

小児在宅人工呼吸の検討

小 林 啓 子* 鈴 木 康 之* 阪 井 裕 一* 宮 坂 勝 之*

ABSTRACT

Home Ventilation Care in Pediatric Patients

Keiko Kobayashi, Yasuyuki Suzuki,
Hirokazu Sakai and Katsuyuki Miyasaka

*Department of Anesthesia and ICU
National Children's Hospital
3-35-31 Taishido Setagaya, Tokyo, Japan*

Up until recently, ventilator-dependent children had to stay in the hospital, most likely for their lives. Home ventilation care has made it possible for these children to have time with their families at home and friends at school, we believe, is particularly important for their psychosocial development.

We described 4 cases of home ventilation care ; two with respiratory disease and two with neuromuscular disease. They ranged in age from 2 to 19 years, and the maximum duration of home ventilation care was 7 years. We have found that the home ventilation care in pediatric patients is feasible and beneficial, not only for the patients, but also for their families and the hospital. A support system (physical, mental and economic) for ventilator-dependent children and their families should be established to make home care even more successful.

1. はじめに

新生児，小児の集中治療の進歩に伴う呼吸管理症例の増加に従い数カ月に及ぶ慢性呼吸管理症例の取り扱いが重要となってきた。従来よりこうした慢性呼吸不全に対する長期呼吸管理は長期入院を意味した。しかし，成長発達途上の小児患者で在宅呼吸管理が可能となれば，患者のみならずその家族および医療関係者にとって利点が多く，成人以上に意義は大きい。当院では小児の在宅呼吸管理に早くから取り組み，1985年以降は麻酔科外来の機能のひとつとして在宅呼吸管理外

来を行ってきており，在宅人工呼吸（Home Ventilation Care：HVC）症例は現在外泊中のものも含めて4症例を経験している^{1)~4)}。今後は専門医のみではなく一般医療レベルにおいても小児在宅呼吸管理の認識が重要となると思われるので，症例を呈示するとともに，HVCの実際，小児特有の問題点をまとめてみたい。

2. HVC 症例

われわれの施設でのHVC症例を表1に示す。1983年の第1例以来現在まで2歳から19歳までの計4例を経験している。在宅呼吸管理を必要とした理由は，呼吸器系の病態が2例，神経筋疾患の病態が2例であり，そのうち症例1と症例2は

* 国立小児病院麻酔科

表 1 在宅人工呼吸症例

症例	年齢	原疾患	開始年月	経過
1	19 歳	先天性筋ジストロフィー	1983 年 5 月	退院
2	9 歳	窒息性胸郭異形成症	1987 年 9 月	退院
3	13 歳	副腎大脳白質ジストロフィー	1987 年 12 月	外泊
4	2 歳	瀰漫性気管支狭窄	1989 年 8 月	外泊

(1990 年 4 月現在)

表 2 在宅での換気条件設定

症例	呼吸器の種類	作動時間	酸素濃度 (%)	換気圧 (cmH ₂ O)	換気回数 (/分)	呼吸器の回路	加湿方法
1	①ニューポート E-100	①睡眠時	21	25/0	12	同軸回路	加温加湿器
	② LP-4	②移動時					人工鼻
2	ニューポート E-100	睡眠時	30	25/0	12	同軸回路	人工鼻
3	コンパニオン 2800	24 時間	21	18/0	12	同軸回路	人工鼻
4	アコマ ARF 900-E	24 時間	27	25/0	20	同軸回路	人工鼻

夜間のみの人工呼吸を行い、症例 2 と症例 4 は在宅酸素療法（Home Oxygen therapy：HOT）を併用している。表 2 に各症例の在宅での換気条件設定を示した。全例で気管切開がなされている。

