

[シンポジウム：人工呼吸患者における代謝、栄養の諸問題]

ガス交換量持続測定による代謝・栄養管理

河 内 正 治*

人工呼吸中患者の栄養管理は、様々な問題があつて難しい。気管内挿管管理中の患者では、比較的正確に、かつ簡便にガス交換量を測定できる装置が開発されており^{1)~5)}、最近ではエネルギー代謝の測定に応用されてきた⁶⁾⁷⁾。とりわけ代謝の亢進など、必要エネルギー量の推定が難しい患者の人工呼吸管理中には、われわれは栄養管理の量および質の指標として、酸素消費量 ($\dot{V}O_2$)、炭酸ガス排出量 ($\dot{V}CO_2$) を測定している。手術症例、術後呼吸管理症例などについて、手術中から手術後にかけての栄養管理と、エネルギー必要量についてあわせて考察する。

測定方法：人工呼吸器は全例 Engström 社製 ERICA® 人工呼吸器を使用し、空気と酸素の混合気体を用いて、 $FI_{O_2}=0.3$ から 0.4、PEEP は約 4 cmH₂O で調節呼吸を行い、手術中は 1 時間ごと、ICU 入室中は適宜動脈血ガス分析を施行した。 $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}CO_2$ 、RQ は間接的熱量測定法で測定し、ERICA® に接続して使用する Engström Metabolic Computer (EMC) および CO₂ analyzer を用いた¹⁾²⁾。O₂、CO₂ のキャリブレーションは測定開始前、および測定開始後は 24 時間ごとに実行した。 $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}CO_2$ の測定は機械接続後または、麻酔導入、気管内挿管後、患者の呼吸・循環動態が安定して 15 分以上経過してから開始した⁸⁾⁹⁾。 $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}CO_2$ は STPD で計算し、症例ごとに体表面積で除して平均化を計った。統計計算は、おのおのデータについて標準偏差および平均値を求め、データ間の平均値の差の検定にはスチューデントの t 分布検定を用い、データに対応のある場合は paired-test を使用し、確率水準 5% を有意水準とした。

一般外科手術中の栄養管理

手術中の栄養管理については、病態が複雑で、関与する因子も多いことから、人工呼吸中の栄養管理としては特殊である¹⁰⁾¹¹⁾。われわれは、手術中のエネルギー源および生体内での使用状況を調べるために、まず手術中のエネルギー代謝を各種糖質投与のもとに測定した。

対象：ASA 分類 1 または 2 の 2 時間以上にわたる待機的手術症例で、手術対象疾患以外、呼吸器疾患、肝障害、糖尿病などの代謝性疾患を合併していない成人症例である。症例数は 28 例で、年齢は 42 歳から 74 歳、男性 16 例、女性 12 例であった。28 例を 5 グループに分け、グループ 1 (n=6) をコントロール群として、糖質投与は手術中に行わなかった。グループ 2 (n=6)、3 (n=5) には、グルコースをそれぞれ 0.25、0.5 g/kg/h、またグループ 4 (n=5)、5 (n=6) にはマルトース 0.25、0.5 g/kg/h を手術中投与した。糖質投与は、シリソジポンプを用いて、50% 糖質液を中心静脈から測定した(表 1)。

麻酔法および測定方法：パンクロニウムプロマ

表 1 測定対象と投与糖質（一般手術症例）

ASA Ps I or II, n=28, M : F = 16 : 12
42~74 year-old, BODY WEIGHT : 57±8.8kg, HEIGHT : 159±9.2 cm (mean±SD)
GROUP 1 : n=6, LR only, NO Sugar, CONTROL GROUP
GROUP 2 : n=6, LR with 0.25 g/kg/h GLUCOSE
GROUP 3 : n=5, LR with 0.5 g/kg/h GLUCOSE
GROUP 4 : n=5, LR with 0.25 g/kg/h MALTOSSE
GROUP 5 : n=6, LR with 0.25 g/kg/h MALTOSSE

LR : lactated Ringer solution

* 松江赤十字病院麻酔科

イド 0.1 mg/kg, フェンタニール 6~8 µg/kg, ジアゼパム 2 mg による NLA で麻酔導入後気管内挿管を施行、維持にはフェンタニールの追加投与に持続硬膜外ブロックを併用した。吸入麻酔薬（笑気、揮発性麻酔薬）は使用せず¹²⁾, $\text{FiO}_2=0.3$

にて人工呼吸管理を施行した。手術中輸液製剤は、乳酸加リソゲル液を 6~8 ml/kg/h 使用した。また、必要に応じて血液製剤の投与も行ったが、出血量が 1,000 ml を越えた症例は本研究から除外した。ガス交換量は手術前 15 分間の測定平均

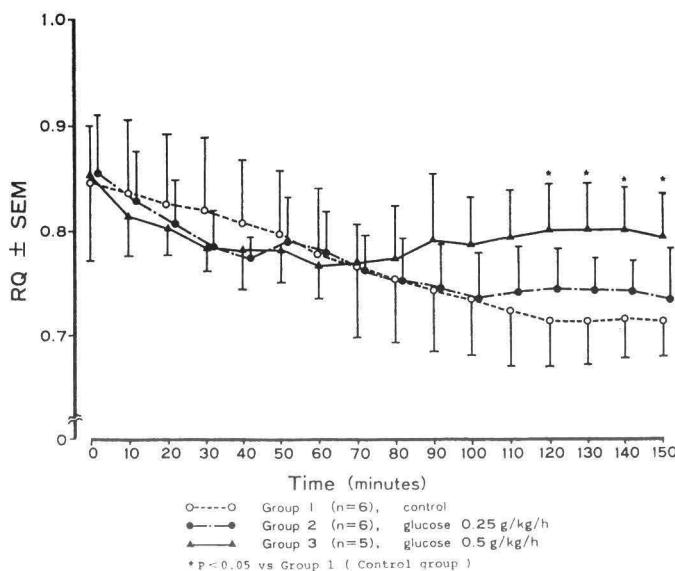


図 1 手術中の RQ の変動
(Group 1, 2, 3 : glucose 投与群)

