

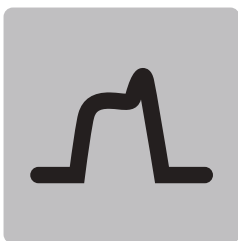
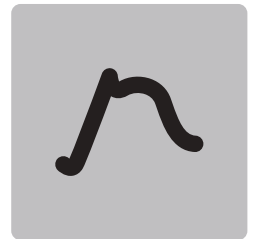
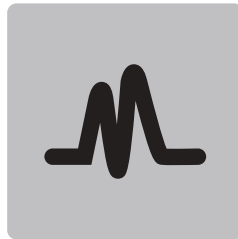
机上演習
Table Top Exercise
で学ぶ

人工呼吸器 トラブル シミュレーション

編集 日本呼吸ケア教育研究会

執筆 山田 紀昭、安田 英人

WEB
動画付



はじめに

人工呼吸器のトラブルシューティングというと、とても敷居が高い学習で、書籍を読む前から尻込みしてしまう人もいないでしょうか。でも、何とか「知りたい」「身につけたい」もしくは「アラームにビビりたくない」という思いがあり、この本を手にとられたことと思います。これまでの人工呼吸器のトラブル対応やアラーム対応を取り扱っている成書を見ると、「〇〇アラームが鳴った場合」→「〇〇が考えられます」のように、アラームに関して考えられる原因の説明が繰り返し展開されているのが一般的かもしれません。

しかし、実際の臨床では、書籍に挙げられているような事例と全く同じ状況でアラームやトラブルが発生するということはありません。つまり、「アラーム」→「対応」だけを単純に暗記しているだけでは、実際の臨床で起こる多様なトラブルに対応することができないのです。

トラブルシューティングは応用問題なのです。つまり、応用問題は基礎ができていなければ解くことはできません。

「基礎ができています」。仮にこれを「何かしらの公式を暗記している」ということにしましょう。しかし、この公式を覚えているだけでは現実で起こる応用問題は解けないのです。なぜでしょう？ それは、公式を繰り返し使うという「練習」が不足しているからです。小学生・中学生の勉強でも同じですね。トラブルシューティングを習得するのに近道はありません。そろそろ皆さんもこれからやるべきことがわかってきたのではないのでしょうか。

トラブルシューティングを身につけるために必要なことは、まず「基礎を固める」。いわゆる課題を解くための公式のようなものを覚えなくてははいけません。そして次に必要なことは、その公式が使えるように練習することです。

本書の構成は、基礎から始まって、それを臨床にどのように活用・適応させていくのかという流れになっています。まずは、第1～4章で、トラブルシューティングに必要な基礎知識を学習します。そのためには「グラフィック」と「肺メカニクス」の知

識が必要となります。なぜこの2つの知識が必要なのか、それは、第5～7章で明らかになります。それらを身につけた後は、第8～9章で、症例をもとに、グラフィックと肺メカニクスをどのように活用してトラブルに対応していけばいいのか、机上トレーニングをしながら理解を深めます。机上トレーニングを繰り返し行い「イメージ」できるようになれば、臨床現場で何かしらのトラブルに遭遇したとしても、そう驚くことはなく冷静に対処することができるでしょう。

そして、本書のもう一つの特徴は、研修の「作り方」を学ぶことができることです。第10章では、「チームでスキルアップするための研修の作り方」というテーマで、読者の皆さんの施設のチーム力を上げるための研修の「作り方」を学んでもらおうと思います。「何で？ トレーニングの作り方を学ばなければならないの？」と思われた方もいるかもしれませんが、トラブルシューティングの知識や技術は、誰か一人だけが身につけたとしても、患者さんの命を守ることはできません。チームが同じ目線で、患者さんと人工呼吸器に向き合わなければなりません。共通言語も必要ですし、トラブルに対する考え方も概ね同じ方向を向いている必要があります。そのためには、やはり効果的なトレーニングを読者の皆さんの施設に組み込む必要があります。特に、様々な職種が管理に関わる人工呼吸器だからこそ、多職種で学ぶ必要があるのです。まさにチーム医療ですね。