以下に各症例を呈示する。

症例 1 は先天性筋ジストロフィー症（非福山型）。12 歳時に肺炎から呼吸不全となり挿管人工呼吸管理となったが、その後 HVC に移行した。当初は 24 時間連続した人工換気が必要であったが、現在では夜間睡眠時のみニューポート E-100（以下ニューポート）での人工呼吸で十分となっている。人工呼吸器の駆動にはエアーコンプレッサーを屋外に設置し、圧縮空気で作動させている。当初は、在宅用として開発された LP-4 人工呼吸器をバックアップ用として用意したが、現在は移動時に携帯用として用いているのみである。夜間睡眠時にはニューポートと加温加湿器を組み合わせているが、患者、家族の睡眠を妨げないように回路内の水分除去を必要としないよう工夫した熱線入り同軸回路を用い、それ以外のときは常

時人工鼻（ポーテックスサーモベント 600）を使用している³⁾。HVC 開始以来約 7 年経過しているが、現在は年 1 回の定期的な入院のみで十分であり、その機会に、原疾患および呼吸機能の評価に加え使用機器類の点検も行っている。しかしこの入院は、実際には家族の心理的および肉体的負担を軽減する役割が大きいと考えている。患児には気管切開がなされているが、エアーリークを利用して会話も可能で、普通中学卒業後は自宅で高校の通信教育を終了し、現在はパソコンを勉強中である。

症例 2 は窒息性胸郭異形成症の 9 歳の男児である。乳児期から発症した呼吸不全は 3 歳頃より強くなり入退院を繰り返した。4 歳時に気管切開し 5 歳頃より HOT のみで管理していたが、呼吸器感染をきっかけに頻回の呼吸不全に陥り入院長期人工呼吸を繰り返すようになったため、患児の発育状況も考慮に入れて 6 歳頃より HVC に移行し、夜間のみの人工呼吸を行うこととした。酸素源として吸着型酸素濃縮器（コンパニオン）を用

いており、ニューポートの駆動はやはりエアコンプレッサーを使用しているが、この症例では気道の加湿には昼夜を問わず人工鼻（ポータックスサーモベント 600）を用いている。酸素投与の併用が必要であることから、夜間のみパルスオキシメータを装着している。知能発育は極めて良好であり、日中は酸素濃縮器あるいは携帯用酸素ボンベから酸素供給チューブ付き人工鼻を通して酸素投与を受けながら、学年が遅れることなく普通小学校に通学している。結果的には HVC は非常に有効で、以後3年間は感染の頻度が減り入院は全く必要なく順調に経過している。最近では体育の授業にも参加でき、酸素ボンベ持参で親類の家へ1泊の小旅行にも出かけている。

症例3は7歳で副腎大脳白質ジストロフィー症と診断され、10歳時からは痙攣が頻発し以後いわゆる半昏睡の状態となった。自発呼吸が弱く24時間の人工呼吸をしているが、空気呼吸で十分であり、人工鼻を用い電動式のポータブル式人工呼吸器（コンパニオン 2800）を従量式で使用している。人工呼吸下では一般状態は安定しているため、2週間程度の外泊を年に4～5回程繰り返している。呼吸は終始人工呼吸器に依存しているため夜間家族が就眠時にはパルスオキシメータを装着している。

症例4は喉頭気管気管支軟化症および瀰漫性気管支狭窄のため長期人工呼吸管理が必要となり、1歳時に気管切開を施行した。喉頭気管気管支軟化症は徐々に軽快し発作性のチアノーゼは消失したが、長時間の自発呼吸のみでは発汗増多や多呼吸が出現するため、患児の発育を考慮して人工呼吸器からの離脱を見合わせ、在宅呼吸管理に向けて準備を開始した。他の症例と異なり、2歳と幼少である上に、低酸素性脳萎縮による発達遅延のため多動で、夜間でも一瞬の隙に自ら呼吸器を外したり頻回の気管内吸引が必要となるためなかなか退院までには至らない。しかし約8カ月の間に15回程の外泊を繰り返しており、出生後初めて自宅で過ごせたという両親の喜びは大きく、外泊が進むようになってからの患児の発達は著しい。現在は人工呼吸器装着のまま伝い歩きも可能となった上に、情緒面での発達も進んでいる。人工

呼吸器はアコマ ARF-900E 人工呼吸器を用い、一方弁を介したりザーバーバックに吸着型酸素濃縮器からの酸素を取り入れて吸気側に接続した IMV 回路で、自発呼吸も可能とした。簡便化のために同軸回路を使用しているが、気道の加湿は人工鼻のみで行っている。