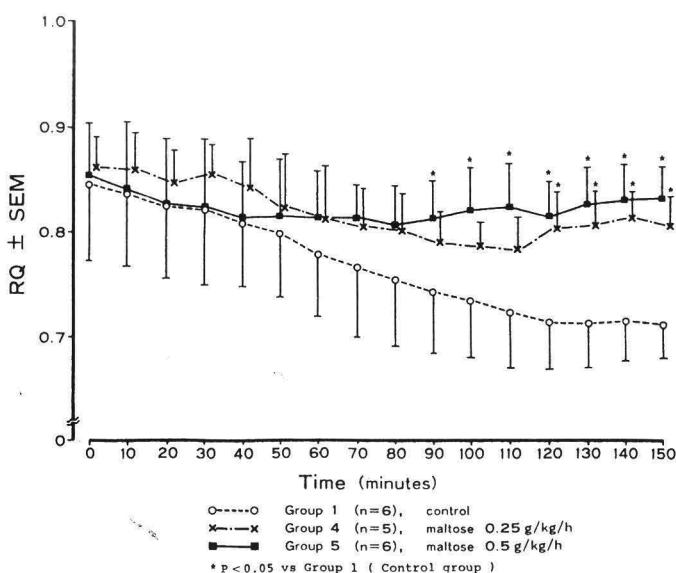


図 2 手術中の RQ の変動
(Group 1, 4, 5 : maltose 投与群)

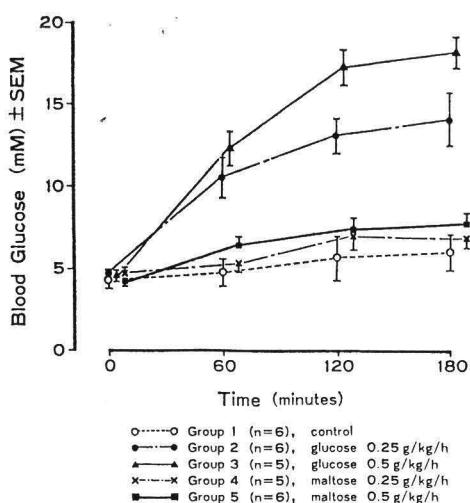


図3 手術中の血糖値の変動
(group 1, 2, 3, 4, 5)

値をコントロール値とし、以下10分ごとに15分間の測定平均値として算出した。

結果：糖質投与をまったく行わない症例（グループ1）では手術中呼吸商（RQ）は0.7近くに有意に下降し（ $P < 0.05$ ），手術中のエネルギー代謝が脂質中心に移行したことが示唆された¹¹⁾。一方、グルコース投与群〔0.25 g/kg/h (group 2), 0.5 g/kg/h (group 3)〕では、やはり手術中 RQ は経的に低下したがその程度はグループ1にくらべて緩やかで、グループ3では120分値以降、グループ1に対して有意に高値であった（ $P < 0.05$ ）（図1）。マルトース投与群でも RQ の低下は抑制され、とくにグループ5ではコントロール値に対して、手術中 RQ は有意の変動を示さなかった（図2）。また、手術中の $\dot{V}O_2$ はいずれの群においても有意な変動は見られなかった。

血糖値は手術中、いずれのグループにおいても上昇した。図3は麻酔中の各群の血糖値の推移である。手術開始から180分まで、コントロール群（グループ1）では 79.1 ± 24.2 から 109.5 ± 42.5 へ、以下 87.3 ± 4.3 から 256.3 ± 66.1 へ（グループ2）（ $P < 0.01$ ）， 85.4 ± 13.4 から 329.0 ± 34.5 へ（グループ3）（ $P < 0.01$ ）， 85.6 ± 9.2 から 122.4 ± 20.6 へ（グループ4）（ $P < 0.01$ ）， 77.1 ± 4.7 から 138.6 ± 24.5 (mg/dl) へ（グループ5）（ $P < 0.01$ ）それぞれ血糖値は上昇した。糖質非投与群

においても血糖値は上昇したが、とくにグルコース投与群では著しく、400 mg/dl 以上の高血糖を呈した症例もあった。

以上の結果より、一般外科手術中 NLA 麻酔下ではエネルギー代謝量はほぼ一定で、糖質投与を行わなければ生体のエネルギー代謝は脂質中心に移行すること、さらに、手術中においても糖質を投与すれば、エネルギー源としてそれらの糖質が使用され得ると推定できる¹³⁾¹⁴⁾。また、RQ の点からは、グルコースよりもマルトースの方が手術中はより生体内で使用されやすいと言えるかも知れない。0.5 g/kg/h 程度のグルコース投与量は成書でも認められている一般的な量であるが¹⁵⁾¹⁶⁾、血糖値が高くなりすぎる症例があり、術中投与量としては多いと考えられる。この術中高血糖は糖質の投与にもかかわらずいくつか報告されており^{17)~20)}、インスリン分泌の低下¹⁹⁾、抹消でのグルコース利用の低下²¹⁾、血清 グルカゴン値の上昇⁹⁾などの影響が考えられる。

