



ASPF.ORG

# ニュースレター

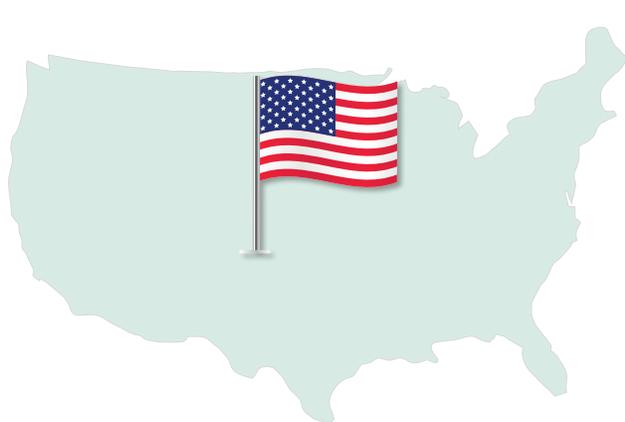
THE OFFICIAL JOURNAL OF THE ANESTHESIA PATIENT SAFETY FOUNDATION

Vol. 1 No. 4

Japanese Selective Edition

OCTOBER 2018

Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF) は、日本麻酔科学会 (JSA) と提携し、日本語版APSFニュースレターを作成し、配布することにしました。JSAの安全委員会がこの企画を担当します。共通した目標は、周術期の患者の安全教育を改善することです。APSFニュースレターの読者は、12万2千人ですが、全世界で25万人までの拡大を目指しています。私たちは麻酔患者の安全に対する国際的な意見交換を歓迎いたします。



## APSF Newsletter Japanese Edition Editorial Representatives from Japan:

*Hiroki Iida, MD, PhD  
Professor and Chair,  
Department of Anesthesiology  
and Pain Medicine  
Gifu University Graduate  
School of Medicine*

### Assistant Editors:

*Kumiko Tanabe, MD, PhD  
Department of Anesthesiology  
and Pain Medicine  
Gifu University Graduate School  
of Medicine*

*Tomohiro Sawa, MD, PhD  
Professor,  
Teikyo University Medical  
Information and System  
Research Center  
Department of Anesthesia,  
Teikyo University School of  
Medicine*

*Atsushi Yasuda, MD  
Department of Anesthesiology  
Teikyo University School of  
Medicine*

*Kiyonobu Nishikawa, MD, PhD  
Professor and Chair,  
Department of Anesthesiology  
Osaka City University Graduate  
School of Medicine*

*Yohei Fujimoto, MD, PhD  
Department of Anesthesiology  
Osaka City University Graduate  
School of Medicine*

*Kazuya Sobue, MD, PhD  
Professor and Chair,  
Department of Anesthesiology  
and Intensive Care Medicine  
Nagoya City University  
Graduate School of Medicine*

*Yoshiki Sento, MD  
Department of Anesthesiology  
and Intensive Care Medicine  
Nagoya City University  
Graduate School of Medicine*

## APSF Newsletter Japanese Edition Editorial Representatives from U.S.:

*Steven Greenberg, MD, FCCP,  
FCCM  
Editor-in-chief of the APSF  
Newsletter  
Clinical Professor in the  
Department of Anesthesiology/  
Critical Care at the University of  
Chicago, Chicago, IL.  
Vice Chairperson, Education in the  
Department of Anesthesiology at  
NorthShore University  
HealthSystem, Evanston, IL.*

*Edward Bittner, MD, PhD  
Associate Editor, APSF Newsletter  
Associate Professor, Anaesthesia,  
Harvard Medical School  
Department of Anesthesiology,  
Massachusetts General Hospital,  
Boston, MA.*

*Jennifer Banayan, MD  
Assistant Editor, APSF Newsletter  
Assistant Professor,  
Anesthesia and Critical Care  
University of Chicago  
Pritzker School of Medicine,  
Chicago, IL.*

*Meghan Lane-Fall, MD, MSHP  
Assistant Editor, APSF Newsletter  
Assistant Professor of  
Anesthesiology and Critical Care,  
Perelman School of Medicine,  
University of Pennsylvania,  
Philadelphia, PA  
Co-Director, Penn Center for  
Perioperative Outcomes Research  
and Transformation  
Assistant Director, Penn Center for  
Healthcare Improvement and  
Patient Safety, Philadelphia, PA*

# Anesthesia Patient Safety Foundation

創設後援者 (\$425,000)

American Society of Anesthesiologists (asahq.org)

American Society of  
Anesthesiologists®

Sustaining Professional Association (\$150,000)

American Association of  
Nurse Anesthetists (aana.com)



## Corporate Advisory Council メンバー (2018年8月31日現在)

<p><b>プラチナ (\$50,000)</b></p> <p>PharMEDium Services</p>	<p><b>ゴールド (\$30,000)</b></p> Becton Dickinson (bd.com)                  GE Healthcare (gehealthcare.com)                  Medtronic (medtronic.com)                  Preferred Physicians Medical Risk Retention Group (ppmrrg.com)				
<p><b>シルバー (\$10,000)</b></p> <p>Masimo Corporation (\$20,000)</p>	<p><b>ブロンズ (\$5,000)</b></p> Fresenius Kabi (fresenius-kabi.us)                  ICU Medical (icumedical.com)                  Merck (merck.com)                  ClearLine MD                  Dräger                  Fred Moya Continuing Education Programs                  Omnicell                  Smiths Medical				

**MedtronicのAPSF / Medtronic Patient Safety Research Grantへの支援と資金提供およびMerckの教育の新たな取り組みへの支援と資金提供に特に感謝の意を表します (\$150,000)。**

所属組織からのAPSFミッションの支援方法とCorporate Advisory Councilへの参加方法の詳細は、[apsf.org](http://apsf.org)にアクセスまたはSara Moserにご連絡ください： [moser@apsf.org](mailto:moser@apsf.org)

### 団体資金供与者 (個人、麻酔グループ、専門機関、州の団体を含む)

**\$15,000以上**

Anaesthesia Associates of Massachusetts  
U.S. Anesthesia Partners

**\$5,000~\$14,999**

American Academy of Anesthesiologist Assistants  
American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons  
Anesthesia Associates of Ann Arbor  
Envision Healthcorp  
Indiana Society of Anesthesiologists  
MEDNAX (American Anesthesiology)  
Minnesota Society of Anesthesiologists  
PhyMED Management LLC  
Robert K. Stoelting, MD  
Tennessee Society of Anesthesiologists  
US Anesthesia Partners of Colorado  
Mary Ellen and Mark A. Warner (Robert K. Stoelting, MDに敬意を表して)

**\$2,000~\$4,999**

Academy of Anesthesiology  
Arizona Society of Anesthesiologists  
Henkel Adhesive Technologies (GCP Applied Tech.)  
Kansas City Society of Anesthesiologists  
Madison Anesthesiology Consultants (Dr. Bill & Dr. Hoffmanを悼して)  
Massachusetts Society of Anesthesiologists  
Michigan Society of Anesthesiologists  
Michael D. Miller, MD  
Brandon M. Moskos, AA  
George and Jo Ann Schapiro  
Springfield Anesthesia Service at Baystate Medical Center  
Wisconsin Society of Anesthesiologists

**\$750~\$1,999**

American Society of PeriAnesthesia Nurses  
Douglas A. Bartlett (Diana Davidson, CRNAを悼して)  
Casey D. Blitt, MD  
Robert and Debbie Caplan (Robert K. Stoelting, MDに敬意を表して)  
Fred Cheney, MD (John Bonicaを悼して)

Codonics  
Daniel J. Cole, M.D.  
Jeffrey B. Cooper, PhD (Dr. Richard J. Kitzに敬意を表して)  
Robert A. Cordes, MD  
District of Columbia Society of Anesthesiologists  
Kenneth Elmastian, DO  
David M. Gaba, MD  
Georgia Society of Anesthesiologists  
James D. Grant, MD, MBA  
Steven B. Greenberg, MD  
Steven K. Howard, MD  
Illinois Society of Anesthesiologists  
Intersurgical Incorporated  
Iowa Society of Anesthesiologists  
Ivenix, Inc. (Steve Greenberg, MD; S. Mark Poler, MD; Tom Krejcie, MD; Lauren Berkow, MDに敬意を表して)  
Kaiser Permanente Nurse Anesthetists Association (KPNAA)  
Kentucky Society of Anesthesiologists  
James J. Lamberg, DO  
Meghan Lane-Fall, MD, MSHP  
Cynthia A. Lien, MD  
Lorri A. Lee, MD  
Massachusetts Society of Anesthesiologists  
Mark C. Norris, MD  
Ohio Academy of Anesthesiologist Assistants  
Ohio Society of Anesthesiologists  
Oklahoma Society of Anesthesiologists (Bill Kinsinger, MDを悼して)  
Oregon Society of Anesthesiologists  
James M. Pepple, MD  
Physician Specialists in Anesthesia (Atlanta, GA)  
May Pian-Smith, MD, MS (Dr. Warren Zapollに敬意を表して)  
Lynn Reede, CRNA  
The Saint Paul Foundation  
Society for Ambulatory Anesthesia  
South Carolina Society of Anesthesiologists  
Stockham-Hill Foundation  
TEAMHealth

Texas Society of Anesthesiologists  
Valley Anesthesiology Foundation  
Washington State Society of Anesthesiologists  
Matthew B. Weinger, MD

**\$200~\$749**  
Daniela Alexianu, MD  
Arkansas Society of Anesthesiologists  
Marilyn Barton (Darrell Bartonを悼して)  
Amanda R. Burden, MD  
Michael P. Caldwell, MD  
Joan M. Christie, MD  
Marlene V. Chua, MD  
Jerry Cohen, MD  
Colorado Society of Anesthesiologists  
Glenn E. DeBoer, MD  
John K. Desmarteau, MD  
Stephen B. Edelstein, MD  
Jan Ehrenwerth, MD  
Jeffrey Feldman, MD, MSE  
Sara Goldhaber-Fiebert, MD (Robert K. Stoelting, MDに敬意を表して)  
Florida Academy of Anesthesiologist Assistants  
Jeremy Geiduschek, MD  
Georgia State Association of Nurse Anesthetists  
Allen N. Gustin, MD  
Alexander Hannenber, MD (Mark A. Warner, MDに敬意を表して)  
Hawkeye Anesthesia PLLC  
Kansas State Society of Anesthesiologists  
Catherine M. Kuhn, MD  
James Lamberg, DO  
Della M. Lin, MD  
Dr. Kevin and Janice Lodge  
Jamie Maher (Bill Kinsinger, MDを悼して)  
Maine Society of Anesthesiologists  
Kurt Markgraf, MD  
Maryland Society of Anesthesiologists  
Edwin Mathews, MD  
Mississippi Society of Anesthesiologists  
Missouri Academy of Anesthesiologist Assistants  
Randall Moore, DNP, MBA, CRNA

