

□ 特集：呼吸ケアは誰が担うべきか？ □

臨床工学技士の立場から

野口 裕幸*

1. はじめに

呼吸ケアは、米国呼吸療法学会において、「呼吸ケアとは医師の指導監督の下に、心肺系の疾病を持つ患者に対して施行される生命維持や健康増進を目的とした専門的業務である。その業務には、診断的検査、治療、モニタリング、リハビリテーションなどがある。」と定義している¹⁾。

その内容は、酸素療法・吸入療法・人工呼吸管理・理学療法などがあげられる。

本邦において呼吸療法における専門職はなく、医師の指示のもと、看護師がケアと安全管理を担っていることがほとんどである。また、その中で看護師・理学療法士・臨床工学技士などが、それぞれの所有する国家資格により規定される業務範囲で、医師とともに呼吸ケアに携わっている。

そこで、臨床工学技士の立場として、「呼吸ケア」についてどのように関わるか、何ができるかについて述べる。

2. 臨床工学技士の業務範囲

臨床工学技士は、生命維持管理装置の操作や各種医

療機器の保守点検を主な業務とする。その業務内容は、次のように分類できる²⁾。

- (1) 血液浄化業務：血液透析療法・血漿交換療法など
- (2) 手術室・集中治療室：人工心肺・補助循環装置・除細動器・ペースメーカー・各種監視装置など
- (3) 呼吸療法業務：人工呼吸器などの酸素療法に関連する機器など
- (4) 高気圧酸素療法業務：高気圧酸素治療装置を用いて治療する業務
- (5) その他の治療機器、診断装置、測定機器などの保守・点検業務など

またその業務指針において、人工呼吸器・吸入療法機器に関しては、「使用開始前から、使用中、終了後における操作や、点検・保守管理、ならびに医師の確認を受けた呼吸訓練及び酸素療法に関する情報の患者への提供を業とする。」とされている。主な業務内容を表1に示す³⁾。

したがって、呼吸ケアにおける臨床工学技士の役割は、生命維持装置である人工呼吸療法、人工呼吸療法中の各モニタリング、吸入療法装置の操作、保守管理などの業務を遂行することが求められる。また、人工

表1 人工呼吸療法業務における臨床工学技士の業務範囲³⁾

保守・安全管理業務	始業点検、使用中点検、終了点検、定期点検
臨床技術提供業務	安全管理、使用中データ確認、 血液ガスチェック、設定条件操作、確認（医師の維持の下）
教育・研究、情報提供	新規導入機器検討、新機種 of 動作チェック RCT など研究補助、CPG・EBM 情報収集 操作、安全管理の指導

RCT ; randamized control trial
CPG ; Clinical practice gaidline
EBM ; evidence based medicine

* 日本医科大学付属病院 ME 部

呼吸器などの進歩に対する知識の向上および情報提供、呼吸療法に関する臨床研究などがあげられる。

3. 人工呼吸療法における臨床工学技士の業務内容

人工呼吸療法における臨床工学技士の業務内容は、人工呼吸器の安全・保守管理や臨床技術提供業務および教育とに分けられる。安全・保守管理では主に機器を点検し、いつでも使用できる状態の保持、使用中点検、トラブル発生時の対応などを行う。臨床技術提供業務は、集中治療室や一般病棟など、使用中の機器の操作、機器から得られる患者情報収集などがあげられる。また、その領域も最近では非侵襲的陽圧換気（NPPV）導入（睡眠時無呼吸症候群の導入検査を含む）、在宅人工呼吸療法にも対応しているケースが見られる。

1) 安全・保守管理

人工呼吸器を安全に使用するためには、日頃からの保守管理、および使用中点検が重要である。

厚生労働省は、平成13年に「生命維持装置である人工呼吸器に関する医療事故防止対策について」において、「人工呼吸器は耐久性のある医療機器であることから、定期的な点検、使用に際しての使用前、使用中、使用後の点検が必要である。この保守点検を適切に行うことにより、機器の異常などの発生を未然に防止し、人工呼吸器を適切かつ安全に使用できる」と示した⁴⁾。

(1) 使用前点検

患者に装着する前に、機器が正しく安全に作動すること、またアラーム機能が正常に作動することの確認が中心となる。実施はチェックリストを用いて確認し、記録する（表2）。使用前点検では、呼吸回路が正しく組み立てられているか、また呼吸回路からの漏れ（リーク）が無いことを確認する。もし呼吸回路や加温加湿器の破損や、ウォータトラップの亀裂・破損、呼吸回路組立後の接続部の破損があれば、直ちに交換する。また、呼気弁を装着する機種であれば、呼気弁の状態や装着の確認を行う。

