

Efectividad de la oxigenoterapia hiperbárica en la disminución de la afectación pulmonar en los pacientes con COVID-19

Peralta-Sánchez Karen Tte. Frag. SSN. MCN¹, Ramírez - Nava Julio Cesar Cap. Frag. SSN. MCN. MSAH², Roldán-Gómez María del C. CAP Corb SSN MC N², De la Barrera-Moreno Pedro MD³, Solís-Chagoyán Héctor PhD,⁴ Sommer B PhD⁵, Romero-Martínez Bianca Susana BS⁶, Flores-Soto Edgar PhD^{6*}

¹Escuela de Posgrados en Sanidad Naval, Universidad Naval, Secretaría de Marina Armada de México.

²Hospital Naval de Especialidades Veracruz, México. Especialista en Medicina Hiperbárica y Subacuática.

³Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana

⁴Laboratorio de Neurofarmacología, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, CDMX, México

⁵Laboratorio de Hiperreactividad Bronquial, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”, CDMX, México

⁶Departamento de Farmacología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México

*Corresponding author: Dr. Edgar Flores-Soto

E-mail: edgarfloressoto@yahoo.com.mx

Tel/fax: (+55)56232279

Resumen

Antecedentes. A pesar de las medidas de aislamiento, distanciamiento social y campañas masivas de vacunación, el número de personas afectadas por la actual pandemia de COVID-19 crece día a día. Sin tratamiento farmacológico específico dirigido contra la COVID-19, las estrategias de apoyo son fundamentales para aliviar la sintomatología respiratoria y el cuadro inflamatorio. Las alternativas se centraron en optimizar el uso de terapias de apoyo, como el suministro de oxígeno que son de intervención rápida y temprana. **Objetivo** de este trabajo fue investigar la efectividad de la oxigenoterapia hiperbárica (TOHB) examinando las imágenes de tomografía computarizada y los niveles de saturación de oxígeno. **Material y Métodos.** Los pacientes fueron asignados aleatoriamente a un grupo de control SIN TOHB y a un grupo que recibió TOHB. El tratamiento duró ~130 min por sesión de TOHB. El grupo TOHB, los pacientes respiraron oxígeno al 100% a través de máscaras de circuito cerrado durante tres períodos de 30 minutos, mientras que se administró aire comprimido durante intervalos de descanso de 5 minutos. **Resultados.** El grupo TOHB se observaron cambios significativos en las lesiones presentes en las tomografías al final del estudio, al igual que un incremento en la saturación de oxígeno y alivio de los síntomas respiratorios, comparado con los del grupo SIN TOHB. **Conclusión.** La TOHB puede ser de gran utilidad como tratamiento coadyuvante en los pacientes con COVID-19, mejorando el cuadro clínico.

Palabras clave:

COVID-19;
SARS-CoV-2; oxigenoterapia hiperbárica; tomografías computarizada; saturación de oxígeno.

Key words:

COVID-19;
SARS-CoV-2;
hyperbaric oxygen therapy

Abstract

Introduction. Despite isolation measures, social distancing and massive vaccination campaigns, the number of people affected by the current COVID-19 pandemic is growing day by day. Without specific pharmacological treatment directed against COVID-19, support strategies are essential to relieve respiratory symptoms and the inflammatory state. The alternatives focus on optimizing the use of supportive therapies, such as oxygen supply that is a quick and an early intervention. **Objective** of this work was to investigate the efficacy of hyperbaric oxygen therapy (HBOT) by examining computed tomography images and oxygen saturation levels. **Materials and Methods.** Patients were randomly assigned to a control group (NO HBOT) and a group that received therapy (HBOT). Treatment lasted ~130 min per HBOT session. In the HBOT group, patients breathed 100% oxygen through closed-circuit masks for three 30-minute periods, while compressed air was administered during 5-minute rest intervals. **Results.** In the HBOT group, significant changes were observed in the lesions present in the CT scans at the end of the study, as well as an increase in oxygen saturation levels and relief of respiratory symptoms, compared to those in the NO HBOT group. **Conclusion.** HBOT can be very useful as an adjuvant treatment in patients with COVID-19, improving the clinical presentation.

Introducción.

En diciembre 2019 surgen una serie de casos inusuales de neumonía en Wuhan, China. Se reconoció el agente causal como un coronavirus anteriormente desconocido que se denominó coronavirus de tipo 2 causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2), ocasionando la enfermedad nombrada coronavirus 2019 (COVID-19) [1, 2]. Desde el inicio de la pandemia a la fecha del 3 de febrero de 2022, mundialmente se reporta un total de 384,859,233 casos confirmados y 384,859,233 defunciones por COVID-19 [3]. En México, para el 3 de febrero de 2022 se reportan 4,985,689 casos y 306,920 defunciones y continúan en aumento [4].