2021年8月

日本呼吸ケア教育研究会

安田 英人・山田 紀昭

CONTENTS

はじめに	ii
動画閲覧方法のご案内	viii
第1章 トラブルは起きるもの、さて、どうしよう？ (山田 紀昭) ...	1
1. 人工呼吸器のトラブルとは？	1
2. トラブルシューティングの考え方	4
3. ステップ①：トラブルの種類	6
4. ステップ②：トラブルの起こる部位	8
5. ステップ③：トラブルの原因	11
6. トラブルシューティングの考え方 ～まとめ～	12
第2章 トラブルシューティングのためのグラフィック（基礎編） (山田 紀昭)	36
1. はじめに ～トラブルシューティングの基礎知識としてのグラフィックと肺メカニクスの重要性～	14
2. グラフィックの基礎	15
movie 2-1, movie 2-2, movie 2-3	
第3章 トラブルシューティングのための肺メカニクス (安田 英人)	21
1. トラブルを理解するために必要な呼吸生理学	22
2. トラブルを鑑別するために必要な肺メカニクスの知識	25
第4章 トラブルシューティングのためのグラフィック（応用編） (山田 紀昭)	36
1. グラフィックをトラブルシューティングに役立てる	36
2. 非同調を見極める	37
movie 4-1, movie 4-2, movie 4-3, movie 4-4, movie 4-5, movie 4-6, movie 4-7, movie 4-8	
3. リークを見極める	45
movie 4-9	
4. グラフィックの応用 番外編① 「回路内の水滴」を見極める	47
movie 4-10	

5. グラフィックの応用 番外編② 「メカニクスの鑑別」を見極める 48

movie 4-11, movie 4-12, movie 4-13, movie 4-14, movie 4-15, movie 4-16, movie 4-17

第5章 **トラブルシューティングを实践する（総論）**（山田 紀昭）..... 51

1. トラブルシューティングに立ち向かう準備 51
2. トラブルシューティングは、謎解き！？ 53
3. トラブルシューティングの優先順位を考える 53
4. 人工呼吸器のトラブル警戒レベルの設定 56
5. 人工呼吸器トラブルシューティングの「メンタルモデル」を共有する 66
6. フローチャートを使ってトラブルを解決する 69

第6章 **トラブルシューティングを实践する（各論①）**
～頻度が高く、かつ危機的なアラーム～（山田 紀昭）..... 71

1. 気道内圧上昇 72
movie 6-1, movie 6-2, movie 6-3, movie 6-4, movie 6-5
2. 1回換気量低下 80
movie 6-6, movie 6-7, movie 6-8, movie 6-9, movie 6-10, movie 6-11

第7章 **トラブルシューティングを实践する（各論②）**
～様々なアラームに対応する～（山田 紀昭）..... 95

1. 気道内圧低下 96
movie 7-1, movie 7-2
2. 無呼吸 102
movie 7-3, movie 7-4
3. 呼吸回数上昇 107
movie 7-5, movie 7-6
4. 1回換気量上昇 113
5. 分時換気量低下 118
6. 分時換気量上昇 121

第8章	Table Top Exercise (TTEx：机上演習) の学習方法 ～インプットからアウトプットへ使える知識にするための訓練～	
	(山田 紀昭)	124
1.	Table Top Exercise その①：学習方法	124
2.	Table Top Exercise その②：学習の流れ	126
3.	Table Top Exercise その③：練習症例	127
	movie 8-1, movie 8-2, movie 8-3, movie 8-4, movie 8-5	

