

10 危機管理——事例

危機的状况から学ぶ

Experience enhances your ability to deal with the critical events.

シミュレーション教育により、実際に現場で経験しなくても、よく起こる問題や、稀だが生命に危険を及ぼすような危機的状况への対応など多くのことを学べるだろう。パイロットが受けるシミュレータ教育の精度は高いが、それぞれの機種に合ったシミュレータ教育を受ける必要がある。麻酔の場合は、患者の要因が多く存在し、さらに手術内容も異なるので、バリエーションも多くなる。患者の年齢、性別、体格、併存疾患、臓器機能や臓器予備能など、実に多くの要因がある。さらに、術者や手術の要因、自分を助けてくれる麻酔科医やコメディカルの人数や質が異なったりもする。予定手術ではなく、緊急手術も多い。残念ながら、まだまだ現場で経験を積んでいく必要があるが、典型的な症例のシナリオに沿ってシミュレーション教育で学んでいくことは有用であろう。基本は、1例1例の症例を大切にすることと、より多くの症例を経験することである。初期には優れた指導者から指導を受けることも重要である。だからこそ、トレーニング期間は、優れた指導者の下で、バラエティ(患者要因、手術術式など)に富んだ症例を、できるだけ多く経験する必要がある。

私は日本における研修医時代からMGHでの心臓麻酔のフェローを終えるまで、ほとんどすべての症例について、術前状態、術中経過、術後経過、さらにattendingに教わったことのノートを残してきた。Attendingになっても、小さなカードに患者情報を簡単にメモするようにしていた。これらのノートは、あとで症例を振り返る際に役に立つし、何を学ばなければいけないかについての課題を与えてくれる。

危機的状況が起きたら、どれだけの時間的余裕があるかを考える

Time is money.

危機的状況が起きた場合、原因検索や対応を行いながら、2つのことを考える。1つは、devastatingな状況に至るまでの時間的余裕があるかである。自分には何分、あるいは何秒の時間的な余裕があるかを考える必要がある。例えば、経皮的動脈血酸素飽和度 (SpO₂) が90%前半に低下しても、それ以上の低下が起きなかったり、吸入酸素濃度の上昇によりSpO₂が上昇したりするのであれば、5~10分程度の時間的余裕があるだろう。しかし、SpO₂がさらに低下を続けるようであれば、1分程度の余裕しかない。急速出血にしても、10分間で500mL程度の出血であれば、何とか持ちこたえることができる。しかし、その速度での出血が継続するようであれば、あるいは5分で500mL程度の出血があり、それが継続すれば、5分程度の時間的余裕があるだけであろう。型適合血液製剤の投与まで、短く見積もっても10~15分はかかる。危機的出血ということになる。

考えるべき2つ目のことは、自分ひとりで対処できるかである。もし、少しでも疑いがあるのなら、躊躇なく応援をすぐに要請する。その間に自分でできること、手術室の看護師の助けで何とかできることを実施していかなければならない。

一番危険なのは、自分ひとりで何とかなると思い、単独で対処することである。まずは応援を要請する。もし、必要がなければ、元の持ち場に帰ってもらえばよいのである。もし、呼ばれて文句を言う人がいれば、その人が誤っているのである。過信は禁物である。

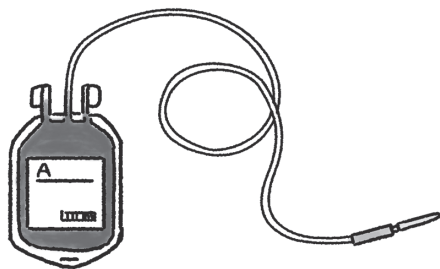
危機的出血への対応はまず準備から

Be prepared for critical bleeding.

