

呼吸不全を有する症例の輸液と栄養

国立循環器センター外科系集中治療科

矢作直樹, 公文啓二

はじめに

呼吸不全を有する症例での輸液, 栄養管理での特徴とは, さまざまな呼吸不全の原因(表1)にかかわらず適正な循環および水分バランス・栄養の維持および感染対策にある(図1)。今回は心臓血管手術後の急性呼吸不全を主眼として呼吸不全の治療および輸液・栄養管理について述べる。

表1 急性呼吸不全の原因

循環不全	→ ARDS
大手術	
全身感染	
肺炎	
大量輸血(過剰な輸液)	
慢性閉塞性肺疾患の急性増悪	

水分管理

心臓血管手術術後における呼吸不全には過剰な正の水分バランスと循環不全の関与が多い。

水分バランスに関しては, 当ICUではこの10年来, 患者自身の利尿のみで追いつかない場合, 術中術後を問わず, 成人では持続限外濾過(CHF)または持続限外濾過透析(CHDF)を, 小児以下は腹膜透析(PD)により水分バランスを合わせるよう努力している。(人工心肺に限外濾過膜を組み込んでいるので人工心肺施行中は成人小児を問わずCHFを施行(表2)。)これにより栄養もその水分量を気にせずに適正熱量を投与できる。

(最近5年間のICU入室心臓血管手術患者3920例ではCHFまたはCHDF施行が78例(2.0%), PD施行が212例(5.4%)であった。)

呼吸および循環管理

1) 酸素化能の改善

重症心不全など体位変換の困難な臥床患者は背側無気肺をきたしやすく, 特に筋弛緩剤の使用により横隔膜が挙上し両下葉に死腔増加をきたす。これらにさらに高濃度酸素吸入の持続により吸収性無気肺をきたしやすい。これらに対して当ICUでは窒素のかわりにヘリウムを用い, 酸素/ヘリウム換気を施行している。ヘリウムは kinematic viscosity が大きく, より細い気道においても層流

表2 人工心肺時限外濾過(91.1~95.6)

	全症例	限外濾過
成人	1692	281
小児	921	662
計	2613	943(36%)

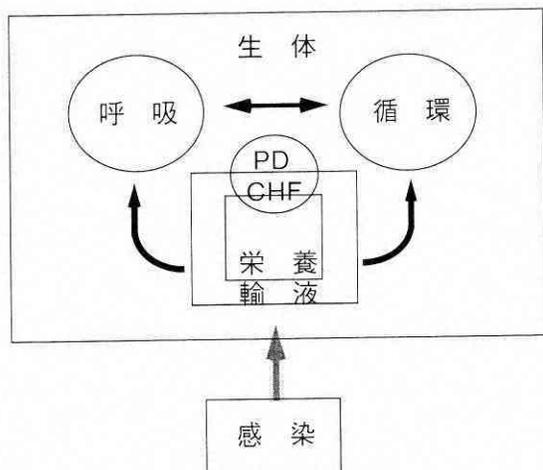


図1 呼吸・循環と輸液・栄養

を保ち、閉塞しかけた気道には入り込み、肺胞換気を維持するものと考えられる¹⁾。

酸素化能の改善には基本的には最高気道内圧を保たざるを得ず、さらに high PEEP も必要となり、循環不全、特に右心不全のある症例にとって不利である。Inverse ratio ventilation (IRV) も深鎮静ときには筋弛緩剤が必要となり気道内分泌物の多い症例など排痰を促進したい場合に好ましくない。このような時にも酸素/ヘリウム換気は有利である。

