



CARTAS CIENTÍFICAS

Síndrome de distrés respiratorio agudo en la altitud: consideraciones sobre el diagnóstico y tratamiento



Acute respiratory distress syndrome at high altitude: considerations for diagnosis and treatment

Sr. Editor,

El síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) es una insuficiencia respiratoria aguda secundaria a una inflamación desencadenada por agresiones pulmonares y no pulmonares que conducen a una alteración de la permeabilidad de la barrera alvéolo-capilar y a hipoxemia profunda. El SDRA fue redefinido por un panel de expertos en Berlín en 2012¹. Aunque los criterios de Berlín mejoraron la validez y confiabilidad de la definición, no hicieron posible el diagnóstico de SDRA en entornos específicos². La modificación de Kigali propuso un mecanismo para identificar el SDRA en entornos con recursos limitados, porque la definición de Berlín requiere ventilación con presión positiva, mediciones de gases arteriales y radiografía de tórax. Estos requisitos hacen que muchos pacientes con SDRA no pueden ser diagnosticados en muchas zonas del mundo y esto es importante porque una falta de reconocimiento conduce a un fracaso del tratamiento³.

Debido a que todas las estimaciones sobre la incidencia de SDRA se originan en los países desarrollados, con importantes diferencias con los no desarrollados con relación a la disponibilidad de camas en unidades de cuidados intensivos (UCI), disponibilidad de recursos humanos y materiales (ventilación mecánica, posibilidad de determinar gases, etc.) y diferencias de criterio, como la toma de decisiones al final de la vida, Kigali resultó importante. La modificación de Kigali propuso cambiar la relación entre la presión parcial de oxígeno (PaO_2) y la fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) por la saturación de oxígeno (SpO_2) entre la FiO_2 cuando la determinación de los gases sanguíneos no sea posible, renunciar al requisito de ventilación mecánica con PEEP 5 cmH_2O en lugares en los que la capacidad de ventilación es baja, permitir el uso de ecografía pulmonar además de la radiografía de tórax para definir opacidades bilaterales, validar modalidades de diagnóstico alternativas a las de los entornos con más recursos y prevenir el SDRA examinando a los pacientes en todas las áreas del hospital, no solo en las UC^{2,3}.

Otro entorno específico es la altitud. Se considera medicina crítica en la altitud (MCA) a la medicina que se encarga

del manejo de los pacientes en estado crítico que residen a una altitud igual o mayor a 1.500 metros sobre el nivel del mar (msnm); esto afecta al 2% de la población mundial. La consideración de 1.500 msnm es porque a partir de esa altitud se observan las primeras adaptaciones derivadas del descenso progresivo de la presión barométrica, consecutiva al ascenso a la altitud, y se observan cambios en los análisis de gases arteriales. Las UCI que se encuentran a mayor altitud en el mundo son las ubicadas en Cerro Pasco (Perú) a 4.380 msnm y El Alto (Bolivia) a 4.150 msnm⁴. Desde un punto de vista práctico, se ha propuesto clasificar a la altitud relacionada con la MCA en 3 niveles: media altitud (1.500-2.500 msnm), elevada altitud (2.500-3.500 msnm) y gran altitud (3.500-5.800 msnm)⁴.

El marco de la MCA es muy similar al recogido en la modificación de Kigali: bajos recursos económicos, falta de camas de UCI, personal especializado, recursos materiales limitados, etc., con el añadido de la altitud⁵. A altitudes >1.500 msnm, variables como la presión barométrica, la presión inspirada de O_2 (PIO_2) y la PaO_2 se encuentran disminuidas y, a mayor altitud, mayor será su disminución (tabla 1)^{4,6}. Otro factor importante diferencial con el nivel del mar es la presión arterial pulmonar media, en altitudes >1.600 msnm es ≥ 18 mmHg y en presencia de SDRA a gran altitud, puede superar ampliamente los 20 mmHg, variables que deben tomarse en cuenta en el tratamiento y en la utilización de la PEEP⁷.