Sara Moser  
Patty Mullen Reilly, CRNA  
David Murray, MD  
New Hampshire Society of Anesthesiologists  
New Jersey State Society of Anesthesiologists  
New Mexico Society of Anesthesiologists  
Nova Scotia Health Authority  
Parag Pandya, MD  
Paragon Service  
Lee S. Perrin, MD  
Hoe T. Poh, MD  
Neela Ramaswamy, MD  
Christopher Reinhart, CRNA  
Russell Roberson, MD  
David Rotberg, MD  
Christina Sams, CAA  
Sanford Schaps, MD  
Julie Selbst, MD  
Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology  
Dr. David Solosko and Ms. Sandra Kniesh  
Shepard B. Stone, PA (Jill Zafar, MDに敬意を表して)  
Steven L. Sween, MD (Robert K. Stoelting, MDに敬意を表して)  
James F. Szocik, MD  
Joseph W. Szokol, MD  
Texas Society of Anesthesiologists (Val Borum, MDを悼して)  
Texas Society of Anesthesiologists (Hubert Gootee, MDを悼して)  
Stephen J. Thomas, MD  
Rebecca S. Twersky, MD  
Benjamin Vacula, MD  
Ronald Valdivieso, MD  
Timothy Vanderveen  
Andrea Vannucci, MD (William D. Owens, MDに敬意を表して)  
Maria VanPelt, PhD, CRNA  
Virginia Society of Anesthesiologists  
Gina Whitney, MD  
G. Edwin Wilson, MD  
Kenneth Wingler, MD

注：ご寄付はいつでも歓迎します。オンライン寄付 ([http://www.apsf.org/donate\\_form.php](http://www.apsf.org/donate_form.php)) またはAPSF, Mayo Clinic, Charlton 1-145, 200 First Street SW, Rochester, MN 55905までお手紙ください。(2017年9月1日~2018年8月31日の資金供与者一覧)



ASPF.ORG

# ニュースレター

THE OFFICIAL JOURNAL OF THE ANESTHESIA PATIENT SAFETY FOUNDATION

Tarantur N, Deshur M. 麻酔科医の燃え尽き症候群—明白に存在する危機。APSF Newsletter 2018;33:43-44.

## 麻酔科医の燃え尽き症候群—明白に存在する危機

Natalie Tarantur, CRNA; Mark Deshur, MD, MBA著

### はじめに

麻酔専門家として、我々は危機に直面している。我々の専門性は、合併の時期、臨床の迅速な統合、我々の自治に劇的に影響を及ぼす医療従事者に対する流れに直面している。一括払い、報酬減少、電子健康記録（Electronic Health Record, EHR）システム、能力に基いたインセンティブ支払いシステム（Merit-based Incentive Payment System, MIPS）、Medicareアクセスおよびチップ再認証法（Medicare Access and CHIP Reauthorization Act, MACRA）といった略語に日々囚われている。看護師や医師の不足に直面する一方、麻酔サービスの需要は高まっている。<sup>1</sup> さらに、現地の競合相手と効率的に競争するため、病院の品質指標や患者満足度あるいは患者に対するロイヤリティ評価の国内基準を満たすかそれを上回るためのプレッシャーが内外部から重くのしかかっている。<sup>2,3</sup> 過去10年間で、ヘルスケアでも医療従事者の燃え尽き症候群が大幅に増加しており、麻酔専門家もまたこの拡大しつつある流れから逃れられないことは明らかである。この記事は燃え尽き症候群の原因を分析し、リスクを軽減する可能性がある解決法について考察する。

### 燃え尽き症候群の定義と原因

燃え尽き症候群は症状のパターンであり、医療従事者においては、身体的、感情的な極度の低下、皮肉な考え方、仕事への取り組みの低下などの症状が報告されている。<sup>2</sup> これは、個人的にも仕事においても重大な結果につながる。例えば、燃え尽き症

候群を抱える医師は、人間関係の崩壊、アルコール・薬物乱用発生率の増加、うつ病、さらには自殺のリスクが高いことが研究で示されている。<sup>3</sup>

Mayo Clinicは、労働量、ワークライフバランス、コミュニティー意識（一体感）など、燃え尽き症候群に重要な役割を果たすいくつかの側面を概説している（表1）。<sup>3</sup> Shanafeltらによると、麻酔科医は、他の医師よりも燃え尽き症候群の発生率が高い。実際、2014年には、麻酔科医の50%以上が燃え尽きを感じていると報告している。この割合は2011年から大幅に増加し、一般職業人口の2倍である。<sup>4,5</sup>

ここ数年、我々の職場では、医療従事者一人当たりの患者数、時間、労力が大幅に増加している。Medical Group Management Association (MGMA) のデータは、我々の専門分野全体にわたって見られるこの傾向の拡大を裏付けるものである。<sup>6</sup> 麻酔専門家の労働時間は長くなり、勤務場所はさらに広範囲に広がり、電子健康記録の前でより多くの時間を費やし、スケジュールはますます管理しづらくなっている。これに加え、我々麻酔科の労働力の中で最も急速に増えているセグメントであるミレニアル世代にとっては、ワークライフバランスが最優先事項であるという事実が加わる。<sup>7</sup>

燃え尽き症候群を抱える専門家は、生産性が低く、離職の可能性が高く、今後の作業労力が低減する可能性が高い。言うまでもなく、これは患者に大きな影響を与える。燃え尽き症候群を抱える医療従事者が

表1: 燃え尽き症候群で重要な役割を果たす要因<sup>3</sup>

仕事の量とノルマ
コントロールと柔軟性
ワークライフバランス
社会的サポート・職場でのコミュニティ
個人と組織の価値観の相違
生産プレッシャー
仕事のやりがい

質の低いケアを提供した結果、患者の満足度スコアが低下し、医療ミスを起こす可能性がより高くなる。<sup>8</sup> したがって、医療従事者の苦痛は、医療センターで測定する必要がある品質指標かもしれない。<sup>3</sup>

臨床現場では、燃え尽きスコアと医療ミスの間に存在する用量反応関係が示されている。<sup>8</sup> 燃え尽き症候群は、ミスがストレス、ストレスがミスにつながる双方関係で表される。<sup>9</sup> 麻酔専門家として、我々は、患者の容体の悪化または患者の死亡と無縁ではない。ある研究では、麻酔科医の84%が少なくとも一人の患者の予期せぬ死や重傷化を経験し、多くが個人的責任を感じていることを示唆している。<sup>10</sup> これらの経験は、医療従事者にとって鬱、アルコール乱用、または転職の検討の原因となる可能性がある。67%の回答者がこのような体験が自身の医療業務に当面の間影響を及ぼす可能性を感じているにもかかわらず、自分の考えを整理し、個人的な回復を開始する時間を与えられたのは、7%のみであった。<sup>10</sup>

### 燃え尽き症候群を削減する我々の取り組み

Mayo Clinic（ミネソタ州ロチェスター）で実施されたさまざまな調査では、表1に列挙されている要因が全体的な満足度および医療従事者の雇用に影響を及ぼしている可能性があり、組織レベルで対処されるべきであることが示唆されている。それぞれの次元に注意深く焦点を当てることで、業務に熱



## 燃え尽きを減らす可能性がある方法

心な専門家の文化を育みながら、燃え尽き症候群を最小限に抑えることができる。<sup>11</sup>

### 我々の機関での燃え尽き症候群軽減

我々の医療施設は急激な成長を遂げており、現在4つの病院と5つの救急センターに対応している。そのため、専門家のスケジュールリングにおいていかに生産性を高めるかを考える必要があった。我々と共に働く一般的な麻酔専門家は、通常1週間に異なる病院を3-4箇所回る必要がある。これは、特に増加する異なる場所への移動に主に責任を負う公認登録麻酔専門看護師 (Certified Registered Nurse Anesthetist, CRNA) の不満の重大な原因となった。

これに対処するために、我々はCRNAが彼らが働きたい場所をランク付けできるようにする新しいシステムを開発した。リアルタイムの意思決定支援アルゴリズムは、どのCRNAが各施設でケアを提供し、各個人の希望場所を同僚との間で調整するべきかを優先順位付けするようになった。現在のシステムでは、80%の頻度でCRNAを第1または第2の希望地に送ることができる。最も重要なのは、我々のCRNA (70件中36件が回答) のうち、最近のアンケート (1~5段階評価、5が非常に満足) では86%が仕事に割り当てられた場所に満足あるいは非常に満足していて、以前と比べて著しい改善が見られたことである。

また、燃え尽きの原因と症状についての医療従事者の教育とオープンなディスカッションの促進によって、率直な文化を育むことが重要であると考えている。我々の実務では最近、いくつかの重要な、個人的な悲劇を経験した。我々は迅速にこれらの予期しない出来事を克服するのに必要な専門知識を部門リーダーに提供するために、外部のウェルネス専門家の助言を求めた。ウェルネスイニシアチブが長期的な利益につながると結論づけるのは時期尚早だが、最近の調査では良い結果が出ている。調査した麻酔科医とCRNA (N=90) のうち、70%が将来のウェルネスイベントに参加する予定であり、42%はそのイベントは全体的な職務満足度を向上させる情報やスキルを少なくともいくつかは提供していると答えた。<sup>13</sup>

労働時間の柔軟性も、変化する労働力の人口動態にとってますます重要になっている。調査によれば、これは医療従事者の満足度は高めるが、患者の満足度、看護ケアの質や効率性に悪影響を及ぼすことはない。<sup>14</sup> 過去15年間、我々の部門ではフルタイムで働く専門家の割合が大幅に変化した。パートタイムの雇用により、我々専門家は、

仕事をする時間帯に柔軟性ができ、毎日の人材ニーズに応じて柔軟に対応できるようになった。

満足度とワークライフバランスを向上させる努力の後、ストレスと燃え尽き症候群のリスク要因を評価するためにスタッフを調査した (N=90)。<sup>13</sup> 結果は、部門の54%が仕事に満足し、36%が非常に満足していた。さらに、麻酔専門家の70%が、多くの場合、あるいは常に、適切なワークライフバランスであると報告している。<sup>13</sup> また、スタッフの職場での平均ストレスレベル、疲労感、患者への思いやり、および職場での達成感を調査した。回答者の47%は中等度のストレスを報告し、スタッフの24%は強いストレスを経験したと報告している。さらに、回答者の20%が強い疲弊感を、32%は中等度の疲弊感を感じていると報告した。調査結果によると、回答者のわずか8%のみが、患者に対する思いやりが少し低下したと報告し、52%は働き始めてから患者に対する思いやりは減少しなかったと報告した。最後に、自分がすべきであると思うよりも仕事の達成度が低いかどうかを尋ねると、38%が時々この経験があると報告し、57%がこの気持ちをまれにしか、あるいは全く経験しなかったと報告した。