開心術中の酸素消費量の変化

開心術は体外循環、低体温、カテコールアミン類の使用など特殊な因子が多く、呼吸管理、循環管理と並んで、代謝・栄養管理の面からも一般手術症例とは異なる点が多い^{22)~24)}。われわれは体外循環（以下 ECC）のエネルギー代謝への影響を調べるため、体外循環下に低体温を併用した開心術症例11例で手術中投与糖質をグルコース約0.25 g/kg/h と一定にして、手術中から ECC 終了後18時間までのガス交換量を測定した。

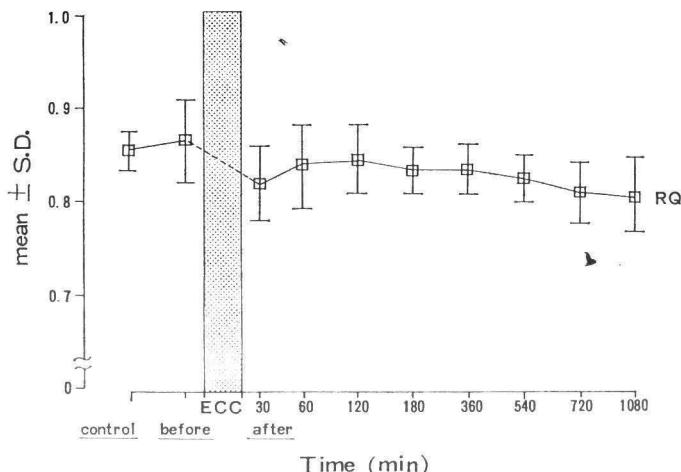
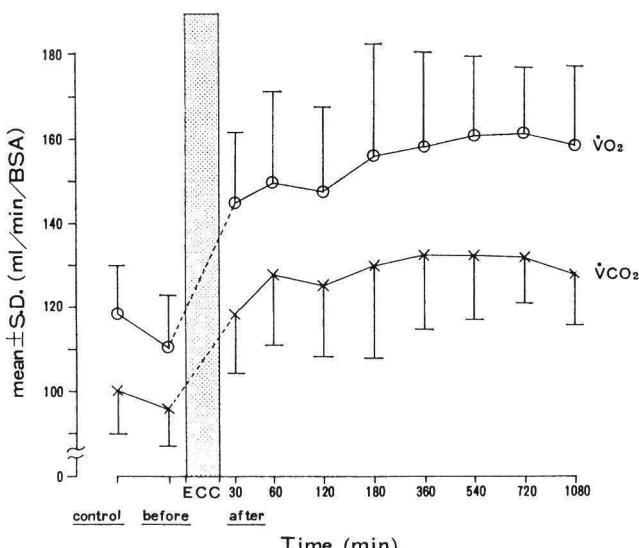
対象および方法：対象症例は手術対象疾患以外に呼吸器疾患、代謝性疾患などの合併症を有しない成人症例で、心不全の程度は NYHA 分類II度までとした。手術対象疾患は僧帽弁疾患5例、大動脈弁疾患1例、狭窄症2例、ASD・VSD 3例の計11例であった（表2）。麻酔は大量フェンタニール法にて行い、導入はフェンタニール $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ およびジアゼパム $5 \sim 10 \text{ mg}$ 、パンクロニウムプロマイド $0.1 \text{ mg}/\text{kg}$ を使用し、必要量のフェンタニールを胸骨切開までに追加投与した。吸入麻酔薬は使用せず¹²⁾、 $\text{FIO}_2 = 0.3 \sim 0.4$ にて ERICA® にて EMC を接続して人工呼吸管理を施行した。ガス

表 2 測定対象（開心術症例）

麻酔法	HDF ; fentanyl 50~80 $\mu\text{g}/\text{kg}$
O ₂ -Air Mixture ; FiO ₂ 0.3~0.4	
対象数	11名 男4, 女7
平均年齢	52.8±10.5歳 (S.D.)
体表面積	1.47±0.13m ² (S.D.)
手術時間	337.2±110.6分 (S.D.)
麻酔時間	399.5±105.6分 (S.D.)
人工心肺時間	158.5±57.2分 (S.D.)

交換量は、手術前15分間の測定平均値をコントロール値とし、以後 ECC 開始直前、ECC 終了後30分、1, 2, 3, 6, 9, 12, 18時間に15分測定値として計算した。

結果：RQはコントロール値0.86±0.023、ECC 終了後30分で0.82±0.041とECCの前後で有意な変化はなく、その後低下傾向を示したもの術中術後を通じてほぼ一定であった（図4）。 $\dot{V}\text{O}_2$ はコントロール値118±12.9 ml/min/m²から

図 4 手術中の RQ の変動
(開心術症例)図 5 手術中の $\dot{V}\text{O}_2$, $\dot{V}\text{CO}_2$ の変動
(開心術症例)

ECC 終了後 30 分で $145 \pm 17.5 \text{ ml/min/m}^2$ と有意に増加し ($P < 0.05$)、以後 18 時間まで 150 から 160 ml/min/m^2 でほぼ一定であった(図 5)。中枢温は術中、術後を通してガス交換量測定時点では有意差はなかった。

