

REVIEW



Setting positive end-expiratory pressure: does the 'best compliance' concept really work?

Luca S. Menga^{a,b,c,d}, Carles Subirà^{a,b,e,f,g}, Alfred Wong^{a,b}, Mayson Sousa^{a,b} and Laurent J. Brochard^{a,b}

Cài đặt áp lực dương cuối thì thở ra: khái niệm 'độ giãn nở tốt nhất' có thực sự hiệu quả không?

Curr Opin Crit Care 2023, 30:000–000

Bản dịch của BS. Đặng Thanh Tuấn – BV Nhi Đồng 1

Tóm tắt

Mục đích xem xét

Xác định cài đặt áp lực dương cuối thì thở ra (PEEP) tối ưu vẫn là vấn đề trọng tâm chưa được tranh luận trong việc kiểm soát hội chứng nguy kịch hô hấp cấp tính (ARDS).

Chiến lược 'độ giãn nở tốt nhất' đặt PEEP trùng với độ giãn nở tối đa của hệ hô hấp (hoặc cao hơn 2 cmH₂O) trong thử nghiệm PEEP giảm dần, nhưng bằng chứng còn mâu thuẫn.

Những phát hiện gần đây

Cơ sở lý luận về mặt sinh lý cho rằng việc độ giãn nở tốt nhất luôn đại diện cho dung tích cận chức năng và việc huy động đã làm dấy lên mối lo ngại nghiêm trọng về hiệu quả và độ an toàn của nó, do mối liên quan của nó với việc tăng tỷ lệ tử vong do mọi nguyên nhân trong 28 ngày trong một thử nghiệm lâm sàng ngẫu nhiên ở bệnh nhân ARDS.

Hơn nữa, phép đo độ giãn nở đã được chứng minh là đánh giá thấp tác động của tình trạng căng phổi quá mức và bỏ qua việc huy động trong chu kỳ thở, đóng đường thở và sự tương tác giữa cơ học

phổi và thành ngực, đặc biệt ở những bệnh nhân béo phì. Để giải quyết những lo ngại này, các phương pháp thay thế như tỷ lệ huy động và bơm phòng, kỹ thuật rửa trôi nitơ và chụp cắt lớp trở kháng điện (EIT) đang thu hút sự chú ý để đánh giá huy động và tình trạng quá căng một cách đáng tin cậy và chính xác hơn.

Tóm tắt

Chiến lược 'độ giãn nở tốt nhất' truyền thống để xác định cài đặt PEEP tối ưu trong ARDS tiềm ẩn rủi ro và bỏ qua một số khía cạnh sinh lý quan trọng. Sự ra đời của các công nghệ và phương pháp mới đưa ra các chiến lược đáng tin cậy hơn để đánh giá huy động và căng quá mức, tạo điều kiện cho các phương pháp tiếp cận cá nhân hóa để tối ưu hóa PEEP.

Những điểm chính

- Trong khi chiến lược 'độ giãn nở tốt nhất' để cài đặt áp lực dương cuối thì thở ra (PEEP) ở bệnh nhân mắc hội chứng nguy kịch hô hấp cấp tính (ARDS) cho thấy nhiều hứa hẹn trong các thử nghiệm sinh lý và thử nghiệm thí điểm, thì một

thử nghiệm lâm sàng ngẫu nhiên, lớn cho thấy tỷ lệ tử vong tăng lên khi kết hợp với thủ thuật huy động.

- Độ giãn nở của hệ hô hấp có thể không thể hiện đầy đủ các hiện tượng sinh lý thông thường ở bệnh nhân ARDS, bao gồm huy động trong chu kỳ thở, đóng đường thở và ảnh hưởng của thành ngực ở bệnh nhân béo phì.
- Mặc dù độ giãn nở của hệ hô hấp có thể chỉ ra dung tích cận chức năng và việc huy động phổi ở các mức PEEP khác nhau, nhưng nó có thể đánh giá thấp tình trạng căng phổi quá mức.
- Các kỹ thuật như vòng lặp P-V, tỷ lệ huy động trên bơm phòng, đo lượng nitơ rửa trôi và EIT là những công cụ đầy hứa hẹn để đánh giá huy động và độ căng quá mức.

Giới thiệu

Trong xử trí hội chứng nguy kịch hô hấp cấp tính (acute respiratory distress syndrome - ARDS), mục tiêu chính là cho phép trao đổi khí hiệu quả đồng thời giảm thiểu khả năng tổn thương phổi do máy thở.

Để đạt được điều này, cần có sự kết hợp của các cài đặt thông khí [1]. Chúng bao gồm việc sử dụng thể tích khí lưu thông thấp [2], áp lực bình nguyên và áp lực đẩy dưới mức nguy hiểm [3], áp dụng các chu kỳ nằm sấp [4] và, khi cần thiết, chọn phương pháp liệt cơ hoặc an thần ngưng thở ở những bệnh nhân có biểu hiện nỗ lực hô hấp không kiểm soát được [1,5,6].

