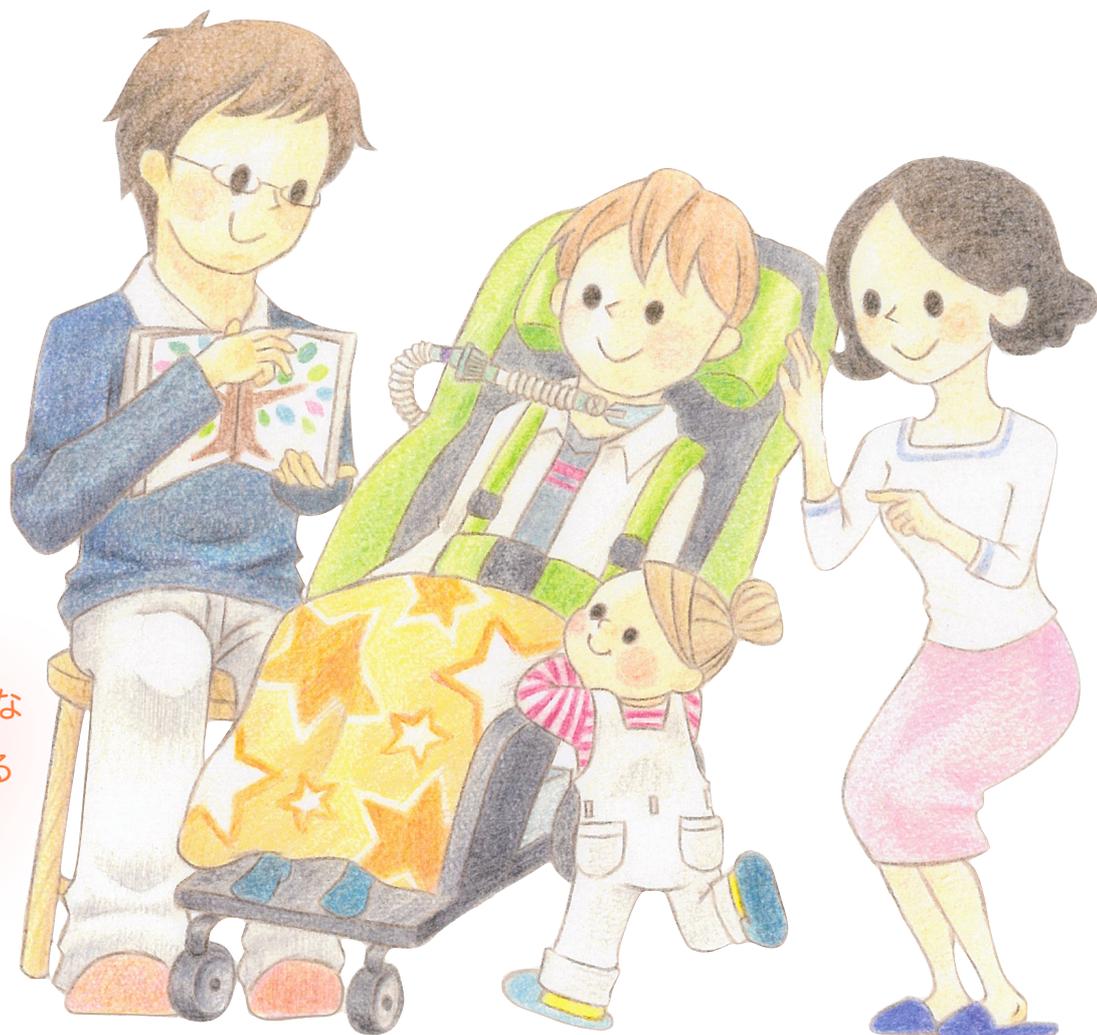


小児

在宅人工呼吸療法 マニュアル

第1版

在宅呼吸療法が必要な
子どもと家族を支える
全ての医療従事者へ



一般社団法人 日本呼吸療法医学会
小児在宅人工呼吸検討委員会 編

小児在宅人工呼吸療法マニュアル

(ダイジェスト版)

本ダイジェスト版は全編 327 ページに及ぶ大作を短縮したものです。各章、各項目の内容も抜粋されたものです。図表、写真などは意図的に塗りつぶした箇所がありますのでご注意ください。



一般社団法人日本呼吸療法医学会
小児在宅人工呼吸検討委員会 編著

「小児在宅人工呼吸療法マニュアル」公表にあたってのご挨拶

新生児医療や小児救急医療により従来は救命できなかった児の救命率が劇的に向上した結果、小児在宅医療は右肩上がりに増加傾向です。そのなかでも人工呼吸管理を必要とする在宅医療児の増加が顕著です。従来は寝たきりの重症心身障害児がほとんどでしたが、最近では人工呼吸器を装着したまま動き回る児や小学校・中学校に通う児も急速に増えています。しかしながら、こうした児では基礎疾患や病状が成人とは全く異なるうえに、体格も含めて患者の個性が多いので、高齢者の在宅医療を支える在宅療養診療医、訪問看護師、介護士、訪問リハビリのいずれも敬遠しがちです。また、病院主治医や呼吸療法士も小児在宅医療に用いられる人工呼吸器に習熟しているとは限りません。そこで日本呼吸療法医学会では本委員会を立ち上げて、上記のような小児在宅医療に関わる医療・福祉職向けに「小児在宅人工呼吸療法マニュアル」を作成しました。このマニュアルは、渡部晋一委員長を初めとする委員の皆様と尾崎孝平初代担当理事（現委員）らによる献身的な作業の結果、短期間で仕上げることができました。新しい機種が発売などに合わせて、バージョンアップをする作業は今後も続くものと予想されます。

時を同じくして政府の方もこうした人工呼吸器を必要とするような在宅医療児支援の重要性を認識して、以下のような「障害者の日常生活及び社会生活を総合的に支援するための法律及び児童福祉法の一部を改正する法律」が平成 28 年 6 月 3 日に成立し、それには以下の条項が新設されています。

「第 56 条の 6②（新設）地方公共団体は、人工呼吸器を装着している障害児その他の日常生活を営むために医療を要する状態にある障害児が、その心身の状況に応じた適切な保健、医療、福祉その他の各関連分野の支援を受けられるよう、保健、医療、福祉その他の各関連分野の支援を行う機関との連絡調整を行うための体制の整備に関し、必要な措置を講ずるよう努めなければならない。」

まさにこの「小児在宅人工呼吸療法マニュアル」もこうした体制整備に大きく貢献することが期待されます。関係者の皆様におかれましては是非とも本マニュアルを有効活用して下さいますように宜しくお願い申し上げます。

2016 年 12 月吉日

「小児在宅人工呼吸療法マニュアル」作成委員会顧問 田村正徳

小児在宅人工呼吸療法マニュアルの発刊にあたって

小児の在宅用の人工呼吸器の進歩は目を見張るものがあり、集中治療の現場でも使用できる程、高機能・多機能化しながら、小型化、長時間作動を実現しました。しかし、これらの機能を十分に使いこなすには、医師・臨床工学技士であっても相当の知識と経験が求められます。そして、現場が呼吸器に振り回されている感があるのも否めません。多機能ではあっても実際には使用できないモードや、同じ機能でありながら製造元により名称が異なるなど混乱を招いています。

本書は、多くの医療者に小児の在宅人工呼吸管理に参加してもらうために、小児の在宅用人工呼吸療法に実際に関わるための判りやすいマニュアルを作成することを目的としました。読者の対象は呼吸器に精通した医師、臨床工学技士ではありません。呼吸器の操作に熟達していなくても、患者の使っている呼吸器の特徴、取り扱い方などが平易に判るようにしています。小児と成人の違い、加温・加湿器、呼吸器回路などの周辺機器、医療材料、災害時の対応、呼吸理学療法などについても判りやすく解説しました。ただし、本書はSIMVの基本的な動作が少しは理解できているレベルの医療者を対象としています。全くの初心者の方は、基本的な人工呼吸管理の入門書でまず学習し、実際に人工呼吸器に触れてみてください。

本書の特徴として、各人工呼吸器の特性については実際に臨床使用したうえで、あえて個人的な意見も掲載しています。また、それぞれの項目の執筆者が重要と考える部分には、アンダーラインを付けて注意喚起を図っております。記載内容について様々なご批判もあることを重々承知の上で、皆さまのご批判も受けながら、さらなるバージョンアップを目指す所存です。

本マニュアルは、多くのスタッフがベッドサイド使いやすいものとするために、電子版（閲覧無料のPDF）だけでなく、希望が多い紙媒体（カラー）でも発行することとしました。しかし、出版社に依頼すると価格が非常に高くなり、著作権・複製権が学会から離れるために、印刷会社に印刷を依頼し、委員会が自ら発刊することに決定しました。できるだけ廉価にするために、僭越ながら委員会では購入予約を頂戴し、予約を頂いた部数だけ印刷することにして、可能な限り低価格に抑えることに致しました。このために文章構成や図表配置、校正、および索引、挿絵などのすべてを、出版に関しては全く素人の集まりであ

序 章

る委員の熱意と無償の奉仕により作成致しました。したがいまして、内容は別にして、書籍としての完成度は出版社には及びません。この点につきまして、皆さまのご理解を賜りたいと存じます。

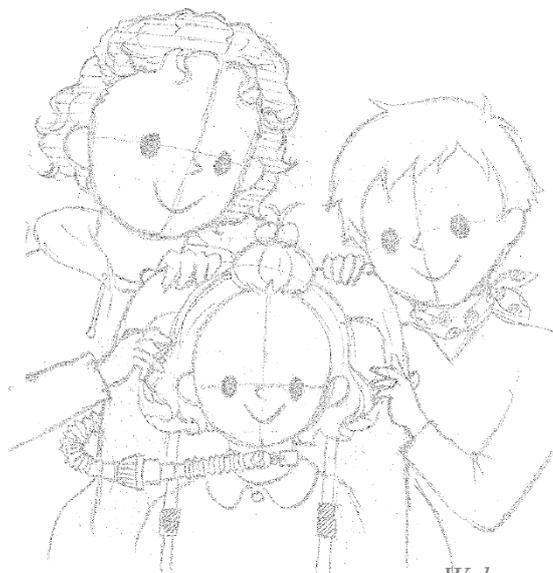
当委員会および本学会は、今後もさらに優れたマニュアル作成を目指して精進する所存です。皆様が、小児の在宅人工呼吸療法を少しでも身近に感じられるための一助となることを祈念しております。

2017年1月

一般社団法人日本呼吸療法医学会 小児在宅人工呼吸検討委員会

委員長 渡部晋一

初代担当理事 尾崎孝平



Wakana Hirochi

謝辞：

本マニュアルの表紙・挿絵を無償でご提供いただいたのは、倉敷中央病院小児科アシスタントの広地わかなさんです。人工呼吸患児の姿をよく観察されていることが判るだけでなく、私達の願いである笑顔が素敵に描かれていることに感動しました。日本呼吸療法医学会および本委員会を代表して厚く御礼を申し上げます。ありがとうございました。

初代担当理事：尾崎孝平

序 章

一般社団法人日本呼吸療法医学会
小児在宅人工呼吸検討委員会
委員・執筆者一覧

委員長	渡部 晋一	倉敷中央病院小児科／総合周産期母子医療センター
委員	家田 訓子	公立陶生病院小児科
	石川 悠加	国立病院機構八雲病院小児科
	尾崎 孝平	神戸百年記念病院麻酔集中治療部 (初代担当理事2015年4月～2016年7月、その後委員)
	笠井 健	北良株式会社
	竹内伸太郎	国立病院機構八雲病院看護部
	彗田羅勝義	徳島文理大学保健福祉学部
	寺澤 大祐	長良医療センター新生児科
	春田 良雄	公立陶生病院臨床工学部臨床工学室
	松井 晃	総合母子保健センター愛育病院臨床工学科
	三浦 利彦	国立病院機構八雲病院リハビリテーション科
	山崎 功晴	倉敷芸術科学大学生命科学部生命科学科
顧問	田村 正徳	埼玉医科大学総合医療センター小児科学教室 (初代委員長 2015年7月～2016年7月)
担当理事	今中 秀光	宝塚市立病院集中治療救急室(2016年7月～)