第9章	Table Top Exercise (TTEx：机上演習) の実践 ～臨床の場面をイメージして、とことん練習する～ (山田 紀昭)	137
症例1	.....	137
	movie 9-1, movie 9-2, movie 9-3, movie 9-4, movie 9-5	
症例2	.....	146
	movie 9-6, movie 9-7, movie 9-8	
症例3	.....	151
	movie 9-9, movie 9-10, movie 9-11, movie 9-12	
症例4	.....	157
	movie 9-13, movie 9-14, movie 9-15, movie 9-16, movie 9-17	
症例5	.....	165
	movie 9-18, movie 9-19	

第10章	チームでスキルアップするための研修の作り方 (山田 紀昭)	171
1.	なぜ、研修の作り方が重要なのか？ ～意義・必要性について～	171
2.	研修はしっかりデザインしよう！	173
3.	インストラクショナルデザインとは	173
4.	研修設計のプロセス (ADDIEモデル)	174
5.	分析フェーズ：現場で何が困っているか分析する	175
6.	設計フェーズ：研修・トレーニングの学習目標を明確化する	176
7.	評価とは何か？	181
8.	適切な教授方法の選択	184
9.	あなたの作った研修をチェックしてみよう	185
10.	最後に	189

索引	190
あとがき	194
日本呼吸ケア教育研究会 ワークショップの紹介	195
著者プロフィール	196

COLUMN

- 1 Dr 安田からのワンポイントアドバイス「レベル0 が起こったらどうしよう……」 … 68
- 2 “分時換気量関連アラーム”の話
- 3 研修設計プロセスの真髄
- 4 学習成果をイメージした、学習目標設定のコツ
- 5 学習成果を踏まえた、学習目標の設定方法とは?!
- 6 研修・トレーニング開発のID チェックリストの実践

第1章

トラブルは起きるもの、さて、どうしよう？

人工呼吸器のトラブルシューティングを学ぶためには、大きな枠組みでトラブルに対してどのように考えていくのか、理解する必要があります。この章では、ザックリと「トラブルシューティングの考え方」をつかんでいきましょう。

到達目標

- 1 この書籍で取り扱うトラブルの定義が言える。
- 2 トラブルシューティングを、3ステップで整理することができる。

キーワード

#トラブルの種類 #気道抵抗上昇 #コンプライアンス低下
#リーク #非同調 #トラブルの部位 #回路・気管チューブ
#人工呼吸器 #トラブルの原因

1. 人工呼吸器のトラブルとは？

事例1

—ある日ICUで、担当の看護師さんが一人で患者さんの体位を側臥位にしました。その時、人工呼吸器のアラームが「パッポッ」と1回鳴りました。



：「あれ？ 何のアラームだろう？」

担当看護師

—アラームを消音し、一通り回路などを確認しましたが問題はありませんでした。



：「回路は、特に問題なさそうだな」

担当看護師

—数分後、人工呼吸器のアラームが再び鳴り出し SpO₂ も 80 % 台に低下してしまいました。



：「あれ？ また、アラーム。今度はSpO₂も低下しちゃった（慌）」

担当看護師

——担当看護師は、なぜアラームが鳴っているのかわからず、慌てていたところ、別の看護師がやってきました。



：「人工呼吸器の回路が外れているじゃない！！（バシッと接続）」

ベテラン
看護師

——ベテラン看護師は、あっという間に、人工呼吸器の回路の接続が外れているのを発見し、再接続を行って、事なきを得ました。

事例2

——人工呼吸器装着の患者さんのケアは慎重に行っています。ある日、体位変換のため、看護師3人がかりで身体を頭側に動かそうとしました。



：「いち、にーのさん……」

3人の看護師

——その時、患者さんの頸部が、「ガクン」と過伸展の状態となってしまいました。そこへたまたま研修医が通りすぎり…。



：「あれー、SpO₂が下がっていますよ？」

研修医

——看護師も、顔面チアノーゼに気づき、慌ててベッドサイドモニターを見るとSpO₂は低下し、人工呼吸器の一回換気量も低下していました。遠くでモニターを見ていたベテラン医師が駆け寄ってきて、確認すると……。