Để cài đặt chính xác thể tích khí lưu thông và nhịp thở, cần đảm bảo đủ thông khí phế nang và loại bỏ CO₂ hiệu quả. Cả hai đều là thành phần chính của năng lượng cơ học (mechanical energy) do máy thở cung cấp mỗi phút, được gọi là công suất cơ học (mechanical power) và hai yếu tố này có thể góp phần gây ra tổn thương phổi do máy thở gây ra [7,8]. Dữ liệu gần đây cho thấy rằng sự gia tăng áp lực đẩy (và do đó là thể tích khí lưu thông) có thể gây tổn hại gấp bốn lần so với mức tăng tương đương của nhịp thở [9].

Song song đó, việc thiết lập áp lực dương cuối thì thở ra (positive end-expiratory pressure - PEEP) vẫn là một chủ đề gây tranh cãi. Lý tưởng nhất là PEEP nên tối ưu hóa việc huy động phế nang mà không dẫn đến tình trạng căng quá mức đáng kể. Việc huy động cung cấp một thể tích rộng hơn để phân tán năng lượng từ hơi thở bình thường, sau đó làm giảm hiệu ứng 'phổi trẻ em' và có khả năng làm giảm stress và strain động; ngược lại, nếu PEEP dẫn đến tình trạng căng quá mức, nó sẽ khuếch đại strain tĩnh, có thể gây tổn hại đặc biệt đến phổi trẻ em [10–12].

Những nỗ lực nghiên cứu gần đây đã tập trung vào việc xác định chiến lược PEEP tối ưu và thảo luận về sự cần thiết phải đạt được sự cân bằng giữa huy động và căng phổi quá mức mà không tập trung vào việc mở phổi bằng bất cứ giá nào. Mặc dù thiếu bằng chứng thuyết phục về tác động của nó đối với tỷ lệ tử vong [13–15], nhưng có sự đồng thuận mới nổi cho thấy rằng mức PEEP cao hơn có thể có lợi hơn cho bệnh nhân ARDS ở mức độ trung bình đến nặng so với mức thấp hơn [16]. Tuy nhiên, việc xác định những gì cấu thành chính xác PEEP 'cao' vẫn còn mơ hồ và việc cá nhân hóa phương pháp điều trị được đảm bảo, với cách tiếp cận hiệu quả nhất để áp dụng nó vẫn chưa được thiết lập chắc chắn [1].

Khái niệm ‘độ giãn nở tốt nhất’ – lý do sinh lý

Một trong những chiến lược để cá nhân hóa PEEP ở bệnh nhân ARDS là đặt PEEP theo điểm ‘độ giãn nở tốt nhất’ [17,18]. Phương pháp này bao gồm chuẩn độ PEEP mất huy động, đo độ giãn nở của phổi ở mỗi cài đặt PEEP, cuối cùng đặt PEEP đến điểm có độ giãn nở cao nhất hoặc cao hơn 2 cmH₂O [19].

Chiến lược 'độ giãn nở tốt nhất' cung cấp một phương pháp sinh lý để cá nhân hóa PEEP, dựa trên mối quan hệ giữa độ giãn nở của hệ hô hấp và dung tích cận chức năng (FRC).

Ở những người khỏe mạnh, FRC đại diện cho thể tích phế nang mà tại đó lực đàn hồi của phổi được cân bằng bởi sự giãn nở ra bên ngoài của thành ngực và tương ứng với mức PEEP bằng 0.

Trong các tình trạng như suy hô hấp thiếu oxy cấp tính và ARDS, viêm phổi lan tỏa sẽ phá vỡ hàng rào mao mạch phế nang. Điều này cho phép chất lỏng và protein đi qua nội mô, dẫn đến phù phổi kẽ và tràn ngập phế nang, do đó làm giảm FRC và thể tích phế nang [20]. Theo nghĩa này, độ giãn nở của hệ thống hô hấp mang tính thông tin: là tỷ lệ giữa thể tích được bơm phòng và áp lực đẩy cần thiết để bơm phòng thể tích đó, nó sẽ phản ánh dung tích cận chức năng và giúp tối ưu hóa thể tích phổi cuối thì thở ra [21].

Trong bối cảnh này, PEEP có thể giúp giữ mở hoặc tái mở rộng các phế nang bị xẹp, tăng thể tích phổi và độ giãn nở các tác động có lợi về mặt giảm stress và strain; ngược lại, nếu mức PEEP chủ yếu dẫn đến tình trạng căng phổi quá mức, tình trạng siêu bơm phòng trở nên chiếm ưu thế, sẽ có sự giảm độ giãn nở và do đó tăng áp lực đẩy, làm trầm trọng thêm tổn thương phổi do máy thở gây ra.

Vì ARDS ảnh hưởng đến phổi một cách không đồng nhất, ở mức độ lớn do tác động của trọng lực, nên phần lưng và phần đáy thường bị tổn hại nhiều nhất trong khi vùng bụng, hay còn gọi là 'phổi em bé', vẫn tương đối ít bị ảnh hưởng và việc áp dụng PEEP cần thiết để mở lại các vùng phổi bị bệnh sẽ khiến các vùng phổi khỏe mạnh hơn trở nên căng phòng quá mức [22]. Độ giãn nở thấp và áp lực đẩy cao theo thời gian có liên quan đến tỷ lệ tử vong ở cả bệnh nhân ARDS và trong nhóm bệnh nhân ICU nói chung [23,24].