### 結語

麻酔専門家の半数以上が燃え尽き症候群に苦しんでいる。<sup>4,15</sup> 適切な教育と意識を持つことで、専門家、実践者、組織にこの大きな流れを改善するために必要なツールを提供することができる。我々はこれを意識し、創造性、そしてオープンな心で常に変化する医療現場に立ち向かう必要がある。アメリカの元公衆衛生局長官のVivik Murthy医師は、「医療従事者が健康でなければ、彼らがケアする人々を癒すことは難しい」と述べている。<sup>16</sup> これまで以上に、文化、士気、医療従事者の幸福感が我々の中核価値の一部となることが不可欠である。

Natalie Taranturは現在、NorthShore University HealthSystemの認定麻酔看護師である。

Dr. Deshurは現在、NorthShore University HealthSystemの麻酔科の手術部門の副部長であり、University of Chicago Pritzker School of Medicineの麻酔科の臨床准教授である。

両著者は、この記事に関し利益相反はないことを開示しています。

### 参考文献

- Dall T, West T, Chakrabarti R, et al. The complexities of physician supply and demand: projections from 2016 to 2030 Final Report: Association of American Medical Colleges. Washington, DC: IHS Markit Ltd; 2018.
- Maslach C, Jackson S, Leiter S. Maslach. *Burnout Inventory Manual*. 3rd ed. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press; 1996.
- Shanafelt T, Noseworthy J. Executive leadership and physician well-being: nine organizational strategies to promote engagement and reduce burnout. *Mayo Clin Proc* 2017; 92:129-146.
- Shanafelt T, Boone S, Tan L, et al. Burnout and satisfaction with work-life balance among US physicians relative to the general US population. *Arch Intern Med* 2012;172:1377-1385.
- Shanafelt T, Hasan O, Dyrbye L, et al. Changes in burnout and satisfaction with work-life balance in physicians and the general US working population between 2011 and 2014. *Mayo Clin Proc* 2015;90:1600-1613.
- Medical Group Management Association. *Provider Comp Surveys* 2016, 2017, 2018. Accessed on July 1, 2018—www.mgma.com.
- Deloitte Millennial Survey, 2016. Accessed on July 1, 2018—<https://www2.deloitte.com/global/en/pages/about-deloitte/articles/millennialsurvey.html>.
- Williams E, Manwell L, Conrad T, et al. The relationship of organizational culture, stress, satisfaction, and burnout with physician-reported error and suboptimal patient care: results from the MEMO Study. *Health Care Manage Rev* 2007;32:203-212.
- Moss M, Good V, Gozai D, et al. An official critical care societies collaborative statement: burnout syndrome in critical care health-care professionals. *CHEST* 2016;150:17-26.
- Farnaz M, Gazonai P, Amato Z, et al. The impact of perioperative catastrophe on anesthesiologists: results of a national survey. *Anesth Analg* 2012;14:596-603.
- Shanafelt T, Gorringer G, Menaker R, et al. Impact of organizational leadership on physician burnout and satisfaction. *Mayo Clin Proc* 2015;90:432-440.
- Deshur M, Shear T. Unpublished data from NorthShore University HealthSystem; 2017.
- Tarantur N, Katz J. Unpublished data from NorthShore University HealthSystem. 2018.
- Fein OT, Garfield R. Impact of physicians' part-time status on inpatients' use of medical care and their satisfaction with physicians in an academic group practice. *Acad Med* 1991;66:694-698.
- Kumar S. Burnout and doctors: prevalence, prevention and intervention. *Healthcare (Basel)* 2016;4:pil:E37.
- "Surgeon General Concerned About Physician Burnout," *MedPage Today*: Web. April 10, 2016. <https://www.medpagetoday.com/publichealthpolicy/generalprofessionalissues/57280> Accessed on August 20, 2018.

### APSFはあなたの寄付を受け付けています

寄付の宛先：  
Anesthesia Patient Safety Foundation  
Charlton 1-145  
Mayo Clinic  
200 1st Street SW  
Rochester, MN 55905, U.S.A.

または、[www.apsf.org](http://www.apsf.org)にてオンライン上で寄付することもできます。

## 術後鎮痛のための 多角的鎮痛とオピオイド代替薬

Veena Graff, MD; Taras Grosh, MD著

国際疼痛学会 (International Association for the Study of Pain, IASP) は、疼痛について、実際のあるいは潜在的な組織損傷に伴う、あるいはそのような損傷の際の言葉として表現される、「不快な感覚および情動体験」と定義している。<sup>1</sup> 疼痛管理は主要な社会問題であり続けているが、米国では1日当たり約116人がオピオイドの過剰摂取により死亡している。<sup>2</sup> オピオイド乱用が医療の過程で処方されるオピオイドで始まるのが懸念されているため、オピオイド処方を減らしていくために世界中で急性疼痛・慢性疼痛の管理で多角的鎮痛を採用するようになってきている。<sup>2</sup> この記事では、多角的鎮痛法を行う根拠について説明し、術後鎮痛における多角的鎮痛法の一環として使用できるオピオイド以外の薬剤について示す。この記事に記載されている薬は、全身麻酔、局所麻酔そして神経幹麻酔において付随的に使用できることは注目に値する。

オピオイド中心のこれまでの鎮痛法から離れ、非ステロイド性消炎鎮痛薬、アセトアミノフェン、ガバペンチノイド、NMDA アンタゴニスト、アルファ-2-アゴニスト、およびナトリウムおよびカルシウムチャネル遮断薬をより重視するようになってきている。ここに挙げた薬剤を使用する多角的鎮痛法は、少なくとも2つの望ましい効果を有する。第一に、多角的鎮痛法は、オピオイドの使用および付随する副作用（例として、せん妄や呼吸抑制）、耐性および流用を減少させる可能性がある。<sup>3-5</sup> 第二に、多角的鎮痛法がより効果的な疼痛制御戦略である可能性があり、それによって肺炎、深部静脈血栓症、術後認知機能障害などの不十分な疼痛管理に関連する合併症を減少させるかもしれないことである。<sup>3-5</sup>

疼痛コントロールの不良により、術後のリハビリが妨げられ、患者の健康関連の生活の質が低下し、重大な個人的負担が生じ、国にとっては医療費増大につながる。<sup>6,7</sup> さらに、術後急性期の鎮痛が不十分であると、慢性疼痛を誘発するだけでなく、重大な術後認知機能障害につながることも示唆されている。<sup>8</sup> しかし疼痛管理においてオピオイドを抑える多角的鎮痛法は重要ではあるが、万能薬とはいえない。手技に対する不安が術後転帰の悪化や慢性疼痛の発症の原因となる場合があるため、薬理的な侵

害受容調節は行動変容と組み合わせると最も効果的である。<sup>9</sup>

以下の薬物を、周術期に使用することで、多角的鎮痛法を最適化し、周術期のオピオイド使用を減少させることができる(表1)。

**アルファ-2-アゴニスト**：今日の臨床現場で使用されている2つの一般的なアルファ-2-アゴニストは、クロニジンとデクスメトミジンである。<sup>10</sup> これらの薬剤の鎮痛の主なメカニズムは、中枢神経系と脊髄のアルファ-2-アドレナリン受容体の直接刺激である。<sup>10</sup> アルファ-2-アゴニストは、細胞レベルで環状アデノシンリン酸を阻害し、カルシウム流出およびカルシウム流入を減少させ、アドレナリン作動性ニューロンの過分極状態を引き起こす。<sup>11</sup> 過分極が生じると、催眠と鎮静のメカニズムであると推定されるノルエピネフリン放出減少が生じる。<sup>11</sup> またアルファ-2受容体の直接刺激は侵害受容ニューロンの発火を阻害し、それによって疼痛に対する反応に関与する興奮性ニューロペプチドとして重要なサブスタンスPの放出を減少させる。<sup>11</sup> デクスメトミジンは、アルファ-2受容体においてクロニジンよりもはるかに高い親和性(約8:1)を持っている。<sup>10</sup> 両者は、オピオイド使用、術後悪心/嘔吐、不安、術後のシバリング、術中のストレス反応をそれぞれ減少させると報告されている。<sup>12</sup> アルファ-2-アゴニストの最も一般的な副作用は低血圧および徐脈である。<sup>10,12</sup>

**抗けいれん薬**：ガバペンチンおよびプレガバリンは、周術期の鎮痛薬として一般的に使用される抗けいれん薬である。両薬剤は電位依存性カルシウムチャネルに結合し、興奮性神経伝達物質の放出を抑制することにより抗侵害作用を促進する。<sup>13</sup> これらの薬物は、当初は慢性の神経障害性疼痛の治療に使用されたが、急性痛の予防およびオピオイド消費を減少させる可能性がある。最近の報告で慢性術後痛(Chronic Postsurgical Pain, CPSP)を減らす可能性が示唆されているが、さらなる臨床試験での追試が必要であろう。<sup>14,15</sup> ガバペンチンの一般的な副作用には、鎮静作用の増強、四肢末梢の浮腫および体重増加が挙げられる。

**ケタミン**：ケタミンは、催眠作用、鎮痛作用、および健忘作用を有する非バルビツレート性の解離性麻酔薬である。臨床的には、神経障害性疼痛、急性疼痛症候群および慢性疼痛症候群の治療のために、麻酔で使用する用量以下で使用されている。<sup>16</sup> ケタミンによる鎮痛は、N-メチル-D-アスパラギン酸(NMDA)-依存性カルシウムチャネルの阻害を介して調節される。NMDA受容体は、ニューロンの興奮性の慢性的な変化やアロディニアおよび痛覚過敏の進行に重要である。ケタミンは、NMDA受容体活性の低下を介して抗痛覚過敏作用を引き起こす可能性がある。<sup>17</sup> ケタミンの副作用としては、交感神経活動の増加、頭蓋内圧の上昇、唾液分泌の増加、眼振および幻覚が挙げられる。したがって、冠動脈疾患、頭蓋内病変、および精神疾患の患者にケタミンを使用する場合は注意が必要である。

**局所麻酔薬**：局所麻酔薬は、皮下、静脈内に投与することができ、末梢神経ブロックおよび神経幹麻酔で利用することができるという点で、様々な手技において有用であるといえる。結腸直腸手術における静脈内リドカインの有効性が複数の研究によって評価されている。いくつかの研究で消化管運動の改善および在院日数の短縮という利点を示されたが、総合的にはまだ一貫した結果は得られていない。<sup>18-20</sup> リドカインの作用機序はナトリウムチャネルの阻害である。しかしながら、全身投与での鎮痛における作用機序は、依然として完全には明らかになっていない。<sup>19</sup> 最近のコクランレビューでは、様々な患者集団において、リドカインの全身投与による術後疼痛改善に関するエビデンスが不十分で確定的なことはいえないことが示された。しかしながら、投与量や投与方法に不均一性があった。<sup>20</sup> 将来的には、投与プロトコルを施設間で統一した研究によって結果が明らかになることが期待される。現時点で効果は明らかではないが、静脈内リドカインは、鎮痛作用、抗痛覚過敏作用および抗炎症作用を有しており、術後疼痛管理のための別の潜在的選択肢となりうる。<sup>19</sup>