大血管の手術や、肝臓手術など大出血が予想される手術もある。外傷などの緊急手術では大出血になる可能性がある。大出血(循環血液量程度の出血が24時間以内に起こる)だからといって、生命を脅かすような危機的出血になるわけではない。一方、出血量が1~2Lでも、それが10分程度のうちに起こり、さらに継続するよ

うであれば危機的出血になりうる。

大出血を危機的出血にしないためには、出血に対する準備が必要である。大出血が予想される手術では、十分量の赤血球液に加え、新鮮凍結血漿や血小板濃厚液を準備する。大量出血の可能性について、輸血部や、必要なら血液センターに連絡をしておく。禁



忌がなければ自己血回収装置の準備も行う。太い静脈路（16ゲージ以上）も2本は必要である。さらに、静脈路が必要な場合の場所も確認しておく。中心静脈カテーテルを入れるなら、大口径のカテーテルにしないと、長さがあるので輸血・輸液速度が落ちる。動脈カテーテルも挿入し、フロートラックシステム[®]などを用いて stroke volume indexなども測定し、循環血液量を定量的に把握できるようにしておく。輸液・輸血にあたっては、加温効率のよいレンジャー[®]やレベル1システム[®]をセットしておく。

大量出血が起こる時間帯に、どれだけの支援が得られるかについて確認しておくことも重要である。

危機的出血が起きたらコマンダーとなる覚悟をせよ

You may become the commander when critical bleeding occurs.

大量出血が起こる可能性を考えて準備をしても、それ以上の出血量となることがある。患者の併存疾患や年齢により、大量出血や低血圧に耐えないこともある。夜間の緊急手術や産科出血などで、予想外の大出血が起こる場合もある。危機的出血が起きたら、あるいは起きそうになったら、総指揮官であるコマンダーを選ぶ。一般的には最も経験がある麻酔科医がコマンダーになることが多い。麻酔科医は、自分がコマンダーとなる心構えを持ち、危機的出血に関連するガイドライン¹⁾とそれらに基づいて作成された院内ガイドライン、院内血液準備の状況などについて知っておく必要がある。コマンダーは「危機的出血の非常事態宣言」や、その終息

を宣言するという役割も持っている。

こうした場合に必要なのは、応援を頼むこと、コマンダーが応援者に指示して、的確な役割分担をすることである。静脈路の確保、輸血のオーダーや届いたり使用したりした血液製剤の確認、出血量の確認、検査の提出といった作業を分担して行う必要がある。

危機的出血時ではMTPを考慮せよ

Trend toward massive transfusion protocols (MTPs).

危機的出血時の輸血療法も、この10年くらいで大きく変わってきた。初期は、赤血球液の交差適合試験の省略や、異型適合輸血が主たる方針であり、新鮮凍結血漿は出血が治まってからという考え方であった。最近では、大量輸血プロトコール (massive transfusion protocols ; MTPs) が主流となり、赤血球液や新鮮凍結血漿、血小板濃厚液などを早期から投与し、それらの単位投与比を1:1:1とすることが推奨されている。目標とするフィブリノゲン値も100mg/dLから150mg/dLへと引き上げられた。フィブリノゲン補充のためにクリオプレシピテートやフィブリノゲン製剤は保険適用外である。クリオプレシピテートは院内製造に依存している。

MTPが周術期患者の予後を改善するという確実なエビデンスはない。まずは、赤血球液と新鮮凍結血漿を投与し、その後はフィブリノゲン値、血小板数、thromboelastogram (TEG) などによる測定値を基に血液凝固管理をしていくのがよいと考えられる。

危機的出血時の新鮮凍結血漿融解はまず2単位製剤から

Thaw 2-unit fresh frozen plasma first when active bleeding starts.