執筆協力者

大野 進	滋賀県立小児保健医療センター／ 滋賀県立成人病センター臨床工学部
岡野安太郎	国立病院機構医王病院第一診療部臨床工学技士
阿部 聖司	国立病院機構西別府病院医療機器管理室臨床工学技士
和田 将哉	国立病院機構西別府病院医療機器管理室臨床工学技士
広地わかな	倉敷中央病院 小児科アシスタント

小児在宅人工呼吸療法マニュアル 目次

序 章 (i -vii)

第1章 総 論

- I. 小児在宅人工呼吸療法マニュアルが必要とされる背景 (田村) 1
- II. 小児在宅人工呼吸療法 (渡部) 10
- III. 適応疾患 (渡部) 12
- IV. 小児と成人の違い (渡部) 14

第2章 小児在宅人工呼吸器の種類と特徴

- I. NPPV (石川) 16
- II. TPPV (寺澤) 39
- III. 小児在宅人工呼吸器:モード選択のための知識 (冨田羅) 49
- IV. 人工呼吸器装着患者の移動および搬送に関する注意点 (春田) 55

第3章 小児在宅人工呼吸器の実際と特徴

- I. 人工呼吸器の概要 (松井) 58
- II. Vivo 40 (山崎) 59
- III. BiPAP A40 (松井) 75
- IV. クリーンエア VELIA (春田) 83
- V. NIP ネーザル V (山崎) 87
- VI. LTV®1150 (春田) 99
- VII. HT70 plus (松井) 105
- VIII. Puppy X (松井) 113
- IX. Vivo 50 / Vivo 60 (山崎) 122
- X. Trilogy100 plus / 200plus (松井) 139
- X I. PB560 (松井) 150
- X II. Monal T50 (松井) 158
- X III. ASTRAL (春田) 166

第4章 小児在宅人工呼吸療法の注意点とトラブル対応 (家田)

- I. 基本的注意事項 181
- II. トラブル時の対応 186

第 5 章 医療材料・周辺機器

I. NPPV のインターフェイス (竹内) 189
II. 気管切開チューブ (寺澤) 212
III. 加温加湿器・人工鼻 (松井) 220

第 6 章 呼吸理学療法と排痰補助装置 (尾崎・三浦)

I. 呼吸理学療法 232
II. 呼吸理学療法の評価 239
III. 呼吸理学療法の方法 245
IV. 呼吸理学療法の手順 250
V. 排痰補助装置 253
VI. 排痰のコツ 259
VII. 呼吸理学療法の注意点 260

第 7 章 停電・災害時対策 (笠井・尾崎)

I. 在宅医療における災害対策 263
II. 停電対策 265
III. 災害時の移動・避難について 273
IV. 備蓄 274
V. 情報 274
VI. 家族・支援者 274
VII. 最後に (熊本モデル) 275

第 8 章 その他 (渡部)

I. 行政からの医療費控除 276
II. 管理料 284
III. 旅行に際して 290
IV. 今後の課題 292

第 9 章 付録 (渡部・尾崎)

I. 日本語索引 295
II. 英語索引 302
III. 用語集 (紛らわしい用語を整理するために) 314
IV. 著作権等・利益相反・発行元 325

第 1 章 総論

I. 小児在宅医療人工呼吸療法マニュアルが必要とされる背景

子どもの在宅医療は、歴史的には、神経難病など難治性進行性疾患や白血病などの悪性疾患の終末期医療として導入された。近年の医療の進歩に伴い、小児の白血病などの悪性疾患は必ずしも予後不良とはいえなくなった。一方では、新生児集中治療室 (neonatal intensive care unit: NICU) や小児集中治療室 (pediatric intensive care unit: PICU) の整備などにより、以前は救命困難であった症例も救命されるようになった。そこで、本章では、全国的に実数把握が容易な新生児医療に関連した在宅人工呼吸療法の普及状況を中心に概説する。

我が国における新生児医療は、呼吸・循環療法を中心とした診療技術の進歩と、産科と小児科の協力により新生児医療が周産期医療へと拡大し、厚生労働省の指導のもと総合周産期医療センターと地域周産期医療センターから構成される周産期医療ネットワークシステムが全国展開した結果、新生児死亡率と周産期死亡率は世界でも最も低い値を維持している (図 1)。

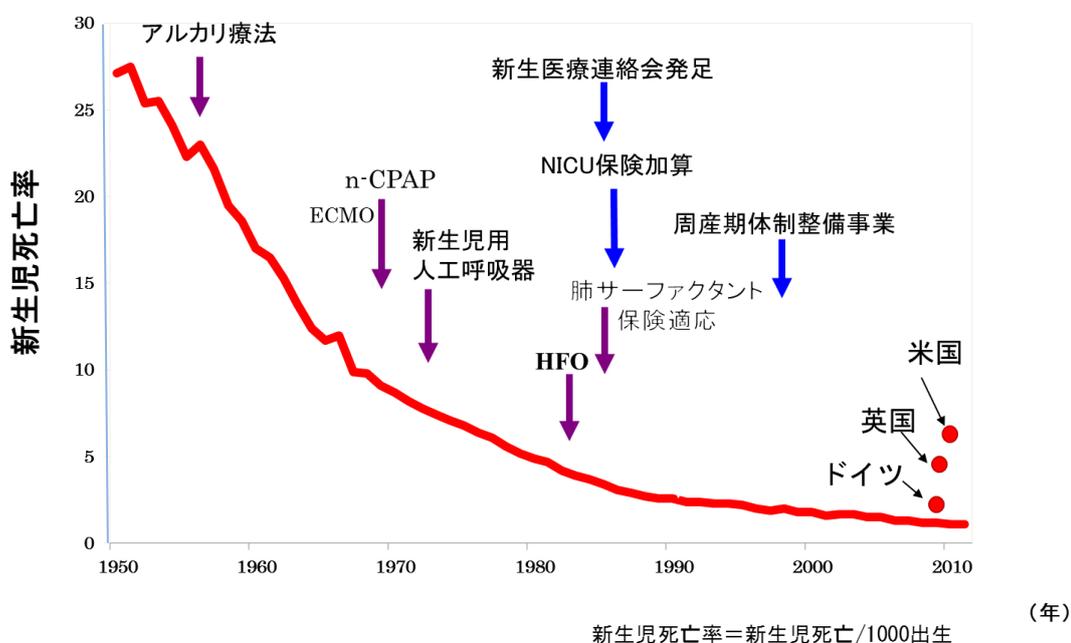


図 1 過去60年間の日本の新生児死亡率の推移

以下、(本編には詳細に記載)

第 2 章 小児在宅人工呼吸器の種類と特徴

I. NPPV

1. NPPV の概要

① NPPV とは

NPPV (noninvasive positive pressure ventilation: 非侵襲的陽圧換気) は、気管挿管や気管切開をしない、陽圧人工呼吸である。鼻マスクや鼻プラグ、マウスピース、フェイスマスクなどのインターフェイスを通して上気道に陽圧を加え、肺の換気を補助する。

この呼吸療法の略語はまだ世界的に統一されておらず、NPPV 以外に、NIV (non-invasive ventilation)、NIPPV (noninvasive intermittent positive pressure ventilation)、NVS (noninvasive ventilator support) などと表記されることもある。日本呼吸器学会は、2006 年 (2015 年に改訂第 2 版)¹⁾ にガイドラインの中で非侵襲的陽圧換気 (noninvasive positive pressure ventilation: NPPV) という用語を採用したため、本邦では NPPV が公式とされる。

NPPV は、これまでの人工呼吸と同じ効果がある一方で、従来の気管切開および陽圧人工呼吸によるさまざまな副作用を回避することができる。ただし、気道クリアランスを含めた気道確保、インターフェイスフィッティングや人工呼吸器条件の快適性が得られなければ効果が限られる。急性呼吸不全増悪などの際には気管挿管を要し、抜管できなければ気管切開を考慮するなどの判断が求められる。気管切開人工呼吸とは異なる適応や禁忌、注意点を知る必要がある。

② NPPV の構造

NPPV に際して必要なのは、陽圧式人工呼吸器とインターフェイス (インターフェイスの項参照) である。ヘッドキャップ、ベルト、ボンネットでインターフェイスを顔面上に固定し、回路を介して人工呼吸器に接続する。

NPPV にはあらゆる陽圧式人工呼吸器の使用が可能であるが、在宅では携帯型人工呼吸器を使用する。このうち、二相性陽圧 (バイレベルパップ) 専用器は、欧米では換気補助器という分類で、呼気弁があり気管挿管や気管切開チューブと接続して使うことができる人工呼吸器とは区別している。しかし、本邦では、バイレベルパップ機器も、全て人工呼吸器と呼ばれる。

使用する人工呼吸器とインターフェイスは、原則さえ守れば、自由に組み合わせて使うことができる。この原則とは、呼気を排出するルートを 1 か所確保することである(図 1)²⁾。

人工呼吸器の回路には、従来の 2 本回路(ダブルブランチ)と呼気弁付きの 1 本回路(シングルブランチ)と呼気弁なしの 1 本回路がある(図 2)²⁾。

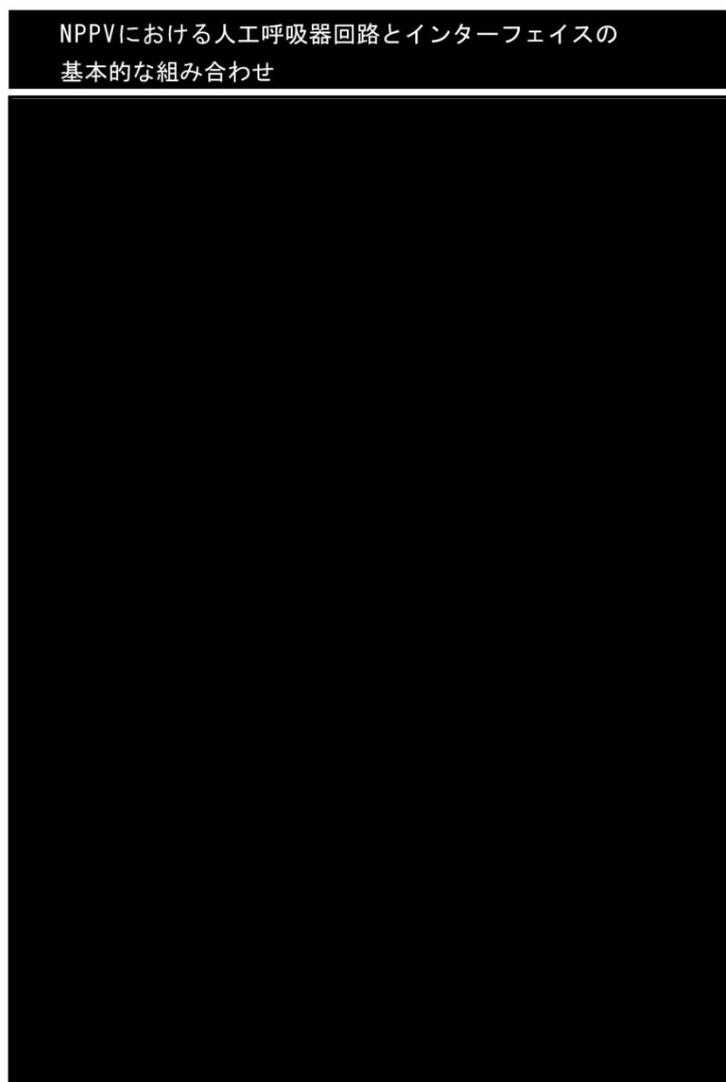


図 1 呼気を排出するルート

【参】日本呼吸療法医学会の人工呼吸管理安全対策委員会から「NPPV・HFNC における注意喚起勧告文 2. NPPV 施行の際にはインテンショナルリークを正しく設定する」が示されているので、危険事象をさけるために参照されたい。人工呼吸 33-2 号掲載(2016 年 11 月 30 日発行)以外にも、学会 HP のからも閲覧できる。