：「挿管チューブが抜けかかっている、すぐに救急カートを持ってきて！！」

ベテラン医師

——すぐに、再挿管が行われました。

事例3

—呼吸器病棟でCOPD急性増悪のため、人工呼吸管理をしている患者さんがいました。



：「PaCO₂なかなか下がらないな～。よし1回換気量を上げよう！」

研修医

—しばらくすると、人工呼吸器のアラームが鳴り出しました。



：「先生（先ほどの研修医）。さっきの患者さん、徐々に気道内圧が高くなってしまって、アラームが鳴り続けています」

看護師



：「さっき、1回換気量を増やしたからかな？」

研修医

—そこへ、ベテランの医師がやってきました。



：「どうかしたのかな？」

ベテラン医師

—ベテラン医師は、怪訝そうな顔をしながら、人工呼吸器の画面を見たり、いつもは使わないボタンを押して、時折「むむむー！！」と顔をしかめています。



：「もしかしてこれは……、看護師さん、胸部のレントゲンを撮ってみよう」

ベテラン医師

—胸部のレントゲンを撮ってみると……。



：「やっぱり、気胸になっているね」

ベテラン医師

—すぐにドレナージの準備が始まりました。



：「先生、どうして気胸と疑ったのですか？」

研修医



：「それは、人工呼吸器のグラフィックや肺メカニクスから、疑ったんだよ！」

ベテラン医師

皆さんは、これらの事例を見てどのようなことを考えましたか？

ある人は「いやいや、こんなことは、ウチの病院じゃ起きません」。またある人は「ちゃんと管理できてないから、こういうことが起こるんだよ……」と思う方もいるかもしれません。しかし、ある人は「これは、どの病院でも起こる可能性があるから、気をつけなければいけないね……」「新人さんに、もう一度教えなければならないな！」と思う方もいると思います。トラブルは思いがけず遭遇するものです。「ウチの病院は大丈夫」。こう言い切れるでしょうか？

誰もがこのようなトラブルを起こしたくはありませんし、出くわしたくもないものです。

人工呼吸器のトラブルというと、事例1や事例2のような回路のトラブルや気管チューブのトラブルを思い浮かべる人も多いことでしょう。しかし、事例3では、人工呼吸器装着中の患者さんの病態が悪くなって、アラームが発生しているようです。これもある意味、トラブルと言えるのではないのでしょうか？

トラブルと聞くと、人工呼吸器の回路の破損や気管チューブのトラブル、もしくは何か患者さんの重大な急変などを思い浮かべる人もいるかもしれませんが、ここでお話しするトラブルというのは、「患者さん、もしくは人工呼吸器、回路・気管チューブが原因となって起こる何らかの変化」を「トラブル」と考え、進めていきたいと思います。

2. トラブルシューティングの考え方

ここでは、人工呼吸器トラブルシューティングの根本的な考え方を見ていきましょう。当たり前ですが、臨床現場では、「患者さん、もしくは人工呼吸器、回路・気管チューブが原因となって起こる何らかの変化（例：モニター値の変化、アラームの発生）」に遭遇してから、原因を考えていく流れが、トラブルシューティングです。

トラブルシューティングの考え方：

「〇〇という変化が起こった、原因は何だろう？」という流れ

よく「トラブルシューティングは、上級者向けのスキルで、難しい」と言われることがあります。なぜわかりにくいのでしょうか？ その理由の一つに、**起こる変化と原因が必ずしも1対1でない**ことが挙げられます（**図1-1**）。つまり、気道内圧上昇という変化の原因が、気道抵抗の上昇だったり、コンプライアンスの低下だったり、患者さんが咳をしてしまっていたり、と様々なのです。