また、機器本体や電源プラグ・電源コード、高圧ホースアセンブリなどに破損・亀裂・欠損がないこと、接続状態が正常であることの確認も必要である。

作動点検・警報装置の点検では、換気条件・警報作動条件を設定し、テスト肺を用いて設定どおりに作動す

ることや、警報設定をはずれた場合、確実に警報が作動すると同時に、安全機構が作動することを確認する。

(2) 使用中点検

使用中は、患者側・人工呼吸器回路・人工呼吸器本体・加温加湿器のすべてを確認し、トラブルを未然に防ぐ、あるいは万一発生したときにはその影響を最小限にとどめ、安全に呼吸管理が行えるように努めなければならない。人工呼吸器や加温加湿器が設定どおり作動していること、また呼吸回路、患者に異常が無いことを確認し、小さな不具合が起きたことを見分けられるよう、正常状態を把握する必要がある。

その確認は、定時的、患者状態の記録時、体位変換後や清拭などの看護・介護後、人工呼吸器の設定変更後、また検査や搬送後の再装着時、警報作動時などにおこなう。人工呼吸器をもちいて搬送したり、検査したりする時には同行し、使用中の作動確認はもちろん、パルスオキシメータやカプノメータなどのモニタにも注意し、安全に人工呼吸が行えていることを確認することが望ましい。

確認事項を表3に示す。患者側・呼吸回路部・人工呼吸器本体、加温加湿器（人工鼻）のそれぞれを確認し、チェックリストに記録することが重要である。

警報発生時は即座に患者の状態を確認し、適切に対応する。その後、なぜ発生したか原因を見つけ出し、原因の除去に努める。最新の機種では、警報内容を保存し過去の内容を確認できるものもあり、それらを原因究明に活用することもできる。ただし、人工呼吸器の警報機能だけでは、万一それ自体が作動しなかった場合に対応できないため、パルスオキシメータや、カプノメータなどのモニタを併用することが望ましい⁴⁾。

(3) 使用後点検

使用後は、本体や電源コード・コンセント、高圧ホースアセンブリなどに汚染、破損・欠損が無い、必要物品に紛失は無いを確認する。また本体冷却ファンフィルタにほこりがたまっていないか確認し、必要に応じて清掃したり、フィルタを交換したりする。また、フィルタなどの消耗品を交換し、次の使用に備える。

(4) 保守点検

人工呼吸器の安全性、信頼性を維持していくために、機器の清掃や、消耗部品の交換、調整・校正を行う。また機器性能点検は、点検専用の機器を用いて、換気量、流量、圧力、酸素濃度、漏れ電流などを測定、調整を行う。

表2 使用前点検 文献⁴⁾より改変

A)駆動源

点検項目	内 容	合 否
1.供給電源警報確認	電源プラグがコンセントに差し込まれていない状態で、電源スイッチを入れた時、供給電源低下などの警報が鳴ること。	
2.電源確保	電源プラグやコードに破損がないこと。 電源スイッチを切った状態で、電源プラグを所定の電源コンセントに差し込む。 (電源コンセントは非常電源を用いることが望ましい)	
3.供給ガス警報の確認	空気および酸素の耐圧管、プラグ・ピンなどに破損・欠損がないこと。 空気または酸素どちらか一方の耐圧管だけをガス供給源につないだ時、供給ガスの警報が鳴ること。 (例：供給ガス圧低下、空気・酸素供給圧異常など) (例：供給ガス圧低下、空気・酸素供給圧異常など)	
4.供給ガスの確保	空気と酸素耐圧管を所定のガス供給源につなぐ。 双方の供給圧が適正な時、供給ガスの警報が鳴らないこと。供給ガス圧力計がある機種では、双方の値を確認して記録する。	

B)呼吸回路・加温加湿器

点検項目	内 容	合 否
1.呼吸回路の接続確認	清潔で破損がない完全な呼吸回路セットを、取扱説明書に従って正しく接続する。	
2.加温加湿器の準備と確認	取扱説明書に従い、加温チャンバーのセットアップ、滅菌蒸留水の注入など必要な操作をする。 人工鼻を使う場合は、使用前の点検がすべて終了してから使用直前に所定の部位につなぐ。	
3.気道内圧計のゼロ指示確認	人工呼吸器を動作させていない状態で、気道内圧計がゼロを示していること（マノメータあるいはグラフィックにて確認）。	
4.テスト肺の接続	清潔で破損がないテスト肺を呼吸回路の患者接続部につなぐ。	
5.加温加湿器の動作確認	加温加湿器の電源スイッチを入れて、温度設定など必要な設定を行う。	