RQ がほぼ一定であったことから、生体内のエネルギー源は測定期間中ほとんど変化なかったと推察され¹³⁾、 $\dot{V}\text{O}_2$ の増大はすなわち、エネルギー代謝の増加であったと考えられる。このエネルギー代謝の増加の原因としては、① ECC からの離脱時に投与したカテコールアミンなどにより引き起こされた酸素供給量の増加の結果、 $\dot{V}\text{O}_2$ が増加したため、② ECC、低体温の影響で血清カテコールアミン²³⁾やコルチゾールなど²⁵⁾²⁶⁾が上昇した結果の代謝量増大、つまり、いわゆる低体温に対する生体反応である²⁴⁾などが考えやすいが、本研究からは明らかではない。また麻酔薬によっては生体の低体温に対するホルモン反応をフェンタニールより抑えるものもあり²⁷⁾、麻酔法によってはこの代謝量の増大を防止できる可能性もある。しかし、いずれにしてもこの代謝量の増大は、一般外科手術症例では認められなかつるものであり、開心術症例での術後早期からの積極的な栄養管理の必要性を示唆するものと考える。

ICU における栄養管理

1) 術後症例における $\dot{V}\text{O}_2$ 、 $\dot{V}\text{CO}_2$ 測定の応用 手術後の栄養管理の必要性を最初に提唱したのは、1948 年 F.D. Moore であろう²⁸⁾。以来、術後

の呼吸不全、縫合不全などの合併症を防止するため、栄養管理によって術後蛋白異化を減少させようという様々な試みがなされてきた²⁹⁾³⁰⁾。とくに Dudrick らによる完全静脈栄養 (TPN) の確立³¹⁾は手術前後の栄養管理をも、飛躍的に容易にした。本研究では、ICU 入室を必要とする予防的呼吸管経症例を含む術後症例について、 $\dot{V}\text{O}_2$ 、 $\dot{V}\text{CO}_2$ の連続測定、および窒素バランスよりエネルギー代謝量を計測し、その測定値に基づいて術後 6 時間からの TPN を施行し、術後の異化期における至適カロリー量の検索を行った。

対象および方法：開胸開腹手術または多臓器にわたる待機的手術後の ICU 入室患者で、手術対象疾患以外に合併症を有しない症例を対象とした(表 3)。平均手術時間は 301 分、平均麻酔時間は 379 分であった。麻酔法は NLA (フェンタニール、ジアゼパム使用) に硬膜外ブロックを併用し、手術中の糖質投与はグルコース、およびマルトースで平均 0.2 g/kg/h であった。人工呼吸管理は、ERICA® に EMC を接続して $\text{FIO}_2 = 0.3 \sim 0.4$ にて行った。また、術後の呼吸管理時には PEEP を $4 \text{ cmH}_2\text{O}$ 使用した。ICU での疼痛管理は硬膜外モルヒネ、あるいは硬膜外ブブレノルフィン注入法にて行い、他の鎮痛薬、筋弛緩薬などは使用しなかった。人工呼吸器からの weaning は on-off 法、または EMMV で術後 66 時間以降に病態にあわせて行った。ガス交換量は、麻酔導入後手術開始前に術前のコントロール値を測定し、ICU 入室後は術後 1 時間値(15 分間の平均値)、6 時間

表 3 測定患者の内訳

#	年齢	性別	身長	体重	体表面積	原疾患	施行手術
1	52	女	142	39.5	1.26	肝血管腫	肝左葉切除術
2	73	男	157	42.0	1.35	残胃腫瘍	残胃全摘術
3	72	女	147	50.4	1.48	総胆管腫瘍	総胆管十二指腸切除術
4	34	女	152	46.5	1.41	脾頭部腫瘍	脾頭十二指腸切除術
5	51	女	152	47.0	1.40	胆囊腫瘍	腫瘍切除術、肝門部胆管空腸吻合術
6	50	男	167	53.0	1.60	食道腫瘍	開胸開腹腫瘍切除術、胸骨前バイパス術
7	74	女	140	35.0	1.18	食道静脈瘤	食道離断術
8	52	男	168	62.0	1.68	乳頭部腫瘍	脾頭十二指腸切除術

* 単位：身長：cm、体重：kg、体表面積： m^2

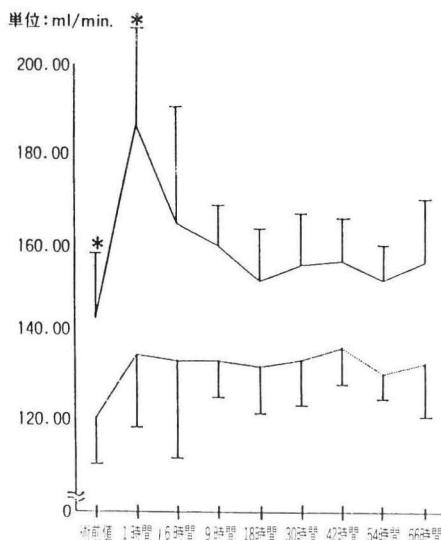


図 6 ICU 入室中の $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ の変動
(n=8, mean \pm S.D.)

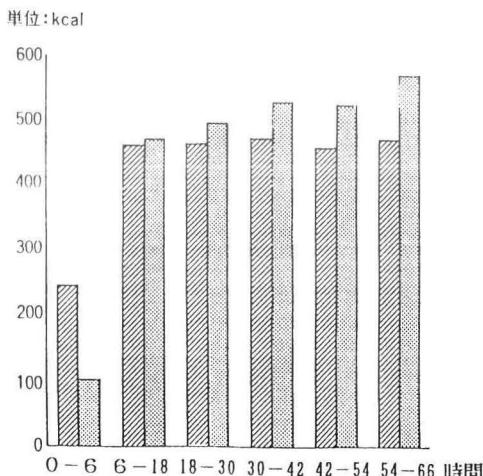


図 7 非蛋白カロリー量計算値および投与
非蛋白カロリー量の変動 (n=8)