<http://square.umin.ac.jp/jrcm/pdf/33-2/nppvhfnc.pdf>

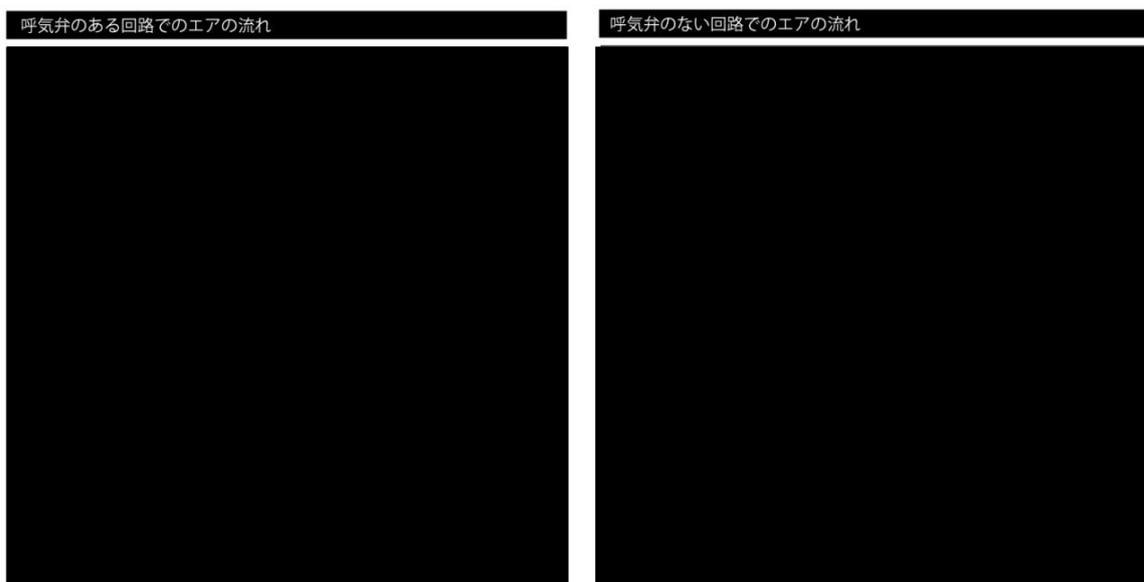


図 2 シングルブランチの人工呼吸器とポート付回路

3. NPPV の適応と導入(本編には詳細に記載)

- ① NPPV の適応
- ② NPPV の導入と継続

II. TPPV

TPPV(tracheostomy positive pressure ventilation)とは、気管切開を行って人工呼吸器を用いて呼吸補助を行う方法である。

一般的に急性期に病院で人工呼吸管理を行う場合には気管挿管を行うが、長期の挿管管理が必要となる場合、在宅医療や重症心身障害児(者)病棟・施設での挿管管理は困難であり、TPPV が選択される。成人における「長期挿管」とはおおよそ 2 週間以上にわたる気管挿管を指すが、小児では 2 週間で選択することはほぼあり得ない。数カ月にわたる人工呼吸管理の後にやむを得ないと判断した場合にようやく選択されることが多い。これは小児(特に乳幼児)の気管が細く脆弱であるという解剖学的な理由、気管切開術後の肉芽形成や出血などといった合併症が少なくないという理由、そして家族が気管切開の必要性を理解し同意に至るまでの心理状態の変遷、が挙げられる。

本項では、気管切開および TPPV の特徴と実際のモードについて概説する。

1. 気管切開を必要とする病態

- ① 上気道に問題があり口腔・鼻腔による気道確保が難しい場合
(例;後鼻孔閉鎖、声門下狭窄、(重度の)咽頭軟化症・喉頭狭窄症、(重度の)喉頭軟化症・喉頭狭窄症、(重度の)気管軟化症、Pierre-Robin 症候群、染色体異常など)
- ② 長期に人工換気が必要となる場合
(例;重度脳性麻痺など中枢疾患による中枢性呼吸障害、神経筋疾患に伴う呼吸障害、重度の新生児慢性肺疾患、染色体異常など)

なお、神経筋疾患においては、近年の国際ガイドラインなどで、救急から在宅まで、人工呼吸としては非侵襲的陽圧換気(NPPV)が第一選択とされる。詳しくはNPPVの項を参照されたい。

2. 気管切開および TPPV のメリット・デメリット

気管切開および TPPV の最大のメリットは、確実な気道確保が得られやすいことである。また、口腔および上気道の変形や分泌物・唾液などによる呼吸困難を物理的に回避することができること、下気道内の痰の吸引が簡易なこと、緊急時の気道確保が難なくできること、経口および経鼻挿管では不可能である飲食や発声が可能となること(ただし病状や気管切開チューブの種類などにもよる)、口腔内の清潔保持が容易になり誤嚥性(嚥下性)肺炎が減ること、顔面の皮膚トラブルが軽減すること、なども挙げられる。特に、挿管による気道確保ならびに人工呼吸管理を必要としている患者にとっては、予定外(計画外)抜管や喀痰による挿管チューブ閉塞などのトラブル時に挿管に慣れた医者以外では気道確保が困難となり、NICU・PICU といった集中治療部門以外での長期管理は不可能といえる。当然、このような患者はNPPV管理も不可能な患者であり、安全面を考えても気管切開・TPPV のメリットは大きいといえる。

一方、デメリットや副作用としては、ほとんどが気管切開チューブを要することに起因する。気管切開チューブによる気道損傷、気管腕頭動脈瘻、予定外(計画外)抜管・再挿入の関するトラブル、吸引の必要性、通園通学などでケアができる人の付き添いを常時求められる、などである。

Ⅲ. 小児在宅人工呼吸器：モード選択のための知識

1. NPPV とバイパップ

NPPV の数が急激に増加し始めた 1996 年、米国で NPPV のコンセンサスカンファレンスが開催された。そこでは NPPV を「肺胞換気を強化する目的で上気道から陽圧を加えること」と定義している。しかし、当時から相当混乱があり、合意に至らなかった課題も多く残された。

現在、最も気になる混乱として、NPPV とバイパップの混同がある。そもそもバイパップとは、当時レスピロニクス社が開発した BiPAP S、S/T、S/T 30、S/TD 30 などの登録商標であったが、その後同様の換気補助法 (Bilevel PAP) をさすようになった。そして同じようなメカニズムの器機をも含めてバイパップ器と呼ばれている。

NPPV の評価について高いレベルのエビデンスがある数の多い疾患は COPD の急性増悪であるが、そこで使用される機器はまずバイパップである。そこで、NPPV = バイパップという誤解が生じたとされる。

同じくバイパップと呼ばれるものでも、biphasic positive airway pressure (BIPAP) は、ドイツのドレーゲル社のクリティカルケア型人工呼吸器エビタの換気モードがある。高低の PEEP を設定した時間サイクルで繰り返すモードで、高低の PEEP 時に自発呼吸が可能である。BIPAP は Bilevel PAP より歴史が古く、Bilevel PAP とはまったく別の様式であるので混同してはならない。

2. PEEP をどう考えるか

PEEP の有用性は 2 つある。まず酸素化、したがって集中治療室での人工呼吸では適切な PEEP をかけることが原則である。在宅人工呼吸の対象となる小児の疾患の多くは高二酸化炭素血症を伴う II 型慢性呼吸不全である。これらの疾患では基本的に換気をサポートすることで酸素化は改善する。したがって PEEP は必要ない。必要でないばかりか、会話、食事などにはマイナス要素として働く。

また、換気量の設定は必要最低限にして圧、量による肺への損傷を最小限にすることが原則であるが、換気補助能力は最高気道内圧から PEEP を引いたものとなるので無駄な PEEP はこの点でもマイナス要素となる。

もし換気だけで十分な酸素化が得られない場合には酸素療法の併用か PEEP を選択することになる。酸素療法併用の場合は生活制限が相当厳しくなる。もし酸素濃度を正確に保たなければならないような病態だとすると、それは在宅適応を再度検討

第 2 章

しなおすべきである。NPPV では呼吸同調酸素供給調節器が使用できないため、使用時間が限られる。

PEEP の有用性の 2 つ目は、睡眠時無呼吸症候群 (sleep apnea syndrome: SAS) を合併している場合の気道の確保である。デュシェンヌ型筋ジストロフィーでは SAS 合併の評価が重要といわれている。SAS 合併例では通常より低年齢で NPPV が必要となる。著者の経験では NPPV 導入のデュシェンヌ型筋ジストロフィー 113 名のうち 7 名が SAS 合併例であった。また小児の場合は気道軟化症、さらに重症心身障害児 (者) の場合も気道閉塞の有無を評価し、適切な PEEP を決定しなければならない。

IV. 人工呼吸器装着患者の移動および搬送に関する注意点

在宅人工呼吸器の小型化、軽量化、バッテリーの性能が向上して可搬性が増し、車椅子に人工呼吸器を装着して外出を楽しむ患者が増加している。ベッドからベビーカーやバギーへの患者移動には、人工呼吸器や酸素飽和度測定装置、酸素ボンベなどを同時に移動させなければいけない。また、患者と人工呼吸器が装着された状態では、回路の取り回しや不安定なベビーカーやバギーへの移動を慎重かつ安全に行う必要がある。しかし、注意していても人工呼吸器を装着して外出する時の人工呼吸器系のトラブルは、調査によると電源関係(バッテリーを含む)のトラブルが最も多く、その次に人工呼吸器、回路のトラブルが多く発生している¹⁾。また、人体系のトラブルには姿勢保持、振動が多く、その次に移動手段によるトラブルが多く発生している¹⁾。

療養者が安全に移動を行い、外出を楽しめるように注意点について記載する。

1. 移動用の車椅子、バギー、ベビーカー

人工呼吸器を装着した療養者を移動するための車椅子、バギー、ベビーカーには、人工呼吸器、パルスオキシメータ、吸引器、必要な場合は酸素ボンベを積載しなければいけない。

移動用にベビーカーを利用する場合は、人工呼吸器などを搭載する場所によりバランスが悪く転倒する恐れがあるので、事前に人工呼吸器などを搭載してバランスを確認する必要がある。また、ベビーカーには掲載できる重量に制限があり、掲載する前に、取扱説明書に記載してある掲載許容重量と掲載物の総重量を測定する必要がある。

移動用のバギーを製作するときは、余裕を持って人工呼吸器やパルスオキシメータなどの器材を載せるスペースを確保することをお勧めする。また、バンドなどで人工呼吸器や器材が動かないように固定できるようにする(図 1)。移動に使用する車椅子、バギーの製作には、障害者総合支援法の補装具費支給制度により、購入の補助を受けることができる。

以下、(本編には詳細に記載)

第3章 小児在宅人工呼吸器の実際、特徴

I. 人工呼吸器の概要

本章では、平成 28 年 12 月現在日本で認可されている主要な人工呼吸器 12 機種を選定した。この 12 機種を、NPPV 専用器、TPPV 専用器、NPPV・TPPV 両用器の 3 つに分類した（表 1）。

NPPV 専用器とは、吸気側のみのシングル回路と呼気ポート（マスク内臓を含め）を利用し、マスク換気に適したリーク補正機能を有する人工呼吸器とした。BiPAP A40 のみ TPPV を使用できるとしているが、TPPV を行ううえでの適切な換気能力を有していないことから、今回はこの分類に含めた。

