

Cập nhật về Dao động ký hô hấp (Respiratory Oscillometry)

Tóm tắt

Dao động ký hô hấp là một test thăm dò chức năng hô hấp với tính khả thi cao trong nhiều bệnh cảnh lâm sàng, trẻ con và người lớn, trong phòng khám, đơn vị chăm sóc đặc biệt, khoa cấp cứu và theo dõi tại nhà.

Có rất nhiều chứng cứ cho thấy Dao động ký hô hấp liên hệ chặt chẽ với lâm sàng, tính lặp lại cao và tỉ lệ tín hiệu/nhiều thấp. Hội Hô hấp Châu Âu (ERS) đã xuất bản các tài liệu về Dao động ký hô hấp và đã có máy Dao động ký hô hấp của nhiều hãng máy. Các nghiên cứu về Dao động ký hô hấp đang tăng nhanh, hỗ trợ việc sử dụng phương pháp này trong lâm sàng.

Các chỉ số mới của Dao động ký hô hấp đang được phát triển để làm tăng tính ứng dụng của Dao động ký hô hấp.

Tài liệu này của ERS xuất bản năm 2025 tổng kết các thông tin mới nhất về áp dụng này. Dao động ký hô hấp trong lâm sàng đã chứng tỏ rằng phương pháp này đã sẵn sàng để được sử dụng một cách thường quy.

Abstract

Respiratory oscillometry (ROS) is a highly feasible respiratory function test applicable to a wide range of clinical settings, including pediatrics and adults, in clinics, intensive care units, emergency departments, and home monitoring.

There is ample evidence demonstrating ROS's strong clinical relevance, high repeatability, and low signal-to-noise ratio. The European Society for Respiratory Medicine (ERS) has published literature on ROS, and ROS instruments from numerous manufacturers are available. Research on ROS is rapidly increasing, supporting its clinical use.

New ROS indices are being developed to further enhance its applicability.

This ERS document, published in 2025, summarizes the latest information on its application. Clinical ROS has demonstrated that it is ready for routine use.

1. Mở đầu

Dao động ký hô hấp (ĐĐKHH) ngày càng được sử dụng nhiều trong cả nghiên cứu lẫn lâm sàng vì phương pháp này liên hệ chặt chẽ với các kết cục lâm sàng quan trọng và các đáp ứng với thuốc điều trị. Do đây là một phương pháp đo trong lúc thở bình thường không cần gắng sức nên ĐĐKHH bổ sung cho chuẩn vàng hô hấp ký để cảnh báo bất thường về hô hấp.

ĐĐKHH bổ sung tín hiệu áp lực dao động lên hệ thống hô hấp và đo các tín hiệu lưu lượng, áp suất với độ phân giải thời gian cao. ĐĐKHH đo với kiểu thở bình thường, không gắng sức nên bệnh nhân rất dễ hoàn thành và sẵn lòng lặp lại test.



Hình 1: Thực hiện việc đo Dao động ký Hô hấp

Vì vậy phương pháp này cho phép thực hiện ở những bệnh nhân không làm được hoặc có chống chỉ định làm hô hấp ký. Trong Monograph của Hội Hô Hấp Châu Âu 2025. Các tác giả Simpson S và cộng sự (1) mạnh mẽ khuyến khích các bác sĩ và các nhà nghiên cứu hô hấp thu thập thêm thông tin ngoài hô hấp ký để cải thiện kết quả công việc.

Ngoài ra việc dựa chủ yếu lên triệu chứng hô hấp vốn không đặc hiệu và đa dạng sẽ cản trở việc phát triển các nhóm thuốc mới. Cụ thể như các triệu chứng hô hấp sẽ bị ảnh hưởng bởi tình trạng tâm lý, sự cảm nhận, kiểu thở bất thường ngoài việc co thắt phế quản và tăng tiết đàm.

Vì vậy ĐĐKHH phải trở thành một test thường quy trong thực hành lâm sàng và nghiên cứu.

Các cơ sở vật lý và toán học của ĐĐKHH thì rất phức tạp (2) nhưng người sử dụng thì không bắt buộc phải hiểu tường tận nếu chỉ áp dụng phương pháp này.

Với các tiêu chuẩn đã được công bố (3), nhiều loại máy đã có trên thị trường với phần mềm đầy đủ, ĐĐKHH nay đã sẵn sàng để đưa vào sử dụng thường quy trong lâm sàng.

2. Các chỉ số đo được bằng Dao động ký hô hấp

2.1 Tổng trở - Impedance - Z

Tổng trở định lượng công hô hấp cần phải thực hiện để thắng sức cản đường dẫn khí (Resistance), sức ì (Inertance) vốn cản trở sự dẫn nở đường dẫn khí và phổi, và tính đàn hồi (Elastance) để làm nở phổi.

ĐĐKHH đo tổng trở Z mà hệ hô hấp phải vượt qua để đưa khí đi vào và đi ra phổi.

Tổng trở (Z) gồm hai thành phần chính:

- Resistance (R) - Sức cản đường dẫn khí.
- Reactance (X) - Phản lực

2.2 Sức cản của đường dẫn khí: R

- Đường kính đường dẫn khí càng nhỏ thì sức cản đường dẫn càng cao

2.3 Phản lực (X): Là một khái niệm mới

Phản lực (X) là lực cản mà hệ hô hấp phải thắng để làm dẫn nở hệ hô hấp trong thì hít vào.

Phản lực (X) bao gồm sức ì (I – Inertance) và tính đàn hồi (Elastance) của hệ hô hấp. Sức ì càng cao, tính đàn hồi càng giảm thì phản lực X càng tăng.

Mối liên hệ giữa Tổng trở Z, sức cản đường dẫn khí R và phản lực X của hệ hô hấp được thể hiện qua công thức:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Đo R và X thì hít vào và thì thở ra trong 1 nhịp thở được gọi là phương pháp phân tích trong một nhịp thở (Intrabreath analysis)

Trong bệnh lý tắc nghẽn đường dẫn khí, đường dẫn khí sẽ bị xẹp xuống trong thì thở ra làm giới hạn lưu lượng thở ra (Expiratory Flow Limitation - EFL).