Rút ra từ những khái niệm sinh lý này, người ta có thể suy ra rằng độ giãn nở mang lại nhiều thông tin về lợi ích của PEEP, với sự gia tăng độ giãn nở cho thấy việc huy động phế nang và giảm báo hiệu tình trạng căng quá mức. Với lý do sinh lý và tính đơn giản của việc đo độ giãn nở của hệ hô hấp với máy thở hiện đại tại giường, phương

pháp 'độ giãn nở tốt nhất' đã trở thành phương pháp chuẩn độ PEEP phổ biến trong số các bác sĩ hồi sức [25,26].

Bằng chứng lâm sàng về khái niệm 'độ giãn nở tốt nhất'

Chiến lược 'độ giãn nở tốt nhất' để cài đặt PEEP đã tạo ra sự quan tâm đáng chú ý đến việc chăm sóc hô hấp, dựa trên nền tảng lý thuyết của nó. Tuy nhiên, bằng chứng thực nghiệm đưa ra một bức tranh phức tạp, đôi khi mâu thuẫn [26,27].

Trong các bối cảnh cụ thể, chẳng hạn như trong phẫu thuật bụng, sử dụng tư thế Trendelenburg và bơm hơi ổ bụng, phương pháp 'độ giãn nở tốt nhất' đã chứng minh một số lợi ích. Chúng bao gồm giảm xẹp phổi và các biến chứng sau phẫu thuật [28,29], và các lợi ích sinh lý ở bệnh nhân mắc bệnh béo phì – cụ thể là giảm công suất cơ học, tăng cường cơ học hô hấp và bảo tồn cung lượng tim [30] – khi so sánh với kết quả thực nghiệm đặt PEEP thấp hơn.

Ở bệnh nhân ARDS, một nghiên cứu thí điểm cho thấy rằng việc tối ưu hóa PEEP để hệ thống hô hấp độ giãn nở tốt nhất có thể tương quan với việc giảm rối loạn chức năng cơ quan [31]. Quan sát này được hỗ trợ bởi những hiểu biết sâu sắc về sinh lý cho thấy rằng việc đạt được độ giãn nở tối ưu tương quan với việc cung cấp oxy tối đa và giảm thiểu thông khí khoảng chết [17].

Những phát hiện tương tự đã được tìm thấy ở bệnh nhân ARDS béo phì và ở mô hình lợn béo phì; trong các bối cảnh này, PEEP được điều chỉnh theo số liệu độ đàn hồi tốt nhất đã mang lại sự cải thiện rõ rệt về quá trình oxygen hóa, tăng thể tích phổi cuối thì thở ra và áp lực xuyên phổi cuối thì thở ra gần bằng 0 [32].

Những quan sát này phù hợp với những phát hiện cho thấy áp lực đẩy là yếu tố trung gian tiềm năng của tỷ lệ tử vong, vì những thay đổi về thể tích khí lưu thông hoặc PEEP có thể không tương quan với khả năng sống sót trừ khi chúng góp

phần làm giảm áp lực đẩy [3,33]. Do đó, việc tăng độ giãn nở của hệ hô hấp và giảm áp lực đẩy sau đó có thể mang lại lợi ích về mặt kết quả.

Tuy nhiên, một thử nghiệm ngẫu nhiên có kiểm soát so sánh cách tiếp cận kết hợp của các thủ thuật huy động duy trì với chiến lược 'độ giãn nở tốt nhất' (trong đó PEEP được đặt ở mức độ giãn nở hệ hô hấp cao nhất và sau đó tăng thêm 2 cmH₂O) với phương pháp PEEP thấp thông thường, đã ghi nhận mức tử vong 28 -ngày cao hơn do mọi nguyên nhân trong nhóm 'độ giãn nở tốt nhất' [19]. Kết quả này có thể được quy cho nhiều yếu tố: tác động huyết động nội tại của thủ thuật huy động, nguy cơ tăng PEEP mặc dù độ giãn nở tối ưu có thể gây căng phổi quá mức và động lực sinh lý phức tạp có thể làm cho các phép đo độ giãn nở của phổi trở nên phức tạp và cách giải thích của nó phức tạp hơn nhiều so với chỉ số đơn giản về FRC và huy động phổi.

Hạn chế của độ giãn nở hệ hô hấp

Một số yếu tố gây nhiễu tiềm ẩn có thể ảnh hưởng đến các phép đo độ giãn nở, ảnh hưởng đến giá trị của phép đo và ý nghĩa sinh lý của nó.

Một yếu tố như vậy là sự huy động trong chu kỳ thở. Ở mức PEEP rất thấp hoặc bằng 0, có thể có một lượng phế nang có khả năng huy động được nhưng đã xẹp hoàn toàn. Trong quá trình hít vào, áp lực máy thở buộc phải mở các phế nang này và nó trở lại đóng hoàn toàn trong giai đoạn thở ra tiếp theo [34–37]. Điều này có thể gây ra hiện tượng được gọi là xẹp phổi, sự mở lại và xẹp liên tục của phế nang trong chu kỳ thở; điều này có thể dẫn đến ứng suất cắt (shear stress), gây viêm và tổn thương mô phổi, đồng thời khuếch đại áp lực xuyên phổi ở ranh giới giữa hai vùng không đồng nhất cao [38,39]. Mặc dù có khả năng gây tổn thương cho phổi nhưng việc huy động trong chu kỳ thở có thể khó phát hiện. Ngược lại, việc mở phế nang trong thì hít vào có thể tham gia vào quá trình trao đổi khí - do đó cải thiện PaO₂/FiO₂ - và tạo ra độ giãn nở tương đối cao, làm tăng độ giãn nở của hệ hô hấp

một cách giả tạo trong quá trình bơm phồng do có nhiều phế nang mở ra giữa sự bắt đầu và kết thúc của quá trình bơm phồng (sự mở lại phế nang này hoạt động gần giống như có sự giãn nở vô hạn).