El SARS-CoV-2 en etapas tempranas de la enfermedad infecta las células huésped, comprometiendo la barrera epitelio-endotelial, estimulando la liberación de moléculas de señalización proinflamatorias liberados por las células infectadas y macrófagos alveolares, dando inicio al reclutamiento de linfocitos T, monocitos y neutrófilos [5,6]. Estos infiltrados intersticiales llevan al desarrollo de edema en el espacio alveolar, que suelen aparecer en estudios de imagen como opacidades de vidrio esmerilado, lo cual concuerda con el síndrome de dificultad respiratorio-aguda (SDRA) en etapa temprana [5,6].

En casos severos se observa incremento en la permeabilidad vascular, aumentando el edema pulmonar, engrosamiento del intersticio, formación de membrana hialina, y la activación de la cascada de coagulación causando la formación de microtrombos, por lo que pueden presentar complicaciones tromboticas (trombosis venosa profunda, embolismo pulmonar, o complicaciones tromboticas arteriales) [5,7,8]. De los principales mecanismos involucrados en la patogenia de COVID-19 es la “tormenta de citosinas”, los infiltrados celulares liberan citosinas para promover el estado proinflamatorio, se han observado niveles altos de IL-7, IL-2, IL-10, G-CSF, IP-10, y sobre todo se asocian niveles elevados de MCP-1, MIP-1A y TNF en casos

severos [5,9]. La respuesta de la “tormenta de citosinas” puede causar daño tisular agudo, de las cual pueden surgir complicaciones tales como neumonitis, SDRA, falla multiorgánica, sepsis viral e incluso la muerte [5,10].

Sin tratamiento farmacológico específico dirigido contra la COVID-19, se han utilizado medidas de salud pública para evitar el contagio, aislar al paciente y evitar contagios a otros individuos y medidas preventivas como la vacunación. El manejo se ha dirigido a la combinación de medidas de soporte vital general y se han utilizados tratamientos farmacológicos sintomáticos dirigidos a aliviar la sintomatología respiratoria y el cuadro inflamatorio [11-13].

Las alternativas se centraron en la atención en optimizar el uso de terapias de apoyo, como el suministro de oxígeno que son de intervención rápida y temprana. Una alternativa que ha generado interés en la comunidad científica es el uso de la terapia con oxígeno hiperbárico (HBOT) en pacientes con COVID-19. El cual consiste en utilizar oxígeno al 100% administrado a una presión superior a una atmósfera absoluta (ATA), administrado en una cámara hiperbárica [14,15].

Existen en la literatura varios estudios implementados con HBOT como tratamiento no farmacológico en pacientes con COVID-19, cabe mencionar que dichos estudios cuentan con limitada población y algunos carecen de controles, sin embargo, los resultados obtenidos prometen mejorar el curso de la enfermedad. El primer antecedente utilizando HBOT en pacientes con COVID-19 fue realizado por Zhong y col., en donde pacientes en estado grave y dificultad respiratoria (sin intubación), después de 8 sesiones de HBOT, con duración de 95 minutos, muestran alivio de la sintomatología notoria desde la primera sesión [16]. Otro estudio realizado en Wuhan, China, donde 5 pacientes con COVID-19 en estado crítico recibieron HBOT. Todos los pacientes presentaron mejoría de la hipoxia y la sintomatología asociada, evitándose la intubación [17]. Thibodeaux y col., reportan utilizar HBOT en 5 pacientes con COVID-19, con un promedio

de 5 sesiones con duración de 90 minutos a 2 ATA, en todos los pacientes se observa mejoría de la saturación de oxígeno, disminución de los niveles de dímero-D, evitando la necesidad de ventilación mecánica [18]. El primer estudio preliminar de HBOT en pacientes con COVID-19 comparando controles que no recibieron la terapia (60 pacientes), contra aquellos que la recibieron (20 pacientes), fue realizado por Gorenstein y col., el cual mostro la efectividad de la HBOT en mejorar la sintomatología respiratoria, la saturación de oxígeno, y disminuir la necesidad de ventilación mecánica y mortalidad comparado con los pacientes que no la recibieron. Cabe resaltar que la HOBT tiene un parámetro de seguridad favorable con pocos efectos secundarios [19]. En México, recientemente González-Ramírez y col., reportaron en pacientes con sobrepeso y obesidad que presentaban COVID-19 una mejoría en la sintomatología reflejada en el aumento de la saturación de oxígeno y en los cambios en las lesiones observadas en las imágenes tomográficas. Como limitante de este estudio, la población era pequeña y carecían de controles [11].

Debido a que la pandemia continúa siendo un problema de salud pública mundial, la necesidad de establecer terapias no farmacológicas que puedan reducir la severidad y complicaciones en estos pacientes sigue siendo una prioridad. Dado las limitaciones observadas en la escasa literatura implementando la HBOT en pacientes con COVID-19, nosotros proponemos al HBOT como un nuevo tratamiento adyuvante para apoyo en los pacientes con síntomas moderados y graves en los pacientes con COVID-19.