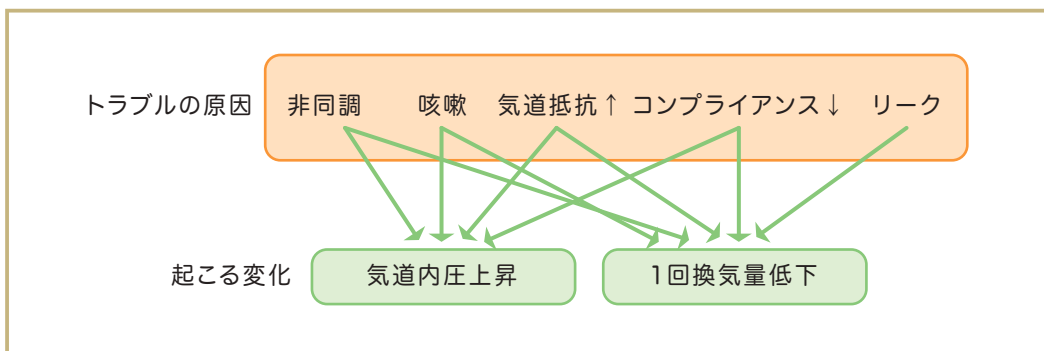


図1-1 トラブルシューティングを難しくさせている理由 その1

また、トラブルシューティングを難しく感じさせるもう一つの理由は、VCVとPCVどちらを使うかによって、一つのトラブルの原因に対して、同じ変化が起こる場合もあれば違う変化が起こる場合もあるからです（表1-1）。

表1-1 トラブルシューティングを難しくさせている理由 その2

	VCV・PCV共通	VCV	PCV
トラブルの原因	リーク	コンプライアンス↓ 気道抵抗↑ 非同調 咳嗽	コンプライアンス↓ 気道抵抗↑ リーク 非同調 咳嗽
起こる変化 (=見える現象)	1回換気量低下	気道内圧上昇	1回換気量低下

図1-1や表1-1のように、一目見ただけでは因果関係がなく、複雑に見えてしまうため、人工呼吸器のトラブルは「難しい」と言われてしまうのではないかと思います。

では、複雑でわかりにくいのであれば、「わかりやすく」整理していくしかありません。ここから、難攻不落と思われるトラブルシューティングを3つのステップで整理していきたいと思います。

どのようなトラブルがあって、どれがどこに起こるのか、そして、その原因は何なのか、頭を整理していきます。

その3つのステップとは、①「種類」②「部位」③「原因」です。



ステップ①として、人工呼吸管理で起こるトラブルにはどのような「種類」があるのか？ 様々ある人工呼吸器のトラブルをザックリと、4つの種類に整理していきたいと思います。次に、ステップ②として、「部位」です。トラブルがどの部位で発生するのか？ これが整理されているとトラブルの発見に役立ちそうですね。そして、最終的にたどり着きたいのが、トラブルの原因です。ステップ③として、トラブルの「原因」を整理していきます。

では、この3つのステップを整理しながら、トラブルシューティングの基本的な考え方を身につけていきましょう。

3. ステップ①：トラブルの種類

トラブルの種類はザックリ4つの種類に分けられます。「①気道抵抗の上昇」「②コンプライアンスの低下」「③リーク」「④非同調」です。「いやいや、この4つに分けられないトラブルだって、あるんじゃないの？」と言われる方もいるかもしれませんが、まずは思い切って、この4つの種類に分けていくことにします。

人工呼吸管理中のトラブルの種類

- ①気道抵抗上昇
- ②コンプライアンス低下
- ③リーク
- ④非同調

Table Top Exercise (TTEx：机上演習)の学習方法 ～インプットからアウトプットへ 使える知識にするための訓練～

この章では、Table Top Exercise（机上演習：TTEx）の学習方法を解説します。どのようなことでも、適切なステップや方法で学習を行わなければ、効果は上がりません。

これまで学んできた基礎知識が皆さんの臨床で「使える」ように、TTExを行うことを提案します。このTTExを、効果的に効率的に学習するためのコツを伝授しますので、しっかり読み込んで、第9章のTTExの実践につなげてください。

