

背側の肺胞には上記のような現象が起こるが、腹側のほうは逆に肺胞にはプラトー圧と同じくらいの圧がかかることも想定される。胸郭全体のコンプライアンスが低下しているような状況であれば腹側背側の区別は必要ないかもしれないが、腹腔内圧上昇の際の肺尖側に加わる圧なども同じ問題を抱えることになるため、あくまでも理論的に考えればという点に留意していただきたい。

### プラトー圧では経肺圧を過小評価してしまう場合

肺胞の中からだけでなく、外からも肺胞を広げようとする力が加わっている場合に、プラトー圧では経肺圧を過小評価してしまうことになる(図2B)。具体的には自発呼吸が強い場合がこちらに該当する。胸腔内圧も経肺圧に影響を及ぼすため(肺胞を潰す方向に力が加わる)、胸水や肥満、イレウスなどの胸腔内圧が上昇する状態にさらに自発呼吸が加わった際には力の足し算引き算が起こり、一概には経肺圧のほうがプラトー圧よりも高くなるとはいえないが、強い自発呼吸はプラトー圧では経肺圧を過小評価することにつながる可能性がある。このような場合は、プラトー圧だけのモニタリングでは肺障害が助長されてしまう可能性があるために注意を要する。

上記の解説のように、プラトー圧だけでは実際に肺胞にかかるストレスを評価することは困難であり、可能であれば経肺圧をモニタリングすることが重要である。

### 経肺圧のモニタリング方法

経肺圧とは単純に考えると肺胞内圧から胸腔内圧を引いた値であり、胸腔内圧の測定が必要である。しかし、胸腔内圧を直接測定することは困難であるため、その代用となるものとして食道内圧が用いられている。食道と胸腔は接しているため、食道内圧をモニタリングすれば胸腔内圧のモニタリングが可能であるという概念に基づいている。しかしながら、肺胞にかかる圧は部位によってさまざまであり、腹側と背側、肺尖と横隔膜周囲、そして病的肺と健常肺、それぞれにかかる圧は様々ではない。よって、食道内圧とプラトー圧を測定できたとしても、それぞれの肺胞における正確な経肺圧を測定できているとは限らないことに

注意が必要である。経肺圧を考慮に入れた管理の実際に関してはさらに踏み込んだ考え方が必要であり、本稿では解説しきれない。また、臨床研究においても経肺圧モニタリングによる予後改善が示されているわけではないことも念頭に置いておかなければならない。実際のモニタリング方法や注意点などに関してはさまざまな書籍で解説されていることから、本稿では割愛し、基本的な概念の習得に注力したいと思う。

### 駆動圧

先に記述したとおり、理想的には経肺圧のモニタリングが重要である。しかしながら、食道内圧測定というややハードルが高いモニタリングが必要であり、本邦においても測定できる施設は多いとはいえないのが現状である。そのような状況においてもプラトー圧よりもより肺保護的であり、特別なモニタリングが必要ない目標圧として駆動圧がある。これは実際に肺胞を広げるのにどれくらいの圧を加えているかという圧であり、プラトー圧とPEEPの差で計算できる。簡便に計算できるため、プラトー圧に加えて駆動圧をモニタリングすることが有用である。肺保護戦略の介入を行った複数のRCTを統合して再解析した結果、駆動圧を15 cmH<sub>2</sub>O以下に保つことで予後改善に寄与したとの報告<sup>13)</sup>もあり、一般的な呼吸管理目標としてはプラトー圧に加えて考慮すべきである。

### ベストPEEP

PEEPは肺リクルートおよび酸素化改善において重要な力を発揮する。先に解説したとおり、無気肺はVILIをきたす要因の1つでもあり、リクルートできる肺胞はリクルートしておいたほうがよい。無気肺が改善されることにより肺コンプライアンスも改善することから酸素化改善、無気肺改善によるVILI予防だけでなく、必要な圧較差が減少するという利点もある。一方で、過剰なPEEPは肺胞障害をきたすだけでなく、肺コンプライアンス低下、酸素化低下、循環不全に至ることもあるために避けなければならない。この考え方は圧容量曲線をみれば理解できる。図3に