Si se diagnosticara SDRA a gran altitud (SDRA-A) con el criterio de Berlín, la aplicación clínica de estrategias como la oxigenación con cánula nasal de alto flujo retrasaría su diagnóstico. El Consenso de Berlín estratificó los niveles de gravedad del SDRA, pero fue consciente de la dificultad para aplicarlo en la altitud y propuso una fórmula de corrección para hacer el diagnóstico en poblaciones ubicadas por encima de los 1.000 msnm ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \times \text{presión barométrica}/760$)¹. Sin embargo, la comparación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ medida en diversos estudios y la calculada con la fórmula del Consenso de Berlín no parece corresponder a la realidad⁴ y, en pacientes aclimatados con ventilación mecánica invasiva, esta ecuación de ajuste parece ser inexacta⁸.

Por tanto, los criterios de diagnóstico para el SDRA-A siguen siendo controvertidos: la estratificación de la gravedad debe ser debatida y replanteada, especialmente en pacientes mal adaptados, así como la sustitución de la relación $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ por la $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, como se ha planteado en países con bajos recursos económicos^{2,3}. En un estudio realizado a 2.600 msnm se correlacionó la $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ y la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ y se concluyó que ambos tienen un rendimiento diagnóstico similar en pacientes con hipoxemia grave ventilados⁹.

Tabla 1 Relación entre altitud, presión barométrica y valores gasométricos⁴

Altitud (msnm)	PB/PIO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	PaCO ₂ (mmHg)	SaO ₂ (%)	PaO ₂ /FiO ₂ ^a
Nivel del mar	760/160	100	45	95	476
1.818 ^b	699/147	78,19	34,6	96,24	372
2.640 ^c	560/118	68,6	31,2	93,6	327
3.600 ^d	495/104	55,9	28,4	86	266
4.380 ^e	457/96	54,18	27,7	87	258

msnm: metros sobre nivel del mar; PaO₂/FiO₂: relación presión parcial de oxígeno (PaO₂)/Fracción inspirada de oxígeno (FiO₂).

^a Valores medidos en diversos estudios con aire ambiental (FiO₂ al 21%).

^b Huánuco (Perú).

^c Bogotá (Colombia).

^d La Paz (Bolivia).

^e Cerro de Pasco (Perú).

Tabla 2 Bases propuestas para el manejo del SDRA-A del Comité de Expertos de Medicina Crítica en la Altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva

- Reconocimiento y diagnóstico temprano del SDRA-A. Prevenir el SDRA-A examinando a los pacientes en todas las áreas del hospital, no solo en las UCI.
- Utilizar la modificación de Kigali en entornos de recursos limitados: cambiar la relación PaO₂/FiO₂ por SpO₂/FiO₂ cuando la determinación de los gases sanguíneos no sea posible, renunciar al requisito de ventilación mecánica con PEEP 5 cmH₂O en lugares donde la capacidad de ventilación es baja, permitir el uso de ecografía pulmonar además de la radiografía de tórax para definir opacidades bilaterales.
- Mejorar la oxigenación para revertir la vasoconstricción pulmonar hipóxica:
 - A una altitud de entre 1.000 y 3.000 msnm se recomienda iniciar la oxigenación cuando la SpO₂ sea <90%-88%, valorando siempre el contexto clínico.
 - A una altitud mayor a 3.000 msnm, cuando la SpO₂ sea <85%.
- Metas de oxigenación en la altitud:

Los valores gasométricos pueden servir de guía para conseguir una oxigenación próxima a las diferentes altitudes donde residen los pacientes.

