

Le manovre di reclutamento alveolare nell'ALI/ARDS: quale la reale utilità?

A.N. Cracchiolo*, D.M. Palma*

Anestesia e Rianimazione Polivalente II

Azienda Ospedaliera di Rilievo Nazionale ad Alta Specializzazione AORNAS

Ospedale Civico Di Cristina Benfratelli

Palermo

Novembre 2010

* Responsabili Editoriali

Timeoutintensiva.it Open Network

Introduzione

Una notevole quantità di lavori scientifici ha ampiamente dimostrato il danno potenziale che la ventilazione meccanica può avere in pazienti ricoverati in terapia intensiva. Il riconoscimento che la ventilazione meccanica può per se indurre e aggravare una lesione polmonare, ha ridato interesse allo studio della fisiologia polmonare. In particolare è stato evidenziato che nei polmoni di pazienti affetti da Acute Lung Injury / Acute Respiratory Distress Syndrome (ALI/ARDS) la riduzione e la non omogenea distribuzione del volume polmonare, è responsabile di sovra distensione delle unità alveolari integre. Inoltre la presenza di aree di consolidamento conseguenti ad edema, compressione ed atelettasia da riassorbimento, espone i polmoni a cicli ripetuti di apertura e collasso, e tale condizione gioca un ruolo cardine nell'insorgenza di VILI (Ventilator Induced Lung Injury).¹ Il ricorso ad una ventilazione protettiva abbinata alle manovre di reclutamento alveolare (MRA) nei pazienti affetti da ALI/ARDS sono elemento cardine per la prevenzione di tale tipologia di danno VAM-correlato. Obiettivo del nostro lavoro è dare un'interpretazione pratica alla letteratura pubblicata relativa alle MRA nei pazienti affetti da ALI/ARDS.

Ventilazione protettiva: ovvero non sovra distendere e non dereclutare.

Durante ogni ciclo respiratorio in ventilazione meccanica, i polmoni sono sottoposti a una sovra distensione, che si realizza in fase tele inspiratoria ed a un collasso alveolare che si manifesta in fase tele espiratoria, condizioni che espongono la parete alveolare a forze di stress tangenziale. Di conseguenza il punto di attacco tra la parete alveolare e lo spazio peri vascolare costituisce la regione che più facilmente andrà incontro a fenomeni di perdita di continuità con penetrazione di aria nello spazio interstiziale, formazione di edema dovuto all'elevato gradiente pressorio trans vascolare, traslocazione batterica e alterazioni che coinvolgono l'epitelio e l'endotelio con perdita della loro integrità anatomica e funzionale. Le forze di stress tangenziale possono determinare l'attivazione del fattore nucleare K, in grado a sua volta di attivare citokine ad attività pro infiammatoria (IL-1 IL-6 TNF-); questo può indurre ed amplificare una sindrome da disfunzione multi organo. Questi eventi, tendono ad

aumentare la tensione della parete alveolare, spiegando in tal modo sia la naturale tendenza al collasso degli alveoli di questi pazienti che la notevole quantità di energia che dovrà essere applicata per riespandere queste unità polmonari.² L'insieme di queste considerazioni ha di fatto condotto all'idea di ventilare il paziente con una modalità "protettiva", evitando cioè di sovra distendere il polmone durante le diverse fasi del ciclo respiratorio. La validità di questa idea è stata mirabilmente dimostrata dallo studio dell'ARDSNET che ha evidenziato come un gruppo di pazienti ventilati con modalità definita "protettiva" (volume corrente 6 ml/Kg e pressione di plateau <30 cm H₂O) avevano una mortalità ospedaliera più bassa rispetto a un gruppo trattato con modalità tradizionale (volume corrente 12 ml/Kg).³ Quindi, il principio per il quale in ventilazione meccanica si deve, per quanto possibile, mantenere un volume corrente di circa 6 ml/Kg e una pressione di plateau inferiore ai 30 cm H₂O, allo scopo di evitare sovradistensione alveolare, è ormai da tutti accettato.