Material y Métodos

Un total de 78 pacientes con diagnóstico de COVID-19 moderado a grave, recibieron atención médica en el Hospital de Especialidades Navales (Veracruz, México), fueron conducidos al Servicio de Medicina Hiperbárica para determinar la eficacia del uso de HBOT para ayudar a mejorar la hipoxemia, los pacientes fueron diagnosticados por PCR cuantitativa con

transcripción inversa basada en fluorescencia positiva (RT-qPCR). A los pacientes se les administró tratamiento farmacológico previamente establecido. El presente estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Bioética del Hospital Naval de Especialidades de Veracruz HOSNAVESVER/CI/O1/2020 y se realizó de acuerdo con los principios descritos en la Declaración de Helsinki. Los pacientes firmaron su carta de consentimiento informado antes del estudio. Los participantes recibieron una sesión diaria por 10 días, durante de HBOT en cámara hiperbárica multiplaza, se les proporcionó una mascarilla que formaba parte de un circuito cerrado, proporcionando un flujo continuo de oxígeno al 100% y se instaló en la cámara hiperbárica correspondiente. El tratamiento duró ~130 min por sesión de HBOT [11,20].

Análisis Estadísticos

Los niveles de saturación de oxígeno en los pacientes con COVID-19 se analizaron a través de una ANOVA no paramétrica seguida por prueba de Kruskal-Wallis. La diferencia de los niveles de saturación de oxígeno al final del estudio de los pacientes HBOT y SIN HBOT se analizó con una prueba t-Student no pareada. Los datos se presentan como la media \pm error estándar de la media. **p <0.01

Resultados

1. Caracterización de la población con COVID-19

Durante el período estudiado (Mayo-Noviembre 2021), se incluyeron un total de 78 casos, 50 fueron hombres y 28 mujeres, con una media de edad de 55.13 ± 1.97 años, de los cuales fueron hospitalizados en el Hospital Naval de Veracruz. Al ingreso del protocolo se realizó la escala basada en la tomografía computarizada de tórax (CORADS) para estratificación de riesgo, la cual mostro cambios típicos en las imágenes pulmonares de COVID-19, así como, las pruebas de ácido nucleico de SARS-CoV-2 (RT-PCR) para corroboras los resultados positivos en el caso

de 7 pacientes. La mortalidad reportada fue de 10 pacientes y 68 pacientes mostraron mejoría y fueron dados de alta posterior al tratamiento. La diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial sistémica, el sobrepeso, tabaquismo y la Infección

por Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) fueron las comorbilidades más frecuentemente reportadas: 39; 29; IMC promedio 27.94 ± 3.44 ; 22 y 4, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Se muestran los valores de los indicadores demográficos y la cantidad de casos confirmados con COVID-19 en el Hospital Naval de Veracruz.

Características	Valores
Sexo, n (%)	
Masculino	50 (61.4)
Femenino	28 (35.9)
Edad, años (rango)	55.13±1.97 (25-72)
Tipo de alta, n (%)	
Mejoría	68 (87.2)
Defunción	10 (12.8)
Comorbilidades, n (%)	
Diabetes	39 (50)
Hipertensión	29 (37.2)
Índice de Masa Corporal (sobrepeso)	27.94 ± 3.44
Tabaquismo	22 (28.5)
Virus de Insuficiencia Humana	4 (5.1)
Tipo de tratamiento	
Con HBOT	42 (53.8)
Sin HBOT	36 (46.2)

Los 78 pacientes que ingresaron al estudio aprobado por el Hospital Naval de Especialidad de Veracruz, seleccionamos al azar dos grupos, en el primer grupo de 36 pacientes no recibirán tratamiento HBOT (SIN HBOT) y el segundo grupo de 42 pacientes recibirán la HBOT (HBOT). 10 pacientes fallecieron en general antes de dar comienzo al estudio.

2. CORADS al ingreso y al final del total de los pacientes con COVID-19.

La población final de 68 pacientes, quedo en los grupos de la siguiente manera 32 pacientes SIN HBOT y 36 pacientes recibirán HBOT.

Nuestros datos muestran que al inicio los pacientes con categoría CORADS (1) 0 pacientes HBOT y SIN HBOT, CORADS (2) 0 pacientes

HBOT y SIN HBOT, CORADS (3) 1 pacientes HBOT y 0 SIN HBOT, CORADS (4) 6 pacientes HBOT y 5 SIN HBOT, CORADS (5) eran 29 del grupo HBOT y 23 SIN HBOT, y finalmente CORADS (6) eran 0 pacientes HBOT y 4 SIN HBOT (Figura 1).

Cuando se realizaron los CORADS al final del tratamiento los valores fueron los siguientes: CORADS (1) 8 pacientes HBOT y 2 SIN HBOT, CORADS (2) 21 HBOT y 11 SIN HBOT, CORADS (3) 4 HBOT y 14 SIN HBOT, CORADS (4) 3 HBOT y 2 SIN HBOT, CORADS (5) 0 pacientes HBOT y SIN HBOT, y CORADS (6) 0 HBOT y 3 SIN HBOT. Nuestros resultados demuestran que este sistema ha demostrado una buena capacidad para predecir COVID-19 en pacientes con síntomas moderados a severos (Figura 1).

