

1 人工呼吸が呼吸器系に及ぼす影響

大阪大学医学部附属病院集中治療部

西村匡司、妙中信之

人工呼吸器の出現が多くの急性呼吸不全患者の生命を救ってきたことは間違いないことである。しかし、人工呼吸そのものが肺組織を傷害することが近年注目されている。全肺容量を越えて肺組織を拡張することを繰り返すと、肺組織が傷害されることはよく知られている。もう一つの機序としては虚脱した肺胞が再拡張するときに末梢の気道や肺胞が受ける shearing forces がある。静的圧-容量曲線上には二つの inflection points があり、upper inflection point (UIP)、lower inflection point (LIP) と呼ばれている。UIP は過膨張の始まる圧を、LIP は虚脱した肺胞が再拡張する圧を反映する。したがって、これらの点は陽圧換気による肺損傷の発生に重要な意味を持っている。人工呼吸による肺損傷発生の機序を中心に人工呼吸が呼吸器系に及ぼす影響について考察する。

Volutrauma：この肺傷害についてはよく知られている。実験的根拠としては Dreyfuss の報告が有名である。この考えを呼吸管理に応用したのが permissive hypercapnia (PHY) である。PHY では静的圧-容量曲線上の UIP を越えて換気しないことがポイントである。一般に最高気道内圧(PIP)を 35cmH₂O 以下(または肺胞内圧 30cmH₂O 以下)で換気することが推奨される。しかし、臨床的には患者により UIP は異なり、個々の患者で安全な PIP を決める必要がある。

Shearing forces：Marini らのグループは仰臥位で背側の肺胞が虚脱しやすく、背側で shearing forces による肺損傷が発生しやすいと報告している。この機序による肺損傷の発生に関与する因子を明らかにする目的で実験を行った。呼吸器側の因子として PIP と PEEP を、患者側の因子として体位と自発呼吸の有無を選択した。家兎をベントバルビタール麻酔下に気管切開し、以下に示すような条件で人工呼吸を行った。(1) PIP 30cmH₂O、PEEP 0cmH₂O、supine、pancuronium 投与、(2) PIP 20cmH₂O、PEEP 0cmH₂O、

supine、pancuronium 投与、(3) PIP 30cmH₂O、PEEP 5cmH₂O、supine、pancuronium 投与、(4) PIP 30cmH₂O、PEEP 0cmH₂O、prone、pancuronium 投与、(5) PIP 30cmH₂O、PEEP 0cmH₂O、supine、pancuronium 投与なしの 5 群である。F_IO₂ は全群とも 0.21 とした。血液ガスは 30 分毎に測定し、PaO₂ が 50 mmHg 以下となった時点または 5 時間経過した時点で肺を取りだし組織学的検査を行った。1 群では人工呼吸開始 2~3 時間以内に PaO₂ が低下しはじめたが、他の 4 群では 5 時間以内に PaO₂ が低下しはじめた動物はいなかった。組織学的には 1 群のみ背側で変化が著明で炎症細胞の浸潤、弾性線維の断裂、肺硝子膜の形成など diffuse alveolar damage の所見を呈していた。PIP 30 cmH₂O は UIP ぎりぎりの一回換気量が得られる値であり、volutrauma も完全に否定できない。しかし、背側に傷害が強かったことから volutrauma は否定的である。UIP 以下の気道内圧でも肺損傷が発生すること、肺損傷が主として背側で発生したこと、低いレベルの PEEP が正常肺の傷害を予防したことより shearing forces により肺傷害が発生したものと考えられる。一方、伏臥位で肺損傷が予防された理由としては Mutoh らの報告にあるように伏臥位の方が胸腔内圧の分布が均等であり、虚脱がおこりにくいことが考えられる。自発呼吸が残っている場合も同様に dependent region にかかる腹圧を軽減することなどにより肺胞虚脱が発生しにくかったものと推察される。

人工呼吸による肺損傷に二つの機序が関与している。この肺損傷の発生には人工呼吸器の設定条件だけではなく、体位や自発呼吸の有無といった患者側の要因も関与している可能性がある。個々の患者で呼吸器系に傷害のすくない呼吸管理の方法を考慮することが最も重要である。