Để tránh việc huy động trong chu kỳ thở, việc đo độ trễ trong chu kỳ thở trong thử nghiệm lưu lượng thấp trong thử nghiệm PEEP giảm dần có thể là một chiến lược: và việc giảm độ trễ của phổi có thể cho thấy việc giảm huy động trong chu kỳ thở, cho phép điều chỉnh PEEP bằng cách tiếp cận kết hợp dựa trên độ trễ trong chu kỳ thở và độ giãn nở của hệ hô hấp [40&].

Một trở ngại đáng kể khác trong việc ước tính chính xác độ giãn nở là sự xuất hiện của tắc nghẽn đường thở, cụ thể là sự xẹp của đường thở gần hoặc xa trong giai đoạn thở ra gây ra sự gián đoạn thông tin liên lạc giữa đường thở gần và xa, dẫn đến áp lực dương bên trong phổi có khả năng vượt qua mức được cài đặt trên máy thở [41,42]. Trong trường hợp này, áp lực đẩy thực tế sẽ thấp hơn áp lực đẩy đo được, làm giảm độ giãn nở đo được một cách sai lầm. Mặc dù đúng là chiến lược độ giãn nở tốt nhất sẽ luôn trả lại PEEP cao hơn áp lực mở đường thở, nhưng cần lưu ý rằng cơ học tĩnh và động có thể không đo được cơ học phổi/hô hấp thực tế [41].

Ngoài ra, cơ học hệ hô hấp có thể không phản ánh chính xác cơ học phổi. Mặc dù đây không phải là vấn đề quan trọng đối với hầu hết bệnh nhân do tỷ lệ độ đàn hồi của phổi và thành ngực nhìn chung thấp và khả năng dự đoán tốt về áp lực đẩy đường thở, nhưng nó có thể liên quan ở những người béo phì [43,44]. Đối với nhóm này, việc xác định áp lực xuyên phổi thực sự, và đặc biệt là áp lực đẩy cuối thì thở ra, có thể có lợi [43,44].

Cuối cùng, khái niệm tăng độ giãn nở tương đương với huy động thành công và do đó phải là trọng tâm chính khi cài đặt PEEP, cần được tiếp cận hết sức thận trọng và cần lưu ý đến tính không đồng nhất phụ thuộc vào trọng lực trong mật độ phổi. Mặc dù có mối tương quan rõ ràng giữa việc huy động phổi và độ giãn nở được cải thiện, nhưng điều

đó không nhất thiết có nghĩa là việc huy động và độ giãn nở quá mức có tác động trái ngược nhưng đối xứng đến độ giãn nở của phổi. Điều này là do độ giãn nở phản ánh tình trạng chức năng và các thuộc tính cơ học của phổi, có thể khác với trạng thái hình thái của nó [21,45].

Các nghiên cứu sinh lý gần đây đã nhấn mạnh điểm này, minh họa rằng độ giãn nở của hệ hô hấp, được đo ở các mức PEEP khác nhau, có thể không thể hiện chính xác mối tương tác giữa huy động và căng quá mức, được đo bằng chụp CT hoặc đánh giá thể tích phổi bằng kỹ thuật rửa trôi khí nitơ [46,47]. Sự khác biệt này có khả năng phát sinh do các tác động không đối xứng mà việc huy động ở các vùng lưng và sự căng quá mức ở các vùng bụng ảnh hưởng đến độ giãn nở tổng thể của hệ hô hấp. Làm sáng tỏ điều này, một mô hình động vật của ARDS đã chứng minh sự thay đổi về độ giãn nở của hệ hô hấp trong thử nghiệm PEEP giảm dần có liên quan chặt chẽ như thế nào đến sự thay đổi độ giãn nở của các vùng phổi lưng, nhưng không phải ở các vùng phổi bụng, vùng bị ảnh hưởng nhiều nhất do căng quá mức [48].

Làm thế nào để đánh giá huy động và quá căng phổi?

Thừa nhận rằng độ giãn nở của hệ hô hấp có thể không chính xác để đánh giá định lượng huy động và căng quá mức, bằng các kỹ thuật khác hiện có (Bảng 1).

Một phương pháp truyền thống là sử dụng vòng lặp áp lực-thể tích (P-V). Bằng cách sử dụng bơm phòng ở lưu lượng thấp và không đổi, có thể tạo ra đường cong áp lực-thể tích; là đại diện cho mối quan hệ giữa áp lực đường thở và thể tích phổi trong quá trình bơm phòng, có thể xác định hai điểm quan trọng ngoài hiện tượng trễ:

1. Điểm uốn dưới (lower inflection point), là nơi đường cong thay đổi hình dạng và bắt đầu tăng dần, biểu thị áp lực tại đó phế nang bắt đầu mở.
2. Điểm uốn trên (upper inflection point), là nơi đường cong bắt đầu phẳng ra, cho thấy hầu hết

các phế nang đều mở và áp lực tăng thêm có thể dẫn đến tình trạng căng quá mức.