TPPV 専用器とは、ダブル回路（吸気側・呼気側）と呼気弁を使用した人工呼吸器である。各人工呼吸器では添付文書上では NPPV も使用できるとしているが、NPPV 専用器のような自動リーク補正機能を有しておらず、安楽な換気制御ができないため今回は TPPV 専用器として分類した。

NPPV・TPPV 両用器とは、呼気ポートや呼気弁を用いて自動リーク補正によって NPPV が行えると共に、気管切開患者における PCV・VCV による各種換気モードを有する人工呼吸器で、高性能で多機能な人工呼吸器とした。

表 1 人工呼吸器 12 機種の分類

NPPV 専用器	① ViVO40 ② BiPAP A40 ③ クリーンエア VELIA ④ NIP ネーザル V
TPPV 専用器	⑤ LTV1150 ⑥ HT70plus ⑦ Puppy X
NPPV・TPPV 両用器	⑧ ViVO50/60 ⑨ Trilogy100 plus/200plus ⑩ PB560 ⑪ Monal T50 ⑫ ASTRAL

II. BiPAP A40(本編では表 1.全機種を取り上げています)

1. 概要

- ① PHILIPS RESPIRONICS 社製(アメリカ)(図 1)
- ② 販売:フィリップス・レスピロニクス合弁会社
- ③ 対象:10kg 以上の小児から成人まで可
- ④ 着脱式バッテリーモジュールを取り付けることで約 3~4 時間バッテリー使用可
- ⑤ 着脱式バッテリーを新たに別途購入し、充電して準備しておくことが可能で、脱着式バッテリー1 つで約 3~4 時間延長可
- ⑥ DC 電源:専用外部バッテリーにて使用可
- ⑦ 重量:約 2.9kg(着脱式バッテリー含む)
- ⑧ サイズ:16.7(奥行)×30.3(幅)×10.8(高)cm
- ⑨ 航空機規格(RTCA/D0160F Section21、Category M)に準拠
- ⑩ 対振動・衝撃規格(MIL-STD810E):非適合
- ⑪ 酸素添加:外部の一般的な流量計を用いて、呼吸器回路内に投与する



図 1 PHILIPS RESPIRONICS 社製 BiPAP A40

- ⑫ BiPAP A40 は 1980 年代に日本に導入されて以来、人工呼吸療法の画期的な変化をもたらした非侵襲的陽圧換気療法(NPPV)の代表であり、「バイパップ」という呼び名を広めた BiPAP®の最新機種である。
- ⑬ 気道閉塞を開存できる圧力を自動的に調節する AUTO EPAP 機能も搭載され、拘束性換気障害のみならず閉塞性換気障害にも対応できる人工呼吸器である。

- ⑭ BiPAP A40 は、呼気弁を用いず、マスクに一体化した呼気ポート(呼気が抜ける穴)や回路内に挿入する呼気ポートを利用して送気ガスの流量だけでマスク基部圧を制御する機構である。呼気時も呼気ポートによって常にリークが発生しているため、送気が止まることはない。
- ⑮ マスク部がリザーバーとなり二酸化炭素を含んだ呼気が蓄積しないように最低の EPAP を $4\text{cmH}_2\text{O}$ にすることで、マスク内が常にフレッシュなガスになるように送気を続ける機構である。さらに、マスク装着部位からのリークに対する補正も常に行われる。
- ⑯ IPAP においては、呼気ポートやマスク装着部位のリークが起きている状態に対して多量のガスを送ることで換気圧を作る。したがって、高い吸気圧の必要な患児には適応しない。
- ⑰ BiPAP A40 は、気管挿管(在宅では気管切開による人工呼吸器管理)においても使用できるとしている。しかし、カフなしの気管切開チューブを用いることの多い小児の患児では、常にリークが発生しているとともに、呼気ポートからのリークがあるために、呼気弁を用いる人工呼吸器と異なり多量の送気ガスが必要となる。よって、吸気ガスの加湿不良を招き、分泌物の硬化が起こすことから、BiPAP A40 は NPPV 専用器として使用するべきである。

2. 利点

- ① 侵襲的陽圧換気療法にも使用できるとされているが、NPPV 専用器として使用するのがよい。
- ② NPPV の基本となる S、S/T、T モードが設定できる。
- ③ 自発呼吸の吸気トリガー・呼気認識の技術である独自の Digital Auto-Trak 機構を有しており、適切な換気補助を可能にしている。
- ④ リーク量を常に監視しながら呼気の一換気量を算出している。
- ⑤ 設定一回換気量を設定範囲内の IPAP で調節する AVAPS 機能を持つ。
- ⑥ AUTO EPAP と AVAPS の機能を複合した AVAPS AE モードがあり、閉塞性無呼吸を合併した疾患にも応用できる
- ⑦ 結露を防止する機能を持つ加温加湿器が搭載できる。
- ⑧ 着脱式バッテリーを一体化でき、この使用時間は約 8 時間である。さらに専用の外部バッテリーの装着も可能である。

3. 欠点(本編には詳細に記載)

IV. クリーンエア VELIA(本編では表 1.全機種を取り上げています)

1. 概要

クリーンエア VELIA(図 1)は RES-MED 社が製造販売している人工呼吸器で、同社の NIP-V と同じ外観をしている。NIP-V で異なる点は、クリーンエア VELIA には換気モードの iVAPS モードが搭載されていない点で、これ以外の機能については NIP-V と同じである(前記の NIP-V の項を参照)。



図 1 クリーンエア VELIA

2. 利点

- ① 使用可能な対象患者は小児(13kg)～成人。
- ② 回路にはリークポートが必要で、シングル回路を使用。
- ③ マスクを用いた NPPV から気管切開チューブを用いた TPPV まで幅広く対応する。
- ④ 換気設定は病態別にデフォルト設定が可能。
- ⑤ 換気パラメータは数字データとグラフィックでカラー液晶画面に表示することが可能で、換気状態の把握が容易である。
- ⑥ 換気データは本体に保存され、在宅時の換気状態の把握に適している。
- ⑦ 本体は小型・軽量設計(2.1kg)で携帯性に優れ、介護者の負担を軽減。
幅 170mm、奥行 230mm、高さ 120mm
- ⑧ 静音設計で静粛性に優れ、睡眠が妨げられにくい。
- ⑨ バッテリーは、内蔵(2 時間稼働)と外部(合わせて 8 時間稼働)を設定でき、両者を連続稼働させることで、災害対策に適する。

3. 欠点(本編には詳細に記載)

第 4 章 小児在宅人工呼吸療法の注意点とトラブル対応

在宅人工呼吸療法において重要なことは、安心・安全に人工呼吸管理を行うことであり、児が快適に生活できることである。まず、そのための基本的注意点を述べ、ついでトラブル対応について記載する。

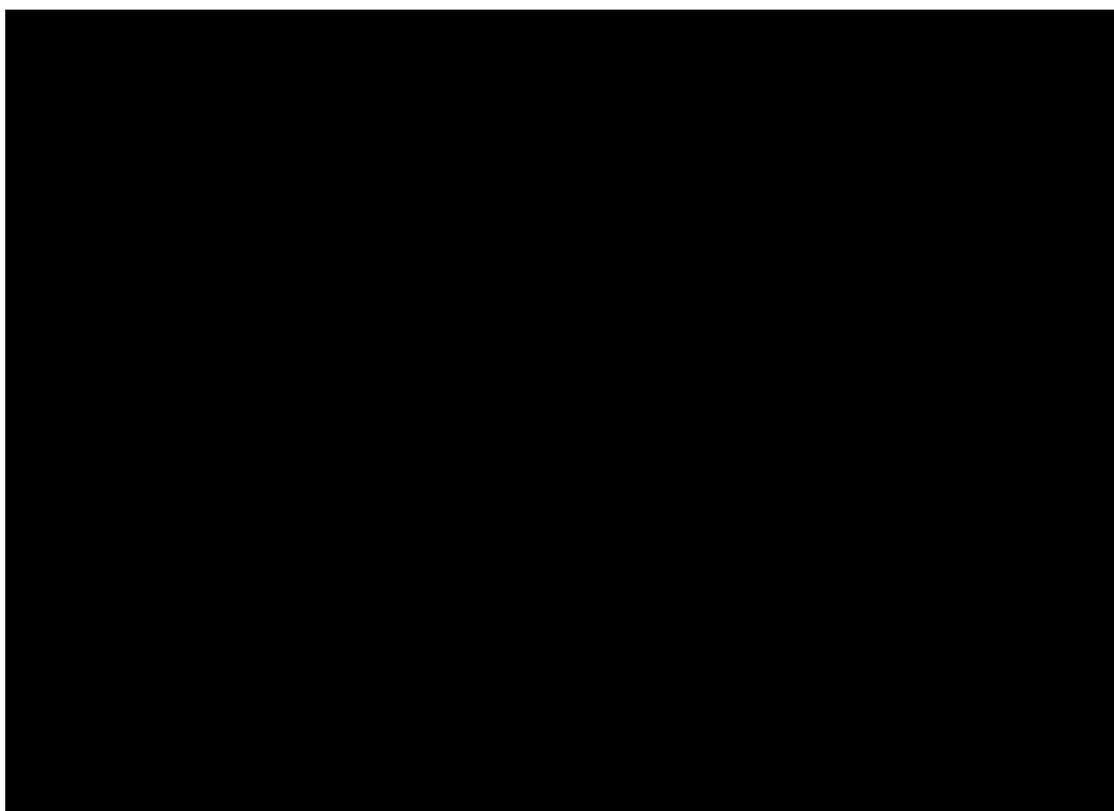
基本的注意事項の 1 から 5 は、呼吸器チェックシート(表 1)を用いて、チェックリストに従って管理し、介護者である家族や往診医、訪問看護師などで人工呼吸管理に関する情報を共有することが大切である。

I. 基本的注意事項

1. 本体周囲確認(図 1)

① 緊急時に必要な物品の準備

用手蘇生具(バッグバルブマスク)を用意しておき、いつでも使用できるようにしておく。また、電動吸引器の故障や停電時に備えて、手動式や足踏み式などの非電動式吸引器(図 2)を準備しておく。



② 電気コンセントの接続の確認

人工呼吸器と他の家庭用電化製品は別系統のコンセントを使用する。人工呼吸器は直接コンセントにつなぐ(たこあし配線の禁止)。また、緊急時に使用する内部バッテリーと外出時に使用する外部バッテリーの駆動時間を確認しておく。

③ 酸素配管およびコネクティングチューブの接続の確認

接続部にゆるみがないようにしっかりと接続しておく。

2. 設定値の確認

換気モードと各設定値、IPAP (inspiratory positive airway pressure: 吸気圧)、EPAP (expiratory positive airway pressure: 呼気圧)、RR (respiratory rate: 呼吸回数)、Ti (inspiratory time: 吸気時間)、吸気圧が設定値に上昇する時間 (rise Time) を確認する。

3. アラーム設定の確認

呼吸回数の上限/ 下限、一回換気量の上限/ 下限、吸気圧の上限/ 下限、分時換気量下限などを確認する。

4. NPPV でのマスクフィッティング

最近では、乳幼児が使用可能なインターフェイスも増えている。ただし、協力を得ることが難しく、不快感などを訴えること¹⁾のため、成人とは異なる注意点も多々ある。
D-27

- ① 漏れ(リーク): 顔が小さく外れやすいため、固定に工夫が必要
- ② 接触部: マスクの不快感、皮膚の発赤や潰瘍、骨の変形に注意する
- ③ 圧・流量関連: 鼻・口の不快感、耳の痛み、眼への刺激、腹部膨満

第 5 章 医療材料・周辺機器

I. NPPV のインターフェイス

1. インターフェイスの重要性

インターフェイスの選択やフィッティング、装着時の快適性が NPPV (noninvasive positive pressure ventilation: 非侵襲的陽圧換気) の成功の鍵となる^{1~7)}。これらは NPPV 導入時には最初に行う重要な作業である(図1)。

