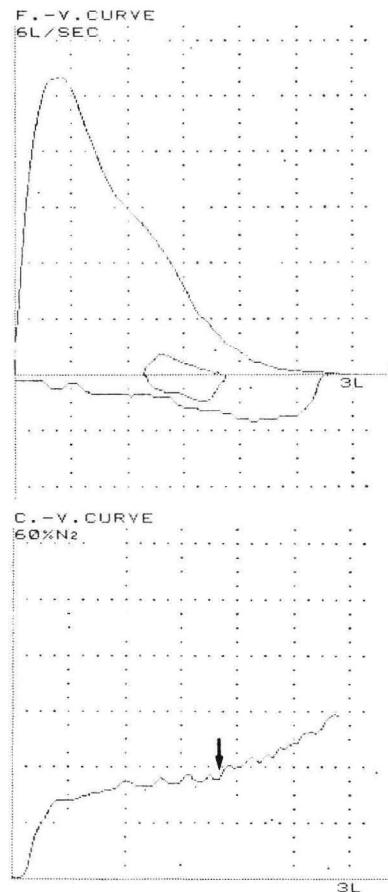


図1 胃癌の診断のもとに17日間IVHで栄養管理をされていた72歳の男性のflow volume曲線とclosing volumeの測定結果を示す。%肺活量、一秒率、血液ガスなどはまったく正常であったが、 $\dot{V}_{25}=0.22\text{ l/sec}$, $\dot{V}_{50}/\dot{V}_{25}=8.09$ さらに、CV/VC=36.6%と末梢気道の病態を示唆するパラメータはいずれも悪化していた。

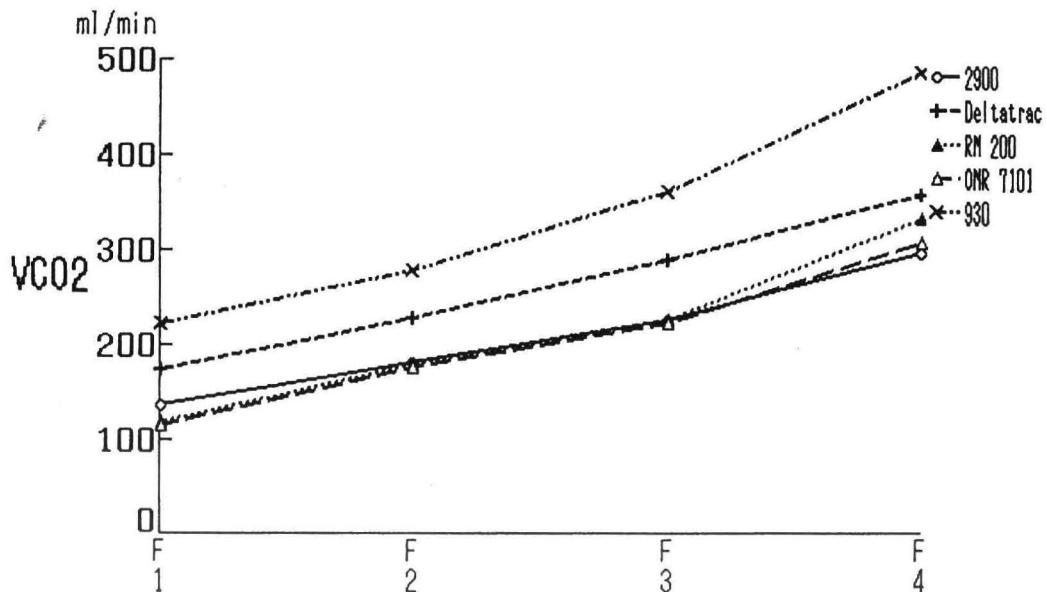
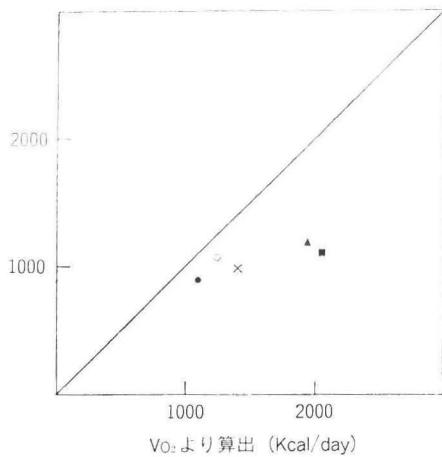
図 2 5 機種のおける $\dot{V}CO_2$ の推移を示す。

図 3 5 症例における間接カロリメトリ法より得た REE (横軸) と Harris-Benedict の式より算出した BEE (縦軸) を示す。全例 REE と BEE とは一致しない。

た。栄養の改善を目的として elemental diet を第 10 病日に試みたが、腸の動きが悪く中止せざるを得なかった。IVH 開始後 4 日に REE を算出したが、REE は BEE の 60% 以上も増加していた。ただちに投与カロリーを REE と同等の 2,000 kcal に増やし、経過を観察したところ、胸部のレントゲン写真も改善し(図 4)、15 cmH₂O の PEEP