C) 換気動作の確認

点検項目	内 容	合 否
1.電源投入	電源スイッチを入れた時、電源ブレーカー作動やヒューズ遮断がないこと。	
2.呼吸回路の気密度の確認	呼吸回路内を一定の圧力で保つ気密チェックができる機種で行う（いわゆるリークテストを行う）。 上記機構がない場合、量規定換気で、ボース時間を2秒程度に設定し、プラトー圧が低下しないことを確認する。	
3.換気条件の設定	調節呼吸のみとなる換気モードを選び、必要な条件設定を行う。 酸素濃度、呼吸回数、吸気・呼気時間、一回(分)換気量、吸気流速、ボース時間（量規定で使う時）、設定吸気圧（圧規定で使う時）、PEEP	
4.換気動作の目視確認	3.で設定した条件で動作していることをテスト肺の動きを見て確かめる。この時、異常な動作音や異臭がないこと。	
5.酸素濃度の確認	酸素濃度計を用いて供給酸素濃度を測って記録し、許容される誤差内にあること。	
6.換気量の確認	換気量モニターやスパイロメータを用いて、一回または分時換気量を測って記録し、設定値と実測値が許容される誤差内にあること。 専用の測定装置があれば、それを用いて測定することが望ましい。	
7.気道内圧の確認	気道圧モニターや気道内圧計で最大吸気圧、PEEPを測って記録し、設定値と実測値が許容される誤差内にあること。	
8.手動換気の確認	手動換気を行うごとに呼吸回路にガスが送られ、テスト肺が膨らむこと。	

D) 警報動作の確認

点検項目	内 容	合 否
1.気道内圧警報の確認	C) 3.で設定した換気条件に従って上限および下限警報を設定する。換気条件を変えないでそれぞれの警報設定を変える時、警報が鳴ること。 (例：気道内圧上限・下限、低圧・高圧)	
2.換気量警報の確認	C) 3.で設定した換気条件に従って上限および下限警報を設定する。換気条件を変えないでそれぞれの警報設定を変える時、警報が鳴ること。 (例：一回または分時換気量上限・下限)	
3.酸素濃度警報の確認	C) 3.で設定した酸素濃度に上限・下限警報を設定する。濃度設定を変えないでそれぞれの警報設定を変える時、警報が鳴ること。 (例：酸素濃度上限・下限) 酸素濃度計の寿命に注意が必要	
4.回路はずれ時の警報確認	患者接続部を大気開放にした時、気道内圧の低下を示す警報が作動すること。 (気道内圧下限、低圧、あるいは無呼吸)	
5.消音動作の確認	気道内圧あるいは換気量に関する警報を作動させ、消音スイッチを押してから所定の時間が過ぎた時、再び警報音が鳴ること。	

表3 使用中点検項目 文献⁴⁾より改変

A) 患者側の確認

点検項目	内 容	合 否
1) 呼吸数	呼吸数に変化はないか	
2) 呼吸パターン	呼吸パターンに変化はないか	
3) 呼気二酸化炭素濃度	数値に変化はないか、波形に変化はないか	
4) 心電図	不整脈は出現していないか	
5) 血圧	血圧に変動は見られないか	
6) 尿量	尿量に変化はないか、尿量は減っていないか	
7) 中心静脈圧	中心静脈圧に変化はないか	

B) 呼吸回路・加温加湿器

点検項目	内 容	合 否
1.呼吸回路の確認	呼吸回路のチューブやコネクター類の接続がしっかりしており、ひび割れや破損がなく、リークがないこと。 呼吸回路、モニタラインなどに破損、亀裂、ねじれなどがないこと。	
2.加温加湿器の動作確認	設定温度や湿度で安定していること。滅菌蒸留水の補給を要する機種では加湿チャンバー内の水位をチェックすること。 人工鼻の場合、交換時期に備えて新しいものを用意する。	
3.呼吸回路内過剰水分の排出	設定温度や湿度で安定していること。滅菌蒸留水の補給を要する機種では加湿チャンバー内の水位をチェックすること。 人工鼻の場合、交換時期に備えて新しいものを用意する。	

