



肥満患者における周術期の肺保護

肥満患者における 効果的な 前酸素化と導入

麻酔を必要とする肥満患者が増加しています。この記事では、肥満患者の前酸素化と導入における麻酔科医にとっての課題を選抜した文献に基づいていくつか概説します。全身麻酔に関連する解剖学および生理学的背景について検証し、文献で推奨されているアプローチの概要を提示していきます。

肥満患者の麻酔管理は、麻酔提供者に課せられる課題を増大させます。肥満患者の数が大幅に増加しているという問題だけでなく、全身麻酔中の肥満患者の管理には、非肥満患者と異なるアプローチが要求される場合があります。したがって、そのような患者が適切に対処されていない場合、危険な状況が発生する可能性があります。

肥満患者 - 麻酔提供者への増大する課題

肥満は、生活様式の西洋化に伴い世界的に広がり、さらに増加の一途をたどっています。これについては日常の診療でも目の当たりにされていると思います。この増加は世界各地でみられ、医療従事者にとっての大きな課題となっています。米国での肥満の有病率は、男性 32 %、女性 34 % であると Hodgson らによって最近報告されました。英国の肥満の有病率は、男女ともに 25 % と報告され¹、ドイツでは、肥満率が全人口の 20.8 % で、軽肥満の人は、37.4 % と報告されています¹⁸。中国国内でさえ、4 ~ 5 % の男女が肥満と見なされています。これには、肥満 (BMI \geq 30 kg/m²) ならびに病的肥満 (BMI \geq 40 kg/m²) が含まれます。

英国の国民保健サービス (NHS) は、過去 10 年間で肥満治療手術の実施数が 30 %、肥満に関連した入院数が 10 倍に増加したことを報告しました。過去 35 年間で世界的な肥満の人の数は倍増しており、およそ 6 億 7,100 万人に達します¹。ゆえに、肥満患者は今日すでに病院における共通の課題であり、今後は、手術を担当する外科医および麻酔医にとってもこの課題はさらに増大することが予測されます。

肥満患者が課題となる理由とは？

その重量そのものが、一般的な取扱いや手術のための準備を困難にするばかりでなく、肥満患者は麻酔の全過程を通し、麻酔提供者に厳しい課題を課すともに、重度の術中・術後の合併症を発症する高いリスクにさらされています。

解剖学的および生理学的な明らかな違いにより、肥満患者は導入期からすでに低酸素血症発現のリスクが増加するだけでなく、術中・術後の肺合併症に対するリスクも増加します^{1, 4, 12}。また、気腹術中の低侵襲手術が肺メカニクスを悪化させるなど、外科的介入によってその課題が増大します⁵。麻酔では、全プロセスにおいて影響を受ける可能性があります。前酸化および導入への標準アプローチが、意図または予期した通りに機能しなかった場合、その結果として、

気管内挿管時に予想外に早期の動脈血酸素飽和度の低下をきたすなど、重度の合併症が発現する可能性があります^{6, 11}。麻酔後では、術後肺合併症 (PPC) を引き起こす合併症の発現や、予定外または長期に及ぶ ICU 滞在も起こり得ます。それに伴う必然的な経済的影響もあるでしょう。

この記事では国際的な文献に基づき、肥満に関連する前酸化および導入時のリスクや合併症に焦点を当てていきます。このフェーズにおける無気肺の形成が、肥満患者のリスクに寄与しています。

前酸化および導入への典型的な標準アプローチ

次に列挙する手順は、ほとんどの麻酔科医の間で意見が一致するであろう典型的な前酸化および導入への標準的アプローチです。

1. 患者の顔の上に静かにマスクをのせる
2. 患者に 3 ~ 5 分間普通に呼吸させるか、5 ~ 8 回深呼吸させる
3. 100% の高濃度酸素を使用する (酸素で肺を素早く充填するため)
4. 麻酔薬を投与し、手動で患者の換気を行う
5. 患者への挿管を行い、etCO₂ のチェックと、両側換気の確認と食道挿管になっていないかを聴診で確認する
6. 機械換気に切り替える