表 3 症例 1: 58 歳、男。冠動脈バイパス術術後

BEE = 1,073 kcal
(投与カロリー = 約 200 kcal/day)
EE = 1,262 kcal
$\dot{V}O_2 = 181 \text{ ml/min}$ by Deltatrac
R = 0.92
EE = 1,248 kcal
$\dot{V}O_2 = 177 \text{ ml/min}$ by Calorimet
(R = 0.85)

表 4 症例 2: 71 歳、男。冠動脈バイパス術術後

術後酸素化能低下により人工呼吸
第 6 病日 肺炎
第 10 病日 elemental diet (腸管マヒにて中止)
第 13 病日 IVH 開始
第 16 病日 EE 測定 (投与量 = 約 1,000 kcal)
第 17 病日 A-aDO ₂ 減少 (420 mmHg → 300 mmHg)
第 18 病日 腎不全、出血傾向出現
第 20 病日 死亡
BEE = 1,209 kcal
EE = 2,058 kcal
$\dot{V}O_2 = 276 \text{ ml/min}$ (R = 0.92) by Deltatrac
EE = 1,941 kcal
$\dot{V}O_2 = 3,081 \text{ ml/min}$ (R = 0.85) by Calorimet
EE = 1,457 kcal
$\dot{V}O_2 = 201 \text{ ml/min}$ (R = 0.98) by RM 200

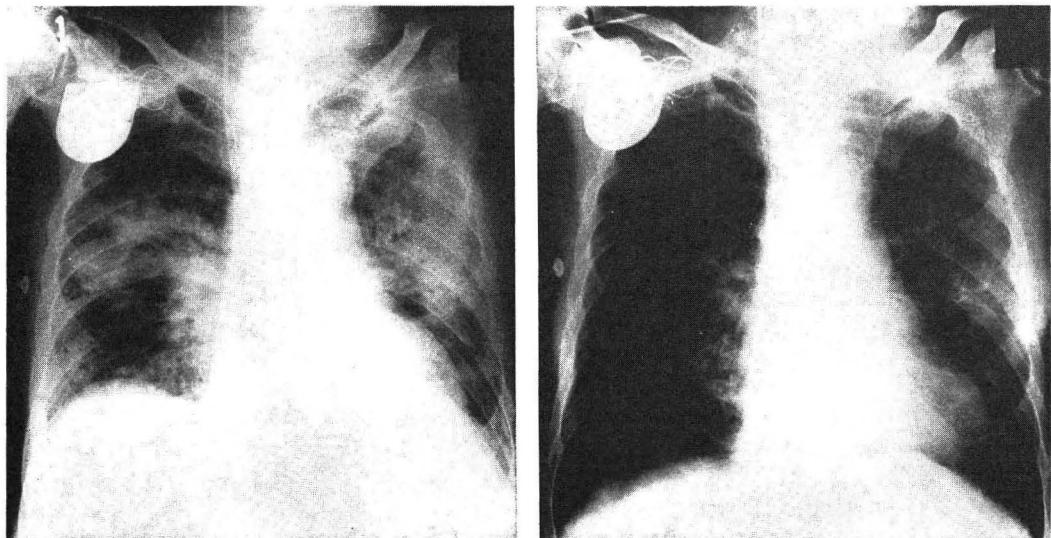


図 4 症例 2 における胸部レントゲン写真
左側は低栄養時、右は高カロリー投与後

下で 420 mmHg あった A-aDO₂ も約 300 mmHg に減少した。しかし腎不全、DIC を併発し、第 20 病日に死亡した。

本症例では REE を 3 機の測定機を用いてカロリーを測定する機会を得たが、内 2 機により得た値は近似した。しかし、RM 200 が示した値はそれより 40% 弱も低かった。

考 察

栄養状態は IVH により略満足できるレベルにまで改善されているにもかかわらず、末梢気道の病態が悪化しているという今回の結果は興味深い。REE を測定して至適なカロリー量を把握せずに IVH を行ったためにこのような結果を得たとも考えられ、今後は栄養管理の質の検討が必要と思われる。いずれにせよ、以前から IVH により栄養管理を受けていた例では肺になんらかの障害の存在することが示唆されたため、術後肺合併症発生との関係⁶⁾などの検討が望まれる。

消化器系の手術を実施する際に患者の栄養状態が障害されている時には、手術前より IVH により栄養を改善し、術後も耐糖能が低下する術直後以外は引き続いて IVH により栄養の管理を行うのが常である。しかし、開心術後は、高カロリー栄養を与えると水分量が増加して、心不全状態が

