

Aplicaciones médicas de las cámaras de oxigenación hiperbárica de nueva generación

Dres Mariana Cannellotto,¹ Delfina Romero-Feris,² María Mercedes Pascuccio,³ Liliana Jordá-Vargas⁴

BioBarica Clinical Research Group†

¹ BioBarica Sede Central Argentina

² BioBarica Sede Central España

³ Centro Médico Hiperbárico Concepción del Uruguay

⁴ BioBarica División Científica

Resumen

El uso clínico de la terapia de oxigenación hiperbárica (TOHB) consiste en respirar oxígeno en una concentración cercana al 100% en una cámara presurizada al menos a 1,4 atmósferas absolutas (atm). TOHB actúa produciendo hiperoxia y especies reactivas del oxígeno que desencadenan mecanismos bioquímicos variados. Se presenta una revisión de todas las nuevas aplicaciones emergentes de TOHB en varias especialidades médicas debido a que alcanza beneficios en la cicatrización de heridas, enfermedades inflamatorias y con componente neurológico o isquémico. Las nuevas cámaras realizan el tratamiento a presiones más seguras y con la misma eficiencia demostrada por métodos matemáticos y bioquímicos. El Grupo BioBárica Clinical Research presenta la estadística de las indicaciones en 559 pacientes tratados con estas cámaras en algunos centros médicos y las especialidades médicas implicadas. El uso de TOHB a media presión está en emergencia y podría

proveer a futuro evidencia de su efectividad en otras especialidades médicas.

Palabras claves. Terapia de oxigenación hiperbárica, TOHB, cámaras hiperbáricas.

Medical applications of new generation hyperbaric oxygenation chambers

Summary

The clinical use of Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) consists in breathing oxygen (O₂) near to 100% in a pressurized chamber of at least at 1.4 absolute atmospheres (ATA). HBOT acts producing both hyperoxia and reactive oxygen species (ROS) and triggers others biochemical events. The BioBarica Clinical Research Group is developing clinical evidence in diverse pathologies because of accessibility and safety of the new Revitalair hyperbaric oxygen chamber. Because of working at "mild pressure", HBOT performed by these chamber are safer demonstrated by mathematical and biochemical methods. The BioBarica Clinical Research Group presents the statistics of the indications in 559

Correspondencia. Dr Robinson Rodriguez-Herrera
Correo electrónico: drrobinsongerenciasalud@gmail.com

patients treated with these cameras in some medical centers and the medical specialties involved. Their accessibility to the physicians would become mild pressure HBOT used more frequently proving its effectiveness in other clinical specialties.

Key words. Hyperbaric oxygen Therapy, HBOT, hyperbaric chambers.

Terapia de oxigenación hiperbárica: fundamentos

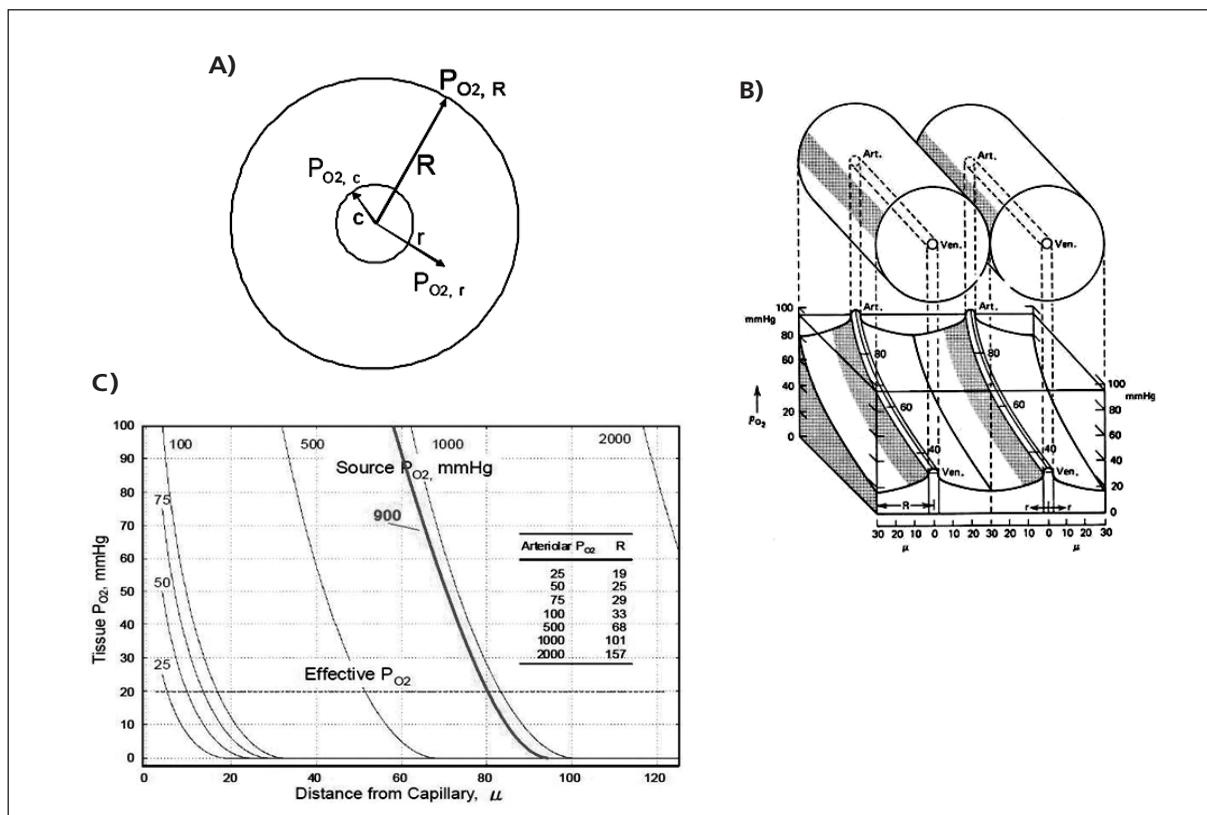
La terapia de oxigenación hiperbárica (TOHB) consiste en respirar altas concentraciones de oxígeno (O₂) (~100%) dentro de una cámara presurizada por encima de la presión atmosférica normal (a nivel del mar, 1,0 atmósferas absolutas o atm). Para su uso clínico, la presión debe ser de al menos 1,4 atm.¹

