



# 心肺蘇生時の換気と循環動態における新しい知見

## Physiological advances in ventilation and circulation interactions during CPR

CPR 中の換気と循環の interaction (相互関係) における生理学的進展

演者 **ジャン クリストフ リシャル** 先生  
**Jean-Christophe Richard, MD PhD.**

アヌシー総合病院(フランス) 救急・集中治療部 SAMU74 教授  
Professor, SAMU74, Emergency and ICU department,  
General Hospital Annecy, France

Although progresses have been made regarding the management of Cardio-Pulmonary Resuscitation (CPR), recommendations for ventilation are relatively weak. In fact, a lot of uncertainties remain regarding pathophysiology surrounding cardio-pulmonary interactions during CPR. The role played by ventilation in the settings of cardiac arrest (CA) have been neglected and underestimated for several years because physiological research in patients with cardiac arrest is complex and difficult to perform. As example, controversies exist about inducing negative intra-thoracic pressures and, in the opposite, the real effect of positive pressure ventilation on circulation. Although negative pressures could enhance circulation, clinical results have been disappointing for unclear reasons. Positive pressure has been advocated to magnify circulation in only few animal studies. Most of animal studies addressing the question of pulmonary-circulation interactions have been performed on pigs but morphological and anatomic differences with human's thorax may explain, at least in part, inconsistencies within animal and clinical studies.

Our group developed a specific artificial lung model reproducing the dynamic behaviour of lungs volumes and small airways observed during CPR in OHCA patients. We described that lung volume is reduced below the FRC during continuous chest compressions (CCC) leading to small lung airways closure. These observations were reproduced in a specific non-rigid Thiel cadaver's model demonstrating the reversibility of the dynamic small airways closing pressure when PEEP was increase above closing pressure. Interestingly, this closing phenomenon has never been observed in pigs. We hypothesised that lung airways closure may affect EtCO<sub>2</sub> pattern during CCC. In a series of 100 OHCA patients, we showed that a specific oscillating EtCO<sub>2</sub> pattern was associated with lungs airways patency while almost 30% of these patients exhibited a non-oscillating pattern suggesting airways closure (under review).

Lung volume reduction and small airways closure could affect oxygenation and CO<sub>2</sub> elimination during CPR. In addition, anatomical thoracic differences between animals and humans may participate to the inconsistencies regarding the effect of either negative or positive pressure strategies tested during CPR.

### <和訳>

心肺蘇生 (CPR) の管理に進展が見られる中で、換気についての勧告ではあまり進展は見られていない。実際、CPR 中の心肺相互作用に係る病態生理学について非常に多くの不確実さが残ったままである。心停止患者における生理学的な研究は複雑で、実施は困難であるため、心停止 (CA) という状況において人工呼吸器が果たす役割は何年にも渡り軽視され、低い評価に留まっている。例えば、胸腔内に陰圧を引き起こすことや、循環に対する陽圧換気の真の影響について、議論が存在している。陰圧は循環を増大させる可能性があるが、理由は不明であるものの、良好な臨床結果は得られていない。陽圧は循環を拡大すると提唱しているのは、非常に限られた動物実験においてのみである。心肺相互作用の疑問についての動物実験の殆どは豚で行われているが、ヒトの胸郭との形態学的及び解剖学的な相違は、少なくとも部分的に、動物実験と臨床研究における矛盾を説き明かす可能性がある。

我々のグループは OHCA (院外心停止) 患者に対する CPR 中に観察される肺容量の動的な動き及び細気管支を再現する特殊な人工肺モデルを開発した。持続的な胸骨圧迫 (CCC) の際に肺容量が FRC 以下に低下することで、肺の細気管支が閉塞することに繋がることを我々は説明した。これらの観察は Thiel 法により固定された非硬直性献体モデルにおいてなされたもので、PEEP が細気管支閉塞圧を超えるように設定された場合には細気管支は閉塞しないことを示した。興味深いことに、この細気管支の閉塞は豚では観察されなかった。肺の気管支の閉塞は CCC 中の EtCO<sub>2</sub> パターンに影響を与える可能性があるとして我々は推測している。100 人の一連の OHCA 患者において、特異的振動が見られる EtCO<sub>2</sub> パターンは肺の気管支の開閉性に関係することを示したが、その一方でこれらの患者のほぼ 30% は気管支の閉塞を示唆する非振動性のパターンを示した (レビュー中)。

肺容量の低下及び細気管支の閉塞は、CPR 中の酸素化及び CO<sub>2</sub> の排出に影響を与える可能性がある。さらに、動物とヒトとの胸郭の解剖学的な相違は、CPR 中の陰圧戦略あるいは陽圧戦略の効果についての矛盾に関係する可能性がある。

## Emerging ventilation strategy during cardiopulmonary resuscitation

### 心肺蘇生中の新しい換気戦略

演者 **大下 慎一郎** 先生 広島大学大学院 医歯薬保健学研究所  
救急集中治療医学 准教授

心肺蘇生法 (CPR) において人工呼吸器管理は重要な位置を占めているが、バグバルブマスク換気の代わりに人工呼吸器を使用することの有用性は明らかになっていない。ヨーロッパ蘇生協議会 (ERC) では、CPR において胸骨圧迫を行う際、気管挿管後に一定のリズムで陽圧換気を行うことを推奨している。CPR 中に人工呼吸器を使用することには、いくつかの有益性がある。まず、人工呼吸器を用いることで、医師・看護師は CPR 中に用手換気以外の処置を行うことができるようになる。さらに、人工呼吸器は換気量を確保し、換気リズムを保つことができる。しかし、人工呼吸器使用により胸腔内圧が過度に上昇したり、胸骨圧迫との非同調によって換気量低下を起こすこともありうる。

MONNAL T60 ベンチレータ (仏国 エア・リキードメディカルシステムズ社製) に搭載された新しい換気モード「CPV モード」は、CPR 中の過剰な胸腔内圧上昇を起こすことなく換気量を確保し、換気リズムを保つことができる新たな人工呼吸モードである。我々の施設では、11 名の心肺停止患者に CPV モードを用いて心肺蘇生を試みた。その結果、最高気道内圧は制限された状態で一回換気量も確保でき、換気回数は完全に一定リズムに保たれることが分かった。しかし、外傷性気胸の患者においては CPV モードの有効性が減弱することも明らかになった。

CPV モードは、CPR において最高気道内圧を制限しつつ、かつ換気量を確保しながら一定の換気回数を保つことができる新たな人工呼吸管理法となる可能性がある。