3. 考 案

在宅呼吸管理症例の中で HOT に関しては、わが国でも成人領域では早くから取り組まれ、現時点でも1万例を越す症例が行われているが、小児での施行例は数百例程度である。一方 HVC 症例は成人でも施行例は少なく小児での施行例も10数例に過ぎないと推測されている⁴⁾。

小児の HVC は、患者が成長発達の途上にあるという点で成人と大きく異なっている。つまり、疾患によっては成長に伴い人工呼吸器から離脱できる、情緒発達の促進につながる、入院の頻度が減少し家庭や学校での生活範囲が拡大するといった利点がある。HVC の安全かつ円滑な実施には当然綿密なプログラムが必要となってくるが、現状では確立されたものもなく、医療体制上の問題点も多い。そこで当院での HVC 実施のためのプログラムを呈示して現状の問題点を検討した。

HVC 実施のためのプログラム

1) HVC の適応

疾患としては純然たる呼吸器疾患に加え、神経筋疾患、心疾患に併発する心不全などが挙げられる。実際の基準として、厚生省のホームケアシステム研究班による小児在宅酸素療法の適応基準を表3に示した⁵⁾。まず第1に、あまりに強力な換気条件では在宅で一定状態を保ちにくいことから、換気条件の長期間安定が前提で、しかも人工呼吸以外に大きな処置を必要としない症例が対象となる。第2には安定した栄養状態で、現在は最低基準体重を3kgに置いている。欧米では1歳以下での退院も報告されているが⁶⁾、われわれは1歳以下の HVC での経験はない。第3には家族や両親および本人の自発的な要望があり、更には本人を取り囲む地元医療関係者や学校関係者などの理解が大切である。第4には緊急連絡体制の確立で、現状の HVC では、比較的大きな市中病院

表3 小児在宅酸素療法の適応基準

(厚生省心身障害研究 NICU 退院児のホームケアシステムの確立研究班) March 3, 89	
1) 安定した呼吸状態が維持できる (F_{iO_2} 0.4 以下)。	
a) 毎分 5 l 以下の酸素投与 (ヘッドボックス, 鼻カニューレを問わず) で SpO_2 90% 以上維持できる。	
b) 安静空気呼吸下でも SpO_2 が 85% 以下にならないことが望ましい。	
c) 酸素投与下で, 臨床的に安定した状態が 1 ヶ月以上継続している。	
d) 人工呼吸中の患者の場合	
F_{iO_2} 0.4, 換気圧 5/25, 換気回数 20 回以下で安定している。	
2) 安定した栄養状態で体重が 3 kg 以上。十分な哺乳力, または安定した経管栄養が行われている。	
3) 家族, 両親の自発的な協力が得られる。	
4) 緊急連絡体制が確立できる。	
注: 成人症例と異なり, 小児在宅酸素療法では, パルスオキシメーターによる患者モニターが不可欠である。	

も含め近医自体が人工呼吸に不慣れで消極的な場合が多く, 協力を取り付けるのは必ずしも容易ではない。最後に小児は成人と異なり自己の状況を正しく訴えることができず, 両親などの家族への依存が大きくなるため患者モニターとしてパルスオキシメーターの使用は不可欠である。

2) 気道の管理・退院までの準備

気管切開による気道の確保が HVC の気道の管理としては好ましく, 当院では気管切開用カニューレとして, カフなしのディスポーザブルカニューレ (シャーリー, ポーテックスなど) を年齢に合わせて使用している⁷⁾。気管切開カニューレはカニューレ閉塞を点検予防する目的で月に 1 回程度の定期的な交換を行うが, 退院の準備期間中には教育の意味も含めて数回は医師が家族と一緒に交換し, その後は習熟の度合に応じて家族にも交換させて不慮に備えている。また, 入院中はアンビューバッグによる用手換気も含め家族に吸引を行わせてその手技を習得させている。病院と