悪化する可能性があり、その上水分バランスや血糖調節が難しいので、通常は末梢よりの輸液だけで管理されることが多い⁷⁾。

症例 1 では投与カロリーは少なかったが、循環動態が安定した術後第 1 病日から経口摂取を開始したので、カロリーが不足した期間はきわめて少ない。しかし、症例 2 では循環動態の改善を得なかつたので、数日に渡って投与水分を制限したために栄養障害を来たと思われる。large caloric deficits では MOF の発生率が高くなると Bartlett ら⁸⁾が報告しているが、症例 2 はまさに上記を証明した例と思われる。開心術後は諸事情により積極的な栄養管理を行いにくいが、術後の経過が不良な例では諸機能の改善を計るために、とくに栄養面には十分な配慮が必要である。

どの程度のカロリーを積極的に投与すべきであるか、ということが大変重要であるが、その決定を行うには患者が必要としているカロリー量をまず知らなくてはならない。従来は簡易式により BEE を算出して大まかな目安にしていたが、今回の著者の結果では、BEE と REE とはまったく一致しない。この現象に関しては、すでに島田が同様の報告を行っている⁹⁾。したがって、実際に $\dot{V}O_2$ を測定し、REE を算出してからカロリーの投与量を決定しなくては十分な栄養管理を行うことがで

きない。

3つの測定機により同一症例の $\dot{V}O_2$ を測定して REE を算出したが、1つだけ値がかけはなれていた。この器機では吸気・呼気時のガス流量および濃度を連続測定して積算することにより $\dot{V}O_2$ を測定している⁹⁾が、ガス分析器に質量分析装置を用いなかったため、高い気道内圧により (PEEP を付加していた) 時間の遅れや、応答時間が設定値よりズレたことが、測定誤差を生じた原因と思われる。

実際に $\dot{V}O_2$ を測定しても正確な値を得なくては当然のことではあるが、正しい REE を知り得ない。しかし、通常 $\dot{V}O_2$ は $\dot{V}E$ の約 5% であり、その値は $\dot{V}E$ を測定する際の誤差範囲であるので、正しい値を得にくい。その上人工呼吸中は FiO_2 が高くなるので、精度の高い値を得ることはより一層困難になる。

前述のように、術後は病態によりエネルギー消費量が変動しているので、至適な栄養を供給するには間接カロリメトリ法は不可欠であるが、今回の検討の結果では、 $\dot{V}O_2$ に比べると正確な値を得やすいと思われる $\dot{V}CO_2$ においても得られた値の精度については多少の疑問が存在した。したがって、各種装置により得られた $\dot{V}O_2$ については十分な吟味を行うことが必要であり、複数の方法を用いるなど、細心の注意をもって測定しなければならない。

しかし、REE を正確に算出しても、次にはいったい何カロリー投与すべきかという新たな問題が生じる。カロリーの投与過量により生じる問題についてはすでに多数報告されているが¹⁰⁾、カロリー投与量を REE と同量にするか、または何パーセントか大目に投与するかについてはまだ諸家の意見が一致しておらず、今後の検討しなくてはならない重要な課題である。

結語

周手術期の患者における栄養管理、肺機能、さ

らに REE 測定機器の精度などについて検討し、以下の結果を得た。

- 1) 術前に IVH で栄養が管理されている老人では、栄養状態は比較的良好に維持されていても末梢気道の病態は悪化していた。
- 2) 間接的カロリメトリ法により得た REE と BEE とは異なっていた。
- 3) 得られた $\dot{V}O_2$ ならびに $\dot{V}CO_2$ の値については注意が必要であった。

文 献

- 1) Doekel RCT, et al : Clinical semi-starvation, Depression of hypoxic ventilatory response. New Engl J Med 295 : 358, 1976
- 2) Arora NS, Rochester DF : Respiratory muscle strength and maximal voluntary in undernourished patients. Am Rev Respir Dis 126 : 5, 1982
- 3) Cross I : Nutritional and hormonal influences on lung phospholipid metabolism. Fed Proc 36 : 2665, 1977
- 4) Steihm ER : Humoral immunity in malnutrition. Fed Proc 39 : 3093, 1980
- 5) Benedict FG : Lectures on nutrition. Mayo Foundation Lectures. Philadelphia, WB Saunders Co, 1925 p 31
- 6) 安本和正 : 術後の呼吸器合併症の予測について. 日本胸部臨床 46 : 186, 1987
- 7) 島田康弘 : 人工呼吸と栄養管理. 人工呼吸 2 : 10, 1985
- 8) Bartlett RH, et al : Measurement of metabolism in multiple organfailure. Surgery 92 : 771, 1982
- 9) Noguchi H, et al : Breath-by-breath $\dot{V}CO_2$ and $\dot{V}O_2$ required compensation for transport delay and dynamic response. J Appl Physiol 52 : 79, 1982
- 10) Askanazi J, et al : Respiratory changes induced by the large glucose loads of total parenteral nutrition. JAMA 234 : 1444, 1980