Những điểm này có thể là công cụ giúp cài đặt PEEP nhằm tối ưu hóa việc huy động và giảm thiểu tình trạng căng quá mức, cho phép đặt PEEP ở phần tuyến tính của vòng lặp P-V [36,49]. Tuy nhiên, việc phân tích thời gian thực các vòng lặp P-V tại giường có thể phức tạp, thúc đẩy sự phát triển của các phương pháp thay thế theo thời gian.

Một giải pháp thay thế như vậy là tỷ lệ huy động trên bơm phòng vay mượn về mặt khái niệm từ các vòng lặp P-V. Nó hoạt động dựa trên giả định rằng trong khi PEEP giảm đột ngột, tình trạng mất huy động xảy ra gần như ngay lập tức, do đó, thể tích thở ra trong thời gian thở ra kéo dài sẽ tương đương với tổng thể tích phổi được hít vào, được huy động và tăng lên liên quan đến bơm phòng/căng lên của phổi em bé bằng PEEP. Vì thể tích hít vào đã biết và thể tích tăng cao có thể được tính là tích của độ giãn nở ở mức PEEP thấp và sự khác biệt giữa mức PEEP thấp và cao, nên thể tích được huy động có thể được tính toán [50,51] (Hình 1).

Phương pháp này nổi bật vì sự tiện lợi khi thực hiện ngay tại giường bệnh mà không cần thiết bị chuyên dụng. Tuy nhiên, nó chủ yếu mang lại những hiểu biết sâu sắc trong phạm vi PEEP 5–15 cmH₂O và thiếu độ chi tiết.

Một giải pháp thay thế thú vị tiềm năng là các phép đo thực tế về thể tích phổi cuối kỳ thở ra. Từ kỹ thuật pha loãng Helium cổ điển, kỹ thuật pha loãng nitơ gần đây đã xuất hiện, cho phép đo thể tích phổi cuối thì thở ra bằng cách đo lượng nitơ thở ra ở các nồng độ FiO₂ khác nhau [52–54].

Bản thân nó không trực tiếp đo lường tình trạng siêu bơm phòng hoặc huy động nhưng tỷ lệ tăng cao về thể tích phổi cuối kỳ thở ra so với tỷ lệ FRC cho thấy huy động cao hơn. Đồng thời, sau khi tăng PEEP, thể tích bơm phòng tối thiểu được dự đoán có thể được tính bằng độ giãn nở ở mức PEEP thấp nhân với mức tăng PEEP.

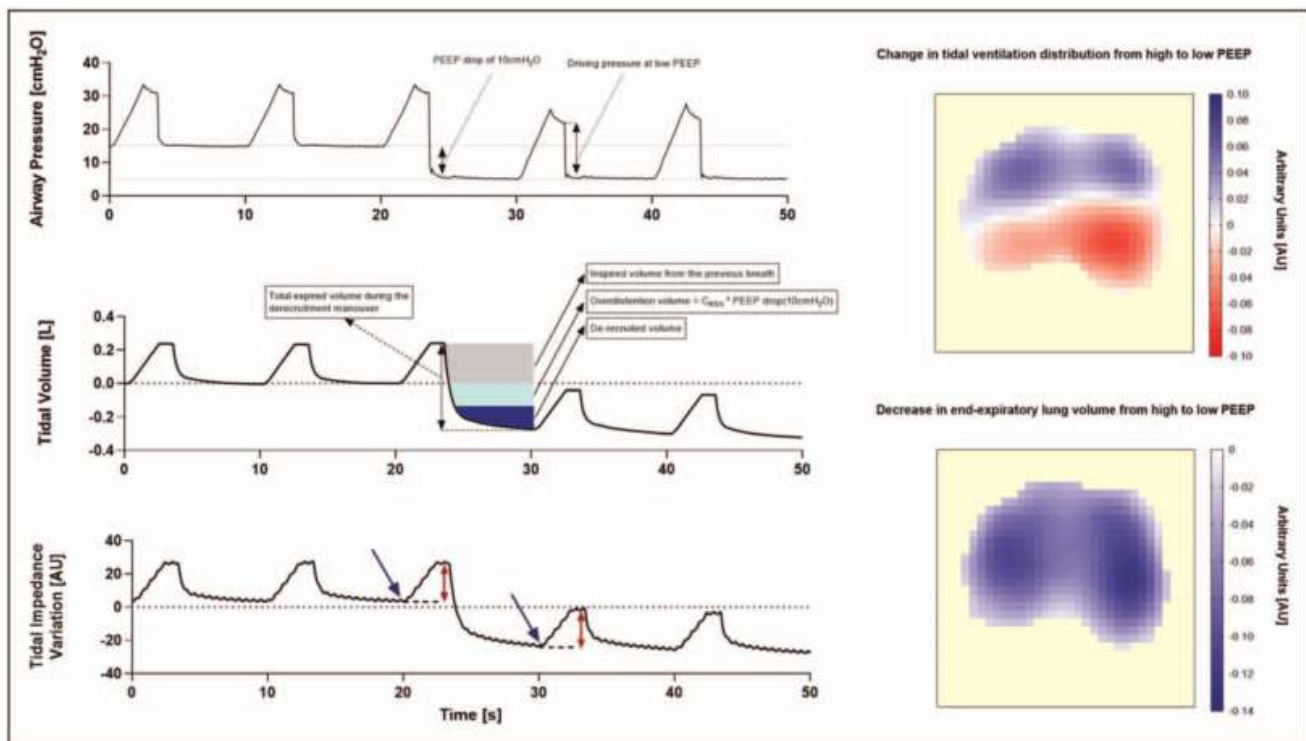
Bảng 1. Tóm tắt ưu điểm và nhược điểm của các kỹ thuật khác nhau để đánh giá huy động và căng quá mức trong bệnh nhân ARDS