- A una altitud de entre >2.500 y 3.500 msnm, mantener la SpO₂ entre 91 y 96% (93%) y la PaO₂ entre 61,1 y 68,6 mmHg (64,5 mmHg).
- A una altitud de entre >3.500 y 4.380 msnm, mantener la SpO₂ entre 86,2 y 87% (86,61%) y la PaO₂ entre 54,18 y 55,9 mmHg (55,04 mmHg).
- Evitar la hiperoxia: >2.500 y 3.500 msnm >96% y a 3.500 y 4.380 >87%.
- Control de la hipercapnia, manteniendo un PaCO₂ de acuerdo con su valor gasométrico en cada nivel de altitud.
- Controlar la presión arterial pulmonar mediante ecocardiografía avanzada para evitar la disfunción ventricular derecha o sus subrogados, como el desplazamiento sistólico del plano del anillo tricuspídeo (TAPSE), diámetros basal y media, relación VD/VI, Area de VD, movimiento paradójico del septum, grosor de la pared libre de VD, etc., mediante ecocardiografía básica o *point of care*.
- En adultos en ventilación mecánica con SDRA-A se recomienda reducir el estrés pulmonar, la elongación/tensión (*stretch/strain*) pulmonar, el atelectraumatismo y el barotraumatismo:
 - Utilizar volúmenes corrientes entre 4-8 ml/kg de peso.
 - Evitar una excesiva presión de distensión alveolar manteniéndola por debajo de 15 cmH₂O.
 - Cuando la distensibilidad pulmonar está disminuida (<40 mL/cmH₂O), se propone un incremento gradual de PEEP de hasta máximo 14-15 cmH₂O con control de efectos de la PEEP (en casos individualizados, probablemente se requiera más).
 - Si se utiliza una PEEP >10 cmH₂O, se debe monitorizar la disfunción cardíaca derecha.
- Mantener una presión meseta <30 cmH₂O.
- Para adultos en ventilación mecánica invasiva con SDRA moderado a grave, se propone la ventilación en posición prono (VPP) entre 12 y 16 h. La hipertensión pulmonar está presente en pacientes con SDRA a gran altitud y la VPP debe implementarse temprano, con una duración prolongada para reducir la lesión pulmonar y proteger la función cardíaca.
- Para adultos con ventilación mecánica con SDRA-A, se propone una estrategia conservadora de fluidos. Debido al complejo mecanismo fisiopatológico del SDRA-A, con frecuencia secundario al edema pulmonar agudo en altitud, una terapia inadecuada de fluidos aumentaría el flujo sanguíneo pulmonar, induciría o agravaría el edema pulmonar y conduciría a una hipoxemia más grave y dañaría la función cardíaca derecha.
- Cuidados habituales de soporte del paciente crítico: soporte nutricional, control de la glucosa, profilaxis de la trombosis venosa profunda y de la úlcera de estrés, etc.

En una conferencia de consenso sobre los criterios de diagnóstico SDRA-A en la China occidental, Zhang et al. señalaron que, aunque tiene la misma etiología, enfermedad y fisiología que el SDRA de baja altitud, el SDRA-A está influido, a partir de >1.500 msnm, por el aumento progresivo de la altitud, caída de la PIO_2 y por los factores ambientales de las altas altitudes, lo que origina significación en los cambios fisiopatológicos, signos, síntomas clínicos y en los parámetros de los gases arteriales¹⁰.

Como conclusión, las personas que viven en zonas de gran altitud presentan diferencias fisiológicas y anatómicas derivadas de los mecanismos de adaptación fisiológicos. Por ello, el SDRA-A también tiene características fisiopatológicas propias. Las estrategias de diagnóstico y tratamiento para el SDRA-A son diferentes de las del SDRA en áreas de menor altitud y siguen sin estar claras. La definición clínica de SDRA hace que el síndrome sea difícil de cuantificar en entornos con escasos recursos o en altitud. Es necesario desarrollar métodos para identificar y tratar el SDRA en el contexto global, aunque pueda requerir la adaptación de la definición actual de Berlín, y validar las posibles modificaciones para no perder la oportunidad de diagnosticar y tratar eficazmente a estos pacientes y mejorar sus resultados en los entornos citados.

En la [tabla 2](#) se exponen las bases del manejo del SDRA-A propuestas por el Comité de Expertos de Medicina Crítica en la Altitud de la Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva.

Financiación

Ninguna.

Conflicto de intereses

No existe ningún conflicto de interés.