到達目標

- 1 適切なTable Top Exerciseの学習方法で、学習することができる。

キーワード # Table Top Exercise # 準備のできた学習者

1. Table Top Exercise その①：学習方法

ここまで読み進めてきた皆さんには、トラブルを解決するための基礎知識と実践的な方法が身につけていることでしょう。しかし、これを語学学習などに例えると、「単語は精一杯覚えてきた。文法力もある。でも、いざ“会話をする”と言う場面になったら、なかなか話すことができない……」といった状況と言えるでしょう。では、なぜこんなことが起こると思いますか？ その答えは簡単で、実践的な練習が不足しているからです。つまり、基礎知識を身につけたら、次は実践的な演習で、アウトプットを行っていく必要があるのです。

演習と聞くと、高度なシミュレーター（挿管された人形に、人工呼吸器を装着しているなど）を使って、そこにトラブルを潜ませる「シナリオベース」のシミュレーションをイメージされるかもしれませんが、もちろん、様々な準備が整っていれば、シナリオベースで行うシミュレーションは、とても効果的です。しかし、筆者は今、「様々な準備が整っていれば」

と、あえて付け加えました。では、様々な準備とはいったい何でしょうか？ シミュレーターはもちろんのこと、それを動かす場所や人工呼吸器など、大掛かりな設備が必要になってきます。さらに、シミュレーション教育を効果的に行うために、ファシリテータが必要になります。良いファシリテータができなければ、当然のことながら教育効果も得られません。そして、シミュレーション教育には、もうひとつ重要な準備が必要であると筆者は考えています。それは、

「準備のできた学習者」

です。「準備のできた学習者とは？ 勉強をしているってことじゃないの？」という声が聞こえてきそうです。もちろん、本書で取り扱ってきた基礎知識が、十分にインプットされている学習者を指しますが、実はそれだけでは、不十分であるとも考えています。

筆者はこれまで自施設で、幾度もシミュレーターを活用した大掛かりな人工呼吸器のトラブルシューティングのシミュレーション設計に挑んできました。もちろん、シミュレーションを行う前には、学習者にしっかりと知識を習得してもらうための講義や実習などを行い、ファシリテーションマニュアルも準備し、リハーサルも行っていました。

そして、「ICUの〇〇さんの人工呼吸器のアラームが鳴っています。見てきてください！！」といった感じで、シミュレーションをスタートさせました。筆者は、学習者がどのようにトラブルシューティングを始めるのか見守っていると、困惑してフリーズしてしまっている学習者を多く見かけました。学習者は、シミュレーターの前に来てはみたものの、何をどのような順番で考えていけばいいのかわからない状況に陥っていたのです。

シミュレーションのセッション自体は、盛り上がり終了となることが多いのですが、これは、本当に効果的なシミュレーションが行えたと言えるのでしょうか？ 大掛かりな準備の割りに、わずかな事例しかできず、効果的な学びができたとは思えません。ここにシミュレーション教育の重要なポイントが隠されているように思えました。

このようなシミュレーションの後、筆者は、何が不足していたのか、しっかり振り返りを行いました。そこで、学習者からのフィードバックで「知識はあるんだけど、頭の中でどのように動くべきか、イメージが追いついていなくて……。実際のベットサイドで、なかなか動けなかった」という意見が多数あることに気づきました。

「頭の中でどのように動くべきかというイメージができていない」

そう、まさに「頭の中のイメージ」＝「Table Top Exercise（机上演習）」が不足していたのです。何事にも段階的な教育が必要なのだと、痛感した瞬間でした。

その後、効果的なフルシナリオのシミュレーションを使った演習を行うためには、十分なTable Top Exercise(机上演習)を行う必要があるのではないかと考えるようになりました。「頭の中で想像できることは解決できる！！」ということですね。