## 多角的鎮痛法はオピオイドの好ましくない作用を低減する可能性がある

**アセトアミノフェンおよび非ステロイド性消炎鎮痛薬**：周術期にアセトアミノフェンと非ステロイド性抗炎症薬（nonsteroidal anti-inflammatory drugs; NSAIDs）を使用することで、周術期のオピオイドの使用と疼痛を減らすことができる。<sup>17,21</sup> アセトアミノフェンとNSAIDsは経口および静脈内投与が可能である。これらは経口よりも静脈内投与で、作用の発現がわずかに速くなることがわかっている。<sup>17</sup> NSAIDsには、胃粘膜刺激、胃出血、血

小板機能不全、心血管疾患のリスク上昇、腎機能の悪化などの副作用が数多くある。<sup>21</sup> したがって、患者に適した薬の選択には注意を要する。アセトアミノフェンの主要な副作用は潜在的な肝毒性であり、肝機能障害の既往がある患者には注意が必要である。

### 結語

上に示したオピオイドを控える多角的鎮痛薬の選択肢は、周術期の最適な疼痛管理

にとって不可欠である。それにもかかわらず、特に局所麻酔、神経幹麻酔または局所浸潤麻酔が困難な場合においては、オピオイドは急性期の術後疼痛管理において重要な役割を未だに果たしている。この記事は、臨床家が特に手術後に鎮痛薬としてオピオイドを使用することを妨げることを意図したものではなく、オピオイド関連の副作用を軽減し、周術期の鎮痛をよりよいものとし、認知機能障害の発生率を低下させ

表1：多角的鎮痛法で頻用される非オピオイド性の薬物

クラス	薬物	投与量	留意事項
アルファ-2-アドニスト	デクスメデトミジン*	IV投与における初期ローディング投与量 10分以上0.5~1µg/kg 持続注入：0.2~1.7µg/kg/h	重度の徐脈および低血圧を引き起こし得る 初期ローディング投与中に重度の高血圧を引き起こすことがある 老人患者における投与量の低減を検討する
	クロニジン**	PO†：0.2mg 1日2回 硬膜外：30~40µg/h	重度の低血圧を引き起こす可能性がある 定期的に使用した後に突然停止した場合、禁断症状につながる可能性がある 硬膜外投与は強い癌性疼痛のみに承認されている
抗けいれん薬	ガバペンチン**	PO：300~1200mg 1日3回	術前に投与すれば、術後疼痛を軽減することができる <sup>14</sup> めまい、眠気、浮腫を引き起こすことがある メーカーは中止する際に1週間以上かけることを推奨している
	プレガバリン**	PO：1日あたり150~600mg、 2~3回に分けて投与	ガバペンチン <sup>13</sup> と対比し生物学的利用率が高く90%にもなる 初期投薬量：150mgを2~3回に分けて投与
NMDAアンタゴニスト	ケタミン <sup>16,+</sup>	IVボラス投与：0.3~0.5mg/kg <sup>16</sup> 持続注入：0.1~0.2mg/kg/hから開始 <sup>16</sup>	ボラス投与量 >0.35mg/kgまたは注入速度>1mg/kg/hの場合、集中的なモニタリングが推奨される <sup>16</sup> 不快感や過度の唾液分泌を引き起こす可能性がある
局所麻酔薬	リドカイン <sup>17,+</sup>	IVボラス投与：1.5mg/kg <sup>17</sup> 持続注入：1~2mg/kg/h <sup>17</sup>	伝導ブロック、めまい、痙攣、 徐脈を起こすことがある <sup>17</sup>
アセトアミノフェン*		PO：325~650mgを4~6時間毎 IV：>50kgの場合1000mgを6時間毎IV； <50kgの場合、15mg/kgを6時間毎	4g/24時間を超えてはいけない 慢性アルコール使用患者は2g/日に減らす ワルファリンの抗凝固作用を増強する POおよびIV投与は同力価である
NSAIDs	ジクロフェナク*	PO：2~3回に分けて100~200mg/日	用量に応じた鎮痛作用 可能な範囲で最低用量で開始する 長期間の使用は、消化管・心血管系および腎機能の障害の 素因となる IVおよびPOケトローラクの場合：5日まで POケトローラクは、IV終了後に治療を継続するためにのみ使用 すべきである リチウム血中濃度を上昇させる ビスホスホネートを併用している場合胃潰瘍になりやすい
	イブプロフェン*	IV：初回400mg、その後4~6時間毎に 100~200mg PO：1日当たり1200~3200mgを 3~4分割投与	
	ケトローラク*	筋肉内投与またはIV：4~6時間毎に 15~30mg PO：4~6時間毎に10mg	
	メロキシカム*	PO：1日当たり7.5~15mg	
	セレコキシブ*	PO：1日当たり、単回投与 または2回に分けて50~200mg	

\*投与量および重要な考慮事項は、米国食品医薬品局（FDA）の「Drugs@FDA」データベース（<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cder/daf/>, Accessed 8/15/2018）から得られた製造元の処方情報より。各薬物の処方情報は、以下の日付の時点で最新です。デクスメドミジン-2015年7月；クロニジン（IV）-2010年5月；クロニジン（PO）-2011年10月；ガバペンチン-2009年4月；プレガバリン-2011年6月；ケタミン-2017年4月；リドカイン-2010年2月；アセトアミノフェン-2015年10月；ジクロフェナク-2011年2月；イブプロフェン（IV）-2015年11月；イブプロフェン（PO）-2007年1月；ケトローラク（筋肉内投与/IV）-2011年11月；ケトローラク（PO）-2013年2月；メロキシカム-2012年3月；セレコキシブ-2008年12月。

+周術期の鎮痛への使用が「適応外」であることを示しています。これは、使用が許容されるが製造元の処方情報には適応としての記載がないことを意味します。IV：経静脈；NMDA：N-メチル-D-アスパラギン酸；PO：経口投与（ラテン語：per os）

## 多角的鎮痛法

る戦略を提供するのが目的である。麻酔の専門家として、我々は患者の周術期の疼痛管理においてより積極的な役割を果たすべきである。これにより、不十分な鎮痛や偶発的なオピオイドの過剰投与による悪影響を減らせるだろう。

Dr. Veena GraffとDr. Taras Groshは、ペンシルベニア州フィラデルフィアのペンシルベニア大学病院で、急性期および慢性疼痛の管理と区域麻酔を専門とする助教授です。

両著者は、この記事に関し利益相反はないことを開示しています。

ここに提供される情報は、安全関連の教育目的のみに使用され、医学的または法的助言を構成するものではありません。個人または団体の回答はコメントのみであり、教育や討論の目的で提供されるものではなく、APSFの声明や意見でもありません。特定の医学的または法的助言を提供する、または掲載された照会に応じて特定の見解や勧告を推奨することは、APSFの意図ではありません。いかなる場合でも、APSFは、そのような情報の信頼によって引き起こされた、またはそれに関連して生じた損害または損失について、直接的または間接的に責任を負いません。

### 参考文献

1. IASP Pain Terminology. International Association for the Study of Pain Committee on Taxonomy. Washington DC, IASP, 2014. Available at: <http://www.iasp-pain.org/Taxonomy#Pain>.
2. 2016 National Survey on Drug Use and Health, Mortality in the United States, 2016 NCHS Data Brief No. 293, December 2017, CEA Report: The underestimated cost of the opioid crisis, 2017.
3. Apfelbaum J, Chen C, Mehta S, Gan T. Postoperative pain experience: results from a national survey suggest postoperative pain continues to be undermanaged. *Anesth Analg* 2003;97:534–40.
4. Clegg A, Young JB. Which medications to avoid in people at risk of delirium: a systematic review. *Age Ageing* 2011;40:23–29.
5. Swart L, van der Zanden V, Spies P, et al. The comparative risk of delirium with different opioids: a systematic review. *Drugs Aging* 2017;34:437–443.
6. Pergolizzi JV, Raffa RB, Taylor R. Treating acute pain in light of the chronification of pain. *Pain Management Nursing* 2014;15:380–90.
7. Radnovich R, Chapman CR, Gudim JA, et al. Acute pain: effective management requires comprehensive assessment. *Postgrad Med* 2014;126:59–72.
8. Fletcher D, Stamer UM, Pogatzki-Zahn E, et al. Chronic postsurgical pain in Europe: An observational study. *Eur J Anaesthesiol* 2015;32:725–34.
9. Gatchel RJ, Peng YB, Peters ML, Fuchs PN, Turk DC. The biopsychosocial approach to chronic pain: scientific advances and future directions. *Psychol Bull* 2007;133:581–624.
10. Blaudszun G, Lysakowski C, Elia N, et al. Effect of perioperative systemic alpha-2-agonists on postoperative morphine consumption and pain intensity: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Anesthesiology* 2012;116:1312–22.
11. Giovannitti JA, Thoms SM, Crawford JJ. Alpha-2 adrenergic receptor agonists: a review of current clinical applications. *Anesthesia Progress* 2015;62:31–38.
12. Ramaswamy S, Wilson JA, Colvin L. Non-opioid-based adjuvant analgesia in perioperative care. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain* 2013;13:152–157.
13. Sills GJ. The mechanisms of action of gabapentin and pregabalin. *Curr Opin Pharmacol* 2006;6:108–13.
14. Clarke H, Bonin RP, Orser BA, et al. The prevention of chronic postsurgical pain using gabapentin and pregabalin: A combined systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg* 2012;115:428–42.
15. Gilron I. Review article: The role of anticonvulsant drugs in postoperative pain management: A bench-to-bedside perspective. *Can J Anaesth* 2006;53:562–71.
16. Schwenk ES, Viscusi ER, Buvanendran A, et al. Consensus guidelines on the use of intravenous ketamine infusions for acute pain management from the American society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, the American Academy of Pain Medicine, and the American Society of Anesthesiologists. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43:456–466.
17. Chou R, Gordon DB, de Leon-Casasola OA, et al. Management of postoperative pain: A clinical practice guideline from the American Pain Society, the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, and the American Society of Anesthesiologists' Committee on Regional Anesthesia, Executive Committee, and Administrative Council. *J Pain* 2016;17:131–57.
18. Herroeder S, Pecher S, Schönherr ME, Kaulitz G, Hahnenkamp K, Friess H, et al. Systemic lidocaine shortens length of hospital stay after colorectal surgery: a double-blinded, randomized, placebo-controlled trial. *Ann Surg* 2007;246:192–200.
19. Eipe N, Gupta S, Penning J. Intravenous lidocaine for acute pain: an evidence-based clinical update. *BJA Education* 2016;16:292–298.
20. Weibel S, Jelling Y, Pace NL, et al. Continuous intravenous perioperative lidocaine infusion for postoperative pain and recovery in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018, Issue 6. Art. No.: CD009642.
21. Ong CKS, Seymour RA, Lirk P, et al. Combining paracetamol (acetaminophen) with nonsteroidal anti-inflammatory drugs: a qualitative systematic review of analgesic efficacy for acute postoperative pain. *Anesth Analg* 2010;110:1170–1179.