L'uso di una ventilazione a bassi volumi correnti, però, può rendersi responsabile di dereclutamento alveolare con atelettotrauma e ipossiemia nei pazienti con ALI/ARDS. Si tratta, infatti, di una patologia polmonare caratterizzata da una notevole tendenza al collasso alveolare, condizione accentuata dall'uso di miscele gassose ad elevata frazione inspiratoria di ossigeno (FiO₂) e dalle manovre di aspirazione tracheo-bronchiale.⁴ Per questo motivo sono state proposte come elemento complementare alla ventilazione meccanica le MRA, allo scopo di prevenire l'atelettasia, mantenere costante il volume polmonare e migliorare l'ossigenazione.

Il reclutamento alveolare è un processo dinamico che ha come obiettivo la riapertura di unità alveolari atelettasiche, e che si ottiene con un incremento della pressione tran spolmonare. Tale incremento è necessario per superare la pressione critica di apertura degli alveoli collassati. Il reclutamento conduce ad un aumento del numero totale degli alveoli disponibili per la ventilazione e ciò si concretizza in un aumento della compliance polmonare e toracica, incremento della capacità funzionale residua (che ricordiamo essere la somma di volume residuo e volume di riserva espiratorio), riduzione della resistenza delle piccole vie aeree, riduzione del consumo di ossigeno dei muscoli respiratori e riduzione dello shunt.

A tal proposito è fondamentale riuscire a determinare il livello ottimale di pressione positiva di fine espirazione (PEEP) che dovrebbe essere applicato per evitare il dereclutamento alveolare.

Per meglio chiarire questo concetto consideriamo utile ricordare alcuni concetti di fisiologia polmonare. Le proprietà elastiche del polmone sono state classicamente descritte in termini di relazione volume-pressione (V/P). Le pressioni sviluppate durante l'inspirazione dal polmone e dalla gabbia toracica si sommano determinando la pressione sviluppata dall'intero sistema respiratorio. Al termine dell'espirazione, la capacità funzionale residua (CFR), rappresenta il volume di equilibrio del sistema respiratorio determinato dalle opposte forze elastiche del polmone e della gabbia toracica. Nei soggetti sani la CFR e il punto di equilibrio elastico del sistema respiratorio corrispondono al volume di fine espirazione e in queste condizioni il suo valore è pari al 35% della capacità polmonare totale. Per valori superiori, e fino all'85% della capacità polmonare totale, le relazioni V/P del sistema toraco-polmonare in soggetti sani sono lineari. Nei pazienti con ALI/ARDS le curve V/P sono

caratterizzate dalla comparsa di due punti di flesso:

- 1) La deflessione iniziale o punto di flesso inferiore (Lower Inflection Point LIP), che indica la pressione critica di apertura delle zone alveolari atelettasiche.
- 2) La deflessione finale o punto di flesso superiore (Upper Inflection Point UIP), che indica il volume a cui comincia l'iperinflazione delle strutture alveolari.