値（術後 1 時間から 6 時間目までの平均値）、9 時間値（6 時間目からの 3 時間平均値）、18 時間値（術後 6 時間目から 12 時間の平均値）、以後 それぞれ 12 時間の平均値を術後 30, 42, 54, 66 時間に算定した。窒素バランスは Lee の簡易式³²⁾を用いて、術後 6 時間から 12 時間ごとに 78 時間目まで計算した。

TPN の実施方法：手術 3~5 日前に右鎖骨下静脈よりの中心静脈を確保し、手術前 500 kcal/日程

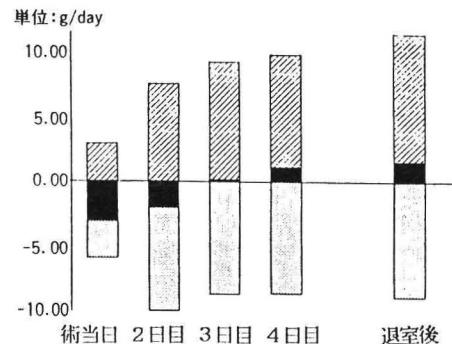


図 8 窒素バランスの変動
(n=8, mean)

度のグルコース投与を手術前まで施行、術後は 6 時間目から TPN を開始した。投与非蛋白カロリー量はガス交換量および排泄窒素量計算値より決定した。すなわち、術後 6 時間から 18 時間までのカロリー投与量はガス交換量および窒素排泄量の 6 時間値から計算、以後同様に 12 時間ごとにカロリー投与量を変更した。非蛋白カロリー源は、グルコースと脂質をカロリー比で 2:1 になるように投与、蛋白質は体重当たり 1.0 g/日で開始して漸増し、カロリー・N 比が 100 以上になるように総合アミノ酸製剤 (FAO/WHO 規格) を用いて投与した。TPN の評価のため、栄養状態の指標として血清諸蛋白値（総蛋白³³⁾、アルブミン³³⁾³⁴⁾、トランスフェリン³³⁾、プレアルブミン³⁵⁾）、体重、上腕三頭筋部皮下脂肪厚 (TSF)、上腕囲 (AC)³⁶⁾などの検索を行った。

結果： $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ の推移を図 6 に示した。 $\dot{V}O_2$ は術後 1 時間値のみ手術前値にくらべて有意に増加し、その後漸減して以後ほぼ一定であった。RQ は術後 1 時間値が 0.73, 6 時間値が 0.81 と低値であったが、以後ほぼ一定であった。ガス交換量および窒素排泄量から計算した非蛋白カロリー必要量は、体表面積当たり 900 kcal/24 h でほぼ一定であった（図 7）。また窒素バランスは全例手術当日（ICU 入室 0 時まで）が最低で、平均窒素バランスは手術当日から 2 日目は負であったが、3 日目からは正となり、1 週間の累積では正であった（図 8）。血清諸蛋白値の変動を図 9（アルブミン、総蛋白）、図 10（トランスフェリン、プレアルブミン）に示した。総蛋白質は 2 日目に最低

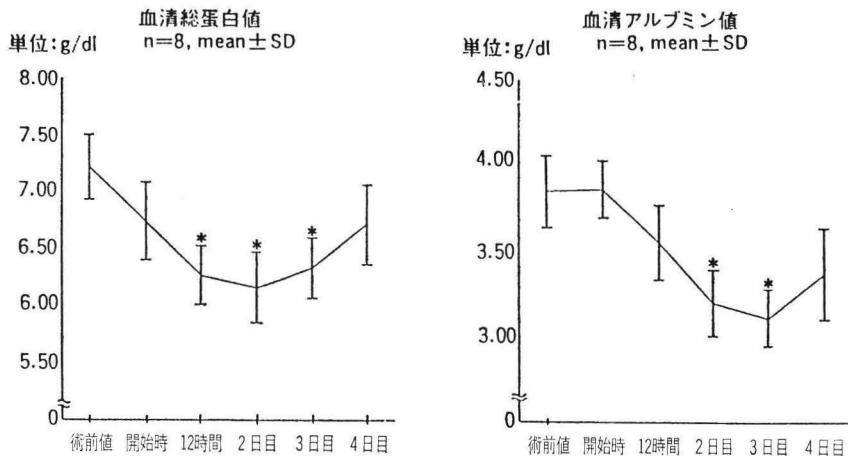


図 9 血清アルブミン、総蛋白値の変動

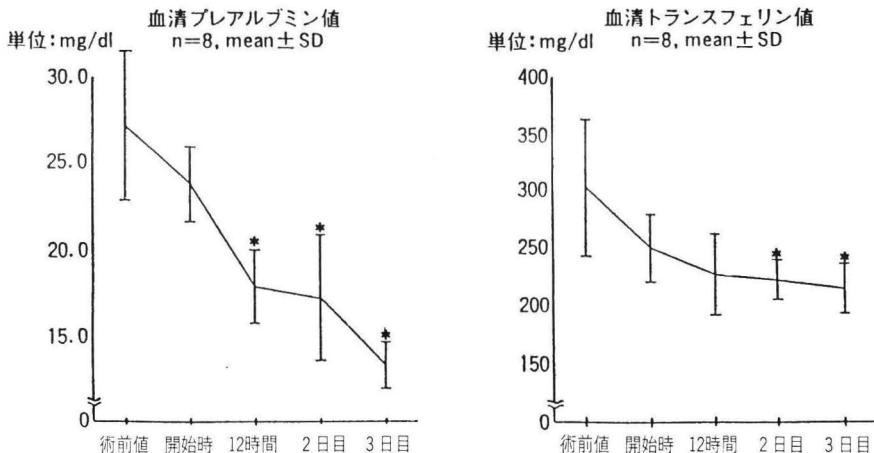
＊手術前値に対して有意差あり ($P < 0.05$)