このTable Top Exercise（机上演習）では、想像力を膨らませながら、「実際に、臨床現場でこのようなシチュエーションになったら、どのようなことを考えるべきか？」ということを考えていきます。まさに、「問題解決型の訓練」です。

しかし、「たかがTable Top Exercise」と侮ってはいけません。シミュレーションでできないことを実際の現場でできるわけがありません。まさに「されどTable Top Exercise」です。臨床で想定しないトラブルに直面すると、誰でも驚きがあり、解決方法も手探りになりがちです。しかし、自分自身の頭の中で想定しているトラブルであれば、そこには驚きはなく、解決方法も手中にあるということになります。いざ、Table Top Exerciseへ、皆さんのトラブル対応から驚きを消し去りましょう。

2. Table Top Exercise その②：学習の流れ

はじめに、学習の流れを説明します。正しい学習の流れで進めることはとても大切です。効果的・効率的な学習を行うために、次のガイドに沿って学習を進めてください。

1. 症例を読む
2. 動画を見る（人呼吸器設定、グラフィック）
3. 目をつぶってICUの病室などでアラームが鳴っていることを想像する
4. ワークシートに取り組む

これまで学習してきたフローチャートを参考に、トラブルシューティングを考えていきましょう。

<ポイント>

- ①アラームの種類は何か？
- ②レベルⅠ：レベルⅠで考えられることを、できる限り記載する
 - このアラームでレベルⅠの見どころは何か？
 - パッと見て発見できるトラブルだとしたら何が考えられるか？
- ③レベルⅡ：レベルⅡで考えられることを、できる限り記載する。

- このアラームでレベルIIの見どころは何か？
 - 症例の文脈から読み取れる情報はあるのか？
 - グラフィック解析やメカニクス評価を、どのような順番で行えばいいのか？
- ④ トラブルの種類と部位を絞り込んで、具体的な原因を想定し、できる限り記載する。
- ⑤ ワークシートに取り組んだら、解説シナリオへ進む。

3. Table Top Exercise その③: 練習症例

症例 零 -ZERO-

70歳男性、165 cm、75 kg。意識障害で搬送され、ERで挿管し人工呼吸管理となった。初期設定を行って装着後5分くらいしてからアラームが鳴った。何が起きているのか？



図8-1 症例零 アラーム発生中 (movie 8-1)

movie 8-1 チェック



あとがき

ここまでたどり着いたみなさん。まずは、自分で自分を褒めてあげましょう。

人工呼吸管理でも難所である、トラブルシューティングの習得に挑み、学習しきった皆様であれば、この力を臨床でブラッシュアップさせ、マスターしていけることでしょう。

近年、医療を取り巻く環境も複雑化しています。つまり、起こるトラブルも複雑化しており、単純な因果関係では説明がつかないようなトラブルも多く発生してきます。

そのような時代だからこそ、論理的に考える力が求められるのです。まさにこのトラブルシューティングのフローチャートが、その論理的な思考になります。

一方で、この複雑になった社会技術システムの中で、単純化して物事を考えすぎることの危険性も示唆されています。筆者も「フローチャートをそのまま当てはめて、ぱっぱと考えるのは危険である」と述べたように、ステレオタイプになってはいけません。

この複雑になった社会技術システムの中では、複雑性を理解することも重要であると言われています。そのためには、常に「思慮深く」あることが求められます。

人工呼吸器のトラブルシューティングにおいても同様に、アラームやトラブルに慣れることなく、「なぜ、起こったのだろう?」「なぜ、失敗したのか?」「なぜ上手くいかなかったのか」さらに「なぜ、いつも上手くいっているのだろう?」「いつも成功している理由は何だ?」など、“失敗”からだけでなく“成功している日常”についても、いつも思慮深く考察していくことが、プロが身につけるべき「学習能力」です。

読者のみなさんが、これから臨床の現場で、「自己の学習」を促進し、ご活躍いただくことを願っております。

2021年8月

日本呼吸ケア教育研究会

安田 英人・山田 紀昭