Kỹ thuật	Thuận lợi	Nhược điểm
Vòng lặp áp lực-thể tích	<ul style="list-style-type: none">- Mang lại hiểu biết sâu sắc về cơ học phổi bán tĩnh ở các giai đoạn áp lực-thể tích khác nhau- Giúp thiết lập phạm vi áp lực để duy trì huy động mà không gây căng quá mức	<ul style="list-style-type: none">- Cần phân tích ngoại tuyến trừ khi được trang bị phần mềm hoặc máy thở cụ thể- Việc giải thích có thể khó khăn
Tỷ lệ huy động trên bơm phòng	<ul style="list-style-type: none">- Cho phép phân tích so sánh huy động và bơm phòng (do đó cũng có sự chênh lệch quá mức) giữa hai mức PEEP- Không cần thiết bị đặc biệt- Thực hiện đơn giản ngay tại giường- Tương thích với mọi loại máy thở	<ul style="list-style-type: none">- Nói chung, cung cấp dữ liệu ở mức cực đại của phạm vi 10 cmH₂O, thiếu thông tin chi tiết- Kết quả có thể bị ảnh hưởng bởi việc đóng đường thở, nếu có
Kỹ thuật rửa trôi nitơ	<ul style="list-style-type: none">- Xác định chính xác thể tích phổi thực tế- Cho phép kiểm tra thể tích phổi ở các mức PEEP khác nhau- Thuận tiện mang theo bên giường bệnh	<ul style="list-style-type: none">- Cần kết hợp với một phép tính khác để hiểu việc huy động và bơm phòng- Độ chính xác có thể giảm dần với các bước PEEP nhỏ- Dễ bị sai số do rò rỉ,- Cần có máy thở cụ thể cho thủ thuật
Chụp cắt lớp trở kháng điện (EIT)	<ul style="list-style-type: none">- Cung cấp thông tin chi tiết về huy động và căng quá mức trong quá trình thử nghiệm PEEP- Cung cấp các đường cong xẹp và quá căng trong vài phút- Có khả năng cung cấp dữ liệu cấp pixel- Dễ dàng thực hiện tại giường	<ul style="list-style-type: none">- Thông tin liên quan đến giá trị PEEP cực trị của thử nghiệm- Một số phân tích cấp pixel chi tiết cần phải xử lý ngoại tuyến- Máy EIT không có sẵn ở tất cả các ICU

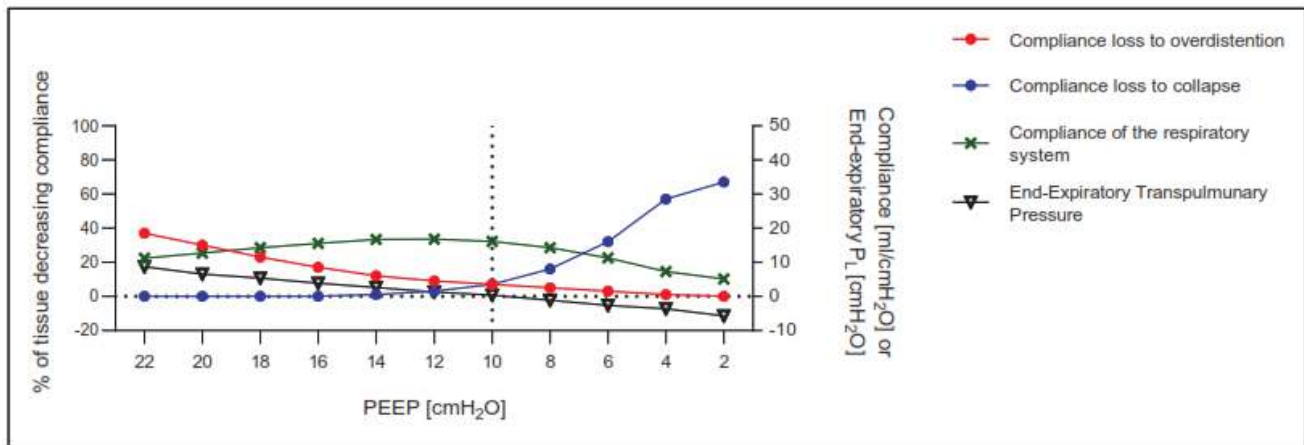
Do đó, sự khác biệt giữa thể tích phổi cuối thì thở ra ở PEEP cao và thấp có thể được xem là tổng của thể tích bơm phòng tối thiểu được dự đoán và khả năng huy động phổi (nếu có).