図 10 血清トランスフェリン、プレアルブミン値の変動

＊手術前値に対して有意差あり ($P < 0.05$)

値を示し、他は3日目に最低であった。図11に症例4の血清諸蛋白値の11日間の変動を手術前値を100として百分率にて示した。いずれの値も9日目には手術前値の80%以上に回復した。体重、TSF、AC、免疫能などはいずれもとくに変動を示さなかった。また、肝機能、腎機能の低下や、凝固能、血清電解質、浸透圧の異常、高血糖などTPNによると考えられる合併症は1例も経験しなかった。手術後1ヵ月間の追跡においても、術後合併症、感染症などを併発した症例はなく、全例経過は順調であった。

ガス交換量測定値から算出されたエネルギー代謝量は、手術前値に対して10~15%の増加である、いわゆる術後代謝亢進値とよく一致した³⁷⁾。よって算出値に基づいた投与非蛋白量は約1,500 kcal/day(平均30 kcal/kg/day)と比較的の低値で、一般に術後高度異化期において必要とされる50 kcal/kg/day³⁸⁾の半量に近かった。蛋白投与量も1.0~1.3 kg/dayと従来侵襲下に必要とされている量より少なかった。しかしながら、窒素バランスおよび血清諸蛋白値の推移から、この投与量によって術後異化期の短縮を生じ得たと考

えられる(図12)³⁹⁾。このように、手術後の患者のごとく代謝が変動し予測の難しい場合にガス交換量を測定することは、人工呼吸中の栄養代謝管理にはきわめて有用な補助手段であり、とくに高カロリー輸液法の合併症⁴⁰⁾⁴¹⁾を防ぐ意味で、投与量の評価に有用である。さらに投与した糖質または脂質が使用されているかどうかの推定も、呼吸商の値からある程度可能と思われる¹³⁾。

2) その他の ICU 症例における応用

手術後の症例ばかりではなく、人工呼吸管理を必要とする代謝量の変動の激しい病態、敗血症や

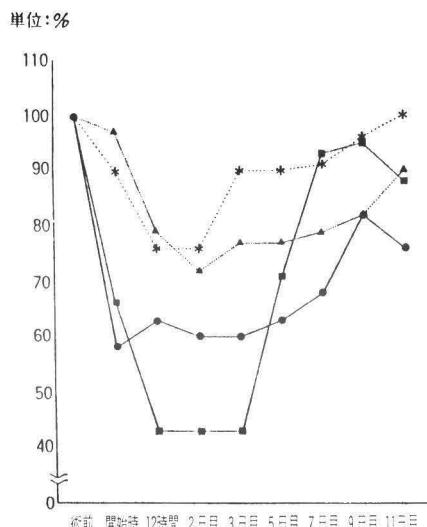


図 11 症例 4 の血清諸蛋白値の変動(%)
(コントロール値=100%)

重度熱傷など⁴²⁾では、ガス交換量を測定することは栄養代謝管理上大きな助けとなる。1例として、92% 重症熱傷患者におけるエネルギー代謝量の測定を挙げた。従来熱傷においては投与カロリー量は熱傷面積より計算して求めるが³⁴³⁾、60% 以上の広範囲熱傷においてはその適応は困難である⁴⁴⁾。そこで、本症例ではガス交換量を計測して投与カロリー量の決定を試みた。症例は26歳女性、熱湯に落下して顔面から足先に至る80% III度+12.5% II度 b (%BSA) の広範囲熱傷を受傷して ICU に搬入された。ただちに急性期体液管理、呼吸管理を開始し、ERICA® 人工呼吸器に接続してガス交換量測定を開始した。 $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ は受傷当日から12日までほぼ直線的に約2倍に増加し Gump らの報告とほぼ一致した⁴⁵⁾。RQ は受傷3日目より上昇し、以後0.9前後で推移した(図 13)。このガス交換量と窒素排泄量から計算した非蛋白カロリー量は、窒素排泄量が多かったため最高で 2,500 kcal/day であった(図 14)。このため投与カロリー量は受傷面積から計算した投与量の 2/3 程度となった。カロリーの投与方法については様々な意見があるが、投与量の評価としては、ガス交換量測定がもっとも簡便で正確であると考えられる。

以上、われわれが行っている人工呼吸下の栄養管理について、ガス交換測定に基づいたものを述べてきた。利点としては、ほぼ real time でエネルギー代謝量を算出できること、窒素排出量を測

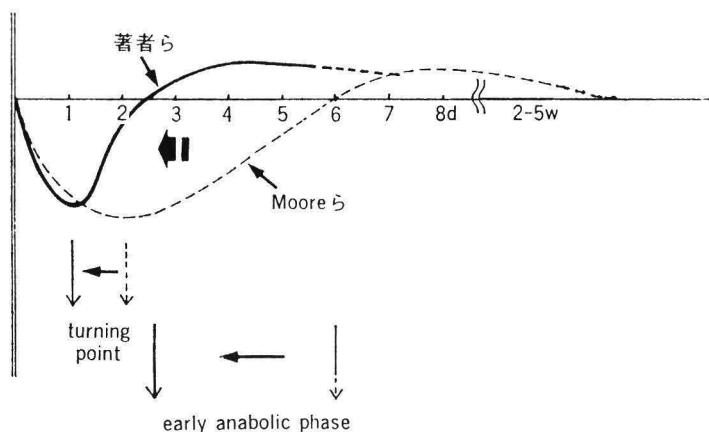


図 12 手術後異化期の短縮
(窒素バランスの変動)