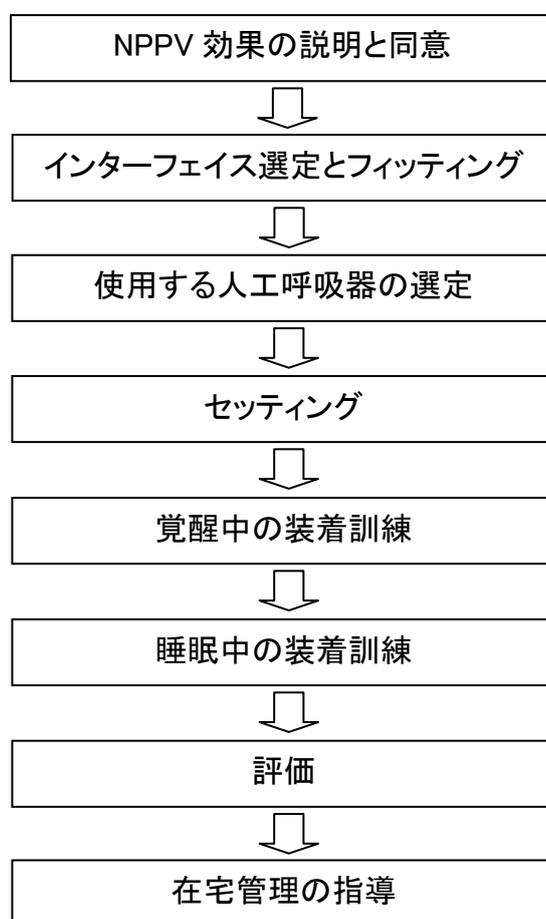


図1 NPPV 導入の流れ

インターフェイスはそれぞれに特徴があり、長所と短所があるので、目的や患者の状態、希望に合わせて、最適なものを選ぶ。例えば、急性期に多く使用するような口鼻マスクや顔マスクを在宅で使用することは、なるべく回避したい。特に、終日 NPPV 患者には、覚醒時の視野が広くとれて、会話や食事のために開口しやすいもの、眼鏡を

かけられることなどを考慮する。覚醒時には、鼻プラグや小さい鼻マスク、マウスピースなどが好まれる。インターフェイスのフィッティングや快適性が NPPV の継続に大きな影響を及ぼすため、患者の目的や状態に最適なインターフェイスを選ぶ。成長や体重の変化に合わせて変更する。また、顔面の成長や形成に影響をしないように、できるだけ複数のインターフェイスを使用する^{6~10}。特に終日に近い NPPV 使用者では、複数のインターフェイスは必須である。

インターフェイスは、現在、CPAP (continuous positive airway pressure: 持続気道陽圧) 使用者が多い欧米の人種に適合するように作られているため、日本人の鼻や顔の形に合うものが少ない。小児用インターフェイスの種類は世界でも少なく、麻酔用マスクが使用されたり、成人の鼻マスクを口鼻マスクとして使用されたり、CPAP 用鼻プラグ周囲を褥瘡用ドレッシング剤(デュオアクティブなど)でシールするなど、工夫して使用されている。

エアリークは必須であるが、非意図的なリーク量は 20~30L/ min 以下が望ましい。経鼻胃管栄養チューブ周囲からのリークは、テープ固定方法(頬部に少し埋没させるように固定)や位置の工夫、マスクの二重構造やジェルなどでフィットさせることで軽減できる。マスクフィッティングに問題が無かった症例に皮膚トラブルが突然生じた場合には、何かしらの問題があったと考え、その原因を究明することが最も解決への近道になる。

2. インターフェイスの呼気ポート選択(本編には詳細に記載)

インターフェイス選定においては、はじめに呼気を排出する呼気ポートの有無と人工呼吸器の回路構成との組み合わせする(図 2)^{7,9}。

在宅型携帯式人工呼吸器や蛇管に呼気を排出するための呼気弁があればインターフェイスに呼気ポートは不要で、ノンベント(製品名に NV や NIV、SE と表記されている、)タイプのインターフェイスを用いる(製品によってはインターフェイス全体が青い)。ノンベントタイプは、インターフェイスの L 字型のエルボー部分(蛇管を接続するコネクター部分)が青い色になっていて、呼気ポートがないことを注意喚起している。

人工呼吸器や蛇管に呼気弁がないものはインターフェイスに呼気ポートが必要である。もし、誤ってノンベントタイプのインターフェイスを使用すると、呼気を排出できず再呼吸を繰り返し(死腔換気)、気道内圧の上昇や、誤嚥の危険性を増したりする。

呼気ポートがある場合、インターフェイスのエルボーはインターフェイスと同色(ほぼ透明)である。在宅型携帯式人工呼吸器の多くがこのタイプのため、在宅型携帯式人

工呼吸器＝呼気弁なしと勘違いされている場合が多い。しかし、呼気弁ありやダブルブランチなど交換式回路のものもあり、これら全てを商品名の「BiPAP」*と総じて呼ばれることがあるが、誤った解釈⁷⁾であり、正しい呼称が使用されるべきである。

*「BiPAP」はフィリップス・レスピロニクス合同会社の登録商標であり、換気モードではない。「BIPAP」はドイツ Drager 社の人工呼吸器に搭載される換気モードであり、紛らわし表記であり注意すべきである。

II. 気管切開チューブ

1. 気管切開による気道管理の基本知識

気管切開チューブは、気管切開を行って人工呼吸管理を行う患者に用いる医療器具である。一般的には気管カニューラ(tracheal cannula)ともいう。

気管切開チューブは大別すると、以下のとおり分類される。

- ① フランジ(翼の部分)の違い
- ② 単管・複管の違い
- ③ カフの有無
- ④ カフありタイプの標準型と吸引型

また、特殊なタイプとして以下の⑤～⑦に分類される。

- ⑤ フランジ移動式タイプ
- ⑥ レティナ・T-チューブ
- ⑦ スピーチタイプ

小児の気管は成人に比べてデリケートで細い。また、甲状軟骨と輪状軟骨の太さのバランスが成人と小児とでは異なるため、小児の喉頭は口腔から気管にかけて成人よりも急速に狭くなる(図 1)。

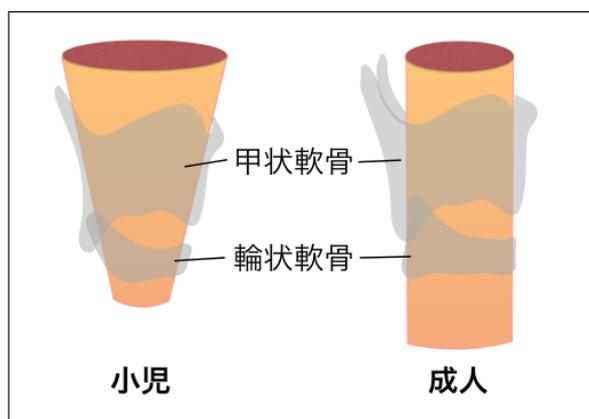


図 1 喉頭の違い：小児と成人

さらに、呼吸に寄与する横隔膜や肋間筋の未熟性から成人に比べて換気効率が悪い。

小児では一般的に、気道損傷や肉芽形成を防止するためにできるだけ柔軟な素材のチューブが望ましいと考えられ、シリコン製気管切開チューブが主流となっている。しかし気道・胸郭の変形が大きな児ではシリコン特有の柔らかさのためにキンキング(折れ曲り)や圧迫つぶれによる換気不全を起こしうるため、メーカーによってこれらの事故を防止するような構造上の工夫がなされている。また気道変形が強くキンキングが起こりやすい患者には、金属(ステンレス)補強されたタイプのものを用いることもある。

また小児では、患者の病状のみならず、年齢や体格の違い、側弯による胸郭や気管の形状の違い、精神発達状況や今後の見込みの違い(発声や嚥下が可能か否か)、など経年的に変化していく身体と精神の発育状況によって選択する気管切開チューブを適宜考慮していかなければならない。

例えば、同じ体重の患者であっても、気切孔の設置部位、頸の長さ、側弯の有無などの違いによって選択すべき長さ、太さ、彎曲度のいずれも変わりうる。このため、気管切開チューブを選択する際には気管の軟線レントゲン撮影を正面および側面から行い、長さ、太さ、彎曲度を確認したうえで最適なものを選択する。この際、レントゲン写真の拡大倍率によって過小評価・過大評価のいずれも起こしうる可能性があるため注意を要する。業者によっては、これらを確認できるシートを用意しているところもあるので、活用されたい。気管支鏡検査が可能な施設では挿入後に確認することによって気管壁への接触具合や先端位置の確認が容易にできるため、気管支鏡が実施できる施設では推奨される。

また、現在挿入中の挿管チューブや気管切開チューブも参考にできる。ただし、気管切開チューブの太さは内径 (I.D.) と外径 (O.D.) との表記がある。一般的に小児では内径によって気管チューブ・気管切開チューブを決定するが、成人での気管切開チューブの選択では外径によって決定する場合も少なくない。気管切開チューブの場合には製品のパッケージによって内径・外径のいずれが大きく表記されているかが一定ではないため、医師の指示がいずれであるのかを間違ふことのないようにしなければならない。

近年では回路外れを防止するためのロック機構の備わった気管切開チューブも開発されているが、介護や移動などによって抜けにくいという特徴がある一方、過剰な引っ張りがあった場合に全て気管切開孔と患者自身に力が加わることになるという欠点がある。移動の機会が多く意志表示を明確にできない小児・乳幼児では使用に際して注意が必要である。

2. フランジの違い(本編には詳細に記載)

気管切開チューブは、紐(ストラップ)を用いて固定する必要がある。この紐を通す部分がフランジであるが、首の長さや気管切開孔の開存部位によって V 型・ストレートのいずれが固定しやすいかによって、より安定した固定ができるフランジを選択する。

- ① V 型フランジ: 両方のフランジが V 字(やや上向き)になるため、乳幼児などで頸部が短い場合や、下位気管切開などに好都合。
- ② ストレートフランジ: 両方のフランジが真横に伸びる。体格の大きな小児、成人に好都合。

3. 単管・複管の違い(本編には詳細に記載)

- ① 単管
- ② 複管

4. カフの有無(本編には詳細に記載)

- ① カフなし
- ② カフあり

5. カフありタイプの標準型と吸引型(本編には詳細に記載)

- ① 標準型
- ② 吸引型

【特殊なタイプ】

6. 移動式フランジ(アジャスタブルフランジ)タイプ(本編には詳細に記載)

7. オーダーメイドの気管切開チューブ(受注生産)(本編には詳細に記載)

標準的な気管切開チューブが適合しない患者には、一定の条件は存在するもののカニューレの長さ、窓位置、角度(θ)などを患者の気管切開口の条件に合わせた気管切開チューブをオーダーメイドできる。受注生産であるので、事前に確認が必要である(メラ気管切開チューブソフィットシリーズ: 泉工医科工業株式会社)。

Ⅲ. 加温加湿器・人工鼻

1. 加温加湿の目的

在宅人工呼吸療法を長期的かつ継続的に実施するためには、分泌物管理が非常に重要なファクターとなる。分泌物管理なしに在宅人工呼吸療法は成り立たないといつても過言ではない。

新しい人工呼吸器の多くが開発され、自発呼吸を温存した安楽な換気法が開発・導入されている。しかし、最新式の人工呼吸器を使用するだけではよりよい在宅人工呼吸療法を継続的に実施することはできない。病状を安定させ、病態を進行させないためには、感染症の併発を極力減らし、入退院を繰り返さないような管理を行うことが必要であり、これには分泌物管理が重要となる。