## APSFウェブサイトはオンライン教育ビデオを提供している

次の動画を見るには、APSFのウェブサイト ([www.apsf.org](http://www.apsf.org)) をご覧ください。



オピオイド誘発性換気障害 (Opioid-Induced Ventilatory Impairment; OIVI) : 術後 PCA患者のモニタリング戦略を変えるのは今だ (7分)



周術期視覚障害 (Perioperative Visual Loss; POV) : リスク因子と進化するリスク管理戦略 (10分)



APSF提供 虚血性視神経症による周術期の視覚喪失リスクのある患者への模擬インフォームドコンセントのシナリオ (18分)



APSF提供 手術室の火災の予防と管理 (18分)

## 高流量経鼻酸素 (HFNO) の安全な使用 ～気道確保困難と火災リスクを中心に～

Jeremy Cooper, MB, ChB, FANZCA; Benjamin Griffiths MBBCh, FRCA; Jan Ehrenwerth MD著

### はじめに

高流量経鼻酸素 (High-Flow Nasal Oxygen, HFNO) 投与は、集中治療室 (ICU) ではよく使用され、手術室 (OR) でも使用されるようになってきている比較的新しい技術である。HFNOは、気管挿管を避けようとする場合や抜管後の補助のために、急性低酸素性呼吸不全患者の管理のための機器として ICUで普及した。HFNOを、経鼻加湿急速送気換気交換装置 (Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange) の略語であるTHRIVEと呼ぶ場合もある。HFNOのより広範な応用については積極的に研究が進行中である。このレビューでは、HFNOの基礎となるメカニズム、臨床の麻酔管理で考えられる使用法、そのような各使用法のリスクと利点について検討する。本稿では、小児ではなく、成人患者のHFNOについて述べている。

### HFNOのメカニズムと構成部品

標準的な低流量の鼻カニューレとHFNOとの酸素投与には顕著な差がある。患者に低流量経鼻酸素が投与される場合、酸素流量は典型的には2～10L/minである。自発呼吸患者は、典型的には20～40L/minの吸気流速 (IFR) を有する。IFRが鼻カニューレから出る酸素の流量を超えると、室内気が混入して、FiO<sub>2</sub> (吸入酸素濃度) が希釈される。患者に2～4L/minの経鼻酸素を投与している場合、効果的に投与される (肺に達する) 酸素濃度は通常25～30%である。

一方で、HFNOは50～100L/minの酸素流量を使用する。この技術により、特別に設計された鼻カニューレを介して投与される高流量は、今や患者のIFRを超えている。したがって、室内気の混入はほとんどなく、高いFiO<sub>2</sub> (95～100%) の投与が可能である。

HFNOシステムの構成部分は、

1. 電動高圧酸素/空気供給 (必要に応じて空気をガス流に混合してFiO<sub>2</sub>を低下させるブレンダー付きが理想的)
2. 100 L/minまでの流量が計測可能な流量計
3. 吸入される酸素/空気混合物を完全に加湿できる加湿器
4. ガス供給源から鼻カニューレにガスを供給するための径の太いチューブ

### HFNOシステム



フィッシャー&バイケルヘルスケア社の許可を得て引用改変。

5. ガスチューブから患者の鼻に酸素/空気混合物を供給する径の太い特殊な鼻カニューレ。

### HFNOの有益な生理学的効果

HFNOは、標準的な鼻カニューレにはない多くの有益な効果を有する。高流量では、持続的気道陽圧 (CPAP) を付加し、死腔から二酸化炭素を洗い流し、肺胞への酸素の拡散を促す (血管内に吸収された酸素に置き替わったかたちでまた酸素濃度の高い吸入気が補填される)<sup>1-3</sup> さらに、呼吸仕事量や気道抵抗を減らすことができる。<sup>4</sup>

HFNOは、高いFiO<sub>2</sub>または酸素/空気混合物を、非常に高いガス流で、全身麻酔中、鎮静中、意識下の患者に投与することができる。HFNOは、患者の病態生理によっては、臨床の麻酔管理で利点があるかもしれないが、HFNOの使用には固有のリスクがあることを認識することは重要である。HFNOの応用について、それぞれで起こり得る利点およびリスクと合わせて以下に解説する。

HFNOの臨床応用およびその利点とリスク：

1. 全身麻酔導入前の前酸素化の改善

HFNOを用いた前酸素化は、標準的な前酸素化に代わる良い方法となりうる。標準的な前酸素化は、通常は閉鎖式麻酔呼吸回路と適切にフィットさせたフェイスマスクを介してFiO<sub>2</sub>=1.0で行われる。<sup>5,6</sup> HFNOは、30～40L/minであれば意識下の患者にも問題なく受け入れられて、フェイスマスクを使用せずに効果的な前酸素化を行い、CPAPも付加して肺内シャントを低減する。さらに、HFNOによる前酸素化は、それを継続することで、気管挿管操作の前後の期間にも酸素化を行うことができる。

2. 気管挿管操作中の患者への継続的な酸素投与と二酸化炭素除去

気管挿管操作中のHFNOの使用は、無呼吸酸素化によって、危機的な酸素飽和度低下までの時間を延長することができる。これは、気管挿管前にマスク換気を行わない迅速導入 (Rapid Sequence Intubation, RSI) 中に特に魅力的である。<sup>1</sup> 気管挿管操作中にHFNOを用いるもう一つの利点は、HFNOの二酸化炭素を洗い流す効果によって、二酸化炭素が蓄積しにくい (特に最初の20分) ことである。この効果は気道確保に時間がかかることがある気道確保困難の症例で特に有用となりうる。この応用でHFNOを使用するときの重要な点は、気管挿管している間は患者が吸入麻酔薬を投与されていないことである。従って、この期間中には静脈麻酔薬を投与するべきである。さらに、もしHFNOの使用時間が長引く (20分以上) 場合、追加の換気および二酸化炭素除去を行う方法が必要となる。<sup>1</sup> 20分はあくまで指標であり、患者ごとの病態生理によって異なってくる。

3. 意識下の経口または経鼻のファイバーやビデオ喉頭鏡での気管挿管操作中の有効な酸素投与

HFNOを使用すると、意識下で経口挿管を受けている患者は、気管挿管のために口が開いている間も、酸素が投与され、幾分CPAPを受ける。CPAPは、驚くべきことに口が開いていても付加されるのだが、口が閉じている場合ほど有効ではない。<sup>2</sup> 経鼻挿管がどうしても必要な場合は、鼻カニューレをどうにか工夫することで、局所麻酔の前処置とその後のファ

## 高流量経鼻酸素(HFNO)の適応と禁忌

イパー経鼻挿管を達成することができる。しかし、挿管する側の鼻カニューレは、気管チューブを挿入する前には外さなければならない。HFNOはまた、呼吸仕事量と気道抵抗の両方を減らす効果があるため、意識下気管挿管を受けている、気道が不完全に閉塞した患者にとっても有利である。

### 4. 抜管後の呼吸補助

抜管されたあとで、酸素化と換気を維持するために部分的な呼吸補助を必要とする患者では、HFNOが有用である可能性がある。<sup>23</sup> HFNOは、酸素投与に加えて、患者に受け入れられやすい形でCPAP（口を開いた状態で3~4cmH<sub>2</sub>O程度）を付加できる。HFNOは口を覆わないので、HFNOを使用しても患者は話すことができる。ほかの多くのCPAP/人工呼吸装置とマスクに比べて、セットアップと使用方法が簡単であることは間違いない。しかし、「標準的な低流量の経鼻酸素」だと勘違いした医療者がHFNOを安易に中止すると、急速な低酸素血症および呼吸不全を招く可能性があるということは、明らかになりリスクである。

### 5. 手術中の使用による、酸素投与、呼吸仕事量の低減、二酸化炭素除去の促進

HFNOは、鎮静下あるいは全身麻酔（静脈麻酔薬）下で、自発呼吸の患者や息こらえを必要とするような処置中の患者で、有用な場合がある。<sup>17</sup> その利点は、十分な酸素化と換気が可能でありながらも、口、喉頭、顔、首をはじめ鼻から離れたすべての部位で、自由に手術操作が可能なことである。気道が不完全閉塞しているために気管切開術を受けている患者もこれに含まれる。

### HFNOの禁忌およびリスク

HFNOの相対禁忌と考えられているものに以下がある。

1. 鼻腔の不完全閉塞。
2. 破壊された気道。例えば、喉頭骨折、粘膜裂傷、気管破裂。
3. HFNO投与部位に近接した、レーザー治療、高周波焼灼療法、電気メス使用。火災のリスクを増加させる。（これは、FiO<sub>2</sub>>0.3などその他の状況によっては絶対禁忌となる。）
4. 結核などの伝染性呼吸器感染症。
5. 鼻腔感染症。理論的には懸念事項であるが、HFNOによる肺への感染波及のエビデンスはこれまでにない。
6. 高濃度酸素の相対禁忌。（例えば、プレオマイシンによる化学療法の既往。）
7. 高二酸化炭素血症に耐えられない場合。HFNOが長期間の無呼吸状態で使用される場合には考慮する。（例えば、鎌状赤血球症、肺高血圧症、頭蓋内圧亢進症、先天性心疾患のうちいくつかの種類。）
8. 16歳未満の小児。16歳未満の小児にHFNOを使用した場合、肺エアリーク症候群（例えば、気胸）が報告されている。<sup>8</sup> これは深刻な合併症であり、小児でのHFNOの安全な使用方法を確立するためには研究と専門家の指導が必要である。

HFNOの絶対禁忌に以下がある。

1. アルコールが主成分の皮膚消毒薬との組み合わせ。火災のリスクが増す。
2. 頭蓋底骨折や髄液漏など、鼻腔から頭蓋内への何らかの交通。（診断または疑い。）
3. 胸腔ドレーンでまだ治療されていない明らかな気胸。CPAP効果が気胸を増悪させる可能性がある。<sup>9</sup>

4. 完全な鼻腔閉塞。

5. 活動性の鼻出血または最近の機能的内視鏡下副鼻腔手術（FESS）。

HFNOカニューレの上からマスクをきつく圧着させると、麻酔機のAPL弁が閉鎖されている場合に、過度の圧力がかかってしまう可能性がある。これが、HFNO装置の製造業者のひとつがこの使用方法に反対している理由である（Fisher and Paykel Healthcare Limited, Panmure, Auckland 1741, New Zealand）。

### HFNO使用でリスクを負うその他の例

筆者らは、以下の場合に対するHFNOの使用に賛成も反対もしていない。我々は、この使用法のリスクと利点の分析により、重要な考慮事項をいくつか指摘しているに過ぎない。これらは、一部の臨床医がすでに実際行っている臨床手技なので、特に重要である。