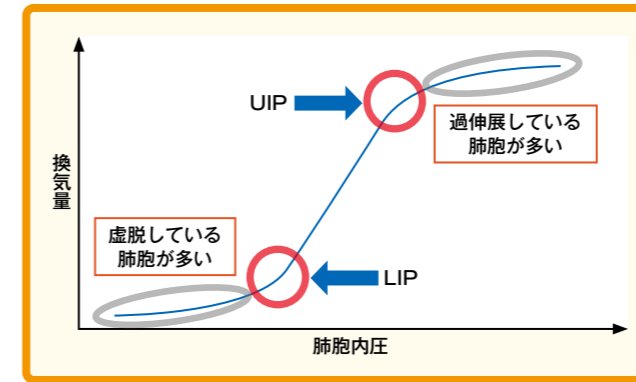


図3 圧容量曲線の変曲点と肺胞の関係  
LIP : lower inflection point, UIP : upper inflection point

示したように圧容量曲線では2つの変曲点が認められる。最初の変曲点は圧を徐々に加えていくことによって肺胞が開き出す点であり、lower inflection point (LIP) と呼ばれる。また、次の変曲点はその後に圧を加えていくことによって順調に入っていた換気量が減少していく点であり、upper inflection point (UIP) と呼ばれる。LIPは無気肺改善のための最低限のPEEPであり、UIPは肺障害予防のための最大値といった理解でよい。PEEPはこのLIPとUIPの間で設定されるべきであり、その値の間により「適度」なPEEPが存在し、その決定方法に注目が寄せられることになる。

ベストPEEPを求めることは実はそう簡単ではない。これまでにさまざまな方法が考案されてきたが、現在の主流としてはベストコンプライアンス法と呼気経肺圧モニタリング法の2つであると思われる。

### ベストコンプライアンス法

コンプライアンスとは圧変化に比してどれくらいの換気量が変化したか、という指標である。同じ圧を加えても入る容量が減少してきたらコンプライアンスが低下していることを表している。このコンプライアンスの概念を用いて、最もよいコンプライアンスを示す際のPEEPが最適であるという考え方である。PEEPを加えていけば無気肺が解消され、肺胞が開放することによりコンプライアンスが改善する。一方で、PEEPが必要以上に上昇すると肺胞の過伸展が起こり、逆にコンプライアンスが低下することになる。よって、PEEPを上昇させていった際にコンプライアンスが一番よい値を示すPEEPがベ

## 6. 呼吸管理のポイント：肺保護戦略とは？

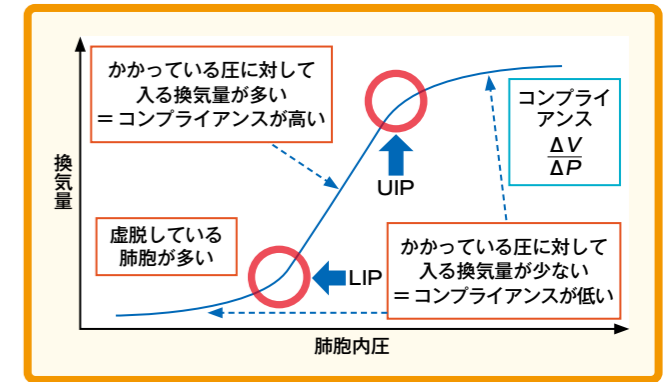


図4 圧容量曲線とコンプライアンスの関係  
LIP : lower inflection point, UIP : upper inflection point

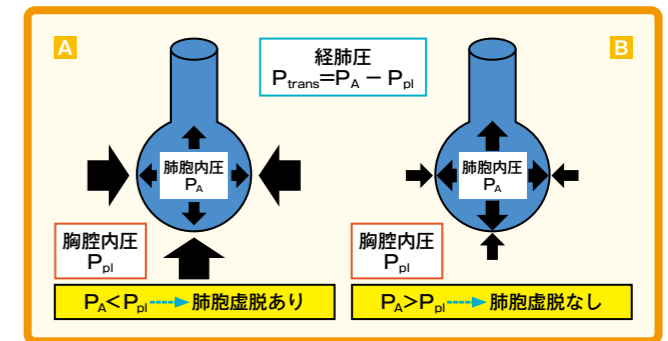


図5 経肺圧が肺胞虚脱に与える影響  
A : 肺胞内圧 < 胸腔内圧  
B : 肺胞内圧 > 胸腔内圧

ストPEEPということになる(図4)。圧換気量曲線であればよりUIPに近い側のベストPEEPを設定することになる。その際、過膨張をきたしている肺胞がある可能性があり、合併症には注意を要する。そのような注意点などもあるが、簡便に実施できるという点では有用性が高いと考えられる。

### 呼気経肺圧モニタリング法

肺胞が呼気終末に潰れてしまうことにより肺胞障害および酸素化低下が起こる。よって、呼気終末に肺胞が虚脱しないように管理することがベストPEEP設定につながる。呼気終末の経肺圧をモニタリングし、その値が負にならないように管理すれば、理論上は肺胞が虚脱していないことになる(図5)。その理論を用いたベストPEEP設定方法が経肺圧によるモニタリング方法である。しかし、この方法は経肺圧測定という一般的に実施することが容易ではない方法を用いることと、食道内圧を用いた経肺圧測定が必ず