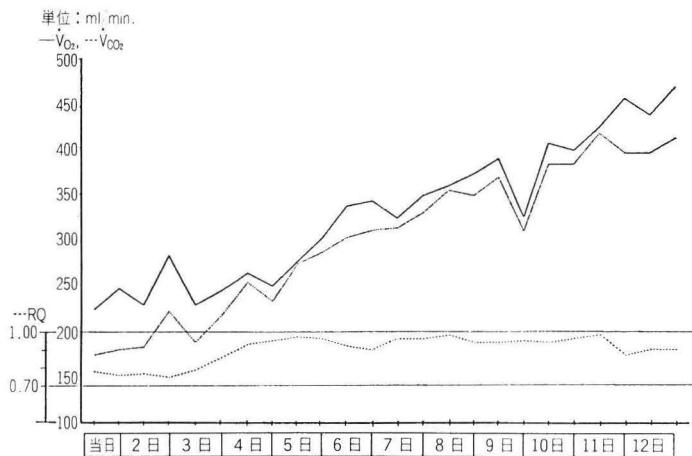


図 13 受傷後の $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, RQ の変動
(受傷後 12 日間)

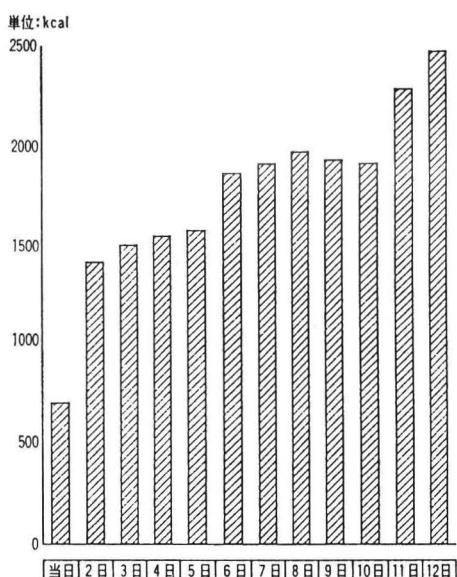


図 14 非蛋白カロリー量の経時的推移
(受傷後 12 日間, 受傷当日は 12 時間値)

定すればエネルギー源を推定できることなどであろう。代謝量の変動の激しい病態や推定の難しい病態、また、過剰投与による合併症の防止などに有用である。欠点としては、特殊な機器が必要、操作が煩雑、適応患者が限定される、などがある。また、実際にベッドサイドでガス交換量を測定するにあたっては、いくつかの問題点が存在する¹⁾。しかしながら、症例によってはきわめて有用な補助手段となり得、ICU などにおいては、窒

素排出量の測定とあわせて糖質、脂質、蛋白質個々の消費量を推定でき⁴⁶⁾、病態に合わせたより望ましい全身管理が可能になると考える。

文 献

- 1) 河内正治, Bredbacka S, Norlander OP, ほか : 人工呼吸療法下の代謝量測定—ガス交換量持続測定装置 Engstrom Metabolic Computer の評価—I. ICU と CCU 8 : 905, 1984
- 2) Bredbacka S, Kawachi S, Norlander OP, et al : Gas exchange during ventilator treatment : A validation of a computerized technique and its comparison with the Douglas bag method. Acta Anaesthesiol Scand 28 : 462, 1984
- 3) Bohn SE, Hogman B, Olsson SG, et al : A new device for continuous measurement of gas exchange during artificial ventilation. Crit Care Med 8 : 705, 1980
- 4) Damask MC, Weissman C, Askanazi J, et al : A systematic method for validation of gas exchange measurements. Anesthesiology 57 : 213, 1982
- 5) 公文啓二, 田中一彦, 林 研二ほか : VCO_2 , VO_2 および呼吸商連続測定装置 (RM-200) の評価. ICU と CCU 6 : 767, 1980
- 6) Gump FE, Martin P, Kinney JM : Oxygen Consumption and caloric expenditure in surgical patients. Surgery Gynecol Obstet 137 : 499, 1973