#### 1. 手術用ドレープの下でのHFNO使用

HFNOが手術用ドレープの下で使用される際の火災リスクは、禁忌の項で言及したものは別の特別なリスクである。高FiO<sub>2</sub>のHFNOによって作られた酸素が豊富な環境は、トリガー（電気メスなど）さえあれば発火するし、術野のドレープや綿球・ガーゼは燃料となりうる。<sup>10</sup> このような酸素「汚染」のリスクは模擬発火のビデオで見ることができる。<sup>11</sup> 火災発生リスクに影響を及ぼす重要な要素は、HFNOの使用期間、ドレープの接着による酸素の流れの障壁、HFNOの流量、HFNOのFiO<sub>2</sub>、手術室内の換気率である。このような状況でHFNOを使用する場合には、火災の3つの要素のうちすべて、すなわちHFNOの流量とFiO<sub>2</sub>、燃料、発火装置の使用に特に注意を要する。FiO<sub>2</sub>は、空気/酸素ブレンドで調整（空気と同じまで下げられる）できる。この方法は、HFNOの患者ケアへの利点の一部を維持しながら、火災のリスクを低減できる。

#### 2. 不完全気道閉塞の患者に対する意識下緊急気管切開術の実施

重度の不完全気道閉塞の患者には、意識下に緊急気管切開術を実施する必要があることがある。<sup>12,13</sup> この状況の覚醒下さらには鎮静下での緊急気管切開術を実施するのに、HFNOが使用されている。<sup>14</sup> 鎮静下でHFNOを使用する利点には、酸素化改善と酸素飽和度低下までの時間延長、呼吸仕事量の減少、患者がより協力的になる可能性などがあげられる。特別なリスクは、気道開通を失う可能性および低酸素血症の可能性などである。さらに、HFNOで使用するFiO<sub>2</sub>に依存して、気道発火のリスクが、従来の酸素投与方法と比較して増加する可能性がある。

### 火災の三角形



図1: 火災の発生に必要な3つの要素、すなわち酸素、燃料、発火源を示している。

## HFNO関連の火災予防のためには予防措置が講じられるべき

### 3. 待機的な気道手術

鎮静下または静脈麻酔薬による全身麻酔下で行われる気道（例えば、喉頭微細手術）の待機的な手術中に、HFNOが有用である可能性がある。<sup>1,6</sup> この状況では、HFNOは自発呼吸で使用できる。もし無呼吸の期間が必要な場合は、断続的なバグマスク換気を行うことで、二酸化炭素の貯留を遅らせることができる。この状況におけるHFNOの利点は、（無呼吸が延長した場合でも）酸素化の維持、呼吸仕事量の減少、HFNOの洗い流しによるいくらかの二酸化炭素除去などである。

待機的な気道手術でHFNOを使用するリスクは術野の酸素汚染である。手術部位と、手術用ドレープで覆われた患者の顔面の上半分との両方で火災のリスクが増加する。このリスクは、レーザーや電気手術機器を使用する場合に特に重要である（図1）。

施行者は、HFNOによる酸素化と換気の改善という利点と火災のリスクとのバランスをとる必要がある。喉頭微細手術中<sup>15</sup>に使用される最新のジェットベンチレーターは、レーザーを使用するときにはFiO<sub>2</sub>を下げるための特別な安全機能を備えている。ジェットベンチレーターでは室内の空気がよく混入するため、FiO<sub>2</sub>が低下する。しかし、得られるFiO<sub>2</sub>には変動があり、しばしば麻酔科医にもわからない。HFNOのリスクのひとつに、それがしばしば100%酸素のみで使用するように作られており、FiO<sub>2</sub>を下げる方法がないことが挙げられる。

よく使用されているHFNOシステムの1つであるF&Pオプティフロー（フィッシャー&パイケルヘルスケア社、ニュージーランド）には、こう明記されている：「火傷を避けるために...電気メス、電気焼灼器、レーザー手術器具など発火源の近くで本システムを使用してはいけない。酸素に暴露すると火災の危険性が増す。」医学的に警告されていることは明らかである。さらに、この注意書きは、HFNOの使用中に火災が発生した場合には、医療訴訟の場で持ち出される可能性が高い。しかし、この注意書きは、HFNOの臨床実践での使用も、レーザー喉頭手術中のHFNOの使用についての研究も、止めるものではない。<sup>7</sup> HFNOが関連した手術室火災の事例はすでに報告されている。<sup>16</sup>

#### HFNO使用時の火災リスクを評価するため指標：

- 偶発的なフラッシュ火災と拡散火災とを区別している著者もいるが、後者はより重篤な損傷（火傷）を引き起こす。<sup>17</sup> HFNO使用時の火災については、発生する火災の種類を判断するのに十分なほど頻

繁に報告されておらず、より多くの研究が望まれる。

- 我々は、HFNO使用の下で実施された症例での、全体の発火頻度について明確な知識を持っていない。したがって、他と比較したときの火災リスクは不明である。
- HFNOでFiO<sub>2</sub>を下げるために酸素/空気ブレンダーを使用することは、火災のリスクを減らすのに役立つ。
- HFNOは新しい技術であり、HFNOが普及するにつれて、この初期導入段階で報告された2つの火災が、今後より多くの火災が起こる前触れである可能性がある。<sup>16</sup> 医師は、火災のリスクを減らすために極限の注意を払わなければならない。
- 現在までのところ、患者への害は報告されていない。
- HFNO使用による頭頸部周辺への酸素「汚染」については、包括的に研究されていない。術中の火災リスクに焦点を当てたAPSFビデオでは、頭頸部周囲の30%以上の酸素濃度が、特に同領域の手術で、火災のリスクを増加させることを示している。<sup>18</sup>

#### 今後の検討事項

手術室でHFNOを使用する麻酔科医が増えていく可能性が高い。使用にあたっての1つの障害は、HFNO機器を手術室に持ち込み、使用するたびに組み立てなければならないことである。将来的には、HFNOを麻酔機のワークステーションに直接接続して、使いやすくすることができる。しかしながら、規制および製造上の制限のために、HFNO装置を組み込む修正が近々なされるとは考えにくい。麻酔科医は、メーカーにこれらの問題を認識させて、次世代の機械にこの機能を追加するようにメーカーに働きかけるべきである。

#### 結語

HFNOは、様々な濃度での酸素投与を可能にして、呼吸仕事量を減らして、CPAPを付加して、二酸化炭素除去を助ける、呼吸補助の新しいシステムである。それは、麻酔および周術期の臨床において多くの使い道があるものの、明らかな相対的禁忌と絶対的禁忌を有する。HFNOの使用に伴う有害事象のリスクはおそらく過小評価されている。特定の臨床状況における利点と安全性に関して多くの疑問が残っている。HFNOを使用する前に、その使用法に関する教育を受けて洞察することを強く推奨する。

Dr. Cooperは、ニュージーランドのオークランド市立病院、心胸部および耳鼻咽喉麻酔科のグリーンレーン部の麻酔科指導医である。

Dr. Griffithsは、ニュージーランドのオークランド市立病院、オークランド市立救急センター麻酔科のグリーンレーン部の麻酔科指導医である。

Dr. Ehrenwerthは、米国コネチカット州ニューヘブンのイェール大学医学大学院の名誉教授である。

Dr. CooperとDr. Griffithsの両氏はフィッシャー&パイケルヘルスケア社のHFNOの臨床研究を支援したが、この団体から資金やその他の報酬を受けていない。Dr. Ehrenwerthは、利益相反はないと開示している。

#### 参考文献

- Patel A, Nouraei SA. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia* 2015;70:323–329.
- Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers. *Aust Crit Care* 2007;20:126–131.
- Parke R, McGuinness S, Eccleston M, et al. High-flow therapy delivers low level positive airway pressure. *Br J Anaesth* 2009;103:886–890.
- Dysart K, Miller TL, Wolfson MR, et al. Research in high flow therapy: Mechanisms of action. *Resp Med* 2009;103:1400–1405.
- Simon M, Wachs C, Braune S, et al. High-flow nasal cannula versus bag-valve-mask for preoxygenation before intubation in subjects with hypoxic respiratory failure. *Respir Care* 2016;61:1160–1167.
- Nimmagadda U, Ramez Salem M, Crystal GJ. Preoxygenation: Physiological basis, benefits, and potential risks. *Anesth Analg* 2017;124:507–517.
- Booth AWG, Vidhani K, Lee PK, et al. Spontaneous Respiration using IntraVenous anaesthesia and Hi-flow nasal oxygen (STRIVE Hi) maintains oxygenation and airway patency during management of the obstructed airway: an observational study. *Br J Anaesth* 2017;118:444–451.
- Hegde S, Prohnan P. Serious air leak syndrome complicating high-flow nasal cannula therapy: a report of 3 cases. *Pediatrics* 2013;131:e939–44.
- Wiersema Ubbo F. Noninvasive respiratory support. In: Sidebotham D, McKee A, Gillham M, Levy JH, editors. *Cardiothoracic critical care*. First ed. Philadelphia: Butterworth, Heinemann, Elsevier; 2007.
- Ehrenwerth J. Electrical and fire safety. In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, Cahalan MK, Stock MC, Ortega R, Sharar SR, and Holt NF, editors. *Clinical anesthesia*. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017.
- Cooper JO. Anesthesiology thermal injury. You Tube <https://www.youtube.com/watch?v=FJA3dEyut4>. Accessed on July 1, 2018.
- Fang C, Friedman R, White PE, et al. Emergent awake tracheostomy—the five-year experience at an urban tertiary care center. *Laryngoscope* 2015;125:2476–9.
- Mason RA, Fielder CP. The obstructed airway in head and neck surgery. *Anaesthesia* 1999;54:625–628.
- Desai N, Fowler A. Use of transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange for emergent surgical tracheostomy: a case report. *AA Case Rep* 2017;9:268–270.
- Monsoon ventilator, Acutronic Medical Systems AG. Fabrik im Schifflii, 8816 Hirzel, Switzerland.
- Onwochei D, El-Boghdady K, Oakley R, et al. Intra-oral ignition of monopolar diathermy during transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE). *Anaesthesia* 2017;72:781–783.
- Jones E, Overbey D, Chapman BC, et al. Operating Room Fires and Surgical Skin Preparation. *J Am Coll Surg* 2017;225:160–165.
- OR Fire Safety Video. <https://www.apsf.org/resources/fire-safety/>. Accessed on July 1, 2018.