一般的に、このアプローチの目標は、気管内挿管を行う際の無呼吸フェーズ間に十分な酸素を確保し、その後確実に機械換気へ切り替えることです。ほとんどの正常体重の健康な被験者でこの手順を実施することが可能であり、このような患者は、このアプローチによって十分な酸素を貯蔵できる生理機能を有しています。しかし、このアプローチは、肥満および病的肥満患者には不適切な場合があることが文献で示唆されています。

患者の条件に合わせた前酸素化および導入へのアプローチの必要性

マスク換気困難 / 挿管困難

肥満患者の気道を確保する際、麻酔提供者は、必要な時間を長めに想定する必要があります。肥満および病的肥満は、バッグマスク換気困難や挿管困難の可能性との関連付けがあります。このことは多くの場合、過小評価されているように思います。ある前向き臨床試験において、全身麻酔で手術を行った患者 1,502 人のうち 75 人 (5%) でマスク換気困難が見られたのに対し、マスク換気困難が予測されていた患者はこれらのうちわずか 13 人でした。Juvin らは、痩せ型の患者では挿管困難の発現率が 2.2% であるのに対し、肥満患者では 15.5% であったと報告しています。



BMI > 35 は、マスク換気困難および挿管困難あるいは挿管失敗の独立した予測因子であることが判明しました。病的肥満患者における重度の合併症に対するリスクは、痩せ型の患者より 4 倍高いことが報告されています。気道確保の主要合併症に関する英国での各報告によると、気道確保の合併症が報告された肥満患者 77 人のうち 25% が、脳損傷を発症または死に至っています¹¹。また別の側面では、胃の内容物の逆流とそれに続く吸引のリスクが痩せ型の患者と

比較して肥満患者で高い可能性があります。そのため、肥満患者への迅速気管挿管 (RSI) を推奨する文献も見受けられますが、研究についての疑念が上がり、このアプローチに関するエビデンス不足が指摘されています^{21, 22, 23}。総じて、肥満患者においては、気道確保の時間を長めに想定する必要があります。よって、克服されなければならない無呼吸時間も長くなります。

急速な不飽和化 / 無気肺の可能性

肥満患者では急速に不飽和化が起こる場合があります。前酸素化を行った場合でも、臨床的に意義のある動脈血酸素飽和度の低下を起こす無呼吸時間は、正常体重の患者と比較して有意に短いことが予想されます¹¹。Tanoubi らは、肥満患者は無呼吸開始後 1~2 分、または喉頭鏡検査や気管内挿管の単回試行の時間内にすでに不飽和化を起こす場合があると述べています⁶。非肥満の健康な患者においても、無気肺の 85~90% は麻酔導入後数分以内に発現します。肺の 15% が無気肺になり、その結果として、およそ 5~10% のシャント量が生じます⁵。肥満患者では痩せ型の患者と比較して、麻酔導入時の無気肺がかなり広範に発現します⁷。肥満および病的肥満患者は、特に導入期において肺ガス交換能と呼吸メカニクスの有意な低下を起こす傾向があります。手術室入室の際にすでに無気肺を有している病的肥満患者もおり、通常の導入および換気を行った場合、高い確率で麻酔時および術後期に悪化が見られます⁵。前酸素化を適切に行わなかった場合、動脈血の不飽和化へのリスクが上昇することは明言されていますが、これは予測よりもはるかに頻繁に起こり得ます。健康な患者 1,050 例では、およそ 56% で不十分な前酸素化 ($FeO_2 < 90\%$) が認められました。肥満患者では、肺気量 (特に機能的残気量) の減少、酸素消費量の増加および換気/灌流不均衡が見られ、結果として酸素貯蔵が不十分になり、無呼吸に耐えられる時間が短くなります¹⁰。

既述した肥満患者における課題を考慮すると、早期の不飽和化を防ぐために前酸素化と導入への適切なアプローチを考慮することが妥当であると考えられます。文献で示唆されている肥満患者のための前酸素化および導入オプションを検討する前に、肥満患者にみられる解剖学および生理学的変化に関する最近の文献からの洞察を見ていきましょう。