Per ottenere informazioni sul volume reclutato è necessario confrontare la curva V/P statica del sistema respiratorio ottenuta a PEEP zero (ZEEP) con quella ottenuta ad un definito livello di PEEP costruita sullo stesso sistema di assi cartesiani. La capacità della PEEP di indurre un reclutamento alveolare verrà dimostrata da uno spostamento verso l'alto, sull'asse dei volumi, della curva ottenuta con la PEEP rispetto a quella ottenuta a ZEEP. Questo testimonia che, per un determinato livello di pressione applicata al sistema toraco-polmonare, il volume polmonare è più elevato con PEEP che senza. Gli effetti che la PEEP può produrre sulla compliance statica toraco-polmonare sono variabili, e dipendono dalla pendenza della curva V/P e dall'entità del volume corrente impiegato e, non ultimo, dalle caratteristiche meccaniche dell'apparato respiratorio del paziente. Quindi possiamo affermare che in caso di reclutamento la PEEP aumenta la compliance polmonare, mentre in caso di sovradistensione la compliance statica si riduce.⁵ Da quanto sopra descritto appare evidente che, una volta eseguita la MRA, si dovrà settare sul ventilatore una PEEP che abbia un valore maggiore del LIP della curva V/P. Questo al fine di evitare fenomeni di dereclutamento alveolare. Riteniamo interessante ricordare che nel 2001 Maggiore et al ⁶ produssero un lavoro nel quale veniva valutato il grado di reclutamento alveolare che si otteneva impiegando livelli di PEEP decrescenti. Gli autori evidenziarono che l'impiego di PEEP con valori incrementati al di sopra del LIP, era caratterizzato da un ulteriore reclutamento alveolare. Di conseguenza il LIP non riflette la pressione di apertura di tutte le unità alveolari, ma solo il valore al quale il reclutamento di unità alveolari collassate ha inizio, ed il reclutamento è un processo continuo che prosegue anche per valori di pressione ben più alti. L'implicazione pratica di questo lavoro è notevole, poiché viene messa in discussione la validità assoluta dell'uso del LIP come valore per settare la PEEP su una curva P/V eseguita a Zero PEEP. Stando alle attuali conoscenze la migliore modalità con la quale determinare il livello ottimale di PEEP da settare sul ventilatore al termine delle MRA sembra essere quella proposta da Hickling et al ⁷ i quali hanno eseguito trial con livelli di PEEP decrescenti. Secondo gli autori la "Best PEEP" è quella che permette di ottenere la migliore ossigenazione con la migliore compliance al minore valore di FiO₂. Una volta che il livello ottimale di PEEP è stato identificato, si esegue un'ulteriore MRA, e il valore definitivo viene settato 2 cm H₂O al di sopra del livello ottimale. Le MRA non sono scevre da complicanze, in particolare possono avere delle ripercussioni emodinamiche sul paziente. L'incremento della pressione intratoracica determina una riduzione del ritorno venoso, con conseguente riduzione della gittata cardiaca. L'entità di questa riduzione dipenderà da diverse variabili quali il grado di riempimento vascolare (iponormo-ipervolemia), i livelli di PEEP applicati e il grado delle resistenze vascolari polmonari. L'aumento del volume polmonare può generare un aumento del postcarico del ventricolo destro, dovuto ad un aumento delle resistenze vascolari polmonari. La riduzione della frazione di eiezione del ventricolo sinistro osservata in alcuni casi è legata alla riduzione del

ritorno venoso ma anche al fenomeno dell'interdipendenza ventricolare che consiste nella riduzione della compliance ventricolare sinistra in seguito alla dilatazione del ventricolo destro. Questo fenomeno si accentua nei casi di sbandieramento del setto interventricolare. Durante manovre di reclutamento alveolare si è evidenziato un incremento della frequenza cardiaca e della pressione venosa centrale, mentre altre variabili quali pressione arteriosa media, pressione capillare polmonare di occlusione, saturazione venosa centrale in ossigeno non mostrano modificazioni significative. Interessante è notare come la riduzione della frazione di eiezione potrebbe determinare una riduzione dello shunt intrapolmonare, legato a zone con basso rapporto ventilazione/perfusione, rendendosi responsabile di per sé di un transitorio miglioramento dell'ossigenazione.⁸

Nonostante ALI/ARDS venga descritta come una patologia che coinvolge in modo omogeneo entrambi i polmoni, studi di diagnostica per immagini hanno evidenziato un non uniforme coinvolgimento del parenchima polmonare.⁹ Infatti, in questi polmoni coesistono aree di parenchima collassato o consolidato (localizzate prevalentemente nelle regioni dipendenti, paravertebrali dorsali e diaframmatiche), confinanti con aree che appaiono areate e ventilate in modo apparentemente normale.

L'utilità delle manovre di reclutamento alveolare in termini di ossigenazione e di riventilazione di aree polmonari collassate è ormai confermata da diversi studi di fisiologia respiratoria.