X5 giảm $\geq 2,8 \text{ cm H}_2\text{O} \cdot \text{s/L}$ là chỉ số chính xác của hiện tượng EFL.

3. Áp dụng Dao động ký Hô hấp

3.1 - Dao động ký hô hấp và dân số chung

Đã có nhiều nghiên cứu lớn về vấn đề này:

- Berger và cộng sự (4): đã đo cho 439 người khỏe mạnh từ 21 đến 85 tuổi ở Hoa Kỳ.

Kết quả cho thấy có tương quan giữa sức cản R và phản lực X với khối lượng cơ thể so với cân nặng.

- Quarnstöm và cộng sự (5): báo cáo đề tài sử dụng ĐĐKHH và Hô hấp ký trong một chương trình quốc gia của Thụy Điển – Swedish CARdioPulmonary bioImage Study (SCAPIS) với 10.360 người, chọn lọc ngẫu nhiên.

Kết quả cho thấy bất thường sau thử thuốc của ĐĐKHH là 16%, của Hô hấp ký là 19%, sự trùng lặp cả hai phương pháp chỉ có 32%.

Tuy nhiên, ĐĐKHH bất thường có liên quan đến gánh nặng triệu chứng và tăng ngày nghỉ do bệnh hơn.

- Veneroni và cộng sự (6): thực hiện chương trình LEAD (Lung, hEart, sociaAl, boDy) trên 7.560 người từ 18 tuổi.

Trong đó đánh giá triệu chứng hô hấp, bệnh tật, Hô hấp ký và ĐĐKHH. Tỷ lệ có Hô hấp ký bất thường là 13%, của ĐĐKHH là 19,9%. Với những người có triệu chứng hoặc bệnh lý hô hấp, 38% có Hô hấp ký hoặc ĐĐKHH bất thường. ĐĐKHH bất thường cao hơn Hô hấp ký: 27% so với 22%. Điều đặc biệt là Trong nghiên cứu này COPD liên quan đến bất thường trong kỳ thở ra của ĐĐKHH, trong khi Hen lại liên quan đến bất thường trong thì hít vào.

Các kết quả trên cho thấy ĐĐKHH nhạy với những biến đổi bệnh lý dù nhỏ trong phổi và đo những điểm hoàn toàn khác với Hô hấp ký.

Trong khi hô hấp ký đo khả năng chức năng tối đa và cấu trúc của phổi, ĐĐKHH đo tổng trở đối với luồng khí trong khi hô hấp bình thường, không gắng sức.

Sự thay đổi trong kích thước của đường thở ảnh hưởng lên kết quả hô hấp ký, trong khi ĐĐKHH đo các ảnh hưởng sinh lý khi thở bình thường như trương lực thần kinh, kích thước đường thở trung ương và ngoại biên, sự đa dạng của tình trạng hẹp đường dẫn khí.

Như vậy việc đo cả hai HHK và ĐĐKHH sẽ cho phép đánh giá chức năng phổi đầy đủ hơn.

3.2. Tương quan với lâm sàng

- ĐĐKHH là một phương pháp thăm dò chức năng hô hấp có liên quan tốt với lâm sàng, có nhiều chỉ số phản ánh bệnh lý đường dẫn khí.

Tuy nhiên, ĐĐKHH không trùng lặp nhiều với hô hấp ký điều này cho thấy khả năng bổ sung cho hô hấp ký của ĐĐKHH.

- Ở mức độ dân số chung, người có triệu chứng hô hấp hoặc có chẩn đoán bệnh lý đường dẫn khí có R cao hơn và X thấp hơn. Các bất thường này cũng không đồng thuận với hô hấp ký.
- Tại bệnh viện, hô hấp ký là một phương pháp chẩn đoán quan trọng trong việc xác định hội chứng nghẽn tắc và mức độ nặng. ĐĐKHH không nên thay thế hô hấp ký nhưng khi sử dụng chung, chúng sẽ cung cấp bức tranh rõ ràng hơn về các bất thường sinh lý.
 - HHK không cung cấp được bức tranh đầy đủ, vd căng phình phổi là một dấu hiệu quan trọng trong COPD nhưng HHK không thấy được, trong khi tình trạng này sẽ ảnh hưởng đến tổng trở của ĐĐKHH (7).
 - Một ví dụ khác là trong số các BN của bệnh viện hen nặng, bất thường trên ĐĐKHH liên quan tới kiểm soát hen xấu đi, điều mà hô hấp ký không làm được (8).

Tình trạng này cũng xảy ra đối với việc phải tăng điều trị hen (9) và những cơn kịch phát hen nặng (10).

3.3 Đáp ứng test giãn phế quản trong Dao động ký hô hấp

- Đáp ứng test giãn phế quản trong ĐĐKHH được nghiên cứu kỹ trong các đoàn hệ người bình thường

Đối với R mức giảm tối thiểu là 30% hay 1,4 cm H₂O.s/L với Z-score là - 1,4

Đối với X mức giảm tối thiểu là 45% hay 0,55 cm H₂O.s/L với Z-score là 1,4

Các nghiên cứu gần đây có thể có ảnh hưởng lên cập nhật của Hội Hô Hấp Châu Âu vốn có đề xuất mức giảm của R tối thiểu là 40% và của X là 50%.