胸部単純写真上特に所見がないにもかかわらず 10cmH₂O までの PEEP を含む従来の呼吸療法では改善のみられなかった低酸素症 (PaO₂/FiO₂ < 200) を呈した開心術後患者 12 例 (冠動脈疾患 6 例、弁疾患 3 例、その他 3 例) (男 8 例、女 4 例、年齢 58 歳) を対象として酸素/ヘリウム換気をおこなった。SaO₂ が一定となる限り徐々に FiO₂ を下げ、酸素/ヘリウム換気開始後 90 分で 0.7-0.5 まで下げられ、他の呼吸パラメータにも改善がみられた (表 3)。高頻度換気と組み合わせるとさらに効果的である。肺コンプライアンスの低下の原因として肺内水分貯留 (間質からやがて実質へ広がる)、さらに進んで間質の線維化がある。肺内水分貯留に対しては可能な限り水分バランスを負に保つとともに感染などの増悪因子に対する治療を強力に行う。

なお酸素化能の低下に換気/血流比の異常が囁んでいる場合には以下に述べる NO 吸入療法も有力な治療になる²⁾。

2) 呼吸不全の増悪因子としての呼吸筋不全

呼吸不全の治療における呼吸モードとしてなるだけ自発呼吸を維持し、繊毛機能を保存し、喀痰排出をさまたげないことが望ましい。かかる場合に呼吸筋不全をきたさないようにすることが肝要である (表 4)。代謝の増加の抑制には適度の鎮静下 (表 5) にブランケットとアルコールによる表面冷却と冷却水による胃洗浄冷却により正常体温の維持に努める。それでも循環維持が困難な場合には低体温にする^{3,4)}。異化亢進は呼吸筋の疲労を増悪させるので感染などの根本原因の治療とともに適正な輸液、栄養管理が大切である。

3) NO 吸入療法

右心の後負荷および左心の前負荷低減目的に NO 吸入療法がある。肺炎の有無にかかわらず肺動脈圧の高い症例では、左心不全による左房圧の上昇がないかぎり NO 吸入療法の適応となる。体循環抵抗血管に主に働く通常の血管作働薬と適当に組み合わせることによ最少の循環血液量で循環の維持をはかる。われわれは 5-10ppm の濃度で、NO が酸素と接する時間、機会を最小限にするために人工呼吸器の型を問わず患者の口元近くより直接 400ppm の NO を微量流量計で送吹する方法

表 3 酸素/ヘリウム換気の効果

	対 照	90 分
PaO ₂ /FiO ₂	112 ± 39	174 ± 54
Q _s /Q _T (%)	29 ± 6	18 ± 5
Cdyn (ml/cmH ₂ O)	60 ± 18	65 ± 19
PIP (cmH ₂ O)	25 ± 3	25 ± 4

値は平均値 ± 標準偏差

表 4 呼吸筋不全の原因

代謝の増加：
異化亢進による酸素摂取量の増加
必要換気量の増加：
シャントの増加、死腔の増加
換気仕事量の増加：
気道抵抗の増大、肺コンプライアンスの低下

表 5 低体温療法時の鎮静法

1. 鎮静薬	
ミダゾラム	0.2~0.5mg/kg/h civ or
ペントバルビタール	1 ~ 3 mg/kg/h civ
2. 鎮痛薬	
フェンタニール	1 ~ 2 μg/kg/h civ or
モルフィン	0.1~0.2mg/kg/h q4h
3. 末梢血管拡張薬	
ドロペリオール	0.05~0.1mg/kg/h q8h or
クロルプロマジン	0.05mg/kg/h civ
4. 場合によりイソフルレン	0.5~1%程度を併用

(国立循環器センター・ICU)

でNO吸入療法をおこなっている^{5,6)}。この方法により当ICUでは補助心臓装着症例を含め、新生児から高齢者まで年齢を問わず様々な症例120例ほどに用いているが、危惧されるような高メトヘモグロビン血症はおこらず、また全症例でNO₂濃度は0.1ppm (electrochemical detectorの感度限界は0.05ppm)以下であった。