肥満患者の差異は有意である

正常体重の被験者と比較して、肥満および病的肥満患者では、明らかな解剖学および生理学的変化が認められます。これらの変化によって以下が引き起こされます。

1. 酸素貯蔵量の有意な低下
2. 呼吸仕事量の有意な増加
3. 酸素消費量の増加

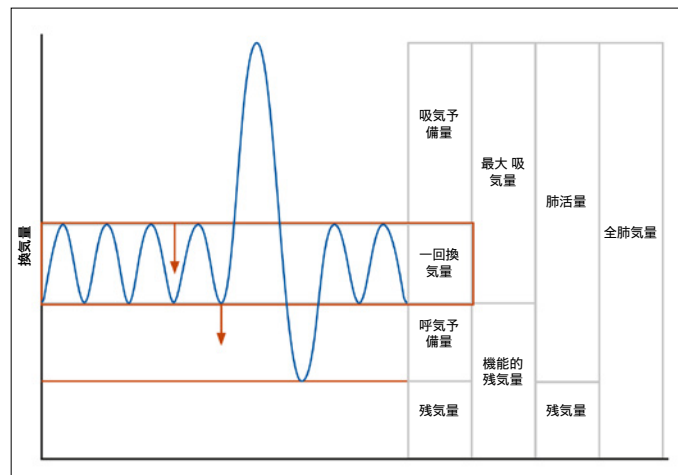
酸素貯蔵量の減少と呼吸仕事量の増加の理由

肥満は、最大 35 % の呼吸器系コンプライアンスの減少を引き起こします¹。コンプライアンスは、自発呼吸ならびに機械的人工呼吸に影響を与える肺の膨らみやすさを示します¹⁹。文献によると、次の解剖学的変化が主にこれに寄与しています：

- a) 胸壁の質量負荷増大と胸腔内圧の上昇につながる脂肪沈着¹
- b) 横隔膜上昇および横隔膜インピーダンスの増加につながる腹部ボリュームと内臓脂肪の増加¹。これは横隔膜の効率を非肥満患者の約半分に減少させる²。また、腹部ボリュームの増加は、さらに肋骨運動を制限する腰椎後弯症や胸部脊柱前弯症を引き起こし、吸気位置での胸郭の相対的な固定につながる¹³。
- c) 肥満患者の血液量は、増加する酸素消費を補うために最大 50 % まで増加する場合があります¹。肥満患者のほぼ 50 % は、肺循環に影響を与える高血圧を有する¹³。

呼吸器系の全体的なコンプライアンスに対する直接的な影響とは別に、第 2 の要因として肥満が引き起こす肺気量の減少が挙げられます。肺気量（残気量と全肺気量）の極端な変動は影響が抑えられているものの、周期呼吸に関連する容量が損なわれることが多いようです^{1, 3, 6, 8}。特に機能的残気量 (FRC) と呼気予備量 (ERV) が有意に減少する場合があります^{1, 3}。

ある研究では、非肥満のコントロール群で FRC が 2861 +/- 682 mL であったのに対し、肥満患者群では痩せ型の患者群よりも 25 % 低い、2173 +/- 403 mL でした。また同じ研究において、麻酔導入後 (PEEP は 0)、非肥満患者群では基準値と比較して FRC が 39 % 減少したのに対し、