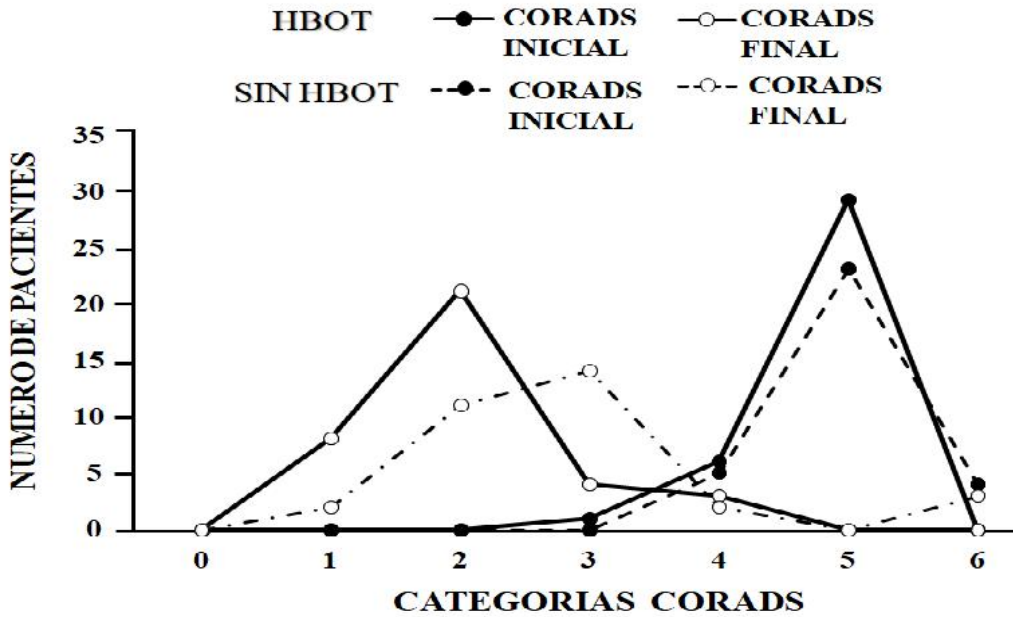


Figura 1. CORADS, Grafica que representa el número de los pacientes al inicio y al final del estudio de HBOT y SIN HBOT, se observa un corrimiento a la izquierda al final del protocolo en los valores de CORADS en los pacientes HBOT comparados con los SIN HBOT.

Adicionalmente, para la estratificación de riesgo inicial y valorar la efectividad del tratamiento con HBOT se refleja en los cambios observados en las tomografías de los pacientes. En el grupo HBOT

al finalizar el estudio, 29 pacientes (80.55%) mostraron cambios importantes en las lesiones tomográficas, y en el grupo SIN HBOT solo 13 pacientes (40.62%) mostraron cambios (Figura 2).

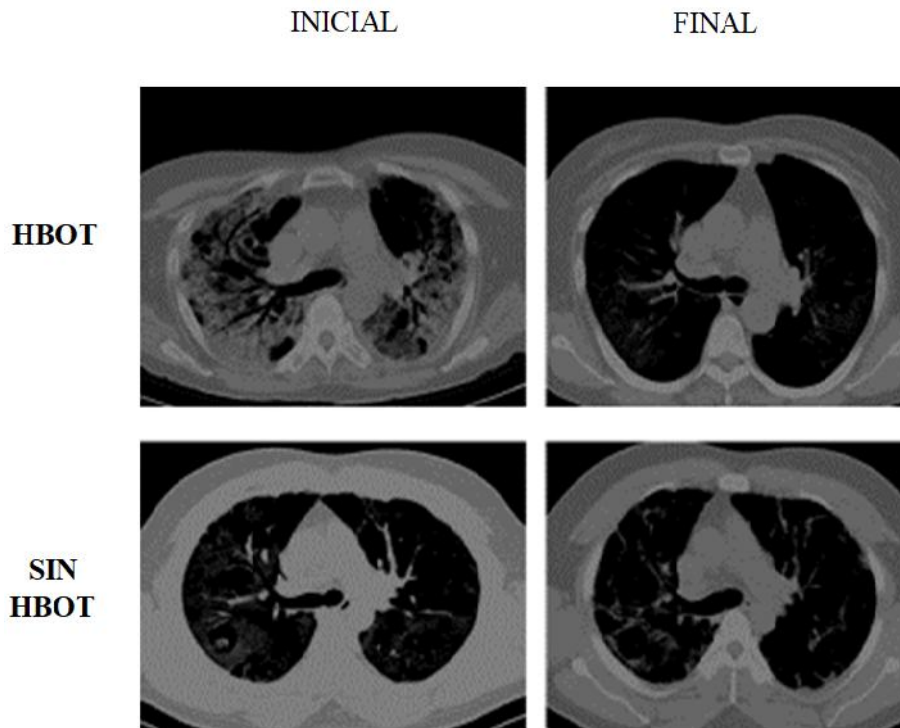


Figura 2. Ejemplos de Tomografías Computarizadas en pacientes al inicio y al final del estudio con HBOT y SIN HBOT.