- 7) Askanazi J, Rosenbaum SH, Silverberg PA, et al : Respiratory changes induced by the large glucose loads of total parenteral nutrition. *JAMA* 243 : 1444, 1980
- 8) Rahn H, Otis AB : Continuous analysis of alveolar gas composition during work, hyperpnea, hypercapnia and anoxia. *J Appl Physiol* 1 : 717, 1949
- 9) Otis AB : Quantitative relationship in steady-state gas exchange, *Handbook of physiology* sect 3, vol 1. edited by Fenn WO, Rahn H. Washington D.C., American Physiological Society, 1964, pp 681-698
- 10) Gump FE, Long CL, Geiger JW, et al : The significance of altered gluconeogenesis in surgical catabolism. *J trauma* 15 : 704, 1975
- 11) 大久保敏博：麻酔および手術侵襲の糖代謝と血漿グルカゴン濃度に及ぼす影響. *麻酔* 18 : 1062, 1979
- 12) Nunn JF, Pouliot JC : The measurement of gaseous exchange during nitrous oxide anaesthesia. *Br J Anaesth* 34 : 752, 1962
- 13) Guyton AC : *Textbook of Medical Physiology*, Philadelphia, W.B. Saunders, 1976, p. 972
- 14) Hagerdal M, Caldwell CB, Gross JB : Intraoperative fluid management influences carbon dioxide production and respiratory quotient. *Anesthesiology* 59 : 48, 1983
- 15) Harrison RC : Intravenous fluids and acid base balance, *Introduction to Aesthesia*, sixth edition. Edited by Dripps RD, Eckenhoff JE, Vandam LD. Philadelphia, W.B. Saunders, 1982, pp 253-269
- 16) Giesecke AH, Egbert LD : Perioperative fluid therapy -crystalloids, *Anesthesia*, second edition, Edited by Miller RD. New York, Churchill Livingstone, 1986, pp 1313-1328
- 17) Nilsson K, Larsson LE, Andreasson S, et al : Blood-glucose concentrations during anaesthesia in children. *Br J Anaesth* 56 : 375, 1984
- 18) Nuutinen L, Hollmen A : Blood sugar levels during routine fluid therapy of surgical patients. *Ann Chir Fenn* 64 : 108, 1975
- 19) Wright PD, Henderson K, Johnston IDA : Glucose utilization and insulin secretion during surgery in man. *Br J Surg* 61 : 5, 1974
- 20) 河内正治, 花木千尋, 川口稟示ほか：小児における術前絶飲食期間, 糖質投与量の血糖値, 尿中ケトン体に及ぼす影響. *麻酔* 35 : 943, 1986
- 21) Stjernström M, Jordfeldt L, Wiklund L : Interrelationship between splanchnic and leg exchange of glucose and other blood-born energy metabolites during abdominal surgical trauma. *Clin Physiol* 1 : 59, 1981
- 22) Moffitt EA, Sessler AD, Molnar GD, et al : Normothermia versus hypothermia for whole-body perfusion : effects on myocardial and body metabolism. *Anesth Analg* 50 : 505, 1971
- 23) Hirvonen J, Huttunen P, Nuutinen L, et al : Catecholamines and free fatty acids in plasma of patients undergoing cardiac operations with hypothermia and bypass. *J Clin Path* 31 : 949, 1978
- 24) 坪 敏仁, Oka Y, 松木明知ほか：人工心肺時の低体温法と正常体温法の比較. *麻酔* 33 : 1180, 1984
- 25) Swan H, Jenkins D, Helmreich ML : The adrenal cortical response to surgery III. Changes in plasma and urinary corticosteroid levels during hypothermia in man. *Surgery* 42 : 202, 1957
- 26) Kono K, Philbin DM, Coggins CH, et al : Adrenocortical hormone levels during cardiopulmonary bypass with and without pulsatile flow. *J Thorac Cardiovasc Surg* 85 : 129, 1983
- 27) de Lange S, Boscoe MJ, Stanley TH, et al : Antidiuretic and growth hormone responses during coronary artery surgery with sufentanil-oxygen and alfentanil-oxygen anesthesia in man. *Anesth Analg* 61 : 434, 1982
- 28) Moore FD : Surgical Nutrition. *Nutr Rev* 6 : 161, 1948
- 29) Holden WD, Krieger H, Levey S, et al : The effect of nutrition on nitrogen metabolism in the surgical patient. *Ann Surg* 146 : 563, 1957
- 30) Hill GL, Blackett RL, Pickford I, et al : Malnutrition in surgical patients. An unrecognized problem. *Lancet Mar.* 26 : 689, 1977
- 31) Dudrick ST, Ruberg RL : Principles and practice of parenteral nutrition. *Gastroenterol* 61 : 901, 1971

- 32) Allen PC, Lee HA : A clinical guide to intravenous nutrition. Brackwells Scientific Publications, Oxford, 1964, p. 144
- 33) McFarlane H, Ogbemide M, Reddy S, et al : Biochemical assessment of protein-calorie malnutrition. Lancet Feb 22 : 392, 1969
- 34) Whitehead RG, Coward WA, Lunn PG, et al : Serum-albumin concentration and the onset of Kwashiorkor. Lancet Jan 13 : 63, 1973
- 35) Ingenbleek Y, De Visscher M, De Nayer P : Measurement of prealbumin as index of protein-calorie malnutrition. Lancet July 15 : 106, 1972
- 36) Bistrian BR, Blackburn GL, Vitale J, et al : Prevalence of malnutrition in general medical patients. JAMA 235 : 1567, 1976
- 37) Kudsk KA, Sheldon GE : Nutritional assessment., in Surgical Nutrition, edited by Fischer JE, Boston, Little Brown, 1983, p. 410
- 38) 森 昌造, 岡本和美 : 消化吸収障害時の栄養管理(消化器外科手術前後). 外科治療 50 : 172, 1984
- 39) Moore FD : Metabolic care of the surgical patient. chap. 2, Philadelphia, W.B. Saunders, 1959, p. 25
- 40) MacFadyen BV, Dudrick SJ, Baquero G, et al : Clinical and biochemical changes in liver function during intravenous hyperalimentation. J Par Ent Nutr 3 : 438, 1979
- 41) Sheldon GF, Petersen SR, Sanders R : Hepatic dysfunction during hyperalimentation. Arch Surg 113 : 504, 1978
- 42) Popp MB, Brennan MF : Metabolic response to trauma and infection. in Surgical Nutrition, edited by Fischer JE, Boston, Little, Brown, 1983, p. 495
- 43) Curreri PW, Richmond D, Marvin J, et al : Dietary requirements of patients with major burns. Research 65 : 415, 1975
- 44) Wilmore DW, Curreri PW, Spitzer KW, et al : Supranormal dietary intake in thermally injured hypermetabolic patients. Surg Gynecol Obstet 132 : 881, 1971
- 45) Gump FE, Kinney JM : Energy balance and weight loss in burned patients. Arch Surg 103 : 442, 1971
- 46) Hunker FD, Bruton CW Jr, Hunker EM, et al : Metabolic and nutritional evaluation of patients supported with mechanical ventilation. Crit Care Med 8 : 628, 1980