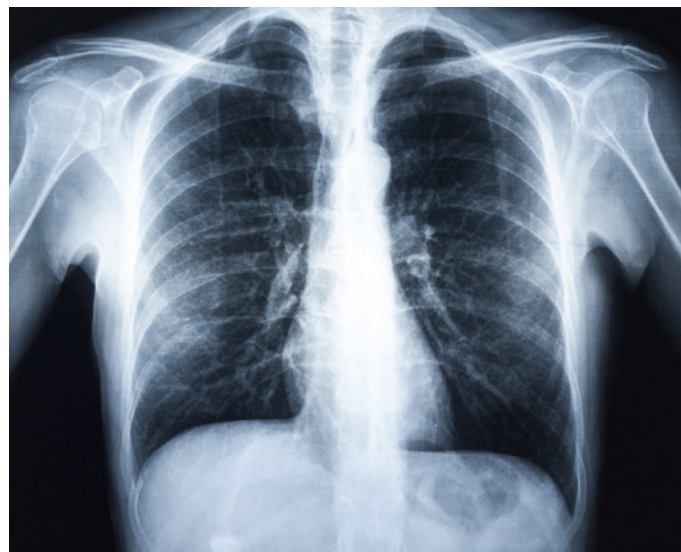
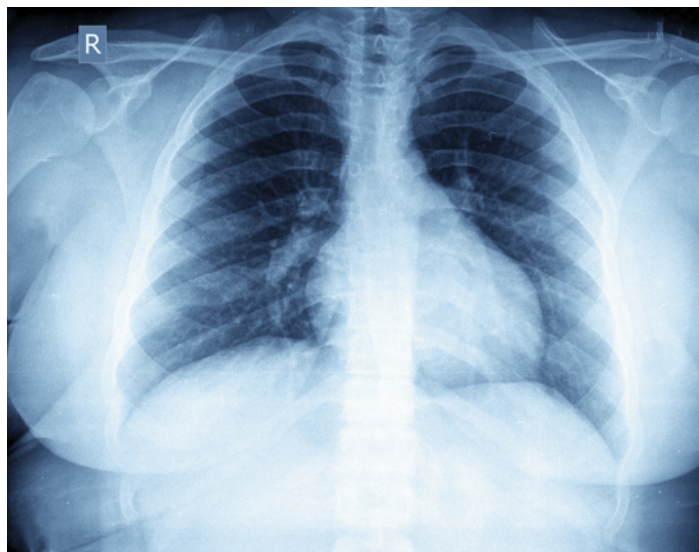


FRC の減少は、主に呼気予備量の減少によって引き起こされます。一回換気量は、より効率的な呼吸を行うために減少されますが、呼吸回数は、十分な換気を確保するために速くなります。

肥満患者群では、約 59 % の大幅な減少が見られました⁸。これは、非肥満と比較して肥満患者群の FRC は麻酔導入前からすでに低く、麻酔導入後はさらに減少することを実証しています。

肥満患者の肺気量減少の影響

肺気量の減少、特に FRC の減少は、低い肺気量で呼吸が行われていることを意味しています。これは末梢気道閉塞とエアートラッピングのリスク増加に関係し、肥満患者が無気肺を形成しやすくなります^{1, 3, 6}。上述したように、病的肥満患者は覚醒時や立位の状態でさえ、既存の無気肺を呈します⁵。それに加え、肥満患者では、痩せ型の患者と比較して麻酔導入時の無気肺がかなり広範に発現します⁷。結果として、FRC の減少によって、臨床症状を十分に前酸化が行われたと見誤る可能性につながります。例えば、前酸化中、ウォッシュインが FRC の低下した患者では速くなりますが、これは目標吸気酸素濃度へ速く到達することを意味しています。これは一見好ましいことのように見えますが、容量が低下した肺で酸素貯蔵が減少した結果に過ぎないということに留意することが重要で、不飽和化のない無呼吸の期間の短縮につながります⁶。また、低下した呼気終末肺容量の悪影響によって、陽圧換気中、場合によっては気道閉鎖を繰り返すことがあり、肺損傷を悪化させる可能性があります⁸。



胸部 X 線写真: 横隔膜が上昇した肥満患者 (左) と横隔膜が正常位置の正常体重の患者 (右)

内因性 PEEP (PEEPi)

低下した肺気量に対する別の側面もあるのです。前述の低肺気量での呼吸傾向によって、気道抵抗も増加し、気流が制限されます¹。その直接的な結果が内因性呼気終末陽圧 (PEEPi) です^{1,3}。PEEPi は、不完全な呼気による呼吸器系の終末呼気の反動圧です。この圧は、気流が到達して、吸息筋にさらなる弾性荷重が加わる前に呼吸筋により打ち消される必要があるため、これが存在すると呼吸仕事量が増加します。追記として、PEEPi と BMI の間には、密接な相関関係が実証されています。Pankow らによって、BMI が PEEPi の唯一の独立予知因子であることが示されました³。

しかしながら、PEEPi は呼気時間 (T_e) が短すぎて、圧力平衡に到達しない場合にも発現する場合があります。肥満患者では、呼吸パターンが変化するため、非肥満被験者と比較して T_e がかなり短くなり、不完全な呼気を引き起こします。吸息筋の吸気後活動のような他の機序が、吸気後の持続する横隔膜活動を引き起こし、さらに PEEPi に影響を与える可能性もあります³。