Bibliografía

- Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, Fan E, et al. ARDS Definition Task Force. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA*. 2012;307:2526–33, <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2012.5669>.
- Buregeya E, Fowler RA, Talmor DS, Twagirumugabe T, Kiviri W, Riviello ED. Acute respiratory distress syndrome in the global context. *Glob Heart*. 2014;9:289–95, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gheart.2014.08.003>.
- Riviello ED, Buregeya E, Twagirumugabe T. Diagnosing acute respiratory distress syndrome in resource limited settings: The Kigali modification of the Berlin definition. *Curr Opin Crit Care*. 2017;23:18–23, <http://dx.doi.org/10.1097/MCC.0000000000000372>.
- Tinoco-Solórzano SA, Nieto VH, Vélez-Páez JL, Molano D, Viruez-Soto A, Villacorta-Córdoba F, et al. Medicina intensiva en la altitud. Revisión de alcance. *Rev Med Intensiva Cuid Crít*. 2020;13:218–25.
- Bolivia tiene 190 intensivistas y 430 UTI, 38% de lo mínimo requerido. Sociedad Boliviana de Medicina Crí-

tica y Terapia Intensiva. *EJU.tv* [consultado el 6 de abril de 2024]. Disponible en: <https://eju.tv/2020/04/bolivia-tiene-190-intensivistas-y-430-uti-38-de-lo-minimo-requerido/2020;2020>.

- Avellanas Chavala ML. A journey between high altitude hypoxia and critical patient hypoxia: What can it teach us about compression and the management of critical disease? *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2018;42:380–90, <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2017.08.006>.
- Guo L, Sun J, He Z, Shi Q, Ma S. Understanding acute respiratory distress syndrome in high-altitude environments: A comprehensive review of diagnosis and treatment. *Med Sci Monit*. 2023;29:e939935, <http://dx.doi.org/10.12659/MSM.939935>.
- Jibaja M, Ortiz-Ruiz G, García F, Garay-Fernández M, de Jesús Montelongo F, Martínez J, et al. Hospital mortality and effect of adjusting PaO_2/FiO_2 according to altitude above the sea level in acclimatized patients undergoing invasive mechanical ventilation. A multicenter study. *Arch Bronconeumol (Engl Ed)*. 2020;56:218–24, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2019.06.024>.
- Ortiz G, Bastidas A, Garay-Fernández M, Lara A, Benavides M, Rocha E, et al. Correlation and validity of imputed PaO_2/FiO_2 and SpO_2/FiO_2 in patients with invasive mechanical ventilation at 2600 m above sea level. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2022;46:501–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.medine.2021.05.010>.
- Zhang SF, Lin SX, Gao W, Liu HP, Liu Y, Zhang DH, et al. Report of the consensus conference on diagnostic criteria of ALI/ARDS at high altitudes in Western China. *Intensive Care Med*. 2001;27:1539–46, <http://dx.doi.org/10.1007/s001340101052>.

Adrián Avila-Hilari^{a,g}, Amílcar Tinoco-Solórzano^{b,g}, Jorge Vélez-Páez^{c,g}, Daniel Molano Franco^{d,g}, Felipe de Jesús Montelongo^{e,g} y Manuel Luis Avellanas-Chavala^{f,g,*}

^a Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Municipal Boliviano Holandés, El Alto, Bolivia

^b Centro de Investigación de Medicina en la Altura, Facultad de Medicina Humana, Universidad de San Martín de Porres, Huanyaco, Perú

^c Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Pablo Arturo Suárez, Quito, Ecuador

^d Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital San José, Bogotá, Colombia

^e Áreas Críticas, Hospital General Las Américas, Instituto de Salud del Estado de México, Ecatepec de Morelos, México

^f Médico Especialista en Medicina Intensiva, Huesca, España
^g Comité de Expertos de Medicina Crítica en la Altitud, Federación Panamericana e Ibérica de Medicina Crítica y Terapia Intensiva (FEPIMCTI), Ciudad de Panamá, Panamá

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mlavellanas@gmail.com (M.L. Avellanas-Chavala).

<https://doi.org/10.1016/j.medin.2024.04.006>
0210-5691/ © 2024 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.