C) 換気動作の確認

点検項目	内 容	合 否
1.換気条件の設定	医師から指示された設定条件が維持されていること。	
2.換気動作の目視確認	患者の胸の動きと気道内圧計の指示を見て、所定の換気動作が行われていること。また、異常な動作音や異臭がないこと。	
以下3～5は患者より呼吸回路をはずして行う場合もあるので、必ず容態を確認し、医師の許可を得ること。		
3.酸素濃度の確認	酸素濃度計を用いて供給酸素濃度を測って記録し、許容される誤差内にあること。	
4.換気量の確認	換気量モニターやスパイロメータを用いて、一回または分時換気量を測って記録し、設定値と実測値が許容される誤差内にあること。	
5.気道内圧の確認	気道圧モニターや気道内圧計で最大吸気圧、PEEP/CPAPを測って記録し、設定値と実測値が許容される誤差内にあること。	

D) 警報動作の確認

点検項目	内 容	合 否
1.警報条件の設定	医師から指示された設定条件が維持されていること。	

定期的なフィルタの清掃・交換、酸素濃度計の調整などは、使用後点検時に行う場合もあるが、1ヶ月以上もの長期間にわたり連続使用する場合は、使用中に一定期間ごとに実施する。また、院内で3ヵ月ごとなど、一定期間を設定し、使用している機器を交換し保守点

検を実施する。

また、点検はいつ実施したかを留意に確認できるように表示する⁴⁾。定期点検、部品交換はメーカー指定の期間に行う必要があり、メーカーに依頼するか、メーカー指定の保守点検講習会を受講後、院内にて実施する。

2) 臨床技術提供業務³⁾

(1) 換気条件・警報条件の設定・確認

医師の指示のもと、人工呼吸器の操作を行い換気条件や警報条件を設定する。確実に変更されたか、変更後の患者の確認と、人工呼吸器の作動確認を行う。

(2) 患者との同調性の確認

頻繁なファイティングが発生していないか、トリガーレベルは適正か、また気道閉塞を示唆するような胸郭の動きはないかなどの確認を行う。

(3) 各種モニタのチェックおよび評価

人工呼吸器のモニタ値やグラフィックモニタ、パルスオキシメータ、カプノメータ、血液ガスなどのチェックおよびその評価を行う。

各種モニタから得られる情報は、(a) グラフィックモニタより得られる情報、(b) 肺のメカニクス（コンプライアンス、気道抵抗など）に関する情報、(c) ケア、吸入などの評価、などがあげられる。また、(d) 血液ガスの結果からは肺のガス交換能の情報が得られる。また、これらの情報を組み合わせて評価を行う。その具体例を以下に示す。

(a) グラフィックモニタ

- ・ Pressure targetの強制換気時に、吸気時間は正しく設定されているか。(Flow-time 波形)
- ・ 過膨張を起こしていないか (Pressure-volume 曲線)
- ・ 呼気時間は適正か、呼気時間延長により、air trapが生じていないか。
- ・ PEEPレベルは適正か。(Pressure-volume 曲線、flow-time 波形などから得られる auto-PEEP の確認)

(b) 肺のメカニクスに関する情報

- ・ 動肺コンプライアンス： $C_{dyn} = 1 \text{ 回換気量} / (\text{プラトー圧} - \text{PEEP})$

C_{dyn} ; dynamic compliance 動肺コンプライアンス

- ・ 吸気抵抗： $R = (\text{ピーク圧} - \text{プラトー圧}) / \text{吸気流量 (flow)}$

R ; Resistance 吸気抵抗

(c) ケア、吸入などの評価

- ・ 気管内吸引前後に、一回換気量や気道内圧の変化に注目することで、その効果を判断する。
- ・ Pressure-time 波形にて、呼気波形に注目し、気管内吸引の効果を確認できる。
- ・ 気管支拡張剤を用いた治療に対する評価を行う。(Flow-volume 曲線)

(d) 血液ガスの結果より得られる肺のガス交換能の情報

- ・ P/F 比： $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$
- ・ OI(oxygen index)： $(\text{FiO}_2 \times 100) \times \text{平均気道内圧} / \text{PaO}_2$
- ・ 死腔換気率： $(\text{VD}/\text{VT}) = (\text{PaCO}_2 - \text{PETCO}_2) / \text{PaCO}_2$
VD : dead space ; 死腔換気量
VT : Tidal Volume ; 1 回換気量
- ・ 肺泡気-動脈血酸素分圧較差 ($A-a\text{DO}_2$) :
 $A-a\text{DO}_2 = \text{PAO}_2 - \text{PaO}_2 = (713 \times \text{FiO}_2 - \text{PaCO}_2 / \text{RQ}) - \text{PaO}_2$
RQ ; respiratory quotient 呼吸商 0.8(ただし、100%酸素投与下では 1.0)