Tecniche di reclutamento

Diverse metodiche sono state impiegate con il fine di reclutare il polmone. Nello studio di Pelosi et al ¹⁰ del 1999, vennero applicati tre sospirone consecutivi in un minuto con una pressione di plateau di 45 cm H₂O, per un ora, che portarono ad un incremento del volume polmonare di fine espirazione, riduzione dello shunt intrapolmonare e incremento dell'ossigenazione. Lapinsky et al ¹¹ impiegarono manovre di inflazione polmonare sostenute a 45 cm H₂O per 20 secondi, o alternativamente sfruttarono il picco pressorio ottenuto ventilando i pazienti con un Tidal Volume di 12 ml/Kg/min sempre per 20 secondi. Anche in questo lavoro si evidenziò un incremento dell'ossigenazione che in 10 dei 14 pazienti considerati veniva mantenuto per ben 4 ore. Un'altra metodica impiegata per ottenere reclutamento alveolare è quella proposta da Lim et al ¹² basata sull'impiego dell'"extended sigh". Questo sospirone prolungato veniva ottenuto attraverso una graduale riduzione del volume corrente da 8 a 2 ml/Kg/min, e da un contemporaneo incremento della PEEP da 10 a 25 cm H₂O. Nel momento in cui il paziente era ventilato con un tidal volume di 2 ml/Kg/min e una PEEP di 25 cm H₂O, una Continuous Positive Airway Pressare (CPAP) pari a 30 cm H₂O veniva applicata per 30 secondi. Successivamente veniva eseguita una sequenza inversa che riportava il paziente alla modalità di ventilazione iniziale. Anche con questa tecnica fu possibile dimostrare un incremento dell'ossigenazione statisticamente significativo. Nel 2002 Bein et al ¹³ proposero una metodica basata sull'aumento del picco pressorio applicato alle vie aeree fino a 60 cm H₂O che veniva raggiunto in 30 secondi, e che veniva mantenuto per i successivi 30 secondi. Questa tecnica si dimostrò poco efficace nell'incrementare l'ossigenazione e gravata da un deterioramento dell'emodinamica cerebrale. E' doveroso

precisare che questo ultimo lavoro considerava pazienti con lesione cerebrale, condizione che limita l'impiego di livelli di PEEP elevati che possono causare un pericoloso aumento della pressione intracranica. È opinione comune che nei pazienti con lesione cerebrale la MRA dovrebbe essere evitata. Quando necessaria riveste il carattere di manovra di salvataggio, e dovrebbe essere eseguita con estrema cautela, con pressioni respiratorie e intracraniche costantemente monitorizzate, e con un'applicazione della pressione alveolare per un periodo di tempo ridotto. Il reclutamento può essere praticato anche in pazienti in respiro spontaneo, come dimostrato dallo studio di Patronati et al¹⁴ il quale ha utilizzato in pazienti ventilati in Pressure Support Ventilation (PSV) una CPAP maggiore del 20% rispetto al picco pressorio abituale, per una durata di 3-5 secondi, applicata ogni minuto per un'ora. Anche questa metodica permise di ottenere un incremento dell'ossigenazione e della compliance. Infine Constantin et al¹⁵ nel 2008 hanno prodotto un lavoro nel quale venivano valutate due diverse metodiche di reclutamento: una CPAP di 40 cm H₂O della durata di 40 secondi, ed un extended sigh con PEEP settata 10 cm H₂O al di sopra del LIP ottenuto sulla curva P/V, per una durata di 15 minuti. La tecnica basata sull'extended sigh si dimostrò più efficace nell'incrementare i volumi e l'ossigenazione a 5 e 60 minuti dalla manovra. Inoltre la metodica CPAP evidenziò effetti negativi sull'emodinamica dei pazienti. Dall'analisi di questi lavori si evince come, in senso assoluto, non esiste una modalità ottimale con la quale eseguire il reclutamento. Qualsiasi incremento della pressione trans toracica, comunque ottenuto, può di per sé produrre reclutamento alveolare. Si deve ancora evidenziare come spesso la scelta della tecnica utilizzata dipenderà dalle caratteristiche funzionali e dalle opzioni operative possibili con il ventilatore di cui disponiamo, oltre che dalle condizioni cliniche del paziente. Infine esistono dati contrastanti relativi alla durata degli effetti benefici che il reclutamento produce in termini di ossigenazione, poiché mentre alcuni lavori riportano incrementi dei valori ematici in ossigeno che perdurano fino a 4 ore dalla manovra¹⁰, altri evidenziano come gli effetti positivi sull'ossigenazione osservati immediatamente dopo la manovra, vengono perduti nei successivi 15-30 minuti.¹⁶⁻¹⁷ Dall'analisi degli studi sull'argomento l'inflazione sostenuta sembra essere la metodica più utilizzata (45%).⁷