すなわち、肥満患者の肺は、胸部と腹部からの圧のみならず、内因性 PEEP の圧も受けるため、呼吸筋の作業負荷 (呼吸仕事量) が大幅に増加します。

呼吸パターンの変化

この呼吸仕事量の増加に対応して、肥満患者の呼吸パターンには変化が見られます。筋肉への負荷を減らして過換気を回避するために、周期が早く一回換気量が少なくなります¹。さらに、非肥満患者と比較してかなり短い呼気時間が PEEPi 発現に起因する場合があります。多くの肥満患者に見られる低い FRC、ERV、一回換気量の組み合わせは、無気肺の発現を促すクロージングボリュームに近い呼吸が行われていることを示唆しています⁶。

仰臥位姿勢の影響

全身麻酔の導入時は、仰臥位が標準となっています。先に述べた影響のほとんどがこの姿勢によって悪化されます。患者を仰臥位に寝かせると、肺気量は大幅に減少し、肥満被験者では予備量に近い呼吸になる場合があります。経横隔膜圧の変動が有意に増加し、呼吸筋にかかる負荷がさらに増大します²。その増加した胸壁の負荷がそのまますべて呼吸器系に影響を与えます。気道抵抗およびフローの制限も増加します。フロー制限を認めた肥満患者は、立位では 8 人中わずか 2 人であったのに対し、仰臥位では、8 人中 7 人に認められました。これにより、PEEPi は、仰臥位姿勢によって上昇すると結論づけられます³。ある研究では、肥満患者の仰臥位での PEEPi は、平均 5.3 cmH₂O でした²。別の研究でもこれに一致した結果が確認され、肥満患者を立位から仰臥位に変えた際、PEEPi が 1.4 cmH₂O から 4.1 cmH₂O に上昇しました³。PEEPi は BMI 単位あたり、平均 0.2 cmH₂O 上昇します²。

よって、低肺気量、低一回換気量、およびそれに伴う無気肺が前酸素化の際に充填される酸素貯蔵の量に有意な影響を与える可能性があります。単に自発呼吸に基づいた前酸素化では、増加した呼吸仕事量とそれに対応する呼吸パターンによるマイナスの効果を受けやすく、これによって前述のように無呼吸の発症後、動脈血の不飽和化までの時間が短縮される場合があります。マスク換気困難と気道確保の時間が長引くことを見込んで、無呼吸に耐える時間を最大にするために肥満患者に適した前酸素化および導入を行うことが必要であることは明らかです。

肥満患者における前酸素化および導入へのアプローチ
最近の文献では、挿管困難の場合でさえも十分な酸素飽和度を長時間持続させるための肥満患者に対する最適な前酸素化および導入方法の妥当なガイダンスが提供されており、そのような患者においても無気肺の発現、さらには術後肺合併症発をも減少させることが可能です。次の実施は肥満患者の前酸素化および導入において適切と考えられます：

1. 患者の頭部と胴体を高くする。
2. 自発呼吸だけに頼らず、前酸素化中に気道内陽圧を用いる。
3. 前酸素化および導入中の吸入酸素濃度を考慮する。
4. 気管内挿管後、肺リクルートメント手技を行い、それに続く機械換気中の PEEP を最適に利用する。

前酸素化および導入中の頭部・胴体の持ち上げ

肥満患者を最適な体位にすることは、全身麻酔の前酸素化および導入中には非常に重要です。腹腔内圧が下がり、肺にかかる胸壁の重さも軽減されるため、肺気量、特に FRC が改善されます^{1,6}。25 度のヘッドアップポジションに患者を配置するだけで、不飽和化しない無呼吸の期間が仰臥位と比較して長くなることが実証されています。ただし、この位置での挿管に関しては、相反する意見が見られます。ある記事では、上昇位置での挿管は、声門の明視化を向上させると言われていると述べられており¹、別の記事では、不飽和化しない無呼吸の時間延長を、挿管困難を引き起こす可能性や、麻酔の導入時における低血圧発現の増加に対して比較考慮

することを勧めています⁶。これ以外では、最適な結果を得るために、逆トレンデレンブルグ位と 25 度のヘッドアップポジションを組み合わせることを明確に推奨しています^{11, 14, 20}。