新鮮凍結血漿は凝固因子のすべてを補えるという利点があるが、融解に時間がかかったり、フィブリノゲン値を上昇させようとすると高用量投与が必要となったり、輸血関連循環過負荷 (transfusion-related cardiovascular overload ;

TACO) が起こるリスクもある。輸血関連急性肺障害 (transfusion-related acute pulmonary injury ; TRALI) は、新鮮凍結血漿を男性由来のものに変更することで、その頻度は低下してきている。

新鮮凍結血漿の融解には時間がかかるので、早めにオーダーする必要がある。融解時間を短縮するために、危機的出血発生時はまず2単位 (240 mL) 製剤を融解し、その後高単位製剤に切り替えることが推奨される。米国では、既に融解された thawed plasma (1~6℃で5日間保存可能) を用いることもできる。Thawed plasma は不安定因子である第V因子と第Ⅷ因子の活性は低下しているものの、分量の凝固因子を補うことができる²⁾。

フィブリノゲン値を参考に、もしフィブリノゲン値の上昇が不十分であれば、保険適用外であるが、クリオプレシピテートやフィブリノゲン製剤の投与を考慮する。危機的出血が予想される患者では、事前にこれらの製剤の投与についても患者のインフォームドコンセント (informed consent ; IC) を得ておくことが推奨される。

TURP 中の出血量の推定は難しい

It is difficult to estimate blood loss during TURP.

前立腺肥大症に対しては、経尿道的前立腺切除術 (transurethral resection of prostate ; TURP) がよく行われていた。しかし、TURP では、灌流液による水中毒 (低ナトリウム血症) のリスクがあるほか、出血量の推定が難しいという問題点があった。低体温、菌血症なども起こりうる。現在では、より侵襲が少ない経尿道的ホルミウムレーザー前立腺核出術 (holmium laser enucleation of the prostate ; HoLEP) などが行われることが多くなってきた。

TURP では大量の灌流液を用いるために、出血量の推定が難しい。切除する前立腺が大きいほど、また、TURP の時間が長くなるほど、開放する前立腺洞の数が多いほど出血量は多くなる。灌流液の血管内への流入のために、出血があっても血圧が上昇することもある。

経験した症例(図1)は全身麻酔でTURPを実施したが、術後に低血圧が起こり、患者も興奮状態となった。碎石位としていたが、下肢を元に戻していたために静脈還流量が減少して心拍出量が減少し、低血圧となったと考えられる。興奮状態にあったので低ナトリウム血症も疑われたが、高度の低ナトリウム血症はなかったため、低血圧によるものと考えられた。ヘマトクリット値は21%であり、麻酔後回復室で赤血球液3単位の輸血を行った。

手術が長時間になったところで、採血して血算や血液生化学検査をすべき症例であったと反省した。

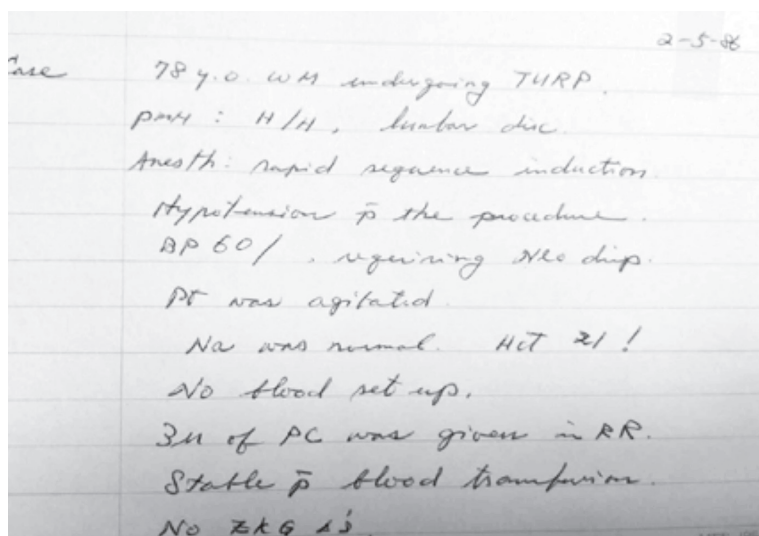


図1 全身麻酔でTURPを実施し、術後に出血による低血圧が起きた症例

輸血後に低酸素血症が起きたら TRALI、TACO、 アナフィラキシーを考えよ

My first experience of transfusion-related acute lung injury (TRALI)