(4) 自発呼吸有無の確認、ウィーニング可否の評価(プロトコールに基づいて)

自発呼吸が出現するか、自発呼吸がある場合はウィーニング可能かを評価し、可能であれば早期抜管に向けてウィーニングを進めるよう、医師に進言する。また、ウィーニングはプロトコールのもと、医師、技士により行うが、医師と逐次確認することで連携を図る。

4. 臨床工学技士が関わる他業務との違いと、問題点⁵⁾

人工呼吸療法業務以外の臨床工学技士が関わる業務のうち、透析や手術中の体外循環などの業務では、限定された使用する場所・時間で臨床技術を提供している。

一方、人工呼吸療法業務では、人工呼吸器の使用場所が集中治療室、救命救急センター、一般病棟など多岐に渡り、また、いつ使用開始するかわからないことが多い。また、人工呼吸器の使用終了についても、その時間は決まっていないことがほとんどである。また、その使用期間が1時間未満のこともあれば、長期間連続して使用する場合も少なくない。

そのような中、残念ながら多くの施設において、すべての使用部署に臨床工学技士が配置されているわけではない。さらに業務形態は各施設で様々であり、臨床工学技士が常時配置されているわけではなく、人工呼吸療法に専従しているものはきわめて少ない。そのため、臨床工学技士が配置されている施設においても上記内容の業務が全て行えるわけではない。通常、常時配置されているわけではないため、勤務時間帯のみの対応となってしまうことがほとんどである。さらに、アラームが発生しても、発生時に臨床工学技士が人工呼吸器の使用場所にいることは希で、適切なアセスメントが行えないことも多々ある。

従って、臨床工学技士の人工呼吸療法への関わりは、チーム医療の中で患者に関与することはあまり行われておらず、医師に対する情報提供、医師・看護師への安全対策指導、また人工呼吸器の始業点検、巡回による使用中点検、呼吸回路交換、および機器の定期点検など主に人工呼吸器側に重点を置いた業務内容が多いように思われる。

現時点では、できることを確実に行之、少しずつ業務を確立していくことが重要である。

5. 他職種との連携

人工呼吸器管理では、医師・看護師・理学療法士・臨床工学技士などがそれぞれの視点で患者と接し、チーム医療として機能することが望ましい。そのような中で近年、様々な職種がチームを形成し、院内呼吸療法のトータルサポートを実施している病院が増えつつある。その形態は様々であるが、活動内容は教育活動、マニュアル・点検リストの作成、院内巡回による安全確認などがあげられる。その中で臨床工学技士は、主に安全管理に関して他職種と連携を図り活動している。当院では、院内呼吸管理チームの活動として、人工呼吸器使用前・使用中チェックリストを作成し、また、使用前点検マニュアルの作成を行い、その啓発のため人工呼吸勉強会を看護部と共同で開催している。

6. 結語

本稿では、呼吸ケアの中の人工呼吸療法に関して、臨床工学技士が行える業務内容、及びその現況について述べた。

臨床工学技士として、トラブル発生時など、迅速な対処を行えるような環境、すなわち人工呼吸器使用部署への技士の配属、人工呼吸器の機能の理解を深めること、さらに国内外で出されるEBM (Evidence based medicine) や臨床診療指針 (Clinical practice guideline : CPG)などの情報を常に取り入れなければならない。また、他職種との連携を図り、安全な人工呼吸療法業務の提供を行うことが重要である。

参考文献

- 1) 古賀俊彦：序文，EBM呼吸ケアハンドブック(第1版)．古賀俊彦，東京，照林社，1998，pp1-2
- 2) 日本臨床工学技士会ホームページ 臨床工学技士の業務 <http://www.jacet.or.jp/>
- 3) 野口裕幸：人工呼吸療法と臨床工学技士のかかわり，医工学治療 18：63-67，2006
- 4) 厚生労働省：医薬発第248号「生命維持装置である人工呼吸器に関する医療事故防止対策について」，2001．
- 5) 野口裕幸：臨床工学技士からみた人工呼吸器の安全管理体制，日本呼吸管理学会誌，14：376-379，2005