L'esecuzione di MRA richiede un certo grado di sedazione del paziente, mentre la paralisi muscolare viene ritenuta non sempre necessaria. Alla luce delle nostre esperienze consideriamo di grande utilità che il paziente sia adeguatamente miorilassato durante la MRA e ciò al fine di massimizzare la riapertura alveolare, evitando disadattamenti dal ventilatore e picchi pressori eccessivi, potenzialmente barotraumatici. Ricordiamo infine ancora una volta che, al termine della manovra, è indispensabile stabilizzare gli alveoli con un PEEP adeguato al fine di evitare fenomeni di dereclutamento.

Fattori che influenzano la risposta alle manovre di reclutamento.

La risposta alle MRA dipende da molteplici fattori: l'origine del distress (polmonare o extrapolmonare), il grado di progressione della lesione (precoce o tardiva), la posizione del paziente durante l'esecuzione delle MRA, e la modalità e i parametri di impostazione del ventilatore precedenti all'esecuzione della manovra. Visto che molte sono le variabili in gioco, appare evidente che non tutti i pazienti avranno la stessa risposta alle manovre di

reclutamento.

Per quanto concerne l'origine del distress, nell'ARDS primitiva (polmonare) la struttura primariamente danneggiata è l'epitelio alveolare che perdendo la propria integrità andrà incontro a fenomeni di edema, con depositi di fibrina e di neutrofili. Nelle forme secondarie (extrapolmonare) i mediatori dell'infiammazione sono prodotti e liberati da regioni extrapolmonari nella circolazione sistemica, e determinano congestione del microcircolo ed edema interstiziale, con perdita di spazi alveolari. Di conseguenza la ARDS polmonare è caratterizzata prevalentemente da tessuto polmonare consolidato, mentre le forme extrapolmonari presentano maggiori quote di tessuto atelettasico con edema interstiziale. Lo studio di Gattinoni et al¹⁸ ha dimostrato come le MRA inducevano un reclutamento significativamente maggiore nelle forme extrapolmonari rispetto a quello ottenuto nelle forme primariamente polmonari. Inoltre successivamente gli stessi autori evidenziarono come l'atelettasia non era esclusivamente da addebitare alla compressione delle strutture alveolari, ma anche al riassorbimento dei gas, che si verifica a livello alveolare quando la quota di gas fisiologicamente riassorbito è maggiore rispetto a quello portato dalla ventilazione alveolare.¹⁷ Tale fenomeno è accentuato dall'uso di miscele gassose ad elevato contenuto in ossigeno, dalla ventilazione a bassi volumi e dall'uso di un livello di PEEP insufficiente. Fatte queste considerazioni gli autori concludevano affermando che l'uso di un livello di PEEP ottimale può prevenire la componente atelettasica legata alla compressione, ma non quella legata al riassorbimento, e che le MRA potrebbero prevenire l'atelettasia da riassorbimento. L'influenza che l'origine della lesione può avere sulle MRA è dimostrata da un lavoro condotto sull'animale, che ha studiato in modo comparativo gli effetti che le MRA avevano su tre diversi modelli di lesione polmonare: lavaggio con soluzione salina, lesione indotta da acido oleico e polmonite. Sebbene l'ossigenazione fosse depressa in modo equivalente in tutte e tre le lesioni, le MRA avevano un effetto importante in termini di ossigenazione esclusivamente nel modello ottenuto con lavaggio con soluzione salina, evidenziando come la peggiore risposta si otteneva nel modello con polmonite, condizione caratterizzata da elevata quota di consolidamento ed infiammazione.¹⁹ Infine non si possono dimenticare le influenze che le caratteristiche di compliance del sistema toraco-polmonare possono avere sull'efficacia delle MRA. Grasso et al¹⁶ hanno dimostrato come usando le stesse modalità di ventilazione e applicando MRA identiche per tempi e pressioni, e indipendentemente dall'origine della lesione polmonare (primitiva o secondaria), la migliore risposta alle MRA si otteneva nei pazienti con valori di compliance maggiori. Inoltre il valore di pressione transpolmonare che si otteneva nei soggetti non-responders era inferiore rispetto a quello ottenuto nei responders. Questo evidenzia come la meccanica respiratoria e l'uso di un livello di pressione adeguato sono in grado di influenzare la risposta del paziente alle MRA. Questo lavoro mostrava inoltre come le forme di ARDS precoce avevano una risposta alle MRA migliore rispetto alle forme avanzate: ciò, oltre che ai cambiamenti che la meccanica del sistema toraco-polmonare subisce in relazione alla durata della ventilazione, sembra vada correlato all'incremento della componente fibro proliferativa del polmone che aumenta nelle fasi avanzate della malattia.