異なり感染の機会が少ないと考えられる家庭では, 経済面も考え最終的には十分に洗った素手で気管内吸引を行わせているが, これで問題はないようである。カニューレ閉塞の予防のためには, 吸引カテーテル挿入の長さを毎回確認する指導が極めて重要だと考えている。なお, 在宅通院患児の家族には心肺蘇生法の指導も行っている。

家族への教育を確実なものとするため, 在宅呼吸管理に必要な知識・手技・注意事項などを写真入りで解説するとともに, あらゆる場面を想定しその対策も記載したマニュアルを作成して退院時に持たせている。その一部を図に示したが, ワードプロセッサを利用し, あらかじめ作成しておいた基本のマニュアルをもとに個々の患児にあわせて毎回手を加えており, 患児や家族の視点に立って書かれていると好評である。

3) フォローアップ体制

当院では, 緊急時には担当医・麻酔科当直医・病棟看護婦との電話連絡により, 必要ならば随時入院させられる体制をとっている。また院内のみならず地元の医療機関, 各医療機器メーカー, 酸素供給会社, 消防救急隊など各機関への事情説明や依頼なども綿密に行う必要がある。長期的には, 2 週間～1 カ月に 1 度の器械類の点検 (器械業者), 1 年に 1 回程度の定期的入院で経過を追っている。現在は緊急時以外の連絡網としてパソコンネットワークを用い, 在宅患者間および在宅患者との連絡に使用したり, 家に居ながら病院の医師の指示を受けるというシステム, 更にはポケットベルによるデータ通信やビデオ送信によるモニターなど, 患者家族の孤立化を防ぐ方法も実験中である。

HVC の問題点

現時点での問題点を表 4 に列挙したが, 今回はその中の特に次の 3 点について検討した。

1) 在宅用機器の開発の遅れ

在宅呼吸管理を前提として開発された機器は少ない。在宅使用に適した人工呼吸器の条件として, 信頼性・簡便性・小型軽量性などが挙げられるが, これらを満たす人工呼吸器は現在は存在せず, 様々な機器を工夫して使用しているのが実状である。症例 1 と症例 2 はニューポートを用いた

ニューポート人工呼吸器の使い方

この人工呼吸器は酸素と圧搾空気が無ければ動きません。

加温加湿器が組み込まれており、十分な加湿が出来るのが特徴です。

人工呼吸から〇〇ちゃんまでの間にはF—回路という二重管になった回路が使われています。これには熱線が中に入れてあり、一本で単純な事と、管の中に水が貯留しないことが利点です。

この人工呼吸器を用いるときはいつも、加湿器の温度が十分か、回路の温度は十分か触ってみて下さい。

では具体的な使い方と注意点を述べましょう。

写真はニューポート人工呼吸器の前面パネルです。

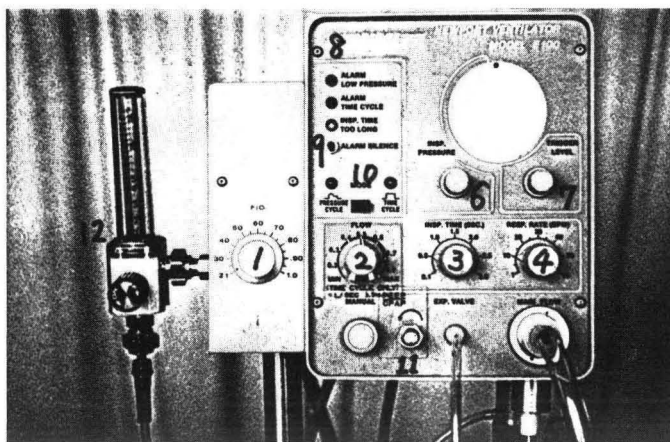


図 在宅人工呼吸管理用マニュアル
(ニューポート人工呼吸器の説明をしている)

表 4 HVC の体制上の問題

1. 院内体制の整備
病棟 (Intermediate Care Unit)
外来 (Follow-up clinic)
スタッフ
2. バックアップ体制の整備
家庭医、地域の中核病院との連携
3. 機器の開発
4. 家族に対するケア
信頼関係に基づいた緊密な関係
治療チームの編成
訪問看護婦
医療機器の専門家
ソーシャルワーカー
心理療法士 など
経済的サポート

