

31 auto-PEEP発生に関する実験的検討

昭和大学医学部麻酔学教室

桑迫勇登、安本和正、田村真、細山田明義

auto-PEEPは、閉塞性肺疾患例における人工呼吸、またはIRVのように吸気時間を延長させた換気様式を用いた際に、発生しやすいことが指摘されている。今回我々はモデル肺を用いて、コンプライアンス(C_T)、気道抵抗(R)、換気回数(f)並びにI:Eなどが、auto-PEEPに及ぼす影響を検討した。

[方法]

実験1：Bird 8400STにTTLモデル肺を装着し、 $V_T=500\text{ml}$ 、I:E=1:2の換気条件にて、 f を5ないし30/minと変化させた時の気道内圧並びに肺胞内圧を測定した。その際、モデル肺には50cmH₂O/L/secのレジスタ型抵抗を装着した。実験2： $V_T=500\text{ml}$ 、 $f=15/\text{min}$ 、I:E=1:2の換気条件にて、 C_T を20、30、40、50L/cmH₂Oに設定し、それぞれの C_T においてRを2ないし80cmH₂O/L/secに可変した際のauto-PEEPを測定した。実験3-a：Rを左右異なる条件(左肺： $R=50\text{cmH}_2\text{O}/\text{L/sec}$ 、右肺： $R=5\text{cmH}_2\text{O}/\text{L/sec}$)にして、両肺の C_T を10あるいは50ml/cmH₂Oに設定した。実験3-b： C_T を左右異なる条件(左肺： $C_T=10\text{ml}/\text{cmH}_2\text{O}$ 、右肺： $C_T=5\text{ml}/\text{cmH}_2\text{O}$)にして、両肺のRを5あるいは50cmH₂O/L/secに設定した。

[結果]

実験1： f を増加させると、PEEPレベルは極めて弱い勾配ながら直線的に上昇した($Y=-0.33+0.09X$, $r=0.98$)。一方、auto-PEEPレベルは f の増加とともにない、指數関数的に上昇し($Y=e^{-1.54+0.15X}$, $r=0.98$)、 $f=20/\text{min}$ 以上でその差は拡大した($f=20/\text{min}$:PEEP=1.6対auto-PEEP=4.5cmH₂O、 $f=25/\text{min}$:2.0対10cmH₂O、 $f=30/\text{min}$:2.0対16cmH₂O)。実験2：換気条件を一定にしRを変化させると、auto-PEEPレベルは、Rを大きくするに従って指數関数的に上昇した。その上昇の程度は C_T が大きいほど強かった($C_T=50\text{ml}/\text{cmH}_2\text{O}$: $Y=e^{-0.79+0.02X}$, $r=0.99$ 、 $C_T=40\text{ml}/\text{cmH}_2\text{O}$: $Y=e^{-0.69+0.02X}$, $r=0.99$)。実験3-a：Rが左右異なる肺において両肺の C_T を高く設定すると、IE=1:2に

比してIRVでは、左右肺の換気量の差が減少した。特に1:1IRVにおいてその差が最小となった。一方、 C_T が低い場合には、 C_T が高い時より左右肺の換気量の差は小さく推移するが、ここでもIRVの有用性が認められた。左右肺胞内圧の推移を見ると、 C_T が高い場合にはRが高い肺にauto-PEEPが発生し、I:Eを大きくするに従って、auto-PEEPレベルが上昇した(I:E=1:3において5.5cmH₂O)。しかし、 C_T が低い場合にはRあるいはI:Eの差にかかわらず、両肺ともauto-PEEPは発生しなかった。実験3-b：左右の肺で C_T が異なる例において両肺のRを高くすると、左右肺の不均等換気が強くなった。この不均等換気を是正するためには3:1IRVが効果があった。また、気道内圧並びに肺胞内圧の推移を見ると、 C_T が高く、かつRが高い肺においてauto-PEEPが発生し、I:Eを大きくするに従って、auto-PEEPレベルが上昇した(I:E=1:3において10.5 cmH₂O)。このモデル肺において5cmH₂OのPEEPを付加すると、いかなるI:Eにおいても、その値が気道内圧並びにauto-PEEPに加算された。

[まとめ]

C_T が高いモデル肺において気道抵抗を増加すると、auto-PEEPレベルが指數関数的に上昇した今回の結果より、気道閉塞が著しい病態の人工呼吸時には気道内圧の測定から判断されるPEEP圧よりも、はるかに高いレベルのauto-PEEPが発生することが示唆される。今回の検討より、閉塞性肺疾患例においてauto-PEEPレベルを上昇させないように人工呼吸を行うには、呼吸回数は15/minまでが適切と考えられる。また、IRV時にauto-PEEPが発生して、酸素化能を改善すると考えられているが、I:Eの増大とともにそのレベルが上昇することが明示された。またauto-PEEPが存在している例にIRVまたはPEEPを付加すると、それぞれの気道拡張作用によりauto-PEEPが軽減されるとの報告もあるが、今回のモデル肺はdynamic compressionがないので、PEEP圧がそのままauto-PEEPに加算された。