- So với Hô hấp ký, ĐĐKHH có tỉ lệ tín hiệu/nhiều cao hơn Hô hấp ký có nghĩa đáp ứng với test giãn phế quản nhạy hơn
- Ngoài việc giúp chẩn đoán hen ở người khò khè, test giãn phế quản dương tính trên ĐĐKHH còn liên quan đến kiểm soát hen kém
- Đáp ứng với thuốc giãn phế quản xảy ra với chỉ số X trong khoảng 20% người có triệu chứng hô hấp hoặc hút thuốc dù Hô hấp ký bình thường
- Nếu Hô hấp ký có tắc nghẽn, đáp ứng với thuốc giãn phế quản với chỉ số X lên đến 45%
- Trong cộng đồng Quảng Châu, Trung Quốc 50% BN COPD mức độ trung bình đến nặng có đáp ứng với thuốc giãn phế quản lên đến 50%, cũng chủ yếu ở chỉ số X (14)

Các thông tin trên nhấn mạnh rằng COPD vẫn đáp ứng với test giãn phế quản và điều này thấy rõ hơn ở ĐĐKHH

Điều quan trọng hơn là test giãn phế quản của ĐĐKHH liên hệ với mức độ khí phế thũng và suy giảm ở Hô hấp ký theo thời gian

3.4 Đánh giá đáp ứng với điều trị bằng Dao động ký hô hấp

- ĐĐKHH cũng thay đổi trong việc điều trị với ICS có kèm LABA hoặc không, ở hai chỉ số R và X. Điều này giúp BS quyết định điều trị: tiếp tục, tăng liều hoặc ngưng điều trị

Các nghiên cứu đều cho thấy có sự thay đổi có ý nghĩa thống kê khi sử dụng thuốc ICS/LABA hoặc thuốc giãn phế quản kéo dài trong COPD với kết quả cụ thể R5 giảm 10-25%.

Khả năng ĐĐKHH tiên đoán giảm đợt cấp hay suy giảm chức năng theo thời gian khi ghi nhận có cải thiện bởi ĐĐKHH chưa được nghiên cứu.

Sử dụng ĐĐKHH kết hợp với triệu chứng, hô hấp ký và các dấu ấn sinh học sẽ cho phép xử lý bệnh chính xác hơn và thống nhất hơn cũng như trong các nghiên cứu lâm sàng.

Tất cả các nghiên cứu đều thống nhất các mức thay đổi của các chỉ số sau đây của ĐĐKHH đều đi kèm với sự cải thiện có ý nghĩa lâm sàng về mặt triệu chứng của BN:

- R giảm 10-25%
- R5-R20 giảm 20-70%
- X tăng 25-60%
- AX giảm 50-60%

3.5 Tính lặp lại của các chỉ số ĐĐKHH

R và X có tính lặp lại cao ở một cá thể

R dao động khoảng 0,7 và X dao động khoảng 0,4 $\text{cm H}_2\text{O} \cdot \text{s/L}$

Mức này bằng 1/2 của đáp ứng với test giãn phế quản của một người bình thường

Điều này thống nhất với các dữ liệu cho thấy tỉ lệ tín hiệu/nhiều cao của ĐĐKHH, vì vậy ĐĐKHH nhạy hơn hô hấp ký trong test giãn phế quản (15)

Sự khác biệt tối thiểu có ý nghĩa lâm sàng quan trọng — (Minimal Clinically Important Difference — MCID)

Hiện nay chỉ có nghiên cứu của Abdo et al về MCID trong hen và chỉ có hai chỉ số được công bố: (16)

R5-R20 : giảm $\geq 0,6 \text{ cm H}_2\text{O} \cdot \text{s/L}$

AX : giảm $\geq 6,5 \text{ cm H}_2\text{O} \cdot \text{s/L}$

Cần nhiều nghiên cứu hơn về MCID cho các chỉ số của ĐĐKHH, được biểu diễn bởi Z-scores, trị số tuyệt đối phần trăm ở các bệnh hen, COPD, bệnh phổi kẽ và xơ nang. Các giá trị MCID này phải liên quan đến các kết cục quan trọng về mặt lâm sàng của bệnh nhân như triệu chứng hen, chỉ số khó thở, mức độ hoạt động hay khả năng vận động.

Các nghiên cứu này cũng phải có cỡ mẫu đủ lớn và làm ở nhiều máy ĐĐKHH khác nhau để có thể sử dụng rộng rãi.

3.6 Theo dõi BN hen và COPD tại nhà với ĐĐKHH

Triệu chứng và các đợt cấp được báo cáo khi BN đến khám bệnh tại bệnh viện, phòng khám thường không chính xác và rất chủ quan. Bệnh lý tắc nghẽn đường dẫn khí dao động theo ngày tùy đường kính đường dẫn khí, có khi tắc nghẽn nặng dẫn đến đợt cấp hoặc xấu dần theo thời gian. Tuy nhiên các tình trạng này chưa được theo dõi một cách khách quan.

ĐĐKHH theo dõi bệnh lý tắc nghẽn đường dẫn khí hàng ngày sẽ cải thiện việc đánh giá mỗi lần BN đến gặp BS.

Việc theo dõi hàng ngày tại nhà bằng ĐĐKHH rất khả thi đối với hen và COPD, ở người lớn cũng như trẻ em (17). Điều này hiện nay càng dễ thực hiện hơn với những máy ĐĐKHH nhỏ cầm tay và có hiệu quả/chi phí cao. Chỉ cần máy đo được R, X ở 5 - 8 Hertz là đủ để theo dõi.

CHROMED là một nghiên cứu ngẫu nhiên có đối chứng để điều trị ngay khi có đợt cấp ở BN COPD.

Mặc dầu không làm giảm được đợt cấp một cách đáng kể, nhưng có giảm được số lần nhập viện. Như vậy, dùng ĐĐKHH là hữu ích cho nhóm BN COPD nặng và khó xử trí (18).

Mấu chốt của việc theo dõi tại nhà là phát hiện được sự thay đổi trong nhiều ngày liên tiếp lớn hơn sự dao động bình thường.

Vì vậy cần có một khoảng thời gian theo dõi trong lúc BN ổn định với ĐĐKHH và cần có kết quả riêng của từng người.

Kế hoạch hành động dựa trên kết quả theo dõi ĐĐKHH tại nhà cũng cần cá thể hóa. Dữ liệu số (digital data) sẽ giúp phân tích kết quả tự động và báo động.