今までは加温加湿器は人工呼吸の付属品的な扱いをされてきたが、現在では人工呼吸中の加温加湿は酸素化や換気と同じか、それ以上に重要な管理目標である。したがって、加温加湿器は重要な医療機器の 1 つであり、病態に適した加温加湿器の選択と正しい知識によって使いこなさなければならない。

在宅人工呼吸療法における加温加湿器として人工鼻が多く使用されているが、その加温・加湿能力から考えると十分な加温加湿器とはいえない。分泌物の管理には強制的に水を加熱して加温・加湿する加温加湿器が理想的である。

2. 温度・相対湿度・絶対湿度の関係

加温加湿器を理解するうえで必要となる知識は、「温度」「相対湿度」「絶対湿度」の 3 つと、その関係である。

絶対湿度は 1L 中の空気に水蒸気として溶け込んでいる水分量で mg/L で表される。空気に溶け込むことができる水の量は、温度が高いほど増加する。最大に溶け込

むことのできる絶対湿度、すなわち飽和水蒸気量は 20°C では 17.4mg/L 、 37°C では 44mg/L であり飽和水蒸気曲線 (図 1) で示されるように、気温で規定される。すなわち、温度が高くなるほど、気体が保有できる絶対湿度が高くなる。

相対湿度は「絶対湿度/ 飽和水蒸気量 $\times 100$ 」の計算式で求められ、単位は%で表される。よって、同じ温度であっても相対湿度が高ければ絶対湿度は高くなり、相対湿度 100% では、飽和水蒸気量 = 絶対湿度となる。

3. 人工鼻 (HME/HCH : heat and moisture exchangers / Hygroscopic condenser humidifiers)

人工鼻は加温加湿器の 1 つとして分類されているが、強制的に加温・加湿する機構ではないため、保湿器と表現されることもり、正式には受動的保湿装置という (図 3)。

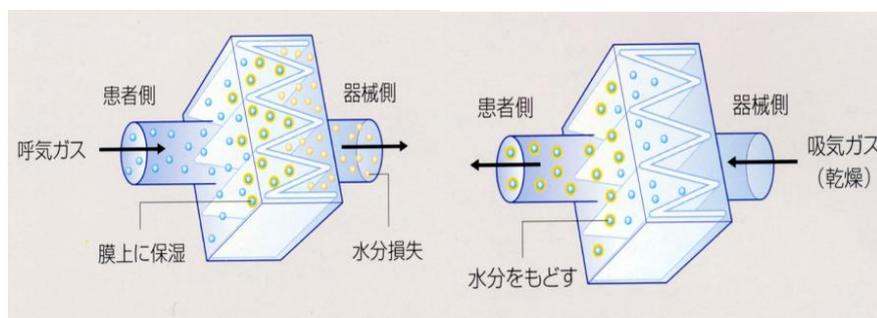


図 3 人工鼻の原理

呼気ガスには多くの水分が含まれているため、この水分を人工鼻にトラップし、吸気ガスが送気される際に、人工鼻に含んだ水分を再度含ませるといった単純な機構である。したがって、NPPV では使用できない。

人工鼻の性能は、おおよそ絶対湿度が 30mg/L 程度であり、理想的な吸気ガスより低い値である。人工鼻の大きさが大きいほど (吸湿紙が大きいほど) トラップできる水分が多いが、容積が大きいものはデッドスペースが多く、 CO_2 を含んだ呼気ガスの再呼吸が多くなるため、 PaCO_2 の上昇を来す可能性がある。逆に、小さな人工鼻では十分な水分がトラップできない。したがって、患者の一回換気量に合った大きさを選定する。

人工鼻は理想的な吸気ガスを供給することはできないが、電気が不要で、アラームが作動することもなく、また給水の必要もない。さらに、呼吸器回路がシンプルにできることや、呼吸器回路に結露が溜まることもないため安全で簡便であり、それが広く在宅で採用されている理由である。

しかし、小児での人工鼻の使用は以下の場合には禁忌とされる。まず、カフなしの

気管カニューレを使用する小児には使用できない。これは呼気ガスが呼吸器回路に戻らず、鼻や口に漏れてしまうために、人工鼻に呼気の水分をトラップすることができず、効果的な加湿効果が得られないためである。また、吸入療法や排痰補助装置を併用している患児では、膜の目詰まりを起こすので人工鼻は併用しない。

逆に、人工鼻の適応となるのは、リーク率が 30%以下であり、低体温を起こさない患児であり、分泌物が硬化しないことを十分に確認できた場合のみである。

人工鼻は、性能の悪い加温加湿器や低い温度設定で使用する加温加湿器よりも加湿効果が高い場合もある。しかし、分泌物の管理には十分注意し、人工鼻の性能を十分に理解して選択する。感染症に罹患した場合などでは、後述する加温加湿器に変更し、早期治療にあたる。

人工鼻は、原則 24 時間毎、もしくは分泌物によって汚れたら交換する。分泌物で人工鼻が閉塞すると、加温加湿機能が低下するだけでなく、換気が停止することもある。また、圧制御で行っている小児の在宅人工呼吸療法では、性能や流量によって人工鼻が吸気抵抗になって回路内圧が上昇し、気道内圧低下の警報を発しないので注意が必要で、警報設定を安全な値に調整する。

また、吸入療法を行うには人工鼻が薬剤で閉塞するため、必ず人工鼻を外してから実施する。さらに、加温加湿器と人工鼻の併用は禁忌であるが、加温加湿器の電源は入れず、加湿チャンバーの水面に吸気ガスを通過させることで人工鼻の加湿効果を上げることができる。

4. 各種の加温加湿器

在宅人工呼吸管理で使用される加温加湿器は、水を入れた加湿チャンバーをヒータープレートで加温し、この水面を通過する際に吸気ガスを加温・加湿するパスオーバー方式である。

パスオーバー方式の加温加湿器には、吸気回路内にヒーターワイヤーが挿入されたタイプと、挿入されていないタイプがある。

吸気回路内にヒーターワイヤーが挿入されていないタイプでは、外気によって吸気ガスが温度低下を起こす。これによって相対湿度は 100%に維持されるものの絶対湿度は低下し、吸気回路には必ず結露が生じ、室温の低い冬季では多量の結露が生じることもあり、人工呼吸器の換気に悪影響を及ぼすこともある。

吸気回路内にヒーターワイヤーが挿入されたタイプでは、外気によって起こる吸気の温度低下に対してヒーターワイヤーが作動し、吸気温度を維持して結露の発生を防

ぐ。基本的には吸気回路に結露を起こさないように制御されるが、設定によって結露の発生が起きる。また、結露が発生しない設定であっても家庭環境によって結露が生じることもある。

- ① PMH1000 (図 4) (本編では 5 機種 of 加温・加湿器についてより詳細に言及しています)

在宅用の NPPV (非侵襲的陽圧換気量法) 装置では、患者の上気道の加温加湿機能が維持される、吸気回路にヒーターワイヤーが挿入されていない加温加湿器が多く使用される。また、NPPV 装置に一体型となった専用の加温加湿器も増加している。

専用の加温加湿器がない場合や、分泌物が固形化しやすい場合には、一体型の加温加湿器より高性能である PMH1000 を選択し、分泌物が固形化しないダイヤルに設定する。



図 4 パシフィックメディコ社製 PMH1000

- ② MR810 (図 7)・PMH2000 (図 8) (本編では 5 機種 of 加温・加湿器についてより詳細に言及しています)

MR850 や PMH8000 では、常に温度を監視しながら制御されるため、この理解には高度な知識が必要であることや故障の原因になり得ることから、在宅での使用には適していないという考え方もある。しかし、PMH1000 では室温による吸気回路の温度低下による絶対湿度の低下は不十分な加温・加湿となり、吸気回路内に発生する多量の結露が人工呼吸器の誤動作を誘発する恐れもある。そのため、ヒーターワイヤーは有効な機能である。

MR850 や PMH8000 を簡易型にし、ヒーターワイヤーを使用しながらも、温度表示をせずに、加温・加湿の設定を 3 段階で調節できるようにしたのが MR810 と

PMH2000 である。MR850 や PMH8000 の使用を懸念する場合には、このタイプの使用を検討していただきたい。



図 7 フィッシャー&パイケル社製 MR810 図 8 パシフィックメディコ社製 PMH2000

MR810 と PMH2000 は NPPV 用として製造されているため、MR850 や PMH8000 と同等の機能はなく、理想的な吸気ガスにすることはできず、吸気回路を乾燥化する機能が高いために、相対湿度が 100% にならず、分泌物を硬化させることもあるので注意する。

第 6 章 呼吸理学療法と排痰補助装置

I. 呼吸理学療法

1. 呼吸理学療法の概念¹⁾

「呼吸理学療法」の定義は、呼吸障害の予防と治療のために実施されるあらゆる手段を包括したものとされ、「治療」が含まれる点で単なるリハビリテーションとも少し意味合いが異なる。また、「胸部理学療法」は手技が中心となる物理療法と類似の範疇にあり、呼吸理学療法とは一線を画す。

最近ではこれら全体を括る言葉として、「呼吸リハビリテーション (pulmonary rehabilitation)」が用いられることも多くなった。小児在宅人工呼吸療法の領域では、呼吸リハビリテーションのなかに「呼吸理学療法」と、排痰補助装置などの「機器を使用した療法」の 2 つを主軸とする考え方もあり²⁾、本章ではこれに従う。

一方、少し古い概念の「呼吸リハビリテーション」は、COPD などの慢性呼吸器疾患を対象に構成され、1990 年頃から多くの学会が幾つものガイドライン^{3,4)}を示してきた。いずれも①患者評価、②運動療法、③呼吸理学療法(狭義)、④患者教育を主要素に構成されてきた。しかし近年になって、その対象は急性・慢性を問わなくなった。日本の呼吸関連学会の協同ステートメント⁵⁾でも、対象は「呼吸器の病気によって生じた障害をもつもの」に変更された。

ところが、小児在宅人工呼吸に目を向けると、必ずしも「呼吸器の病気」をもつとは限らない。呼吸器以外の疾病や障害、例えば神経筋疾患によって継続的な人工呼吸管理を余儀なくされている場合も多い。その一方で、重症心身障害児では管理に難渋する急性呼吸不全を併発しやすい側面も有する⁶⁾。すなわち、在宅人工呼吸を受ける小児達には多彩な病態が存在し、各児に適応する対応が求められる。

さらに小児在宅人工呼吸療法では、呼吸理学療法のゴールとプログラムに特殊性がある。例えば、COPD の呼吸理学療法^{3,4,5)}、ICU の早期リハビリテーション⁷⁾では、患者が自立した生活や社会復帰するために多くの検証や効果的なプログラムが紹介されている。しかし、小児在宅人工呼吸療法では人工呼吸器離脱や自立が困難な状況が継続されるために、同じようなゴール設定ができない。

また、呼吸リハビリテーションの上記①～④の主要素についても、小児在宅人工呼吸療法では画一的なアプローチではプログラムを策定できない。特に「④患者教育」

は児本人には困難な場合が多く、母親や支援者に対する教育が主眼となる。そして、教える内容も、日常生活の限られた時間の中で彼らが安全に実施しやすく、かつ最も効果的なものを選択してプログラムを作成する必要がある。例えば、咳介助や気管吸引の実施をどのように指導するかは非常に大きな問題である。

さまざまな状況のなかで、小児在宅人工呼吸管理のゴールを考えると、第一に事故なく安全に、そして、できるだけ快適な日常生活、健やかな成長を継続できることであり、呼吸理学療法はそのための包括的な支援のひとつ、あるいは中心的な役割を果たさなければならないと考える。なぜならば、現状では在宅に訪問する理学療法士が医療機関との重要な架け橋となっている場合が多いからである。本来は医師をはじめとするチーム全体で支援を実践するべきであり、本書がその一助になることを願っている。

2. 呼吸の評価(本編には詳細に記載)