3. Importancia del HBOT como instrumento terapéutico en el manejo de COVID-19.

Con el fin de determinar la progresión clínica en el paciente que presenta factores de riesgos evaluadas a través de la escala antes mencionadas, se debe de tener un monitoreo inmediato de su SpO2 mediante oxímetros. La SpO2 debe ser mayor a 93%, cuando es menor de este valor se debe de valorar la sintomatología, como la dificultad para respirar y la falta de aire principalmente. Como se muestra en la (Figura 3A), al momento del diagnóstico los pacientes que ingresaron al protocolo presentaron un SpO2 promedio de (91 ± 0.500) , la 1era sesión su SpO2 fue de (91 ± 0.489) y al final del estudio aumentó significativamente el nivel de oxígeno en los pacientes con COVID-19 (97 ± 0.345) .

Como mencionamos a los grupos de pacientes los dividimos en dos grupos, todos recibían tratamiento farmacológico estándar aprobados por el Hospital Naval, el Grupo HBOT (figura 3B), su

SpO2 al momento del diagnóstico fue de (91 ± 0.72) , en la 1era sesión fue de (91.5 ± 0.686) y al final de la décima sesión con HBOT (99.13 ± 0.14) . hubo un incremento en los niveles de oxígeno que estadísticamente fueron altamente significativo. Cuando realizamos este mismo procedimiento en los pacientes SIN HBOT los valores al momento del diagnóstico, 1era sesión y en 10ma sesión, los valores fueron de $(92.59 \pm 0.67; 92.53 \pm 0.69; 95.78 \pm 0.57)$, respectivamente). Al realizar el analisis estadístico fue altamente significativa cuando se compararon todos los grupos (figura 3B).

Un punto que llamo curiosamente nuestra atención y al cual decidimos realizar una prueba t-Student no pareada fue a los niveles de saturación de oxígeno al final del estudio en los grupos HBOT y SIN HBOT, el resultado mostro que los pacientes del grupo HBOT tuvieron un mayor incremento en los niveles de oxígenos, los cuales estadísticamente fueron altamente significativos (Figura 3C).