Phân tích dưới nhóm của n/c CHROMED cho thấy X nên là chỉ số đầu tiên và sự thay đổi ngắn ngày (3 ngày hơn là 7 ngày) sẽ nhạy hơn trong việc khám phá sớm sự xấu đi của bệnh.

Hen suyễn là một bệnh lý tương để theo dõi bằng ĐĐKHH vì bệnh này có đặc điểm là chức năng đường thở dao động theo từng ngày.

Sự dao động của R thì hít vào giúp phân biệt rõ các cá thể bình thường với BN hen (19, 20).

Trong một NC với 10 BN hen nhẹ, ổn định, kiểu dao động của R ở từng người được dùng để tiên đoán đợt hen cấp khi R tăng mạnh. Mức độ chính xác là 91% gợi ý rằng cách tiếp cận này có thể hữu ích về mặt lâm sàng.

Tuy nhiên, cần nhiều nghiên cứu về việc sử dụng ĐĐKHH để theo dõi tại nhà để giúp chẩn đoán (như lưu lượng đỉnh kế), để tối ưu hóa việc phân tích và xác định nhóm BN hen và COPD nào được hưởng lợi với phương pháp này.

3.7 Dao Động Ký Hô Hấp nhi khoa

Việc chỉ cần thở bình thường (với thể tích lưu thông của ĐĐKHH) giúp chẩn đoán và xử trí bệnh phổi trẻ em rất nhiều, đặc biệt ở nhóm dưới 6 tuổi.

93% trẻ đẻ non vẫn có thể đo được ĐĐKHH vào lúc 4 tuổi trong khi chỉ 30% đo được FEV₁, 23% đối với FVC, 4% với phế thân ký và 0% với DLCO (21).

Thêm vào đó, bệnh lý hô hấp khởi phát sớm ở đường dẫn khí nhỏ, vốn được gọi là vùng im lặng và thường không phát hiện được bởi hô hấp ký như ĐĐKHH.

Vì vậy, ĐĐKHH cho phép phát hiện sớm bệnh lý hô hấp lúc còn ở giai đoạn nhẹ nên cần được áp dụng trong nhiều lĩnh vực của nhi khoa. Tuy nhiên khả năng phân biệt giữa trẻ lành và trẻ bệnh của ĐĐKHH còn tùy thuộc vào loại bệnh và các chỉ số được sử dụng (R, X, AX và Fres).

3.8 Các bệnh lý liên quan đến sanh non

Trẻ sanh non có R tăng, X âm hơn, tăng AX và Fres so với trẻ sanh đúng hạn. Các bất thường này kéo dài cho đến tuổi thiếu niên. Sự khác biệt càng lớn ở những trẻ có chẩn đoán có bệnh phổi mạn tính lúc mới sinh VD: loạn sản phổi phế quản (22,23)

Chỉ số X rất bất thường cũng liên quan với triệu chứng hô hấp. (24,25,26)

Cơ chế làm phổi cứng (lung stiffness) ở nhóm trẻ sinh non vẫn chưa rõ. Có thể do phế nang không hình thành tốt, nhu mô phổi bị tổn thương hoặc bị viêm.

Tuy nhiên trị số tổng trở không tương xứng với bệnh lý cấu trúc phổi phát hiện bằng CT ở nhóm trẻ này (27).

Dù vậy, khi đo ĐĐKHH hàng loạt trên trẻ bị loạn sản phổi, sự suy giảm của chỉ số X và AX thường song hành với sự sụt giảm của hô hấp ký.

Trẻ bị tiếp xúc với khói thuốc lá và trẻ có triệu chứng hô hấp sẽ có suy giảm của ĐĐKHH nhanh hơn dù không có tổn thương cấu trúc phổi trên CT.

Giới hạn bình thường của test giãn phế quản ở trẻ bình thường đã được mô tả kỹ VÀ 1/3 trẻ sanh non có đáp ứng với test giãn phế quản. Kết quả test này không đồng thuận giữa hai phương pháp Hô hấp ký và ĐĐKHH với tỉ lệ giãn phế quản cao hơn ở Hô hấp ký. Test giãn phế quản dương tính ở ĐĐKHH liên quan đến khò khè. Ý nghĩa của test này đối với đáp ứng điều trị hay dự hậu thì chưa rõ.

3.9 Khò khè trước tuổi đến trường và hen trẻ em

Ootsveen và cộng sự (28) cho thấy R cao hơn ở trẻ trước tuổi đến trường bị khò khè thoáng qua so với trẻ không hề bị khò khè, và R cao hơn nữa ở trẻ bị khò khè dai dẳng, tuy nhiên cũng có sự trùng lặp đáng kể giữa các nhóm.

Điều này có thể do sự khác biệt giữa tiêu chuẩn về độ nặng của khò khè giữa các nghiên cứu.

Việc xác định trẻ nào trước tuổi đến trường bị khò khè sẽ bị suyễn sau này là một vấn đề quan trọng.

NC trên 255 trẻ Phần Lan có triệu chứng giống hen từ 4 đến 7 tuổi, R5 có Z-score bất thường sẽ tiên đoán việc bất thường chức năng phổi dai dẳng và sẽ bị chẩn đoán hen ở tuổi thiếu niên (29).

Việc phân tích các chỉ số tổng trở trong một hơi thở, phân biệt tổng trở thì hít vào tách biệt với thì thở ra còn nhạy hơn tổng trở chung.

Các phân tích này giúp phân biệt trẻ bị khò khè cấp tính hoặc khò khè tái đi tái lại với trẻ bình thường (30). Cần nghiên cứu thêm về áp dụng lâm sàng các kết quả này. Điểm mạnh thực sự của ĐĐKHH là đánh giá tính đáp ứng test giãn phế quản và tăng phản ứng đường dẫn khí vốn là công cụ quan trọng để chẩn đoán hen trong nhóm trẻ khò khè và hen suyễn (31).