①人工呼吸器の動作の評価

介入中には人工呼吸器の動作の変化に注意を払う。呼吸介助手技では換気量が変化したり、手技によってはトリガーが作動したりする。このような異変は視診触診で判断できるようにしなければ、人工呼吸中の呼吸理学療法を安全に実施することは難しい。視診触診で変化を認識したうえで、人工呼吸器の換気モニターでその変化を確認するようにする。

②気道分泌物の評価

気道分泌物の排除を目的とした体位管理や体位ドレナージ、呼吸介助手技(スクイーミング)、吸引操作、機械による咳介助(Mechanical insufflation-exsufflation : MI-E)などの介入前後には触診・聴診を実施する。これらによつての気道内分泌物の所見だけでなく肺の拡張性を評価する(『Ⅱ.呼吸理学療法の評価』で後述)。

3. 呼吸理学療法の手技

実施に際しては、評価内容に即した手技、その強度、継続時間を検討しておく。これらは理学療法士が手技を実施する際に当然考えておくべきことであるが、在宅人工呼吸では家族や支援者が実施する際に参考となるように理学療法士が指導できることも重要なポイントである。

手技を行う場合、ひとつひとつの手技を個別に実施する訳ではなく、一連の行為のなかで複合的に実施することになる。図1に実際に在宅で手技を実施している状況を

示す。まず、臥床状態から手技の実施に向けての安全な姿勢保持を取りながら、評価やリラクゼーションを行う(図 1①～③)。そして、呼吸介助手技(スクイーピング)の実施では、換気や体位ドレナージが効果的に行えるように体位変換しながら、全体に効果が及ぶように実施する(図 1④～⑧)。

日常的な呼吸理学療法は、重症心身障害であっても経過が安定している場合には、定期的な体位変換、吸引または咳による排痰が基本になる。ただし、呼吸理学療法を開始する際には、患者評価を必ず行い、できるだけコンディショニングとリラクゼーションから開始する。



臥床状態から手技の実施に向けての安全な姿勢保持を取りながら、評価やリラクセーションを行う(①～③)。呼吸介助手技(スクイーミング)を実施する際には、換気や体位ドレナージが均等に行えるように体位変換しながら胸部全体に効果が及ぶように実施する(④～⑧)。

謝辞:可愛い「みゆちゃん」の写真をご提供いただきましたご両親に厚く御礼を申し上げます。写真を頂戴するにあたって手稲溪仁会病院理学療法士の佐藤義文氏(写真)にご尽力いただきました。関係者の皆様、本当にありがとうございました。今後も本委員会の活動が全国の「みゆちゃん」のために役立つように努力いたします。(本編には実写真を掲載しています)。

第 7 章 停電・災害時対策

I. 在宅医療における災害対策

1. 想定される災害とその影響

災害の発生とその影響を正確に予測することは難しいが、過去に起きた事例から検討すると、それぞれの災害において表1に示す影響を考慮する必要がある(表 1)。

表 1 想定される災害とその影響

災害	予想されるリスク
地震	住宅の倒壊、停電、通信、上下水道の途絶、交通制限、土砂崩れ、津波
台風・豪雨	上記(津波を除く)に加え、河川の決壊、高潮、浸水被害
豪雪	住宅の倒壊、停電、通信、上下水道の途絶、交通制限
噴火	上記に加え、火山灰、噴石、火砕流等の被害
テロ	停電、通信、上下水道の途絶、交通制限、火災、化学兵器等の影響

2. 在宅医療の継続について

在宅医療が継続して行われるためには、医薬品や医療機器だけでなく、建物の安全が確保されているか、避難する際の経路は確保されているか、電気が使えるか、衛生的かつ適切な温度・湿度の環境を維持できるかといった要件に加え、患者、家族ともにプライバシーに配慮された十分な休息や食事、水分補給ができる環境が必要とされる。

特に大規模災害により長期的な対応を迫られる場合には、患者だけでなくサポートにあたる家族が体調を維持できるように配慮した対策、準備を行うことが望ましい。

3. 東日本大震災での被災の実態

岩手県難病・疾病団体連絡協議会と岩手県立大学看護学部による共同調査「難病患者などの震災後の日常生活状況と社会福祉ニーズに関するアンケート調査報告書」(平成 24 年 5 月)によると、被災時に困ったこととして、「停電」が 95.3%と最も多く、次

第 7 章

いで「車のガソリン不足」が 78%、「連絡手段の途絶」が 76.4%、「入浴不可」が 62.0%、「暖房なし」が 59.1%、「断水」が 51.9%、「食糧不足」が 42.9% (複数回答有) と報告されている。

停電の期間については、3 日が 27.3%と最も多く、1 週間以内が 25.8%、2 日が 19.5%となっている。およそ半数が 3 日以上 of 停電を経験しており、2 週間を超える停電は 14.6%であった。また、3 日間という期間は、阪神大震災においても被災地域のほぼ全域に救援物資が届き、連絡網が確保され多くの住民の移動が可能になった期間でもある。このような事実から、本委員会では 3 日間を自助で対応できる準備が災害対策の 1 つの目安であると考えらる。

II. 停電対策

前項 3.にあるとおり、停電は在宅医療患者において最も大きなリスクである。特に人工呼吸器を使用する患者において、機器の停止は生命維持に危機が及ぶことになるため、災害対策の最重要事項となる。

1. 人工呼吸器

人工呼吸器はコンセントからの電源以外にもバッテリーによる動作が可能である。本体に内蔵される内蔵バッテリーと本体に外付けで装着・接続する外部バッテリーがあり、機種によっては内蔵バッテリーがないものもある。機種やバッテリー容量により動作可能な時間が異なる(約 1 時間から 10 時間前後)ため、必ず主治医や担当業者に確認する。

また、車両のシガーソケット(またはアクセサリースOCKET)から電源を供給する機能がある機種もある。この場合には実際に使うことを想定して機器の位置やコードの長さなどを確認しておく。こうしたコンセント(AC100V)、内蔵バッテリーに加えて車両のシガーソケットからの電源使用が可能な装置は 3 電源方式とされ、対応している機種を使用する際には、事前にメーカーが供給する専用のケーブルを準備しておく。

バッテリーの電源が枯渇した場合や機器の故障が発生した場合には蘇生バッグ(自己膨張式:バッグバルブマスクなど)を使用して手動で換気を継続する。在宅で人工呼吸器を使用する場合は必ず、蘇生バックを準備する(ガス流量が必要なジャクソニータイプは不可)。

蘇生バッグによる換気は人工呼吸器を再び装着するまで使用し続けなければならないために、一人で換気を継続するには大きな労力を要するほか、実際に安全な換気を維持するには一定の修練が必要とされる。したがって、蘇生バッグで換気を継続する場合には、複数の看護者が研修・訓練を受けておくことが必要である。

2. 加温加湿器(本編には詳細に記載)
3. 吸引器(本編には詳細に記載)
4. 酸素濃縮器(本編には詳細に記載)
5. 電動ベッド(本編には詳細に記載)
6. その他の機器(本編には詳細に記載)
7. 電力の供給方法と注意点

非常用の電源については、医療機器への使用が確認されている専用のバッテリーや医療機器専用無停電電源装置(医療用 UPS)を使用することが望ましいが、選択肢が少ない、高価である、容量が十分でないなどの理由で確保が難しい場合がある。一般に購入できる蓄電池や発電機では、製造メーカーが医療機器への使用を認めていない機種がほとんどであるため、使用においては患者個人の責任において行うことになる。非常用電源の準備については、主治医や臨床工学技士などに相談し、事前に安全評価を行うことが望ましい。具体的には供給される電源の品質が日常使用している家庭用の電源と同様の安定した電圧、電流と交流電源の場合は正弦波と呼ばれる高品質な交流波形が維持できるものが必要となる。

① 発電機

発電機は電力を長時間供給する有効な手段であるが、操作や維持管理には専門的な知識も必要とされ、取り扱いを間違えると重大な事故を引き起こす。家電製品と同じレベルの簡便性や安全性があるとはいえないので、準備や操作については専門の業者から取り扱いの知識、訓練を十分に受ける必要がある。また、用意した発電機が必ず動作するとは限らない。正しい知識を学び、適切なメンテナンスを行うことにより、初めて災害対策として有効性を持つ。また、発電機に詳しい外部の協力者や公的な支援を受けられるように関係を構築しておくことも必要である。

a. 発電機とその燃料

発電機には使用する燃料には、①ガソリン、②カセットボンベ、③プロパンガス(LP ガス)、④軽油(ディーゼル)などの種類がある。④については中～大型の発電機が多く、取り扱いもより専門的な知識を要するために、どちらかというところ規模の大きな施設向けの選択肢となる。よって、①～③が家庭用での主な選択肢となる。

いずれにしてもインバーターを搭載した家庭用の AC100V(単相交流 電圧 100V)出力が可能な機種であることが必要である。

運転時のチェック項目としてよく指摘されるのがエンジンオイルの量である。エンジンオイルが減ると発電機は停止するので必ず予備を準備する。発電容量としては人工呼吸器、加温加湿器、その他必要な機器の接続を考慮して決めることになる。当然、必要な容量を最低限上回るべきであるが、起動時電流などを想定して、より安全な電源として使用できる容量設定を想定し、発電機のタイプを選択する。(現実的には 500～2,000W が目安となる。)

第 7 章

- b. 発電機取り扱いの注意(本編には詳細に記載)
 - c. ガソリンタイプの発電機(本編には詳細に記載)
 - d. カセットボンベタイプの発電機(本編には詳細に記載)
 - e. プロパンガスタイプの発電機(本編には詳細に記載)
 - f. シガーソケット(本編には詳細に記載)
 - g. ハイブリッド車の走行用バッテリー(本編には詳細に記載)
- 各医療機器専用のバッテリー(本編には詳細に記載)

Ⅲ. 災害時の移動・避難について

地震災害での余震、停電が長期間続く場合や浸水、土砂崩れなどの危険がある場合には、行政や消防などの情報を確認し、自宅からの避難、移動を検討する。自宅や周囲に被害がない場合でも、停電、断水など、地域のインフラが停止、また復旧に相当の時間を要する場合には、在宅での人工呼吸療法を継続するのは困難になる。

患者の避難先としては、人工呼吸患者の受け入れが可能な病院に入院することが最善の方法といえるが、どこに避難するか担当医や避難先となる医療機関と事前に決めておき、その内容を支援者にも事前に伝えておく必要がある。実際に熊本地震では医療機器や福祉タクシーの業者など、家族以外の協力者が避難先への連絡や移動を支援してくれた事例が報告されている。

また、避難先となる医療機関が被災した場合、同一地域にある医療機関には同様の損害または患者が集中する事態が起こり得るため、第二避難先となる病院については、隣県や他地域など広域で設定しておくことが望ましい。

小児患者は移動によって体調および症状に変化を来すリスクは、成人よりも大きいことが推定される。したがって、急いで避難する必要がなく、在宅で必要な医療が継続できる場合は無理に移動せず、在宅のまま電気の復旧を待つこともできる。やむを得ず移動・搬送する場合にはより慎重な状況の判断と対応が求められるが、人工呼吸器のバッテリーが十分に残っている時点で移動・避難の決定をしなければならない。移動・搬送には準備に時間を要するため、予め訓練の実施や移動時に必要な備品を整えておく必要がある。たとえば移動手段についても、災害時に救急車が対応できない場合に備えて家族や支援者の車両で移動する準備を整えておくことが必要である。

災害時の移動は、状況によってさまざまな危険が伴うため慎重な判断が求められる。実際に患者の家族が経験した事例には、夜間や暴風、豪雨など視界が悪く、道路損壊の危険がある中での移動を迫られた、病院に行くために信号機が動作していない状況で多くの車両が走行する道路を通らなければならなかったなど、事故のリスクを伴うケースが報告されていた。そのため交通情報の取得方法や、より安全に移動するための複数の経路を確認しておく。また車両の燃料は、緊急時に走行する距離を計算し、必要な燃料が常にあるように定期的に給油するよう普段から備える必要がある。