手術後の栄養消費量,消費エネルギー補給必要量

当ICUにおいて開心術後急性期において栄養消費量,消費エネルギー補給必要量を検討した。術後4日以上長期挿管を要した成人29例,小児7例,乳児13例を対象として標準体重と比較すると成人92%,小児75%,乳児63%と有意な体重減少を示し,術前よりの低栄養の存在が認められた。術後の侵襲の程度を評価するために,尿中尿素窒素排泄量(UUN)および窒素投与量(N_{in})よりBistrianの式に基き, stress index (SI),すなわち

$$SI = UUN (g/dl) - \left[\frac{1}{2} N_{in} (g/dl) + 3 \right]$$

を術後7日まで算出した。成人開心術後症例で,術後の stress index の多くが5以上で,著明な異化亢進がみられた。酸素消費量を,熱希釈法で測定した心拍出量と動脈一混合静脈血酸素濃度較差を用いて Fick 法に基き算出し,得られた酸素消費量よりエネルギー消費量を酸素燃焼熱量(4.83 Cal/l)より算出した。術当日より術後4日目までの成人,小児,乳児のエネルギー消費量の平均値は,おのおの27±12, 67±25, 70±14 Cal/kg/dayであった⁷⁾。

実際の当ICUにおける栄養計画を表に示す(図2)。

患者の術前状態および手術侵襲の大きさにより異なるが,術後1-2日は手術中に間質に移行した水分が血管内にもどることを考慮して,術前体重にもどることを目標としてやや負のバランスで維持する。状態がよければ術当日に人工呼吸より離脱し,翌日より食事を再開する。術後1-2日で人工呼吸より離脱できない症例では術後2日目ごろより中心静脈栄養(IVH)を開始する。投与熱量は症例に応じ血糖が上昇しない範囲で上昇さ

せ,目標熱量まであげていく。この経過中で患者の状態が改善してくれば必ず腸蠕動が再開してくる。腸蠕動が回復した時点で経管栄養を開始する。人工呼吸からの離脱が数日かかりそうな場合は離脱中でも継続する。栄養管が胃内にあれば脂肪を基剤とした栄養(エンシュア, YH など)を下痢予防のためはじめは適宜希釈して,間歇的に投与する。栄養管が十二指腸内にすすめば糖を基材にした栄養(エレンタールなど)を持続投与する。腸管の早期使用は正常細菌叢の維持,腸管壁の防御機構の維持により bacterial translocation の予防につながる。

なお低栄養状態で糖質の大量投与を行うと lipogenesis により炭酸ガス産生量が増加するので呼吸不全患者では糖質の過剰負荷には注意が必要である。感染がなければ lipogenesis をおさえるため脂肪製剤の投与も考慮する。最近の脂肪製剤は脂肪球の大きさが小さく均一のためかつてほど肺脂肪塞栓による酸素化能の悪化をみる恐れは高くないと思われる。