Tiêu chuẩn đáp ứng dương tính với test giãn phế quản được xác định ở trẻ em (1):

- R5 giảm 40%
- X5 tăng 50%
- AX giảm 80%

Test giãn phế quản trong ĐĐKHH tốt hơn FEV₁ trong việc phân biệt trẻ hen suyễn và trẻ khỏe mạnh (28, 32, 33).

Tuy nhiên test giãn phế quản không phân biệt được trẻ khò khè (không bị chẩn đoán hen) với trẻ không khò khè.

Test kích thích phế quản có thể làm ở trẻ từ 3 tuổi với ĐĐKHH tuy nhiên vẫn chưa có kết luận về kết cục và ngưỡng chẩn đoán.

ĐĐKHH cũng nhạy bén trong việc dự đoán thuốc điều trị hen trẻ em.

R, X và /hoặc AX đã được ghi nhận cải thiện có ý nghĩa với Montelukast (34).

Hiệu quả của ICS, ICS/LABA đo với ĐĐKHH cũng nhạy bén hơn Hô hấp ký.

Hơn nữa R tốt hơn cả FEV₁ lẫn Methacholine test trong việc dự đoán đợt cấp hen ở trẻ 4-7 tuổi với hen ngắt quãng (35).

Như vậy ĐĐKHH có vai trò hữu ích trong lâm sàng để nhận dạng, theo dõi đợt cấp và đáp ứng điều trị ở trẻ hen.

3.10 Các bệnh lý khác ở trẻ em:

Các dữ liệu của ĐĐKHH trong các bệnh xơ nang, giãn phế quản, rối loạn động học lồng chuyên nguyên phát, bệnh cơ thần kinh, bệnh phổi ở trẻ bị HIV chu sinh, bệnh phổi sau lao, bệnh hồng cầu lưỡi liềm,.. vẫn còn rất ít.

3.11 Áp dụng Dao Động Ký Hô Hấp trong thở máy xâm lấn và không xâm lấn

ĐĐKHH có rất nhiều ưu điểm trong đánh giá cơ học phổi ở BN đang thở máy. ĐĐKHH có thể thực hiện mà không cần ngưng thở máy, thậm chí ở BN không gây mê, cho phép đánh giá liên tục mà không cần phải chuẩn bị thêm.

ĐĐKHH cung cấp thông tin ở thời gian thực về đặc tính cơ học của phổi để theo dõi tình trạng của BN, đánh giá hiệu quả điều trị và sự can thiệp để tối ưu hóa việc cài đặt máy thở.

ĐĐKHH đã được áp dụng ở BN người lớn thở máy xâm lấn hoặc không xâm lấn trong bệnh viện để theo dõi tiến triển bệnh, sự hồi phục và dự hậu (36, 37, 38).

Ở trẻ sanh non, đo X trong lúc thở máy có liên quan đến tổng số ngày cần thở máy và sự phát triển loạn sản phổi (39, 40, 41, 42, 43).

X đo trong 2 giờ đầu tiên tiên đoán việc cần surfactant (100).

Lượng giá đáp ứng với điều trị và sự can thiệp bằng ĐĐKHH ở BN thở máy xâm lấn và không xâm lấn

Ở trẻ em, ĐĐKHH đã được dùng để đánh giá hiệu quả điều trị với surfactant (44), thuốc giãn phế quản (45), corticosteroid trong loạn sản phổi và việc thay đổi tư thế (47).

Ở người lớn thở máy, ĐĐKHH dùng để theo dõi hiệu quả của thuốc giãn phế quản, (48) áp lực dương trên đường thở để giảm co thắt phế quản (49) và theo dõi ngay sau mổ (50, 51, 52).

ĐĐKHH còn giúp quyết định ngưng hoặc tiếp tục can thiệp bằng máy thở

Dùng Dao Động Ký Hô Hấp để tối ưu hóa các chỉ số thông khí trong thở máy

Dùng ĐĐKHH để điều chỉnh chế độ cài đặt máy sao cho áp suất đường dẫn khí đạt mức tối ưu thông qua việc lặp lại nhiều lần việc đo ĐĐKHH.

Biện pháp này đã được áp dụng trong nhiều bệnh lý hô hấp tối ưu hóa việc huy động thể tích phổi ở trẻ nhỏ và người lớn.

Trong những bệnh lý cấp tính có đặc điểm thể tích phổi bị giảm (tổn thương phổi cấp, hội chứng nguy ngập hô hấp cấp-ARDS hoặc hội chứng nguy ngập hô hấp trẻ sơ sinh) Việc điều trị thành công các bệnh lý này dựa vào việc xác định áp lực tối ưu làm nở phổi và giảm thiểu việc căng phồng phổi.

Điều này rất khó khăn vì nhiều bệnh lý phổi có trong khoa sản sóc đặc biệt.

Trong mô hình thí nghiệm với bệnh lý tổn thương phổi cấp/ARDS, X5 là một chỉ số đáng tin cậy để đánh giá phần trăm phổi bị xẹp (de-recruitment) như khi lượng giá bằng CT.

X5 cũng có thể theo dõi tình trạng nở phổi/xẹp phổi (recruitment/de-recruitment) bất kể mô hình bệnh lý hay kiểu phân phối của tình trạng xẹp phổi (53).

Hơn nữa, theo dõi chỉ số X trong quá trình làm giảm áp lực dương cuối kỳ thở ra (PEEP) cho phép xác định mức PEEP tối thiểu để đề phòng tái xẹp phổi sau biện pháp làm nở phổi. Phương pháp này có độ nhạy và độ đặc hiệu cao xác định bởi CT (54).

Mức PEEP tối ưu xác định dựa trên chỉ số X của ĐĐKHH cho phép dùng thể tích lưu thông tối thiểu và ngăn ngừa việc căng phồng phổi. Điều này giúp oxy hoá máu tốt hơn, giảm tổn thương phổi trên mô bệnh học so với các protocol chuẩn (55, 56).