Per quanto riguarda la posizione del paziente, la posizione prona può di per sé essere

considerata una MRA: infatti in questa posizione la pressione transpolmonare delle aree dorsali e paravertebrali dei polmoni aumenta determinando l'apertura di regioni alveolari fortemente atelettasiche, rendendole libere al flusso dei gas con incremento dell'ossigenazione. Sembra inoltre che la posizione prona può ridurre l'entità del VILI, o comunque ritardarne la comparsa, e questo potrebbe essere spiegato da diversi fattori:

- 1) Una più omogenea distribuzione del gradiente di pressione transpolmonare legata a cambi nelle interazioni tra polmone e gabbia toracica conseguenti a una riduzione della compressione polmonare operata dal cuore e dall'addome. Questo produce una migliore distribuzione della ventilazione.²⁰
- 2) Incremento del volume polmonare di fine espirazione, con riduzione dello stress tangenziale legato al dereclutamento alveolare.²¹
- 3) Modifiche nella perfusione polmonare regionale e/o nel volume ematico²²

Tutti questi dati suggeriscono che le MRA eseguite con paziente in posizione prona sono più efficaci rispetto a quelle eseguite con paziente in posizione supina.²³

Riteniamo importante sottolineare come lo studio degli effetti che la posizione prona è in grado di indurre sulla ventilazione polmonare è un argomento di importanza tale da richiedere un'analisi dedicata, limitandoci noi in questa sede a riportare i dati salienti che correlano la posizione prona alle MRA.

Infine si deve ricordare come anche la modalità di ventilazione precedente alla MRA è un fattore in grado di influenzarne l'efficacia. Il dereclutamento alveolare prodotto dalla ventilazione a basso volume corrente è considerato come uno degli effetti indesiderati di questa metodica. Due studi hanno preso in considerazione gli effetti del tidal volume sulle MRA, e i risultati furono decisamente contrastanti poiché il primo²⁴ evidenziava un'elevata efficacia delle MRA nei pazienti ventilati con basso volume corrente, mentre il secondo²⁵ riportava come un "volume history" protettivo correlava con una minore efficacia delle MRA. I risultati contrastanti che esistono tra i due lavori sono probabilmente da riferire a differenze relative alla tecnica di esecuzione, ma nonostante ciò, entrambe i lavori sottolineano come la modalità con la quale il paziente viene ventilato prima della MRA è in grado di influenzare in modo importante la risposta alle MRA.

Quali pazienti traggono beneficio dalle MRA?

Dalle evidenze dei lavori fino ad ora presi in considerazione, allo stato attuale l'unica condizione nella quale l'uso delle MRA trova una sua reale indicazione è come manovra di salvataggio nei pazienti affetti da ALI/ARDS con ipossiemia refrattaria alla ventilazione meccanica. Dobbiamo altresì evidenziare che se diversi lavori hanno stabilito la validità delle MRA in termini di incremento dell'ossigenazione e riduzione dello shunt, uno studio randomizzato controllato multicentrico che ha arruolato 983 pazienti e che ha confrontato una semplice ventilazione "open lung", con un'uguale modalità di ventilazione alla quale venivano aggiunti un livello di PEEP più elevato e MRA, non ha purtroppo evidenziato variazioni statisticamente significative nella sopravvivenza ospedaliera.²⁶

Controindicazioni ed effetti indesiderati legati alle manovre di reclutamento alveolare.