マスクを用いた気道内圧の有益性

ヘッドアップポジションが呼吸器系への負担を軽減する最初のステップである一方で、前酸素化中に適用される気道内陽圧は、もう一つの有望な手段であるようです。前酸素化中にすでに気道内陽圧を使用することが、様々な記事で推奨されています。



ある研究で、仰臥位の肥満患者に 7 cmH₂O の CPAP を適用した場合、PEEPi が平均 4.1 cmH₂O から 0.8 cmH₂O まで減少したことが確認されました。これは仰臥位のときの非肥満患者とほぼ同様の値です。このように CPAP によって、PEEPi を打ち消すことが可能です²。横隔膜活性化の指標であって、よって呼吸器系への負荷の指標として用いられる横隔膜筋電図 (EMGdi) において、CPAP の適用で有意な減少を認め、CPAP が、肥満患者の呼吸仕事量を軽減することがわかりました²。また、前酸素化中の CPAP の適用は、肥満患者において無呼吸への耐性を示す時間が有意に長くなる可能性もあります。周囲圧力 (ZEEP) で前酸素化を行った場合と比較して、5 cmH₂O の CPAP を適用した場合は、前酸素化終了時の動脈酸素張力の増加および不飽和化する前の無呼吸時間の延長が認められました。この研究では、SpO₂ < 93 % までの時間が CPAP なしの 273 秒から、CPAP を適用することで 496 秒まで延長しました⁹。別の研究では、前酸素化および導入中に 10 cmH₂O の CPAP を適用した場合、対象群と比較して有意に高い酸素化値 (SaO₂ および PaO₂) と有意に低い推定シャント量が確認されました⁷。前酸素化中の非侵襲的プレッシャーサポート換気 (NIV-PSV) の使用もまた、有益であることが示されました¹¹。

この研究ではまた、前酸素化への効果を出すためには、BMIが上がるとともに、陽圧も上げる必要があるようであると示唆しています。Bouroche らは、病的肥満患者において、7.5 cmH₂O の CPAP によって不飽和化する前の無呼吸時間の延長が期待できると述べています。しかしながら、前酸素化中に 5 cmH₂O の CPAP と 5 cmH₂O の PSV を組み合わせた場合、平圧呼吸時と比較して酸素化が改善され、不飽和化の発現が減少しました¹⁰。



上述にかかわらず、前酸素化に陽圧を使用している場合においても、25 度のヘッドアップポジションおよび逆トレンドレブルグ位の妥当性が強調されています。数多くの著者が、実際、陽圧換気の研究を行っており、その前提においも、患者の姿勢の重要な役割について強調されています。

CPAP、PEEP、PSV

導入している人工呼吸器技術により、特に自発呼吸において、CPAP と PEEP で顕著な違いがあるかもしれません。PEEP は、弁によってシステムで保持されている残留圧力です。これは、抵抗に対して自発呼吸を吐き出すことを意味し、呼吸仕事量を増加させます。PEEP を内因性 PEEP 以上に設定することで PEEPi を打ち消し、呼吸仕事量を減少できる場合があります。PEEPI を上回るように設定した場合は、無気肺領域の補充を助ける可能性もあります。ほとんどの人工呼吸器技術にはリークを十分に補正する能力がなく、能動的に圧力を保持することはできません。自発呼吸の実質 CPAP は、設定された圧力レベル前後で自由な自発呼吸を可能にしながら、人工呼吸器のサポートを得て、能動的に圧力を保持しています。呼吸仕事量をさらに軽減し、肺気量

(よって、酸素貯蔵量も) の増加を助けるために、プレッシャーサポート換気が、設定された圧力で自発呼吸を吸気に同期させて能動的にサポートすることによって、周期呼吸をサポートします。

TIP: 技術的な背景についての詳細は、[eブックの「テクノロジーインサイト」をご覧ください。](#)

最後に、CPAP、PEEP、PSV のすべてまたはいずれかで適用する圧力は、実際に患者に届かなければ意味がありません。前酸素化に使用するマスクは、患者に合ったものを選び、しっかりとフィットしているか確認することを忘れないください。マスクと患者の顔の間の漏れが吸入酸素濃度の希釈につながる可能性があります。マスクが患者の顔にしっかりと装着されていない場合、酸素が周囲空気によって約 20% 希釈され、マスクを顔の近くでただ保持している状態のときは、40% も希釈されてしまいます。したがって、高品質で患者の顔にしっかりとフィットしたマスクを顔に確実に装着する必要があります。顔の毛、マスクの種類、顔の構造などを含むたくさんの要因がマスクの密閉度に影響を与えることを覚えておきましょう¹⁰。