Áp dụng ĐĐKHH để tối ưu hoá việc thở máy là rất có giá trị trong khoa chăm sóc đặc biệt trẻ sơ sinh.

Trẻ sơ sinh có lá phổi mỏng manh, các chỉ số về chức năng phổi thì hạn chế và nguy cơ cao bị biến chứng dài hạn. Trong những ngày đầu đời, tình trạng hô hấp của chúng thay đổi nhanh chóng đòi hỏi phải điều chỉnh chế độ thông khí liên tục.

ĐĐKHH cũng cung cấp những thông tin về cơ học hô hấp ở trẻ sanh non vốn rất cần thiết trong việc điều trị.

DĐKHH đặc biệt hữu dụng trong trường hợp oxy hoá máu qua màng ngoài cơ thể (Extra Corporeal Membrane Oxygenation - ECMO) khi mà BS không thể dùng kết quả của sự trao đổi khí tại phổi để đánh giá hiệu quả của sự thông khí.

Một áp dụng khác của DĐKHH là có thể tối ưu hoá các biện pháp hồi sinh lúc sanh khi cần phải cấp thiết làm nở phổi nhưng không được gây chấn thương do áp lực.

DĐKHH đã được sử dụng để theo dõi cơ học hô hấp khi dùng các cách huy động phổi khác nhau ở cừu sinh non (57, 58).

Các thông tin này có thể hướng dẫn việc lập các chiến lược trên trẻ sơ sinh một cách cá thể hóa (59).

Dùng Dao Động Ký Hô Hấp để tối ưu hóa PEEP trong thở máy ở bệnh nhân COPD

Phương pháp phân tích DĐKHH trong một hơi thở xác định giới hạn luồng khí thở ra (Expiratory Flow Limitation – EFL) trong lúc thở thể tích lưu thông (tidal EFL) trong thở máy vốn gây PEEP nội sinh và tăng công hô hấp.

Dùng PEEP ngoại sinh để phối hợp với PEEP nội sinh có thể làm giảm gánh nặng này, bình thường hóa kiểu thở, cải thiện việc trao đổi khí và giảm sự bất đồng bộ giữa máy và bệnh nhân. Tuy nhiên PEEP ngoại sinh quá mức có thể làm tăng công hô hấp và dẫn đến rối loạn huyết động học.

Các lược đồ xác định PEEP tự động dựa trên việc theo dõi liên tục tidal EFL bằng DĐKHH vừa mới được đưa vào trong máy thở.

Ở BN COPD, mức PEEP tối ưu thay đổi đáng kể giữa các bệnh nhân, do tư thế và hoạt động nhấn mạnh tầm quan trọng của việc điều chỉnh PEEP liên tục.

Cách điều trị này làm giảm sự dao động của áp suất xuyên cơ hoành và giảm thiểu nguy cơ suy hô hấp do tăng CO₂ mạn tính. Phương pháp này cũng làm giảm thời gian ngủ có PCO₂ qua da > 45 mmHg và giảm một nửa số nhịp thở không hiệu quả. Cuối cùng, việc phát hiện tidal EFL cũng cho phép xác định áp lực đường dẫn khí trong hội chứng giảm thông khí do béo phì (60) Việc phát hiện giới hạn luồng khí hít

vào có thể giúp việc tự động xác định áp lực dương liên tục trong bệnh ngưng thở lúc ngủ do tắc nghẽn.

Tóm lại, việc dùng ĐĐKHH trong thở máy sẽ cung cấp cho BS những thông tin quý giá để tối ưu hóa cơ học hô hấp, giảm tổn thương do máy thở và cải thiện kết cục cho BN.

Việc áp dụng ĐĐKHH thường quy trong thở máy có lẽ phải cần thêm các cải thiện của cả hai loại máy.

Cần nghiên cứu thêm để tăng tính chính xác trong đo đạc, loại bỏ các nhiễu từ máy thở, các giao diện khác nhau với đường thở, hở khí, thở mũi và các hoạt động của thanh quản. Cần nhiều nghiên cứu về kết cục của BN và cách chọn BN trong việc đưa ĐĐKHH vào quy trình thở máy.

4. Kết luận

ĐĐKHH là một phương pháp đo chức năng phổi dễ thực hiện không đòi hỏi sự gắng sức, khi kết hợp với hô hấp ký, đo các thể tích phổi và khả năng khuếch tán sẽ cung cấp một hình ảnh đầy đủ về sinh lý hô hấp có liên quan chặt chẽ với lâm sàng.

Các máy ĐĐKHH nay đã được đưa vào áp dụng trong lâm sàng đặc biệt là bệnh phổi trẻ em và bệnh đường dẫn khí ở người lớn.

Rất nhiều nghiên cứu lâm sàng cho thấy việc đo tổng trở của ĐĐKHH liên quan rất tốt với lâm sàng. Lợi ích ĐĐKHH rất lớn nên các BS cần phải học về các nguyên tắc của ĐĐKHH và sinh lý phổi, tuy nhiên lợi ích của phương pháp này rất lớn.

ĐĐKHH không những cải thiện việc đánh giá lâm sàng nhờ bổ sung cho hô hấp ký, các đặc điểm điều trị được và các dấu ấn viêm mà còn giúp theo dõi sự thay đổi của chức năng hô hấp và đánh giá hiệu quả của các phương pháp điều trị mới. ĐĐKHH hỗ trợ tích cực trong thở máy. Ở thời điểm này, ĐĐKHH đã sẵn sàng để được áp dụng thường quy trong lâm sàng.