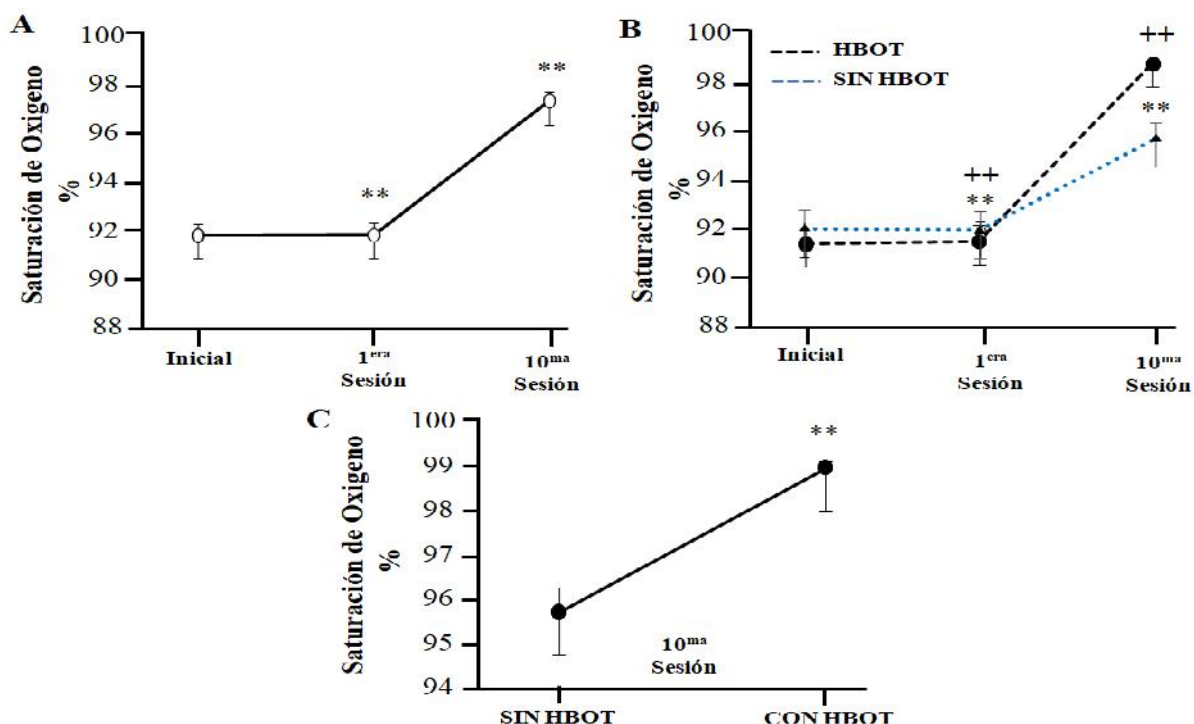


Figura 3. SpO2 en pacientes con COVID-19. Los niveles de saturación de oxígeno se midieron al inicio, 1era sesión y al final en los grupos HBOT y SIN HBOT. A) Los valores se compararon mediante una ANOVA no paramétrica seguida por prueba de Kruskal-Wallis. B) Los valores en el grupo HBOT se analizaron a través de ANOVA seguida por prueba de Turkey y el grupo SIN HBOT se realizó una ANOVA no paramétrica seguida por prueba Kruskal-Wallis. C) se analizó con una prueba t-Student no pareada. Los 2 asteriscos indican una diferencia significativa $p < 0.01$ entre los grupos.

Discusión

La urgencia de salud mundial ocasionada por el contagio con este nuevo virus empuja al desarrollo expeditivo de terapias efectivas. Hasta la fecha, la falta de un tratamiento farmacológico específico en el manejo del COVID-19, y uno de los pilares en el tratamiento es el soporte vital, particularmente los requerimientos de oxígeno. Hasta un 80% de los pacientes llegan a presentar un cuadro asintomático o leve con solo sintomatología “gripal,” y pueden ser tratados de manera ambulatoria [15]. Sin embargo, el otro 20% de los pacientes presentan un cuadro clínico moderado a grave, requiriendo de ser hospitalizado y en casos ser admitidos a la unidad de cuidados intensivos, desarrollando neumonitis intersticial bilateral con una consecuente hipoxia generalizada, respuesta inflamatoria sistémica exagerada, y puede conducir a la muerte [15]. El engrosamiento de las membranas respiratorias y aumento de la relación flujo-ventilación sanguíneo presente en estos pacientes causada por el inflamatorio pulmonar dificulta el intercambio gaseoso mediante la inhalación de oxígeno a 1 ATA [22]. Los pacientes con casos moderados o severos de la enfermedad usualmente requerirán de oxígeno suplementario, teniendo en cuenta sus requerimientos existen distintas terapias que se pueden utilizar, tales como las puntas nasales, oxígeno mediante presión positiva continua no invasiva, o utilizar la posición prona en pacientes no intubados [23]. En aquellos pacientes que continúan con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda a pesar de utilizar los métodos convencionales de oxigenoterapia, se puede utilizar ventilación mecánica invasiva u oxigenación de membrana extracorpórea (ECMO) [23]. La dificultad de la ventilación por el proceso inflamatorio aunado a las posibles complicaciones que surgen al utilizar métodos invasivos de ventilación lleva a la búsqueda de terapias alternas, y el motivo por lo que ha llamado la atención la posibilidad de utilizar el HBOT en estos pacientes. El HBOT cuenta con la ventaja de administrar el oxígeno a una presión parcial mayor a 1, facilitando la difusión de oxígeno, a pesar de las complicaciones presentes por el

estado inflamatorio pulmonar, revirtiendo la hipoxia tisular [15-19, 22]

Los efectos terapéuticos con HBOT pueden atribuirse a tres mecanismos principales: la reversión de la disfunción en los tejidos hipóxicos, el aumento de la tensión arterial de oxígeno y la eliminación del gas inerte del tejido promovido por la presión hidrostática [14,15]. Teniendo esto en cuenta, los médicos han recurrido a la HBOT y su posible aplicación en pacientes con COVID-19, abordando algunos de los aspectos fisiopatológicos clave de la infección, tales como: efectos antiinflamatorios, disminución de la hipoxia tisular, producción de intermediarios de oxígeno reactivos viricidas. (ROI), modulación de células madre y citocinas, y efectos antitrombóticos [16,18,24].

En el presente estudio se demuestra la efectividad de adicionar el HBOT en el manejo del paciente con COVID-19 al compararse con un grupo control que no lo recibió. Los parámetros evaluados aquí incluye los cambios en los niveles de saturación de oxígeno, modificaciones en las lesiones observadas en las tomografías de tórax, la escala de CORADS y la sintomatología reportada por el paciente, las cuales son herramientas útiles no solo en el diagnóstico y estratificación de riesgo inicial del paciente, sino que son de gran utilidad en el seguimiento de la progresión de la enfermedad, y en este caso funcionaron como medidas para aseverar la efectividad del HBOT en el manejo del COVID-19. Se debe resaltar que la población de este estudio contaba con múltiples factores de riesgo que favorecen la severidad y mortalidad ocasionada por COVID-19, incluyendo el requerimiento de ventilación mecánica [25,26].

Hasta la fecha, se han publicado pocos estudios bien diseñados para investigar el impacto de HBOT en pacientes infectados con SARS-Cov-2, es decir la literatura es muy limitada considerando la necesidad actual de la pandemia con COVID-19, Por eso nosotros proponemos al HBOT como un nuevo tratamiento adyuvante para apoyo en los pacientes con síntomas moderados y graves en los pacientes con COVID-19.