前酸素化および導入中の吸入酸素濃度の考慮

瘦せ型の患者では、通常、肺に十分な酸素量を確保するために 100% の酸素を用いて前酸素化を行い、無呼吸が開始してから不飽和化までの時間延長を図ります。専門家は、肥満患者に前酸素化で高濃度の酸素を使用すると、換気不良の肺胞からの酸素摂取によって無気肺を起こしやすくなると指摘し、病的肥満患者ではその傾向が強まると述べています⁶。また臨床医は、低濃度酸素を使用して肥満患者の吸収無気肺を減少させることが可能であると述べています²⁰。この記事で引用したほとんどの著者は、無呼吸後の不飽和化までの時間を十分確保するために、前酸素化および麻酔導入時に高酸素濃度を適用していますが、Rusca らは、高濃度の吸入酸素を使用した場合、肥満患者で無気肺形成が増加するが、麻酔導入時に低酸素濃度の使用で無気肺形成を防ぐことができると述べています。しかし、マスク換気困難や挿管困難が起こった場合、安全性の低下が懸念されるため、この手法は推奨されていません。同研究にて、麻酔導入中に気道内陽圧を適用することで、高濃度酸素を使用した場合でも、無気肺形成を防ぐことができると示唆されています¹⁵。

気管内挿管後の肺リクルートメント

繰り返しになりますが、無呼吸開始から気管内挿管完了およびそれに続く換気までの間は、肥満患者は無気肺形成のリスクにさらされます。したがって、特に病的肥満患者には、気管内挿管直後のリクルートメント手技、およびそれに続く調整機械換気中の PEEP 付加が推奨されます。肺リクルートメントなしで PEEP のみでは、無気肺の肺組織を再解放するには不十分であると思われます。文献では、気管内挿管の前に陽圧換気を行う場合、気圧障害のリスクを最小限に抑えるには、40 mmH₂O の圧で十分であると推定されています¹²。PEEP のみでは肺をリクルートするには不十分ですが、無気肺形成の予防には効果があります^{12,17}。PEEP は、各患者で個別に滴定される必要があります。虚脱した肺のリクルートおよび PEEP 滴定方法への様々なアプローチが示唆されています。この実施方法の実用的な洞察を Chris Thompson が提供しています²⁰。

まとめと展望

麻酔科医師は、肥満患者に対してより慎重な注意を払う必要があります。全身麻酔の前酸化および導入時からすでに患者に合わせたアプローチが必要となるのは明らかです。上述の内容は成人患者に適用されるものであって、小児患者は含まれていませんが、肥満は、成人患者だけでなく小児においても増大する課題とされています。WHO の 2014 年の推定では、5 歳以下の小児の約 4,100 万人が太り過ぎまたは肥満であるとみられています。これは、麻酔科医師に肥満小児の管理方法の確認についての必要性を警告する驚くべき数です。また今後の記事で、肥満小児における全身麻酔の管理についても詳しく見ていきたいと考えています。記事がまとまりましたら、お知らせいたします...

詳細は当社のウェブサイトをご覧ください

- [回復/覚醒期の肺保護換気についての詳細](#)
- [維持期の肺保護換気についての詳細](#)
- [導入期の肺保護換気についての詳細](#)
- [肺保護換気についての概要](#)