MGHのレジデント時代にICUで、輸血によると考えられる高度低酸素血症を経験したことがある。患者は50代の肥満男性。アメリカンフットボールの有名なコー

チであった。整形外科手術中に出血量が多くなり、輸血を受けた。その後1時間ほどして酸素化が悪化してきた。肥満による酸素化の悪化や、術中の心筋虚血による心機能低下による肺水腫などが考えられた。気管挿管され、鎮静されてICUに運ばれてきたが、胸部X線写真上、両肺野はすりガラス状陰影を認め、酸素化も非常に悪かった。肥満もあり、心肥大があるように思えた。心電図でも虚血性変化は認められなかった。1980年代前半の頃であり、TRALIの概念はまだ確立されていなかった³⁾。この症例は翌日まで人工呼吸を継続し、特に問題なく回復した。抗白血球抗体によるものではないかと考えられた。今にして思えば、TRALIの臨床像に当てはまる。

輸血に関連する酸素化の悪化を起こすものとしては、TRALIとTACO、アナフィラキシーが考えられる。アルブミン製剤によるアナフィラキシーも経験したことがある。安易に輸血をすることへの戒めと考えている。

低酸素血症発生時には原因検索と酸素化改善を並行して行え

Always be prepared for hypoxemia.

高度の低酸素血症は、永久的脳障害や心停止の重大な原因である。高度の低酸素血症が起こる前に低酸素血症の診断をし、治療しなければならない。パルスオキシメータの普及で低酸素血症の早期発見が可能になった。しかし、十分に前酸素化されたり、高濃度酸素投与がされたりしている状況では、低換気や無換気が起きても、低酸素血症にいたるまで時間がかかることを忘れてはならない。前酸素化後に食道挿管しても、しばらくの間はSpO₂は100%のままである。『日本麻酔科学会気道管理ガイドライン2014』⁴⁾でも、マスク換気中にカプノグラムが平坦な場合には、低換気による二酸化炭素貯留、そして低酸素血症へとつながるとしている。

SpO₂が低下したら、原因検索と、酸素化改善のための行動を同時にとる必要がある。低酸素血症を起こす原因リストを作成しておく必要がある。

呼気終末二酸化炭素分圧上昇原因は肺胞換気量不足と二酸化炭素産生量の増加

High end-tidal CO₂ means ventilation is insufficient for CO₂ production.

呼気終末二酸化炭素分圧 (end-tidal CO₂; ET/CO₂) は動脈血二酸化炭素分圧を反映することから、換気の重要な指標となっている。ET/CO₂だけでなく、カプノグラムの変化から、様々な呼吸の異常を診断することができる。ET/CO₂の上昇は、二酸化炭素産生量の増加か肺胞換気量の減少、あるいはその両者である。麻酔器の一方弁の故障などによる再呼吸や、ソーダライム消耗による二酸化炭素除去の障害も原因となる。カプノグラムの基線が上昇するようであれば、ソーダライムの消耗が疑われる。低流量麻酔では再循環するガス量が多くなるので、ソーダライムの消耗速度が速い。トレンデレンブルグ体位の腹腔鏡手術では、気腹に用いる二酸化炭素の血中への吸収と、圧制御換気を行っている場合には1回換気量の減少の両方が起こる。発熱や代謝率の上昇で二酸化炭素産生量は増加する。悪性高熱症では著しい二酸化炭素産生量の増加が起こるため、悪性高熱症の初期徴候としてET/CO₂の上昇が起こる。大動脈遮断解除後や、四肢のターニケット解除後には、阻血されていた組織からの二酸化炭素放出により、一時的にET/CO₂が上昇する。炭酸水素ナトリウムを投与した場合にも、炭酸水素ナトリウムの分解により二酸化炭素が産生され、一時的にET/CO₂が上昇する。気腹の合併症として二酸化炭素による皮下気腫ができた場合には、ET/CO₂の上昇が持続する。

1回換気量や呼吸回数のチェックも必要である。死腔が増加した場合、1回換気量のうち、有効に換気に関与する換気量が減少するため、肺胞換気量は減少する。

ET/CO₂上昇を認めたら、低換気と二酸化炭素産生量増加の両面からアプローチする必要がある。