Conclusión

El uso de CORADS en los pacientes con COVID-19 es una herramienta adecuada para el diagnóstico y pronóstico de la enfermedad, también puede implementarse como una herramienta de valoración de la evolución del paciente, ya que se pueden monitorear las lesiones pulmonares conforme se realice el tratamiento al paciente. Los pacientes con tratamiento farmacológico estándar con HBOT y SIN HBOT mostraron significancia, los valores de la saturación de oxígeno fueron superiores en los pacientes con HBOT.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses

Financiamiento: No se recibió financiación

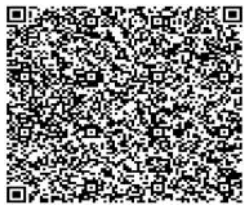
Responsabilidades éticas. El presente estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Bioética del Hospital Naval de Especialidades de Veracruz HOSNAVESVER/CI/O1/2020, se realizó de acuerdo con los principios descritos en la Declaración de Helsinki. Los pacientes firmaron su carta de consentimiento informado antes del estudio

Bibliografía

1. Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med.* 2020; 382(8):727-733. doi: [10.1056/NEJMoa2001017](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017). Epub 2020 Jan 24. PMID: 31978945; PMCID: PMC7092803.
2. World Health Organization. Coronavirus Disease (COVID-19) Weekly Epidemiological Update and Weekly Operational Update. 2022. Available online: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>. [Tomado 3 Febrero 2022].
3. Dong, E.; Du, H.; Gardner, L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *Lancet Infect. Dis.* 2020;20:533–534.
4. México, G.D. Covid-19 México. Available online: [Datos.covid-19.conacyt.mx](https://datos.covid-19.conacyt.mx) [accessed on 1 February 2022].
5. Wiersinga WJ, Rhodes A, Cheng AC, Peacock SJ, Prescott HC. Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review. *JAMA.* 2020;324(8):782-793. doi: [10.1001/jama.2020.12839](https://doi.org/10.1001/jama.2020.12839). PMID: 32648899.
6. Xu Z, Shi L, Wang Y, Zhang J, Huang L, Zhang C, et al. Pathological findings of COVID-19 associated with acute respiratory distress syndrome. *Lancet Respir Med.* 2020;8(4):420-422. doi: [10.1016/S2213-2600\(20\)30076-X](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30076-X). Epub 2020 Feb 18. Erratum in: *Lancet Respir Med.* 2020 Feb 25; PMID: 32085846; PMCID: PMC7164771.
7. Tang N, Li D, Wang X, Sun Z. Abnormal coagulation parameters are associated with poor prognosis in patients with novel coronavirus pneumonia. *J Thromb Haemost.* 2020;18(4):844-847. doi: [10.1111/jth.14768](https://doi.org/10.1111/jth.14768). Epub 2020 Mar 13. PMID: 32073213; PMCID: PMC7166509.
8. Thachil J, Tang N, Gando S, Falanga A, Cattaneo M, Levi M, et al. ISTH interim guidance on recognition and management of coagulopathy in COVID-19. *J Thromb Haemost.* 2020;18(5):1023-1026. doi: [10.1111/jth.14810](https://doi.org/10.1111/jth.14810). Epub 2020 Apr 27. PMID: 32338827.
9. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 2020;395(10223):497-506. doi: [10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5). Epub 2020 Jan 24. Erratum in: *Lancet.* 2020 Jan 30; PMID: 31986264; PMCID: PMC7159299.