が、家にコンプレッサーを取り付けなければならない点でせっかくの簡便性・小型軽量性が生かされていない。症例3はコンパニオン 2800, 症例4はアコマ ARF-900E に回路を工夫して取り付けたが、前者はダイヤル設定が複雑で重量は重い、後者は保護カバーなど在宅での安全性の配慮がなく回路も不要な連結部分も多いため、在宅用としては必ずしも望ましくない。この目的でわれわれが開発したパピー人工呼吸器はこれらの欠点をカバーしており、ダイヤルを全部で3つと少なくし操作を簡単にした⁸⁾。また家庭用電源や内蔵または外部の電池(自動車用など)でも作動でき、小型化軽量化(10 kg)により車椅子や車の中でも使用でき、酸素ボンベや高圧ガスなどは必要ない構造をしている。大いに有用と考えられるが、現時点では市場性的問題からまだ商品化はされていない。HVCの健全な普及にはこういった在宅用呼吸器の開発は重要と考えられ、この意

味でも社会的な認識の向上が望まれる。

基本的には自ら自分の危機を訴えられない小児では、呼吸に関係するなんらかのアラーム機構が必要である。人工呼吸器自体には気道内圧アラームがあるため、HVC 患者は単純に気管切開のみで在宅管理されている患者よりは安全性が高いとも言える。本来は換気そのもののモニターが必要でありその意味ではカプノメータは最適と言えるが、残念ながら在宅用に適した装置はない。現時点で用いられているモニターとしてはパルスオキシメータがある。これは患者の血液の酸素化を非侵襲的に監視し操作も簡単であるため小児の HVC には適している。われわれの使用している機器は小型軽量であり自動的に約 12 時間のデータを記憶しているので、外来受診時に前夜の家庭での呼吸管理が把握でき、酸素投与量や呼吸器の条件の変更などにも有用である⁹⁾。

人工呼吸器の進歩に比較して患者と呼吸器のインターフェイスである呼吸回路の進歩は残念ながら遅い。症例 1 で使用した同軸回路は、麻酔用に使用される同軸回路 F-回路の吸気管内に熱線を組み入れて、加温加湿器と組み合わせで用いている。これにより、回路そのものが簡略化され加湿も良好となる上に、吸気管（内管）だけでなく呼気管（外管）での回路内への水分貯留を防げ、夜間の回路の水払いの必要はほとんどなくなり、家族介護者の手間は軽減された¹⁰⁾。症例 1 以外は熱線を除いた同軸回路を用い加温加湿としては人工鼻を用いている。この人工鼻は小型で機動性に富み、喀痰が著しく多い場合を除いて加湿効果も良好でカニューレ閉塞を予防し感染防御にも役立っている。

2) 医療経済上の問題

在宅呼吸管理には症例により異なるが、人工呼吸器以外にもかなりの物品が必要である。現在 HVC に関しては健康保険は適用となっておらず、当院でも医療サイドや医療機器メーカーの好意で支えているのが現状である。また人工呼吸器や酸素濃縮器などのメンテナンスの責任問題なども今後の検討課題となっている。

表 5 に、症例 1 について入院中の医療費と実際の在宅での呼吸管理費用とを比較してみた。これ

表 5 在宅人工呼吸の費用

入院費		
保険点数	基本入院料	382,800 点/年
	人工呼吸点数	198,000 点/年
基本入院のみで、年間約 600 万円		
在宅人工呼吸となった場合		
人工呼吸器		200—400 万円
吸引器等周辺整備		100 万円
維持費用		
保守管理		30 万円/年
ディスポ製品		20 万円/年
光熱水道費		10 万円/年
初年度		600 万円
次年度以降		60—100 万円