感染対策

重篤な心不全などにより術後1-2日で人工呼吸からの離脱が望めないような症例に selective

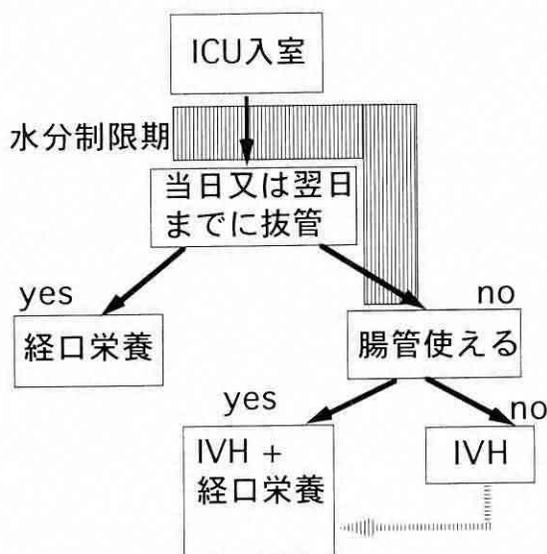


図2 当ICUにおける栄養計画

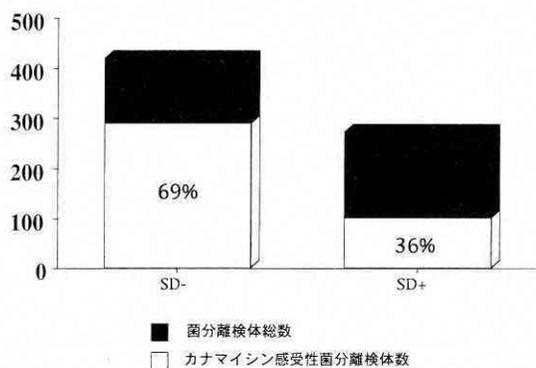


図3 カナマイシン感受性菌分離検体数の菌分離検体総数に対する比(参考文献8より)

decontamination of the digestive tract (SDD)

(1回量としてラクツロースシロップ0.4ml/kg, 5%カナマイシンシロップ0.4ml/kg, ファンギゾンシロップ0.1ml/kg, 外用ポリミキシンB100万単位を1日3-4回胃管より投与)を早期から施行するようになり喀痰からの腸内細菌と真菌の検出率が著明に低下し, 肺炎の発症率が減少した(図3)⁸⁾。

まとめ

呼吸不全を有する症例での輸液, 栄養管理においては呼吸不全の原因にかかわらず背景にある循環不全, さらに栄養の管理が大切である。

呼吸不全の治療に酸素/ヘリウム換気や NO 吸入による酸素化能の改善, 右心負荷の軽減や呼吸仕事量の減少を用いることで呼吸不全増悪因子の主因である循環の改善維持につとめる。呼吸運動をはじめ生体の恒常性をたもつ基本である輸液, 栄養管理について CHF または PD による水分出納の調節を併用しながら栄養消費量, 消費エネルギー補給必要量にみあう輸液, 栄養補給をおこなう。さらに循環不全を合併した症例で腸管機能の回復の悪い症例では早期から SDD を施行することにより bacterial translocation による肺炎の防止につとめる。

参考文献

- 1) Yahagi N, Kumon K, Tanigami H, Watanabe Y and Matsui J: Helium/Oxygen breathing improved hypoxemia after cardiac surgery: Case reports. *Anesth Analg* (1995) 80, 1042-1045.
- 2) 公文啓二, 矢作直樹, 渡辺泰彦, 春名優樹: 肺高血圧症と NO 吸入療法. *集中治療* (1994) 9, 1265-1270.
- 3) 谷上博信: 術後急性循環不全における軽度低体温による酸素需給バランスの調節. *体液・代謝管理* (1994) 9, 35-39.
- 4) Yahagi N, Kumon K, Nakatani T, Ishikawa T, Tanigami H, Eishi K and Takahashi S: Peripartum cardiomyopathy and tachycardia followed by multiple organ failure. *Anesth Analg* (1994) 79, 581-582.
- 5) Yahagi N, Kumon K, Tanigami H, Watanabe Y, Ishizaka T, Yamamoto F, Nishigaki K, Matsuki O and Yagihara T: Inhaled nitric oxide for the postoperative management of Fontan-type operation. *Ann Thorac Surg* (1994) 57, 1371-1372.
- 6) Yahagi N, Kumon K, Nakatani T, Matsui J, Sasako Y, Isobe F, Sakakibara Y, Kitoh Y, Nagata S, Haruna M, Watanabe Y and Takamoto S: Inhaled nitric oxide for the management of acute right ventricular failure in patients with a left ventricular assist system. *Artif Organs* (1995) (in press).
- 7) 公文啓二, 田中一彦, 磯部文隆, 岸本康朗, 高原善治, 内藤泰顕, 藤田 毅: 開心術後における栄養管理. *日胸外会誌* (1982) 30, 31-38.
- 8) 杉本 久, 大場淳一, 真弓享久, 剣物 修, 公文啓二: SDD と生体防御—Translocation 防止の立場から—, *ICU と CCU* (1993) 17, 549-558.