10. Prompetchara E, Ketloy C, Palaga T. Immune responses in COVID-19 and potential vaccines: Lessons learned from SARS and MERS epidemic. *Asian Pac J Allergy Immunol.* 2020;38(1):1-9. doi: [10.12932/AP-200220-0772](https://doi.org/10.12932/AP-200220-0772). PMID: 32105090.
11. Gonzalez Ramirez JA, Ramírez Nava JC, Gonzalez Lopez S, Sommer B, Solís Chagoyán H, Montaña LM, et al. Hyperbaric oxygen therapy in overweight and obese patients with COVID 19. *World Acad Sci J.* 2021;3:61
12. Romero-Martínez BS, Montaña LM, Solís-Chagoyán H, Sommer B, Ramírez-Salinas GL, Pérez-Figueroa GE, et al. Possible Beneficial Actions of Caffeine in SARS-CoV-2. *Int J Mol Sci.* 2021;22(11):5460. doi: [10.3390/ijms22115460](https://doi.org/10.3390/ijms22115460). PMID: 34067243; PMCID: PMC8196824
13. Montaña LM, Sommer B, Solís-Chagoyán H, Romero-Martínez BS, Aquino-Gálvez A, Gomez-Verjan JC, et al. Could Lower Testosterone in Older Men Explain Higher COVID-19 Morbidity and Mortalities? *Int J Mol Sci.* 2022;23(2):935. doi: [10.3390/ijms23020935](https://doi.org/10.3390/ijms23020935). PMID: 35055119; PMCID: PMC8781054.
14. Bennett MH, Mitchell SJ. Emerging indications for hyperbaric oxygen. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2019 Dec;32(6):792-798. doi: [10.1097/ACO.0000000000000773](https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000773). PMID: 31343466.
15. Paganini M, Bosco G, Perozzo FAG, Kohlscheen E, Sonda R, Bassetto F, et al. The Role of Hyperbaric Oxygen Treatment for COVID-19: A Review. *Adv Exp Med Biol.* 2021; 1289:27-35. doi: [10.1007/5584_2020_568](https://doi.org/10.1007/5584_2020_568). PMID: 32696443.
16. Zhong XL, Tao XL, Tang YC, Chen, R. Effect of hyperbaric oxygen therapy to treat hypoxia in severe novel coronavirus pneumonia patients: first case report. *Chin J Nauti and Hyperb Med.* 2020;27. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1009-6906.2020.0001>
17. Chen R, Zhong X, Tang Y, Liang Y, Li B, Tao X, et al. The outcomes of hyperbaric oxygen therapy to severe and critically ill patients with COVID-19 pneumonia. <https://oxycamaras.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Outcome-of-HBOT-to-COVID19>.
18. Thibodeaux, K, Speyrer, M, Raza, A, Yaakov, R, Serena, TE. Hyperbaric oxygen therapy in preventing mechanical ventilation in COVID-19 patients: a retrospective case series. *Journal of wound care.* 2020;29(Sup5a):S4–S8. <https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.Sup5a.S4>.
19. Gorenstein SA, Castellano ML, Slone ES, Gillette B, Liu H, Alsamarraie C, et al. Hyperbaric oxygen therapy for COVID-19 patients with respiratory distress: treated cases versus propensity-matched controls. *Undersea Hyperb Med.* 2020 Third-Quarter;47(3):405-413. doi: [10.22462/01.03.2020.1](https://doi.org/10.22462/01.03.2020.1). PMID: 32931666
20. Winfield-Vargas, JG, Ramírez-Nava, JC, Rodríguez-Ayala, V, Cruz-Sánchez, JA, Solís-Chagoyán, H, Aquino-Gálvez, A, et al. Hyperbaric oxygen therapy ameliorates pain in overweight or obese patients diagnosed with fibromyalgia. *World Academy of Sciences Journal,* 2021;3(4):1-6.
21. Schalekamp S, Bleeker-Rovers CP, Beenen LFM, et al. Chest CT in the Emergency Department for Diagnosis of COVID-19 Pneumonia: Dutch Experience. *Radiology.* 2021;298(2):E98-E106. doi: [10.1148/radiol.2020203465](https://doi.org/10.1148/radiol.2020203465)
22. Guo D, Pan S, Wang M, Gu Y. Hyperbaric oxygen therapy may be effective to improve hypoxemia in patients with severe COVID-2019 pneumonia: two case reports. *Undersea Hyperb Med* 2020 Second- Quarter;47(2):181–187
23. National Institutes of Health: COVID-19 Treatment Guidelines Panel. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Treatment Guidelines. <https://www.covid19treatmentguidelines.nih.gov/>. [Accessed, 1 February 2022].

24. Baugh MA. HIV: reactive oxygen species, enveloped viruses and hyperbaric oxygen. *Med Hypotheses*. 2000 Sep;55(3):232-8. doi: [10.1054/mehy.2000.1048](https://doi.org/10.1054/mehy.2000.1048). PMID: 10985915.
25. El Aidaoui, K, Haoudar, A, Khalis, M, Kantri, A, Ziati, J, El Ghanmi, A, Bennis, G, El Yamani, K, Dini, N, El Kettani, C. Predictors of Severity in Covid-19 Patients in Casablanca, Morocco. *Cureus*, 2020;12(9): e10716. <https://doi.org/10.7759/cureus.10716>
26. Carrillo-Vega, MF, Salinas-Escudero, G, García-Peña, C, Gutiérrez-Robledo, LM, Parra-Rodríguez, L. Early estimation of the risk factors for hospitalization and mortality by COVID-19 in Mexico. *PloS one*, 2020;15(9):e0238905. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238905>

Access this Article in Online	
	Website: www.ijarm.com
	Subject: Medical Sciences
Quick Response Code	
DOI: 10.22192/ijamr.2022.09.02.010	

How to cite this article:

Peralta-Sánchez Karen Tte. Frag. SSN. MCN, Ramírez - Nava Julio Cesar Cap. Frag. SSN. MCN. MSAH, Roldán-Gómez María del C. CAP Corb SSN MC N, De la Barrera-Moreno Pedro MD, Solís-Chagoyán Héctor PhD, Sommer B, Romero-Martínez Bianca Susana BS, Flores-Soto Edgar . (2022). Efectividad de la oxigenoterapia hiperbárica en la disminución de la afectación pulmonar en los pacientes con COVID-19. *Int. J. Adv. Multidiscip. Res.* 9(2): 118-128. DOI: <http://dx.doi.org/10.22192/ijamr.2022.09.02.010>