

A-4 Partial Liquid Ventilation (PLV)の基礎的研究—第9報 ：サーファクタント欠乏肺における 高頻度振動換気法 + PLV の問題点の解明

長野県立こども病院 新生児科、麻酔科²⁾

○田村正徳、依田達也、山崎崇志、馬場淳、
岩田正道、島崎英、川上勝弘²⁾

サーファクタント欠乏肺モデルの家兎を、PLVとHFVを組み合わせて人工換気し、換気効果・循環動態への影響・病理所見等を検討した。

[方法] 6羽の家兎を静脈麻酔下に気管切開し、3.5Frのマリノット社製気管内チューブを挿入後、HummingIIに接続し、30ml/Kgの温生食にて5回肺洗浄した後CMVモード (FiO₂ 1.0, 換気圧30/5cmH₂O, 30回/分)にて30分間人工換気を施行し、サーファクタント欠乏肺モデルとした。その後、Fluorinert R 84 (以下FC84)を5ml/kgづつ合計15ml/kg気道内に注入し、CMVモードとHFVモードにて人工換気の効果と比較した。1羽の家兎では、FC84注入後胸部レントゲン写真とCT検査を実施した。実験中はカラーモニターとパルスオキシメトリーの持続点滴による麻酔を維持し、必要に応じて動脈血ガス分析を反復し、動脈血圧・CVP・心拍数を連続モニターした。実験終了後、肺をホルマリン固定し、病理学的検討を行った。

[換気条件] FiO₂は1.0に固定した。CMVでは、肺洗浄前は換気圧15/2cmH₂O・換気回数20/分・平均気道内圧(MAP)5cmH₂Oとし、洗浄後は30/5cmH₂O・30/分とした。HFVでは、MAPを肺洗浄前は5cmH₂O、肺洗浄後は15ないし20cmH₂Oとし、振動回数(Fr)は15Hzを基本としたが、一部の動物では、10Hz・20Hzと比較し、一回換気量(SV)も5~30と変化させた。

[結果] 1) PaO₂はFC84注入後、CMVでは量依存性に有意に上昇したのに対して、HFVではMAPが15cmH₂Oでは逆に顕著に低下し、MAPを20cmH₂Oに上げるにより速やかに上昇した。これは10ml/kg以上のFC注入でより顕著であった。2) MAPを18cmH₂O以上と高めに維持すれば、洗浄肺家兎でもHummingIIを用いたPLV+HFVにて適切なガス交換を維持する事が出来た。通常のHFVと違ってPLV+HFVでは、MAPがPCO₂に大きく関与した。3) PaCO₂はSVが大きいほど、またFrが大きいほど低下した。炭酸ガス排泄量はSV^{1.16} × Fr^{0.44}に比例すると考えられた。4) HFV施行中に、気管内チューブの側

管からFCを10ml/kg注入すると、胸壁振動が顕著に減衰し、気道内圧振幅が増大した。MAPを15から20cmH₂Oに上げるにより胸壁振動は回復した。5) MAP20cmH₂Oでは、15cmH₂Oに比較して動脈血圧・CVPは有意に低下した。6) 洗浄肺家兎では、PLV+HFV (MAP20cmH₂O)による3時間の人工換気で、肺胞には軽度の硝子膜形成と細胞浸潤が見られるのみで、ガスを用いたCMVに比較して肺損傷は軽微であった。7) 1-5の現象は10, 15, 20Hzいずれの振動回数でも認められた。8) 肺のCT像で観察すると、仰臥位の成熟家兎では、気道内圧が0の時は15ml/KgのFC-84で、ほとんどの気道が満たされていたが、20cmH₂Oの加圧時には、ガスが腹面を中心に肺胞内に進入し、FCの多くは背面に移動していた。

[考察] 肺のCT画像より、FCの気道内分布は気道内圧と体位により大きく変化することが示された。CMVでは、気道内の圧変化が大きいため、吸気時にはガスの一部は肺胞内に達し、ガスとFCの接触面積も著しく増大する。一方HFVでは、気道内圧は極くわずかしき変化しないため、大量のFCが気道内に注入された場合、低いMAPでは上部気道までFCに満たされた状態となり、ガスとFCとの接触面積が著しく小さくなると考えられる。この状態ではHFVでは、胸壁の振動が急激に減衰し、同時にPO₂が急速に低下し、PCO₂が上昇し、MAPを上げてやるとPO₂・PCO₂ともに回復することから、HFV+PLVにおいてはガスとFCの接触面積を一定以上に保つことがガス交換の維持に必要なことが明らかとなった。CMVではFCの気管内注入量に比例してPO₂が上昇したのに対して、HFVでは10ml/kgよりも5ml/kgのFC注入時の方がPO₂が高かったこともこの仮説を支持する。このように高いMAPを必要としたにもかかわらず、HFV+PLVで3時間人工換気をされた家兎の肺胞の病理学的異常が軽微であったことも興味深いことである。