Le MRA dovrebbero essere evitate in pazienti con emodinamica compromessa, blebs o bolle evidenziate alla radiografia del torace, barotrauma pregresso, e pressione intracranica aumentata.

Gli effetti indesiderati di più frequente riscontro sono l'ipotensione e la desaturazione. Conseguenze serie quali barotrauma e aritmie sono di riscontro piuttosto raro e solo in poche occasioni si è dovuto interrompere una manovra di reclutamento per eventi avversi.⁷

Conclusioni

In conclusione possiamo affermare che esistono diverse modalità mediante le quali eseguire MRA, ma nessuna di queste si è dimostrata in modo assoluto la migliore. In pazienti adulti affetti da ALI/ARDS sottoposti a MRA si è evidenziato un incremento transitorio dell'ossigenazione. La selezione di un livello di PEEP ottimale al termina delle MRA è in grado di prevenire un successivo e rapido dereclutamento, e questo permette di ridurre lo stress meccanico al quale le pareti alveolari sono sottoposte durante ogni ciclo respiratorio. La frequenza di eventi avversi legati alla esecuzione di queste manovre è molto bassa. Molte questioni relative ai diversi aspetti trattati sono ancora prive di risposte certe e ulteriori studi randomizzati e controllati sono necessari. Stando alle attuali conoscenze non ci sono evidenze chiare e inconfutabili che permettono di incoraggiare o di dissuadere dall'uso routinario delle MRA. Pertanto le MRA devono essere considerate solo dopo un'attenta valutazione clinica, come manovra di salvataggio in pazienti affetti da ALI/ARDS con ipossiemia refrattaria alla ventilazione meccanica.

Bibliografia

- 1) Dreyfuss D, Ricard J.D., Saumon G. In Principles and Practice of Mechanical Ventilation. Second Edition. Edit by Tobin M.J. New York. Mc Graw Hill; 2006:903-930.
- 2) Marini JJ, Slutsky AS. Physiological basis of ventilatory support. Chapter 21. Marcy TW. Full ventilatory support. 783-816. Marcel Dekker ed. New York;1998.
- 3) The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med 2000;342:1301-8.
- 4) Maggiore S.M., Lellouche F., Pigeot J. Et al. A recruitment maneuver during endotracheal suctioning prevents derecruitment in acute respiratory distress syndrome (ARDS). Am J Respir Crit Care Med 2002, 165:A680
- 5) Grasso S., Mascia L., De Simone L., et al. Pressione positiva di fine espirazione (PEEP) e pressione positiva continua (CPAP). in Torri G., Calderini E.. Tecniche di ventilazione artificiale. Fogliazza Editore Milano 2000.
- 6) Maggiore S.M., Jonson B., Richard J.C., Jaber S., Lemaire F., Brochard L. Alveolar derecruitment at decremental positive end-expiratory pressure levels in acute lung injury : comparison with the lower inflection point, oxygenation, and compliance. Am J Respir Crit Care Med 2001,164;795-801
- 7) Hickling K.G.. Best compliance during a decremental, but not incremental, positive

end-expiratory pressure trial is related to open-lung positive end-expiratory pressure: a mathematical model of acute respiratory distress syndrome lungs. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163(1):69-78

8) Fan E., Wilcox M.E., Brower R.G., Stewart T.E., Metha S., Lapinsky S.E., et al. Recruitment maneuvers for acute lung injury. A systematic review. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;178:1156-1163

9) Gattinoni L., Pesenti A., Avalli L., Rossi F., Bombino M.. Pressure -volume curves of total respiratory system in acute respiratory failure: Computer tomographic scan study. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:730-6

10) Pelosi P., Cadringer P., Bottino N., Panigada M., Carrieri F., Riva E., et al. Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159:872-80