Điều này cho phép tính toán tỷ lệ huy động và bơm phòng, có thể thông qua mức tăng PEEP nhỏ, mang lại độ chi tiết trong các phép đo [47,54].

Mặc dù khả thi khi thực hiện, vì nó chỉ yêu cầu điều chỉnh cài đặt trên máy thở, nhưng nó có một số hạn chế, chẳng hạn như giảm độ tin cậy ở mức PEEP cao, độ nhạy đối với rò rỉ hệ thống, mức độ sai số có thể khiến các phép đo giữa các mức PEEP nhỏ không thực sự hiệu quả. chính xác và cuối cùng là cần có một máy thở cụ thể [47].



HÌNH 1. Tỷ lệ huy động trên bơm phòng trong mô hình động vật của ARDS. Ở phía bên trái của hình, các dấu vết về sự thay đổi áp lực đường thở, thể tích và trở kháng theo chu kỳ thở trong quá trình thủ thuật làm mất huy động trong một nhịp thở, trong mô hình động vật ARDS được mô tả. Để thực hiện thao tác này, sau khi đảm bảo không có tình trạng đóng đường thở và không có PEEP tự động, PEEP sẽ giảm từ 15 cmH₂O đến 5 cmH₂O trong một hơi thở với nhịp thở thấp. Tổng thể tích thở ra trong thao tác này bao gồm thể tích hít vào trong nhịp thở trước đó (được minh họa bằng vùng màu xám trong hình), thể tích tăng lên do chênh lệch áp lực giữa cài đặt PEEP cao và thấp [được biểu thị bằng vùng màu xanh lục trong hình và được tính bằng mức giảm PEEP nhân với độ giãn nở của hệ hô hấp ở PEEP 5 cmH₂O (C_{RS5})] và thể tích được huy động, được tính toán thông qua sự khác biệt. Sự khác biệt trong phân bố thông khí lưu thông ở PEEP cao và thấp được thể hiện ở phía bên phải của bức hình. Các hơi thở được so sánh là những hơi thở ngay trước và sau thao tác một hơi thở, được đánh dấu bằng các mũi tên màu đỏ ở phần dưới cùng. Sau khi giảm PEEP từ 15 xuống 5 cmH₂O, sự phân phối lại thông khí lưu thông đáng chú ý đã xảy ra ở vùng bụng mặc dù vẫn duy trì cùng một thể tích khí lưu thông; điều này dẫn đến giảm thông khí ở vùng lưng. Trong hình ảnh EIT phía trên bên phải, thông khí tăng được biểu thị bằng màu xanh lam, trong khi thông khí giảm được biểu thị bằng màu đỏ. Hiện tượng này có thể được gây ra bởi sự giảm thể tích phổi cuối thì thở ra ở vùng giữa lưng và lưng, được minh họa bằng màu xanh lam đậm hơn trong hình ảnh EIT được tìm thấy ở góc dưới bên phải. Thể tích phổi cuối thì thở ra được so sánh được biểu thị bằng các mũi tên màu xanh ở đường dưới cùng. ARDS, hội chứng nguy kịch hô hấp cấp tính; PEEP, áp lực dương cuối thì thở ra.



HÌNH 2. Đánh giá tình trạng xẹp và căng phổi quá mức bằng chụp cắt lớp trở kháng điện (EIT), độ giãn nở của hệ hô hấp và áp lực xuyên phổi cuối thì thở ra trong quá trình chuẩn độ PEEP từ 22 đến 2 cmH₂O. Kết quả từ việc chuẩn độ PEEP giảm dần được thực hiện trong mô hình ARDS trên động vật, với mức PEEP thay đổi từ 22 đến 2 cmH₂O được hiển thị. Trong suốt quá trình chuẩn độ, độ giãn nở của hệ hô hấp, áp lực xuyên phổi cuối thì thở ra (P_L) và dữ liệu EIT về sự xẹp xuống và sự căng quá mức ở nơi thu thập. Các đường màu xanh và đỏ biểu thị độ xẹp và độ căng quá mức theo tính toán thông qua EIT và tỷ lệ của chúng nằm trên trục Y bên trái. Đường màu xanh lá cây biểu thị độ giãn nở của hệ thống và đường màu đen P_L cuối thì thở ra và thang đo của chúng nằm ở trục Y bên phải. Việc sử dụng chiến lược 'độ giãn nở tốt nhất' trong trường hợp này sẽ ủng hộ việc thiết lập PEEP là 12 hoặc 14 cmH₂O (sau này nếu chọn PEEP độ giãn nở tốt nhất được tăng thêm 2 cmH₂O). Điều thú vị là, PEEP được chọn sẽ cao hơn 2 cmH₂O (hoặc 4 cmH₂O) so với PEEP 'điểm giao nhau' (được biểu thị bằng đường thẳng đứng có chấm trong hình), được đặc trưng là sự cân bằng tối ưu giữa xẹp và căng quá mức theo phân tích EIT, điều này cũng sẽ là PEEP trùng khớp với P_L cuối thì thở ra là 0 cmH₂O. ARDS, hội chứng nguy kịch hô hấp cấp tính; PEEP, áp lực dương cuối thì thở ra.