Tài liệu tham khảo

1. Simpson S et al. 2025. Oscillometry: clinical significance and applications

2. Dellacà R, Farré R. Oscillometry: theoretical bases. In: Dellacà R, Aliverti A, eds. Respiratory Physiology: New Knowledge, Better Diagnosis (ERS Monograph). Sheffield, European Respiratory Society, 2025; pp. 79–99.
3. King GG, Bates J, Berger KI, et al. Technical standards for respiratory oscillometry. *Eur Respir J* 2020; 55:1900753.
4. Berger KI, Wohlleber M, Goldring RM, et al. Respiratory impedance measured using impulse oscillometry in a healthy urban population. *ERJ Open Res* 2021; 7: 00560-2020.
5. Qvarnström B, Engström G, Frantz S, et al. Impulse oscillometry indices in relation to respiratory symptoms and spirometry in the Swedish Cardiopulmonary Bioimage Study. *ERJ Open Res* 2023; 9: 00736-2022.
6. Veneroni C, Valach C, Wouters EFM, et al. Diagnostic potential of oscillometry: a population-based approach. *Am J Respir Crit Care Med* 2024; 209: 444–453.
7. Milne S, Jetmalani K, Chapman DG, et al. Respiratory system reactance reflects communicating lung volume in chronic obstructive pulmonary disease. *J Appl Physiol* 2019; 126: 1223–1231.
8. Cottee AM, Seccombe LM, Thamrin C, et al. Oscillometry and asthma control in patients with and without fixed airflow obstruction. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2022; 10: 1260–1267.e1.
9. Gonem S, Natarajan S, Desai D, et al. Clinical significance of small airway obstruction markers in patients with asthma. *Clin Exp Allergy* 2014; 44: 499–507.
10. O’Sullivan CF, Nilsen K, Borg B, et al. Small airways dysfunction is associated with increased exacerbations in patients with asthma. *J Appl Physiol* 2022; 133: 629–636.

11. Jetmalani K, Brown NJ, Boustany C, et al. Normal limits for oscillometric bronchodilator responses and relationships with clinical factors. *ERJ Open Res* 2021; 7: 00439-2021.
12. Johansson H, Wollmer P, Sundström J, et al. Bronchodilator response in FOT parameters in middle-aged adults from SCAPIS: normal values and relationship to asthma and wheezing. *Eur Respir J* 2021; 58: 2100229.
13. Oostveen E, Boda K, van der Grinten CPM, et al. Respiratory impedance in healthy subjects: baseline values and bronchodilator response. *Eur Respir J* 2013; 42: 1513–1523.
14. Lu L, Wu F, Peng J, et al. Clinical characterization and outcomes of impulse oscillometry-defined bronchodilator response: an ECOPD cohort-based study. *Respir Res* 2024; 25: 149.
15. Yaegashi M, Yalamanchili VAK, Kaza V, et al. The utility of the forced oscillation technique in assessing bronchodilator responsiveness in patients with asthma. *Respir Med* 2007; 101: 995–1000.
16. Abdo M, Kirsten A-M, von Mutius E, et al. Minimal clinically important difference for impulse oscillometry in adults with asthma. *Eur Respir J* 2023; 61: 2201793.
17. Wong A, Hardaker KM, Field P, et al. Home-based forced oscillation technique day-to-day variability during pediatric asthma exacerbations. *Am J Respir Crit Care Med* 2019; 199: 1156–1160.
18. Walker PP, Pompilio PP, Zanaboni P, et al. Telemonitoring in chronic obstructive pulmonary disease (CHROMED). A randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2018; 198: 620–628.
19. Gulotta C, Suki B, Brusasco V, et al. Monitoring the temporal changes of respiratory resistance: a novel test for the management of asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2012; 185: 1330–1331.

20. Gobbi A, Gulotta C, Suki B, et al. Monitoring of respiratory resistance in the diagnosis of mild intermittent asthma. *Clin Exp Allergy* 2019; 49: 921–923.
21. Verheggen M, Wilson AC, Pillow JJ, et al. Respiratory function and symptoms in young preterm children in the contemporary era. *Pediatr Pulmonol* 2016; 51: 1347–1355.
22. Udomittipong K, Sly PD, Patterson HJ, et al. Forced oscillations in the clinical setting in young children with neonatal lung disease. *Eur Respir J* 2008; 31: 1292–1299.
23. Vrijlandt EJ, Boezen HM, Gerritsen J, et al. Respiratory health in prematurely born preschool children with and without bronchopulmonary dysplasia. *J Pediatr* 2007; 150: 256 - 261
24. Evans DJ, Schultz A, Verheggen M, et al. Identifying pediatric lung disease: a comparison of forced oscillation technique outcomes. *Pediatr Pulmonol* 2019; 54: 751–758.
25. Simpson SJ, Logie KM, O’Dea CA, et al. Altered lung structure and function in mid-childhood survivors of very preterm birth. *Thorax* 2017; 72: 702–711.
26. Thunqvist P, Gustafsson PM, Schultz ES, et al. Lung function at 8 and 16 years after moderate-to-late preterm birth: a prospective cohort study. *Pediatrics* 2016; 137: e20152056.
27. Smith EF, Hemy NR, Hall GL, et al. Risk factors for poorer respiratory outcomes in adolescents and young adults born preterm. *Thorax* 2023; 78: 1223–1232.
28. Oostveen E, Dom S, Desager K, et al. Lung function and bronchodilator response in 4-year-old children with different wheezing phenotypes. *Eur Respir J* 2010; 35: 865–872.
29. Lajunen K, Kalliola S, Kotaniemi-Syrjänen A, et al. Abnormal lung function at preschool age asthma in adolescence? *Ann Allergy Asthma Immunol* 2018; 120: 520–526.