によると、初年度は年間約 600 万円の初度設備がかかるため通常入院とほぼ同額であるものの、次年度以降は在宅での費用は少なくとも入院中の 30% 以下に軽減されており、他の報告された例でも同様の結果である⁶⁾¹¹⁾。従って、HVC は精神情緒発達の利点に加えて現在問題となっているベッドの効率的使用や医療費節減の意味でも意義がある。もちろんこれは看護などにかかる人件費が全く計算されていない状況であり、その意味で健康保険の適用が 1 日も早く望まれる。

3) 体制上の不備

保険制度が導入されていないことに加え現状では家族に対する医師以外の訪問看護婦・医療機器の専門家・ソーシャルワーカー・心理療法士などによるアプローチが充分に行われていないことも事実である。例えば症例 4 では、東京都衛生局公衆衛生部母子衛生課から派遣された訪問看護婦により、気管内吸引や一般看護の介助を受けているが、最大週 1 回程度でありしかも 1 回の時間は 1～2 時間ほどと限られている。都のこのシステムでは、心身障害者手帳交付後、申請により看護婦が派遣されるのであるが、地域の訪問看護婦に関する類似の制度を同時に利用しても、呼吸管理に手慣れた人材が少ないことから看護者としての母親の負担はほとんど変わらず、場合によっては説明や理解を求める交渉のために増えてしまうと考える傾向も否定できない。従って今後は、定期的に母親が訪問看護婦と交代して看護から解放され

るシステムや家族の肉体的精神的休息のための入院システムの確立も不可欠となる。

4. まとめ

当院での小児の在宅人工呼吸（HVC）症例 4 例を報告した。肉体的にも情緒的にも発達途上にある小児の HVC は、患者のみならずその家族、医療関係者、社会にとっても意義は大きい。疾患によっては成人と異なり経過中に人工呼吸器から離脱できたり社会復帰できるという特徴もある。HVC の円滑な実施には、機器の改良、バックアップ体制の整備、保険制度の導入、情報交換体制の確立など解決されなければならない課題は多い。にもかかわらず呼吸管理という一般医療ではなじみの少ない領域の問題と考えられ、取り組みが遅れている。HVC 適応症例は現在でも潜在しており今後は症例が増えることが予想されるため、麻酔科医や呼吸器専門医だけでなく一般医療関係者も在宅人工呼吸法の存在を認識し、問題に取り組んでいく方向性が必要である。

(1990. 4. 18 受)

参考文献

- 1) クリニカルカンファレンス：在宅呼吸管理の諸問題—実施中 3 症例の検討—。小児内科 21：135-147, 1989
- 2) 阪井裕一, 大畑 淳, 宮坂勝之ほか：家庭での人工呼吸管理症例。ICU と CCU 8：80, 1984
- 3) 阪井裕一, 大畑 淳, 宮坂勝之：家庭での人工呼吸症例。昭和 61 年度政府管掌健康保険事業効率化に関する調査研究報告書
- 4) 宮坂勝之, 阪井裕一, 鈴木康之ほか：小児における HVC の特殊性と在宅呼吸管理。第 22 回日本小児呼吸器疾患学会（講演）, 1989
- 5) 宮坂勝之, 阪井裕一：NICU 退院児の在宅酸素療法の適応基準に関する考察。新生児管理における諸問題の総合的研究。厚生省心身障害研究, 昭和 63 年度研究報告書
- 6) Goldberg A I, Faure E A M, Vaughn C J, et al：Home care for life-supported person：an approach to program development. J Pediatr 104：785-95, 1984
- 7) 宮坂勝之：小児気管切開ガイドブック。日本医学館, 1988
- 8) Sakai H, Miyasaka K：Development of a simple, portable ventilator for home use. International Conference on Home Mechanical Ventilation, France, 1989
- 9) 畠井芳穂, 阪井裕一, 鈴木康之ほか：小児在宅酸素呼吸管理でのパルスオキシメーターの使用。今日の移植 2：343-345, 1989
- 10) 宮坂勝之, 大畑 淳, 羽鳥文麿ほか：熱戦入り同軸呼吸回路の考案。ICU と CCU 8：173-174, 1983
- 11) Goldberg A I：Long-term mechanical ventilation in infants and children. 第 14 回日本集中治療学会総会（特別講演）, 1987