## 肥満とロボット手術

Allison Dalton, MD著

### はじめに

肥満は、罹病と死亡を増加させる世界的な健康問題である。<sup>1</sup> 米国では、成人の約35%が肥満である。<sup>2</sup> 肥満の割合が増加するにつれて、肥満患者の手術の割合もまた増加することが予想される。ロボット支援は骨盤内手術（泌尿器科、婦人科、遠位結腸直腸手術）で利点がいくつかある。ロボット手術は、皮下組織の厚い患者で、手首付き手術器具を使用することで精度と可動性を高めながら、外科医の身体的負担と緊張を軽減することができる。<sup>3</sup> 骨盤臓器の外科的視野を最適化するために、大部分のロボット骨盤内手術において急勾配のトレンドレング体位がとられる。頭低位30-40度と定義されている急勾配のトレンドレング体位は、血行動態の変化、肺機能の変化、気道浮腫、頭蓋内圧と眼内圧の上昇、機械的滑落および神経損傷などのリスクと関連している（表1）。<sup>4</sup> 肥満患者では、手術室におけるリスク低減のための戦略を実行することが不可欠である（表2）。

### 血行動態

ロボット支援腹腔鏡下骨盤内手術は、外科手術の視覚化を最適化するために、急勾配のトレンドレング体位に加えて気腹を必要とする。急勾配のトレンドレング体位時に腹腔内に二酸化炭素を吹送すると、腹部動脈の直接圧迫に続発すると考えられる全身血管抵抗（SVR: systemic vascular resistance）と平均動脈圧（MAP: mean arterial pressure）の上昇が起こる。通常、手術中の心拍出量（CO: cardiac output）は維持されるが、わずかな減少が観察されることもある。<sup>5,6</sup> 腹腔内吹送に伴って局所血流の変化が起こりうる。腹腔内圧上昇のために腸間膜の血流が減少しうる。中心静脈圧（CVP: central venous pressure）は、急勾配のトレンドレング体位の開始当初、気腹による胸腔内圧の上昇と腹腔内容物による横隔膜の頭側圧迫のために、上昇する可能性がある。<sup>5</sup> したがって、これらの条件下では、CVPは患者の血管内ボリュームを正確に反映しないかもしれない。腹腔内圧および胸腔内圧の上昇にもかかわらず、一定の吹送圧では、急勾配のトレンドレング体位の影響のために静脈還流が維持されるように思われる。<sup>5</sup>

表1: 肥満患者のロボット骨盤内手術のリスク

心臓血管	<ul style="list-style-type: none"> <li>CVPの上昇</li> <li>腸間膜血流の減少</li> </ul>
呼吸器	<ul style="list-style-type: none"> <li>FRCの減少</li> <li>ERVの減少</li> <li>低酸素症</li> <li>高二酸化炭素血症</li> <li>無気肺</li> <li>呼吸不全</li> </ul>
気道	<ul style="list-style-type: none"> <li>気道浮腫</li> <li>皮下気腫</li> <li>鎮痛薬、鎮静薬、残存麻酔、残存筋弛緩、閉塞性睡眠時無呼吸症候群（OSA: Obstructive Sleep Apnea）または肥満低換気症候群（OHS: Obesity Hypoventilation Syndrome）による呼吸抑制のリスクの増加</li> </ul>
神経系	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICPの上昇</li> <li>IOPの上昇</li> <li>視覚障害または喪失</li> </ul>
体位	<ul style="list-style-type: none"> <li>神経損傷</li> <li>コンパートメント症候群</li> <li>横紋筋融解</li> </ul>

CVP - central venous pressure中心静脈圧;  
ERV - expiratory reserve volume予備呼気量;  
FRC - functional residual capacity機能的残気量;  
ICP - intracranial pressure頭蓋内圧; IOP - intraocular pressure眼内圧; OSA - obstructive sleep apnea閉塞性睡眠時無呼吸症候群; OHS - obesity hypoventilation syndrome肥満低換気症候群

### 呼吸器系

肥満は肺生理の様々な変化と関連している。腹腔内圧の上昇と肺および胸壁のコンプライアンスの低下により、肥満は拘束性肺障害の進行と関連する。<sup>7</sup> さらに、肥満は機能的残気量（FRC: functional residual capacity）と予備呼気量（ERV: expiratory reserve volume）の減少を伴い、術中術後の両方で無呼吸または低換気による急速な酸素飽和度低下をもたらす。<sup>7</sup> クロージングキャパシティよりもFRCが低下すると、通常呼吸中の気道閉鎖につながる可能性がある。気道閉鎖の程度は、動脈の酸素化および低酸素血症と関連付けることができる。<sup>7</sup>

表2: ロボット骨盤内手術を受ける肥満患者のリスク低減

心臓血管	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分な血管内ボリュームを確保する</li> <li>十分なMAPを確保する</li> </ul>
呼吸器	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能な限り最少の腹腔内吹送圧を使用すること</li> </ul>
気道	<ul style="list-style-type: none"> <li>急勾配のトレンドレング体位になったら、ETT（気管チューブ）の位置が適切か再確認する</li> <li>慎重に輸液投与をして浮腫のリスクを低減する</li> <li>抜管の前にカフリークテストを実施する</li> <li>オピオイド、鎮静薬の慎重な使用</li> <li>術後の連続的パルスオキシメーターモニターをする</li> <li>術後酸素補充療法が推奨される</li> <li>適応があれば術後CPAPを検討する</li> </ul>
神経系	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分なMAPを確保する</li> <li>目が圧迫されないようにする</li> <li>ICP増加のリスクがある患者では脳神経外科医に術前コンサルト</li> <li>IOP増加のリスクがある患者では眼科医に術前コンサルト</li> </ul>
体位	<ul style="list-style-type: none"> <li>体位決めの前に十分な静脈路を確保する</li> <li>圧迫点が適切に保護されていることを確認する</li> <li>滑落の危険性を減少させる（滑り止め寝具、砕石位、パッド付き体幹クロスストラップ）</li> <li>可能な限り最小限のトレンドレング体位にする</li> <li>急勾配のトレンドレング体位の時間を最小限にするようにする</li> </ul>

CPAP - continuous positive airway pressure持続気道内陽圧; ETT - endotracheal tube気管チューブ;  
ICP - intracranial pressure頭蓋内圧; IOP - intraocular pressure眼内圧; MAP - mean arterial pressure平均動脈圧

## ロボット手術に伴う生理学的変化

これらの生理学的な肺の変化は、全身麻酔下および急勾配のトレンドレング体位下において増幅される。

二酸化炭素による気腹は、腹腔内からのガスの吸収を介して、二酸化炭素分圧 (PaCO<sub>2</sub>: partial pressure of carbon dioxide) および呼気終末二酸化炭素の測定値 (EtCO<sub>2</sub>: end-tidal carbon dioxide) を著しく増加させる可能性がある。分時換気量を増やし腹腔内CO<sub>2</sub>圧を下げると、高二酸化炭素血症やアシドーシスは軽減されるが、換気/血流 (V/Q) ミスマッチおよび根底にある肺病理 (すなわち、肥満と慢性閉塞性肺疾患) がPaCO<sub>2</sub>またはEtCO<sub>2</sub>の正常化を妨げる可能性がある。高二酸化炭素血症は、正常化が達成できない場合でも、一般的に十分許容できる。<sup>5</sup>急勾配のトレンドレング体位は、特に肥満患者のピーク気道内圧とプラトー気道内圧の上昇をもたらす (図1)。しかし、同じ気道内圧で、麻酔下の病的肥満患者の肺泡圧と胸腔内圧の差である経肺圧は、胸壁コンプライアンスの低下と腹腔内圧の上昇のために低くであろう。<sup>8</sup>経肺圧は肺泡を拡張するのに必要な圧と直接関係している。したがって、肥満患者では、ある特定の気道内圧での圧損傷の可能性が正常体重の患者よりも低い。さらに、腹腔内臓器からの横隔膜への圧迫の増加のために、経肺圧は仰臥位よりも急勾配のトレンドレング体位の方が低い。<sup>8</sup>肥満と急勾配のトレンドレング体位は気道内圧の上昇に対して保護効果を有すると思われる。事実、多くの専門家が、肥満患者では肺泡虚脱や無気肺損傷を予防するために高めの気道内圧で管理することを提唱している。<sup>8,9</sup>

ロボット手術を受ける肥満患者にとって理想的な換気戦略はない。一回換気量を理想体重の6~8mL/kgに制限することに関するエビデンスが蓄積されてきており、一回換気量が400mL未満になる患者も出てくる。<sup>10</sup>肥満患者において少ない一回換気量で十分な酸素化を維持するためには、高い吸気酸素濃度 (FiO<sub>2</sub>) が必要になることがある。<sup>10</sup>この戦略は著しい無気肺と関連しており、結果として低酸素と高二酸化炭素血症になる。急勾配のトレンドレング体位の肥満患者の換気を最適化し、高二酸化炭素血症を最小限に抑えるために、圧制御換気モード (PCV: pressure control ventilation) では、酸素化と二酸化炭素排泄の改善のエビデンスがあり、より良い肺泡リクルートメントを維持し、ピーク気道内圧を低下させる。<sup>7</sup>PCVで使用されるより高い吸気流量が肺泡リクルートメントを増加させ、換気/血流比を改善することがある。PCVは血行



図1: この図は、ロボット手術のために急勾配のトレンドレング体位となっている肥満患者を示している。

動態を改善し、圧外傷の可能性を減少させるが、低換気および高二酸化炭素血症と関連する可能性があり、これは肥満患者にとって特に有害でありうる。<sup>7</sup>呼気終末陽圧 (PEEP: positive end expiratory pressure) を追加すると、酸素化を改善し、肺泡虚脱と無気肺損傷を防ぐことができる。<sup>8</sup>

肥満患者は、困難な術中管理の可能性に加えて、ロボット手術後の再挿管のリスクがある。<sup>11</sup>多くの肥満患者は肥満低換気症候群または閉塞性睡眠時無呼吸 (OSA: obstructive sleep apnea) を患っており、術後の低換気のリスクが高まる。特に鎮静やオピオイド薬の使用と合わされると、患者は呼吸抑制や呼吸不全の危険にさらされる。術中、急勾配のトレンドレング体位の気腹と輸液投与は、皮下気腫と気道浮腫の発生にそれぞれ関連する。<sup>5</sup>顔面浮腫の程度と咽頭または喉頭浮腫の存在または重症度との直接的な相関はないので、抜管前にカフリークテストを行うことを考慮してもよい。<sup>5</sup>カフを抜いた気管内チューブの周りでリークがない患者では、麻酔科医は一時的な術後挿管と人工呼吸を考慮する必要があるかもしれない。<sup>5</sup>

肥満は、正常体重の患者と比較してOSAの発生率が有意に高いことと関連している。OSAを抱える肥満患者のほぼ半数で、術後の低酸素症のモニタリングと治療が不可欠である。<sup>12</sup>OSA患者は、術後の残存麻酔薬と鎮静薬による気道閉塞の増加および比較的少量のオピオイド薬と関連した罹病と死亡のリスクが増加している。<sup>12</sup>Ahmadらは、睡眠ポリグラフ検査でOSAが陰性である肥満患者でも、酸素補充療法にもかか

わらず重大な術後酸素飽和度低下が起こりうることを示した。<sup>12</sup>急勾配のトレンドレング体位でロボット手術を受けた肥満患者のOSAについては、術後の連続的パルスオキシメーターモニターを考慮した方がよい。<sup>13</sup>呼吸刺激を抑える薬は注意深く投与量を調整するべきである。低酸素症を予防または重症度を緩和するために、酸素補充と適した患者ではCPAPを推奨する。<sup>12,13</sup>ルーチンでのICU入室は適応とはならない。<sup>12</sup>