Chụp cắt lớp trở kháng điện để đánh giá huy động và quá căng: điểm giao nhau

Sự hiểu biết sâu sắc hơn về mối quan hệ giữa độ giãn nở và việc huy động phổi hoặc tình trạng phổi căng quá mức đã được hỗ trợ bằng phương pháp chụp cắt lớp trở kháng điện ngực (electrical impedance tomography - EIT). EIT là một kỹ thuật hình ảnh theo thời gian thực, không xâm lấn, không có bức xạ, có thể đo thể tích phổi khu vực từ các phép đo độ dẫn điện được thực hiện bởi một đai được trang bị 16-32 điện cực quanh ngực [55].

Khi chuẩn độ PEEP giảm dần ở áp lực đẩy được chỉ định, EIT cho phép đánh giá độ xẹp phổi và độ căng quá mức ở cấp độ pixel bằng cách so

sánh độ giãn nở ở các mức PEEP khác nhau với độ giãn nở cao nhất của một pixel nhất định được ghi nhận trong quá trình thử nghiệm [55,56]. Nó giả định rằng tình trạng căng phổi quá mức xuất hiện khi quan sát thấy sự giảm độ giãn nở ở mức PEEP cao hơn, trong khi sự xẹp xuống xảy ra khi độ giãn nở giảm xảy ra ở mức PEEP thấp hơn [56]. Giả sử rằng cả hai hiện tượng đều có hại như nhau, người ta đã đề xuất đặt PEEP ở áp lực cân bằng độ xẹp tối thiểu và độ căng quá mức tối thiểu, từ đó xác định 'điểm giao nhau' [56], có thể tương ứng với kết thúc hơi dương áp lực xuyên phổi thì thở ra (P_L) [57] (Hình 2).

P_L dương tính cuối thì thở ra làm tăng thể tích phổi, cải thiện cơ học phổi, giảm tình trạng thiếu oxy máu và phù phổi, và cuối cùng làm giảm sự giải phóng các chất trung gian gây viêm và các

dấu hiệu mô học của tổn thương phổi do máy thở gây ra [58,59], với những ảnh hưởng có thể xảy ra đối với kết quả khi P_L gần bằng 0 [60].

Gần đây, trong một nhóm thuần tập lớn ở nhiều trung tâm gồm bệnh nhân COVID-19, điểm giao nhau dẫn đến mức PEEP thấp hơn một chút so với mức 'độ giãn nở tốt nhất' và quan trọng hơn là mức PEEP được chỉ ra bởi hai phương pháp này khác nhau ở 80% bệnh nhân [61]. Các tác giả cũng cho thấy sự khác biệt đáng kể về cơ học phổi khi thiết lập PEEP bằng kỹ thuật điểm giao nhau so với tỷ lệ huy động trên bơm phồng trong khoảng từ 16 đến 6 cmH₂O, nhấn mạnh sự cần thiết của một cách tiếp cận chi tiết hơn [61].

Có khả năng, EIT có thể giúp giảm thiểu cả nguy cơ xẹp vùng và căng thẳng quá mức, đồng thời có khả năng dẫn đến thông khí bảo vệ phổi nhiều hơn và giảm công suất cơ học so với bảng FiO₂/PEEP tiêu chuẩn [62]; Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào đánh giá tác động của việc thiết lập PEEP ở điểm giao nhau đối với kết quả lâm sàng và cần thận trọng.

Kết luận

Tối ưu hóa cài đặt PEEP ở bệnh nhân ARDS, để đạt được sự cân bằng tốt nhất giữa huy động và tình

trạng căng quá mức, có giá trị sinh lý đáng kể. Tuy nhiên, việc áp dụng chiến lược 'độ giãn nở tốt nhất' không phải là không có những chạm bẫy, vì độ giãn nở của hệ hô hấp có thể là yếu tố thay thế đáng tin cậy cho huy động nhưng ít hơn cho tình trạng căng phổi quá mức; Ngoài ra, các động lực sinh lý hiện diện trong các tình trạng như huy động trong chu kỳ thở, đóng đường thở và ảnh hưởng lên thành ngực ở bệnh nhân béo phì, có thể gây nhầm lẫn cho việc giải thích độ giãn nở của hệ hô hấp.

Hơn nữa, một thử nghiệm lâm sàng gần đây đã chỉ ra sự gia tăng tỷ lệ tử vong do mọi nguyên nhân trong 28 ngày liên quan đến chiến lược này, thúc giục xem xét lại việc triển khai rộng rãi hơn.

May mắn thay, sự xuất hiện của các kỹ thuật cải tiến khác – bao gồm vòng lặp P–V, tỷ lệ huy động trên bơm phồng, kỹ thuật rửa trôi nitơ và đặc biệt là EIT – đã mở ra con đường cho một phương pháp chính xác hơn, phương pháp cài đặt PEEP được hướng dẫn về mặt sinh lý. Những kỹ thuật này có khả năng cung cấp cái nhìn toàn diện hơn về động lực huy động và căng phổi quá mức ở bệnh nhân ARDS, hướng tới các chiến lược thông khí sáng suốt hơn và lý tưởng là an toàn hơn.