30. Czövek D, Shackleton C, Hantos Z, et al. Tidal changes in respiratory resistance are sensitive indicators of airway obstruction in children. *Thorax* 2016; 71: 907–915.
31. Gaillard EA, Kuehni CE, Turner S, et al. European Respiratory Society clinical practice guidelines for the diagnosis of asthma in children aged 5–16 years. *Eur Respir J* 2021; 58: 2004173.
32. Marotta A, Klinnert MD, Price MR, et al. Impulse oscillometry provides an effective measure of lung dysfunction in 4-year-old children at risk for persistent asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2003; 112: 317–322.
33. Song TW, Kim KW, Kim ES, et al. Utility of impulse oscillometry in young children with asthma. *Pediatr Allergy Immunol* 2008; 19: 763–768.
34. Moeller A, Lehmann A, Knauer N, et al. Effects of montelukast on subjective and objective outcome measures in preschool asthmatic children. *Pediatr Pulmonol* 2008; 43: 179–186.
35. Schulze J, Smith HJ, Fuchs J, et al. Methacholine challenge in young children as evaluated by spirometry and impulse oscillometry. *Respir Med* 2012; 106: 627–634.
36. Sellares J, Acerbi I, Loureiro H, et al. Respiratory impedance during weaning from mechanical ventilation in a mixed population of critically ill patients. *Br J Anaesth* 2009; 103: 828–832.
37. Torregiani C, Baratella E, Segalotti A, et al. Oscillometry longitudinal data on COVID-19 acute respiratory syndrome treated with non-invasive respiratory support. *J Clin Med* 2024; 13: 1868.
38. Torregiani C, Veneroni C, Confalonieri P, et al. Monitoring respiratory mechanics by oscillometry in COVID-19 patients receiving non-invasive respiratory support. *PLoS One* 2022; 17: e0265202.

39. Veneroni C, Wallström L, Sindelar R, et al. Oscillatory respiratory mechanics on the first day of life improves prediction of respiratory outcomes in extremely preterm newborns. *Pediatr Res* 2019; 85: 312–317
40. Lavizzari A, Veneroni C, Beretta F, et al. Oscillatory mechanics at birth for identifying infants requiring surfactant: a prospective, observational trial. *Respir Res* 2021; 22: 314.
41. Rigotti C, Zannin E, Dognini G, et al. Oscillatory mechanics trajectory in very preterm infants: a cohort study. *Pediatr Res* 2023; 94: 1998–2004.
42. Zannin E, Neumann RP, Dellacà R, et al. Forced oscillation measurements in the first week of life and pulmonary outcome in very preterm infants on noninvasive respiratory support. *Pediatr Res* 2019; 86: 382–388.
43. Zannin E, Rigotti C, Schulzke SM, et al. Early respiratory system reactance predicts respiratory outcomes in preterm infants: a retrospective, multicentre study. *Eur Respir J* 2025; 65: 2400246.
44. Pillow JJ, Sly PD, Hantos Z. Monitoring of lung volume recruitment and derecruitment using oscillatory mechanics during high-frequency oscillatory ventilation in the preterm lamb. *Pediatr Crit Care Med* 2004; 5:172–180.
45. Rigotti C, Zannin E, Veneroni C, et al. Oscillatory mechanics response to inhaled bronchodilators in very preterm infants: a retrospective study. *J Pediatr* 2022; 251: 149–155.
46. Rigotti C, Zannin E, Chiaraluce S, et al. Lung function response to postnatal corticosteroids for the prevention and treatment of bronchopulmonary dysplasia. *Pediatr Res* 2024; in press [<https://doi.org/10.1038/s41390-024-03535-3>].
47. Vendettuoli V, Veneroni C, Zannin E, et al. Positional effects on lung mechanics of ventilated preterm infants with acute and chronic lung disease. *Pediatr Pulmonol* 2015; 50: 798–804.

48. Lorx A, Szabó B, Hercsuth M, et al. Low-frequency assessment of airway and tissue mechanics in ventilated COPD patients. *J Appl Physiol* 2009; 107: 1884–1892.
49. Bhatawadekar SA, Dixon AE, Peters U, et al. Positive expiratory pressure: a potential therapy to mitigate acute bronchoconstriction in the asthma of obesity. *J Appl Physiol* 2021; 131: 1663–1670.
50. Albu G, Babik B, Késmárky K, et al. Changes in airway and respiratory tissue mechanics after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2010; 89: 1218–1226.
51. Kaczka DW, Ingenito EP, Body SC, et al. Inspiratory lung impedance in COPD: effects of PEEP and immediate impact of lung volume reduction surgery. *J Appl Physiol* 2001; 90: 1833–1841.
52. Nakano S, Nakahira J, Sawai T, et al. Perioperative evaluation of respiratory impedance using the forced oscillation technique: a prospective observational study. *BMC Anesthesiol* 2016; 16: 32.
53. Dellacà RL, Andersson Olerud M, Zannin E, et al. Lung recruitment assessed by total respiratory system input reactance. *Intensive Care Med* 2009; 35: 2164–2172.
54. Dellacà RL, Zannin E, Kostic P, et al. Optimisation of positive end-expiratory pressure by forced oscillation technique in a lavage model of acute lung injury. *Intensive Care Med* 2011; 37: 1021–1030.
55. Zannin E, Dellacà RL, Kostic P, et al. Optimizing positive end-expiratory pressure by oscillatory mechanics minimizes tidal recruitment and distension: an experimental study in a lavage model of lung injury. *Crit Care* 2012; 16: R217.
56. Kostic P, Zannin E, Andersson Olerud M, et al. Positive end-expiratory pressure optimization with forced oscillation technique reduces ventilator induced lung injury: a controlled experimental study in pigs with saline lavage lung injury. *Crit Care* 2011; 15: R126.

- 57.Veneroni C, Tingay DG, McCall KE, et al. Respiratory mechanics during initial lung aeration at birth in the preterm lamb. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2020; 318: L525–L532.
- 58.Zannin E, Ventura ML, Dellacà RL, et al. Optimal mean airway pressure during high-frequency oscillatory ventilation determined by measurement of respiratory system reactance. *Pediatr Res* 2014; 75: 493–499.
- 59.Veneroni C, Mercadante D, Lavizzari A, et al. Changes in respiratory mechanics at birth in preterm infants: a pilot study. *Pediatr Pulmonol* 2020; 55: 1640–1645.
- 60.Baglyas S, Valkó L, Móró V, et al. Using intra-breath oscillometry in obesity hypoventilation syndrome to detect tidal expiratory flow limitation: a potential marker to optimize CPAP therapy. *BMC Pulm Med* 2023; 23: 477.