### 中枢神経系

正常な生理学的条件下で脳血流 (CBF: cerebral blood flow) は自動調節される。急勾配のトレンドレング体位の開始当初は脳血流が増加するが、脳灌流圧 (CPP: cerebral perfusion pressure) は、特にCVPが頭低位で上昇するために、低下する可能性がある。<sup>14</sup>MAPが維持される限り、CPPは脳の活動をサポートするのに十分であると考えられる。気腹、体位、および肥満による腹腔内圧の上昇により脳内圧 (ICP: intracerebral pressure) が上昇する。高二酸化炭素血症は脳血管拡張を引き起こし、腹腔内圧と胸腔内圧を上昇させる。これは脳脊髄液 (CSF: cerebrospinal fluid) 排出を減少させ、ICPの上昇をもたらす。<sup>14</sup>急勾配のトレンドレング体位によるICPの増加や顔面喉頭浮腫のエビデンスにもかかわらず、脳浮腫がいつも起きていることを裏付けるエビデンスはない。<sup>5</sup>脳の自己調節異常または血液脳関門の変化が存在する、または疑われる患者 (すなわち、占拠性脳病変) については、脳神経外科医へのコンサルトを考慮する。

## ロボット手術を受ける肥満患者の安全性に関する検討事項

急勾配のトレンドレングス体位での術後の虚血性視神経障害が報告されている。急勾配のトレンドレングス体位は、眼内圧 (IOP: intraocular pressure) の著しい上昇と関連している。<sup>15</sup> CVPとEtCO<sub>2</sub>の上昇、および手術時間の増加がIOPの上昇と関連しており、これらの因子すべてが肥満により悪化する。<sup>15</sup> 急勾配のトレンドレングス体位では、脳および眼の灌流圧の維持にもかかわらず、IOPが増加し目の灌流圧 (OPP: ocular perfusion pressure) が低下する可能性がある。<sup>16</sup>

### 体位

急勾配の頭低位のために、患者は手術台上で頭側に滑る危険にさらされている。<sup>17</sup> 滑ると、皮膚、神経、ロボットトロッカー部位に関連した傷害が発生する可能性がある。機械的滑落は、滑り止め寝具、膝屈曲または碎石位、肩止め、ビーンバッグ架台、およびパッド付き体幹クロスストラップの使用によって防止することができる。<sup>18</sup> しかし、特に、肩止めおよびビーンバッグポジションナーは、腕神経叢傷害の危険性の増加と関連がある。<sup>19,20</sup> Nakayamaらは、異なる体重のマネキンを使用したシミュレーション研究で、体重の増加と急勾配のトレンドレングス体位での頭側への滑りの増加との間に関連があることを見出した。碎石位は頭側へのずれのリスクを軽減させた。<sup>21</sup> 急勾配のトレンドレングス体位の重量制限はどこにも書かれていないが、傷害防止のための適切な体位を継続的に確保しなければならない。Ghomiらは、急勾配のトレンドレングス体位に伴うリスクを軽減する努力の中で、平均16度の角度のトレンドレングス体位でロボット補助下女性婦人科手術を安全に行うことができることを示唆している。<sup>22</sup> しかし、この研究に含まれる患者の平均BMIは28であった。肥満患者に使用するための適切で安全な角度を決定するためには、さらなる研究を行わなければならない。

急勾配のトレンドレングス体位は、神経損傷のリスクと関連している。体位固定器具は、特に腕神経叢傷害を引き起こす可能性がある。頭部に過剰な圧がかかる装置は、頸椎損傷を引き起こす可能性がある。急勾配のトレンドレングス体位での肩の圧迫は、腕神経叢の伸展損傷を引き起こす可能性がある。<sup>5</sup> 長時間の碎石位は、総腓骨神経傷害、コンパートメント症候群、および横紋筋融解のリスクを増加させる。<sup>5,23</sup>

肥満患者における急勾配のトレンドレングス体位に関する体重または時間のガイドラインに関するデータはほとんど存在しない。Kalmarらは、正常体重の患者では、急勾配のトレンドレングス体位を長期間 (>6時間) でも安全に耐えることができることを指摘している。<sup>5</sup> 急勾配のトレンドレングス体位で罹病と死亡を招く時間についてのエビデンスがないため、著者によっては急勾配のトレンドレングス体位の時間を5時間未満に制限すると提唱している。<sup>18</sup> 肥満患者での特定のデータがないため、急勾配のトレンドレングス体位の時間と罹病および/または死亡との間に関連があるかどうかを判断するためには、追加の研究を行わなければならない。

### 結語

肥満患者でもロボット骨盤内手術を安全に行うことができる。麻酔科医は、肥満患者のロボット手術では様々な血行動態の変化が起こりやすく、呼吸生理が変化し、中枢および末梢神経系損傷のリスクが高まることを考慮しなければならない。MAP、CVP、SVRIは、体位と気腹の結果として上昇する。二酸化炭素による気腹は二酸化炭素の上昇を招き、急勾配のトレンドレングス体位の肥満患者では肺と胸壁のコンプライアンスの低下および気道内圧の上昇により二酸化炭素排泄が困難な場合がある。術後、肥満は呼吸抑制と気道合併症のリスクを増加させる傾向がある。このハイリスク患者群の罹病と死亡を避けるため、周術期を通じて注意深い観察を維持する必要がある。

Dr. Daltonは、シカゴ大学の麻酔・集中治療の助教授 (日本の講師・助教に相当) である。

この著者は、この記事に関し利益相反はない。

### 参考文献

1. Parameswaran K, Todd DC, Soth M. Altered respiratory physiology in obesity. *Can Respir J* 2006; 13:203–10.
2. Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, et al. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011–2012. *J Am Med Assoc* 2014; 311:806–14.
3. Gallo T, Kashani S, Patel DA, et al. Robotic-assisted laparoscopic hysterectomy: outcomes in obese and morbidly obese patients. *JSL* 2012; 16:421–7.
4. Cassorla L, Lee J. Patient positioning and associated risks. In: Miller RD, Eriksson LI, Fleisher LA, et al. *Miller's Anesthesia*, 8th ed. Philadelphia: Elsevier/Saunders; 2015. p. 1240–65.
5. Kalmar AF, De Wolf AM, Hendrickx JFA. Anesthetic considerations for robotic surgery in the steep Trendelenburg position. *Adv Anesth* 2012; 30:75–96.

6. Kaye AD, Vadivelu N, Ahuja N, et al. Anesthetic considerations in robotic-assisted gynecologic surgery. *Ochsner J* 2013; 13:517–24.
7. Pedoto A. Lung physiology and obesity: anesthetic implications for thoracic procedures. *Anesthesiol Res Pract* 2012; 2012:1-7.
8. Reinius H, Jonsson L, Gustafsson S, et al. Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anesthesia and paralysis: a computerized tomography study. *Anesthesiology* 2009; 111:979–87.
9. Ashburn DD, DeAntonio A, Reed MJ. Pulmonary system and obesity. *Crit Care Clin* 2010; 26:597–602.
10. Serpa Neto A, Hemmes SNT, Barbas CSV, et al. Protective versus conventional ventilation for surgery: a systematic review and individual patient data meta-analysis. *Anesthesiology* 2015; 123:66–78.
11. Bamgbade OA, Rutter TW, Nafiu OO, et al. Postoperative complications in obese and nonobese patients. *World J Surg* 2007; 31:556–60.
12. Ahmad S, Nagle A, McCarthy RJ, et al. Postoperative hypoxemia in morbidly obese patients with and without obstructive sleep apnea undergoing laparoscopic bariatric surgery. *Anesth Analg* 2016; 107:138–43.
13. Goucham AB, Coblijn UK, Hart-Sweet HB, et al. Routine postoperative monitoring after bariatric surgery in morbidly obese patients with severe obstructive sleep apnea: ICU admission is not necessary. *Obes Surg* 2016; 26:737–42.
14. Kalmar AF, Foubert L, Hendrickx JFA, et al. Influence of steep Trendelenburg position and CO<sub>2</sub> pneumoperitoneum on cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory homeostasis during robotic prostatectomy. *Br J Anaesth* 2010; 104:433–9.
15. Awad H, Santilli S, Ohr M, et al. The effects of steep Trendelenburg positioning on intraocular pressure during robotic radical prostatectomy. *Anesth Analg* 2009; 109:473–8.
16. Molloy BL. Implications for postoperative visual loss: steep Trendelenburg position and effects on intraocular pressure. *AANA J* 2011; 79:115–121.
17. Prielipp RC, Weinkauff JL, Esser TM, et al. Falls from the O.R. or procedure table. *Anesth Analg* 2017; 125:846–51.
18. Hortman C, Chung S. Positioning considerations in robotic surgery. *AORN J* 2015; 102:434–9.
19. Phong SV, Koh LK. Anaesthesia for robotic-assisted radical prostatectomy: considerations for laparoscopy in the Trendelenburg position. *Anaesth Intensive Care* 2007; 35:281–5.
20. Coppieters MW. Shoulder restraints as a potential cause for stretch neuropathies: biomechanical support for the impact shoulder girdle depression and arm abduction on nerve strain. *Anesthesiology* 2006; 104:1351–2.
21. Nakayama JM, Gerling GJ, Horst KE, et al. A simulation study of the factors influencing the risk of intraoperative slipping. *Clin Ovarian Other Gynecol Malig* 2014; 7:24–8.
22. Ghomi A, Kramer C, Askari R, et al. Trendelenburg position in gynecologic robotic-assisted surgery. *J Minim Invasive Gynecol* 2012; 19:485–9.
23. Hewson DW, Bedforth NM, Hardman JG. Peripheral nerve injury arising in anaesthesia practice. *Anaesthesia* 2018; 73:51–60.





# APSFの支援にご協力ください 患者の安全を求める声

次の宛先に、APSFを受取人とする小切手を郵送ください。

宛先：Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF)

住所：Charlton 1-145

Mayo Clinic, 200 1st St SW

Rochester, MN 55905, U.S.A.

または、[www.apsf.org](http://www.apsf.org) オンライン上で寄付することもできます。

Donate

あるいは、AmazonSmileにて当財団を選択することでもご支援  
いただけます。

## 現在、APSFはAmazonSmileの チャリティ財団として登録されています

AmazonSmileの寄付先としてAnesthesia Patient Safety Foundationを選択いただくことで、AmazonSmileでのご購入毎に、AmazonSmile Foundationが購入総額の0.5%にあたる金額をAPSFに寄付します。それにより、購入者は追加料金を払わずに、販売店も通常のAmazon小売価格での収入を得ながら、APSFが寄付金を受け取ることができます。

## Support Anesthesia Patient Safety Foundation.

When you shop at [smile.amazon.com](http://smile.amazon.com),  
Amazon donates.

[Go to smile.amazon.com](http://Go to smile.amazon.com)

amazon  
smile



## ニュースレター

THE OFFICIAL JOURNAL OF THE ANESTHESIA PATIENT SAFETY FOUNDATION

宛先：Anesthesia Patient Safety Foundation (APSF)

住所：Charlton 1-145

Mayo Clinic, 200 1st St SW

Rochester, MN 55905, U.S.A.