IV. 備蓄(本編には詳細に記載)

V. 情報(本編には詳細に記載)

VI. 家族・支援者(本編には詳細に記載)

VII. 最後に

熊本阿蘇地震では小児在宅人工呼吸患児が避難しようとしても、避難予定の病院が被災・停電して行き場に困る例が相次いだ。行政や病院から公的支援も受けられないまま、感染症リスクの高い避難所を避けて車中生活を強いられることも多かった。

これを受けて、「おがた小児科・内科医院」(緒方健一院長:熊本小児在宅ケア・人工呼吸療法研究会会長)とNPO 法人 NEXTEP(島津智之理事長)が小児在宅人工呼吸患者を対象とした災害時の避難所を熊本市内に 2 か所建設する計画を発表し、2017 年から日本財団の助成を受けて進められる予定である。

災害時に小児在宅人工呼吸を継続するには安定した電気供給が不可欠であり、当該施設は電源確保と建物の耐震性を重視する。自家発電機やハイブリッドカーによる発電で、10 家族が各自で医療機器を持ち込み、最低 3 日間の生活と人工呼吸管理の安全を確保できることが可能な施設を目指す。

この施設は災害時のみならず、平時には放課後デイサービスや病児保育施設などとして運営され、避難対象児に通い慣れてもらう。さらには、災害対応に当たる医療関係者らの子どもを預かる病児保育施設も併設し、医療消耗品やアレルギー食の備蓄もできる災害時の複合拠点とする予定である。

今までにない新たな発想で立ち上がったこの取り組みは『熊本モデル』と呼ばれる。このモデルは、医療ケアを必要とする重症患児に対する本格的な災害支援事業として全国初の事例であり、緒方健一先生は全国展開を目指しておられる。

日本呼吸療法医学会ならびに本委員会もこの取り組みに協力していくこととしており、読者の皆様にもご協力ご支援を是非ともお願い申し上げます。

第 8 章 その他

本章では以下の項目について解説する

- I. 行政からの医療費控除
- II. 管理料
- III. 旅行に際して
- IV. 課題
 - 1. 成人移行
 - 2. 教育
 - 3. 福祉サービス

I. 行政からの医療費控除

小児の在宅人工呼吸療法を行うにあたって、人工呼吸器については小児慢性特定疾病が利用される。小児慢性特定疾病の医療費助成の申請については以下の通りである(図 1)。

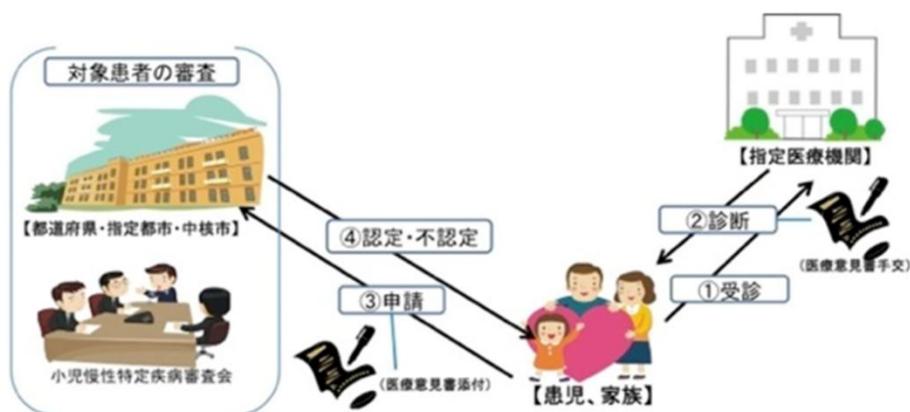


図 1 小児慢性特定疾病の手続きの流れ

- ① 指定医療機関を受診する
- ② 指定医療機関にて診断後、医師より小児慢性疾病の医療意見書の手交を受ける

- ③ 上記の②で手交された医療意見書を添付のうえ、医療費助成の申請を都道府県、指定都市、中核市に提出する
- ④ 小児慢性特定疾病審査会にて対象患者の審査が行われる
- ⑤ 都道府県、指定都市、中核市より患者・家族に認定・不認定が通知される
 - ・小児在宅人工呼吸療法に関係する、慢性呼吸器疾患を表 1 に、小児慢性呼吸器疾病の申請書類を図 2 に示す。

ここで、小児慢性特定疾病を申請する場合の注意事項を以下に挙げる。

【注意事項】

- ① 上記、慢性呼吸器疾患の全てが助成の対象となるわけではない。厚生労働省の告示により、当該事業における対象基準は、治療で人工呼吸管理(人工呼吸器、気管切開後、経鼻エアウェイなどの処置を必要とするものをいう)、酸素療法または中心静脈栄養のうち 1 つ以上を行う場合と、明確に規定されている(表 2)。
- ② あくまでも、慢性特定疾病と認定された受給者証の病名が、人工呼吸管理の関係している時のみ、人工呼吸管理に対する助成が認められる。例えば、脳炎・脳症により汎下垂体機能低下症から尿崩症、寝たきり状態となり小児在宅人工呼吸療法を必要としている場合、尿崩症は小児慢性特定疾病として認められる。しかし、尿崩症は直接、人工呼吸管理との関連はないため人工呼吸管理についての助成は認められない。
- ③ 小児慢性特定疾病では全額を公的助成で受けられる訳でなく、各世帯の収入に応じて、一定の自己負担が生じる(表 3)。
- ④ ただし、1) 高額な医療費が長期的に継続する者(医療費総額が 5 万円/ 月(例えば医療保険の 2 割負担の場合、医療費の自己負担が 1 万円/ 月)を超える月が年間 6 回以上ある場合)、2) 現行の重症患者基準に適合するもの、のいずれかに該当場合には「重症」と認定され、公的助成の額も高くなる。慢性呼吸器疾患の場合には「重症」とは、「気管切開管理又は挿管を行っているもの」と定められている(表 4)。よって、在宅酸素療法だけでなく、気管切開を行なっている場合には、重症の申請が必要になる。さらに人工呼吸器装着時には、上限額は 500 円と規定されており、家族の負担額も大幅に少なくなるので留意する(表 3、図 3)。

Ⅲ. 旅行に際して

1. 交通機関の利用

自家用車はもちろん、バス、タクシー、電車、船などの公共機関に、在宅用人工呼吸器、携帯用酸素ボンベを持ち込むことが可能である。酸素ボンベについて、事前に酸素ボンベの酸素残量と呼吸同調式デマンドバルブの場合には、電池残量を確認するように指導する。自家用車の利用に際しては、前述のように車内に携帯用酸素ボンベを置き忘れないように注意する。常用していない小児ほど注意が必要である。

2. 航空機の利用

航空機を利用する場合には、患者家族から各航空会社の相談センターに問い合わせさせていただき、各担当医が必要書類を記載する。多くの場合、診断書が必要である。

【注意点(航空機の利用)】

- ① 携帯用酸素ボンベだけであれば大きな問題はない。酸素とバッテリー残量に注意する。
- ② 人工呼吸器、バッテリーなどの医療機器を持ち込む場合には、必要書類に事前に機器名・製品名・メーカー名・型番・サイズ・バッテリーの種類などの記載が必要である。
- ③ 機内電源は使用できないため、人工呼吸器も使用する時はバッテリー内蔵型もしくは別途バッテリーが必要である。
- ④ 酸素ボンベや人工呼吸器が一人座席に収納できない場合には、別の座席を確保(料金は別途座席分必要)する必要がある。

【問い合わせ先(航空会社)】

* 全日空 ANA

ホームページ: <https://www.ana.co.jp/share/assist>

相談デスク: ANA おからだの不自由な方の相談デスク

9:00～17:00 年中無休 TEL 0120-029-377

0570-029-377(携帯電話・全国一律料金)

03-5757-7251(PHS・国際電話)

FAX 0120-029-366

03-5757-0254(国際電話)

* 日本航空 JAL

ホームページ: <http://www.jal.co.jp/jalpri/>

JAL プライオリティ・ゲストセンター

9:00~17:00 年中無休 TEL 0120-747-707

※ フリーダイヤルがご利用いただけない場合

携帯電話・海外からの国際電話など(有料) TEL: 03-5460-3783

3. 宿泊

在宅用人工呼吸器は、御家族・本人が帯行する。酸素濃縮器を宿泊先に設置する場合には、担当医がメーカー所定の用紙に必要事項を記載し、ご家族からメーカーに連絡していただく(例えば、テイジンの場合には出発 10 日前まで)。メーカーが予め、宿泊先に酸素濃縮器、酸素ポンペを届けておく。

海外の場合にはメーカーが現地法人に依頼して、酸素濃縮器、酸素ポンペの手配を行う。ただし、国・地域によっては対応できない場合があるので、予めご家族からメーカーに問い合わせしていただく。



Ⅲ. 用語集（紛らわしい用語を整理するために）

人工呼吸に関する用語は、各メーカーが思い思いに名づけた商品名や換気モードが数多く存在する。同じものでも名称が違ったり、同じ名称のものが異なる場面で異なるものに採用されていたりする。人工呼吸器が進化する一方で、これらの名称は臨床現場に多く混乱を招いてきた歴史がある。

また、在宅人工呼吸では、同じ換気動作であっても NPPV と TPPV で回路および換気モードの名称が異なるだけでなく、小児特有の用語も存在する。たとえ ICU で人工呼吸に精通している医療従事者であっても、小児在宅人工呼吸の用語・略号からその内容を正確に把握できないことが少なくない。実はこれらが小児在宅人工呼吸の受け入れが円滑に進まない要因のひとつになっていると思われる。

そこで、詳細は本文を参照して頂くこととして、分野ごとに紛らわしい用語集を作成し、簡単な解説を付けたので活用して頂きたい。

【1】換気パラメータに関する表現

1. 最も高い気道内圧を表現する言葉

- ① PIP : peak inspiratory pressure 最高気道内圧
MIP : maximal inspiratory pressure 最大吸気圧
(=Maxi P あまり使用されない)

「最も高い」の邦訳には最大と最高があり、「吸気の圧」の邦訳には、単に圧力を示す場合と動作圧である吸気圧を示している場合がある

最高気道内圧 : 単に最も高い気道内圧

最大吸気圧 : 動作(吸気)圧 (日本呼吸療法医学会用語集)。

ただし、臨床的にはしばしば PIP=MIP で使用される。

- ② IPAP : inspiratory positive airway pressure (アイパップ)
バイレベルパップで用いられる高圧相の圧を意味する。
バイレベルパップでは最大吸気圧 IPAPと同じ意味としても使用される (p24)
- ③ Pimax :PB560 で使用される最高吸気圧、PIP と同義語 (p152)
- ④ IPAP max
- ターゲットボリューム機能*を有する人工呼吸器で使用される場合は、設定可能な最大吸気圧 (p67 p135)。
 - それ以外の人工呼吸器の場合、吸気時間が長くなりすぎるのを防ぐための最大吸気時間

2. 最も低い気道内圧を表現する言葉

- ① EPAP : Expiratory Positive Airway Pressure (イーパップ)
バイレベルパップで用いられる低圧相の圧を意味する
呼気相にかかる圧を意味する。呼気に陽圧がかかる点で PEEP とほぼ同義語 (p24, p26)。
- ② PEEP : positive end-expiratory pressure (ピープ)
邦訳は呼気終末陽圧。大気の自発呼吸では上気道は呼気終末には大気圧に等しくなるが、人工的に呼気終末を陽圧にして肺胞虚脱を予防もしくは改善する。しかし、人工呼吸で付加する PEEP は吸気相から呼気終末まで全体に気道内に陽圧をかけている (p50)

以下、(本編には詳細に記載)