11) Lapinsky S.E., Aubin M., Metha S., Boiteau P., Slutsky A.S.. Safety and efficacy of a sustained inflation for alveolar recruitment in adults with respiratory failure. *Intensive Care Med* 1999;25:1297-301

12) Lim C.M., Koh Y., Park W., Chin J.Y., Shim T.S., Lee S.D., et al. Mechanistic scheme and effect of "extended sigh" as a recruitment maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome: a preliminary study. *Crit Care Med* 2001;29:1255-60

13) Bein T., Kuhr L.P., Bele S., Ploner F., Keyl, Taeger K.. Lung recruitment maneuver in patients with cerebral injury: effects on intracranial pressure and cerebral metabolism. *Intensive Care Med* 2002;28:554-558

14) Patroniti N., Foti G., Cortinovis B., Maggioni E., Bigatello L.M., Cereda M., et al. Sigh improves gas exchange in patients with acute respiratory distress syndrome undergoing pressure support ventilation. *Anesthesiology* 2002;96:788-94

15) Constantin J.M., Jaber S., Futier E., Cayot-Constantin S., Verny-Pic M., Jung B., et al. Respiratory effects of different recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care* 2008;12:R50

16) Grasso S., Mascia L., Del Turco M., et al. Effects of recruiting maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome ventilated with protective ventilatory strategy. *Anesthesiology* 2002, 96:795-802

17) Pelosi P., Cadringer P., Bottino N., et al. Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1999, 159:872-880

18) Gattinoni L., Pelosi P., Suter P.M., et al. Acute respiratory distress syndrome caused by pulmonary and extrapulmonary disease: different syndromes? *Am J Respir Crit Care Med* 1998, 158:3-11.

19) Van der Kloot T., Blanch L., Youngblood A. M., et al. Recruitment maneuvers in three experimental models of acute lung injury. Effect on lung volume and gas exchange. *Am J Respir Crit Care Med* 2000,161:1485-1494.

20) Mutoh T., Guest R.J., Lamm W.J.E., Albert R.K., Prone position alters the effect of volume overload on regional pleural pressures and improves hypoxemia in pigs in vivo. *Am Rev Respir Dis* 1992, 146:300-306

21) Valenza F., Guglielmi M., Maffioletti M, et al. Prone position delays the progression of ventilator-induced lung injury in rats: does lung strain distribution plays a role? *Crit*

Care Med 2005;33:361-367

22) Richer T., Bellami G., Scott Harris R., et al. Effect of prone position on regional shunt, aeration, and perfusion in experimental acute lung injury. Am J Respir Crit Care Med 2005;172:480-487

23) Pelosi P., Gama de Abreu M., Rocco PRM. New and conventional strategies for lung recruitment in acute respiratory distress syndrome. Critical Care 2010, 14:210

24) Ranieri V.M., Mascia L., Fiore T., Bruno F., Brienza A., Giuliani R.. Cardio respiratory effects of positive end-expiratory pressure during progressive tidal volume reduction (permissive hypercapnia) in patients with acute respiratory distress syndrome. Anesthesiology 1995, 83:710-720

25) Richard J.C., Maggiore S.M., Jonson B., Mancebo J., Lemaire F., Brochard L.. Influence of tidal volume of alveolar recruitment: role of PEEP and a recruitment maneuver. Am J Respir Crit Care Med 2001, 163:1609-1613

26) Meade M.O., Cook D.J., Guyatt G.H., Slutsky A.S., Arabi Y.M., Cooper D.J., et al. Ventilation strategy using low tidal volumes, recruitment maneuvers, and high positive end-expiratory pressure for acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. Jama 2008 Feb 13;299(6):637-45

Autore corrispondente:

Dott A.N. Cracchiolo

Anestesia e Rianimazione Polivalente II

Azienda Ospedaliera di Rilievo Nazionale ad Alta Specializzazione AORNAS

Ospedale Civico Di Cristina Benfratelli

Piazza N. Leotta 2

90140 Palermo

Mail: andreacrak@hotmail.com

02/11/2010