IMPRINT

GERMANY
Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53–55
23542 Lübeck

www.draeger.com

 参考資料

1. Hodgson LE, Murphy PB, Hart N. Respiratory management of the obese patient undergoing surgery. *J Thorac Dis.* 2015 May;7(5):943-52. [リンク](#)
2. Steier J, Jolley CJ, Seymour J, et al. Neural respiratory drive in obesity. *Thorax.* 2009 Aug;64(8):719-25. [リンク](#)
3. Pankow W, Podszus T, Gutheil T, et al. Expiratory flow limitation and intrinsic positive end-expiratory pressure in obesity. *J Appl Physiol.* 1998 Oct;85(4):1236-43. [リンク](#)
4. Salome CM, King GG, Berend N. Physiology of obesity and effects on lung function. *J Appl Physiol.* 2010 Jan;108(1):206-11. [リンク](#)
5. Eichenberger A, Proietti S, Wicky S, et al. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Analg.* 2002 Dec;95(6):1788-92 [リンク](#)
6. Tanoubi I, Drolet P, Donati F. Optimizing preoxygenation in adults. *Can J Anaesth.* 2009 Jun;56(6):449-66. [リンク](#)
7. Edmark L, Östberg E, Scheer H, et al. Preserved oxygenation in obese patients receiving protective ventilation during laparoscopic surgery: a randomized controlled study. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2016 Jan;60(1):26-35. [リンク](#)
8. Futier E, Constantin JM, Petit A, et al. Positive end-expiratory pressure improves end-expiratory lung volume but not oxygenation after induction of anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol.* 2010 Jun;27(6):508-13. [リンク](#)
9. Sreejit MS, Ramkumar V. Effect of positive airway pressure during pre-oxygenation and induction of anaesthesia upon safe duration of apnoea. *Indian J Anaesth.* 2015 Apr;59(4):216-21. [リンク](#)
10. Bourouche G, Bourgain JL. Preoxygenation and general anaesthesia: a review. *Minerva Anesthesiol.* 2015 Aug;81(8):910-20 [リンク](#)
11. Murphy C, Wong DT. Airway management and oxygenation in obese patients. *Can J Anaesth.* 2013 Sep;60(9):929-45. [リンク](#)
12. Futier E, Constantin JM, Pelosi P, et al. Noninvasive ventilation and alveolar recruitment maneuver improve respiratory function during and after intubation of morbidly obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology.* 2011 Jun;114(6):1354-63. [リンク](#)
13. Anästhesiologische Aspekte beim adipösen Patienten URL: <http://www.obesity-online.com/Anaesthesie.htm>; Viewed 14.05.2016
14. Brodsky JB. Positioning the morbidly obese patient for anaesthesia. *Obes Surg.* 2002 Dec;12(6):751-8. [リンク](#)
15. Rusca M, Proietti S, Schnyder P, et al. Prevention of atelectasis formation during induction of general anaesthesia. *Anesth Analg.* 2003 Dec;97(6):1835-9. [リンク](#)
16. Reinius H, Jonsson L, Gustafsson S, et al. Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anaesthesia and paralysis: a computerized tomography study. *Anesthesiology.* 2009 Nov;111(5):979-87. [リンク](#)
17. Coussa M, Proietti S, Schnyder P, et al. Prevention of atelectasis formation during the induction of general anaesthesia in morbidly obese patients. *Anesth Analg.* 2004 May;98(5):1491-5 [リンク](#)
18. Deutsche Adipositas Gesellschaft, Die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in Deutschland, URL: <http://www.adipositas-gesellschaft.de/>; viewed 14.05.2016
19. Definition of pulmonary compliance; URL https://en.wikipedia.org/wiki/Pulmonary_compliance; viewed 14.05.2016
20. Dr. Chris Thompson, Senior Staff Specialist at Royal Prince Alfred Hospital, Clinical Lecturer at the University of Sydney, Australia, lecture at the ANZCA Congress 2015 in New Zealand, "Ventilation Techniques – A Practical Workshop"; URL: <https://www.youtube.com/watch?v=sU7sgTH2seA&feature=youtu.be>; viewed 14.05.2016 [リンク](#)
21. Benzing A., Pannan B. (Hrsg). *Praxishandbuch Anästhesie.* Deutscher Ärzteverlag, 2009, 2nd Edition, ISBN: 978-3-7691-1271-9
22. Aoragh, A.; Pastijn, E.; Cadiere, GB.; et al.. Rapid sequence induction versus routine induction in obese patients scheduled for bariatric surgery: 19AP3-6. *Eur J Anaesthesiol.* 2013 June;30:257-257 [リンク](#)
23. Neilipovitz DT, Crosby ET. No evidence for decreased incidence of aspiration after rapid sequence induction. *Can J Anaesth.* 2007 Sep;54(9):748-64. [リンク](#)