Bases físicas. Principalmente la ley de Henry

establece que los gases se disuelven en líquidos cuando son sometidos a presión, haciendo que el O₂ administrado en un ambiente presurizado se disuelva y se distribuya en el plasma y otros líquidos con los cuales está en contacto el gas.²

Hiperbaria efectiva. Mediante el modelo de Krogh,² se explica la existencia de gradientes de presión (PpO₂) radiales y longitudinales, en función del radio del capilar y los extremos arteriales y venosos respectivamente (Figura 1). A partir de la combinación de estas variables, el modelo permite predecir la PpO₂ en los tejidos: al administrar O₂ a concentración cercana al 100% en un ambiente a 1,45 atm, el radio de penetración del O₂ desde los capilares a los tejidos es de ~75µm y permite alcanzar una PpO₂ arteriolar de aproximadamente 950 mmHg. Esta presión es más que suficiente para asegurar un correcto suministro de O₂ a todos los tejidos del organismo, a través de la difusión y penetración del O₂ desde el plasma a todas las células. (Figura 1). Por ende, se identifica que

Figura 1. Modelo de Krogh. **A)** radios del capilar (c) y un cilindro de tejido (R). La PO₂ puede ser calculada en distintos puntos (c, r y R) ya que varía en función de la existencia de gradientes. **B)** Esquema de gradientes de PO₂ longitudinal y radial y distancia entre capilares adyacentes² **C)** Efecto de la presión de tratamiento sobre el perfil de difusión y la distancia máxima de difusión en un medio homogéneo. Estimación de la penetración de O₂ y la PO₂ en función de la distancia R.²



con esa presión (1,45 atm) se alcanza y supera considerablemente la Pp O₂ mínima necesaria (20 mmHg) para cubrir el radio promedio mínimo de penetración requerido para satisfacer las funciones celulares (~40µm). Con base en lo anterior, se puede comprender que los beneficios clínicos y fisiológicos de TOHB se manifiestan a 1,45 atm.

En analogía con las terapias farmacológicas, la TOHB debe asegurar que el nivel de O₂ se mantenga dentro de la ventana terapéutica. Es decir, superar el umbral mínimo necesario para cumplir las funciones vitales de las células aerobias, sin superar el techo de concentración, evitando la toxicidad asociada a la producción desmedida de especies reactivas del O₂ (ERO).

Cámaras de tecnología Revitalair® 430

La nueva manera de realizar terapia de oxigenación hiperbárica son las cámaras seguras y efectivas de tecnología Revitalair® 430. La cámara Revitalair® 430 surge de la combinación de nuevas tecnologías con un diseño innovador que emplea materiales y componentes que facilitan su uso. Están básicamente compuestas por dos partes, la cámara o cabina (con base) y el compresor de la cámara.

Las cámaras de diseño Revitalair® 430 poseen diez ventanas transparentes para permitir la entrada de luz y vista de 360° para el paciente, así como la verificación de su confort desde el exterior (Figura 2).

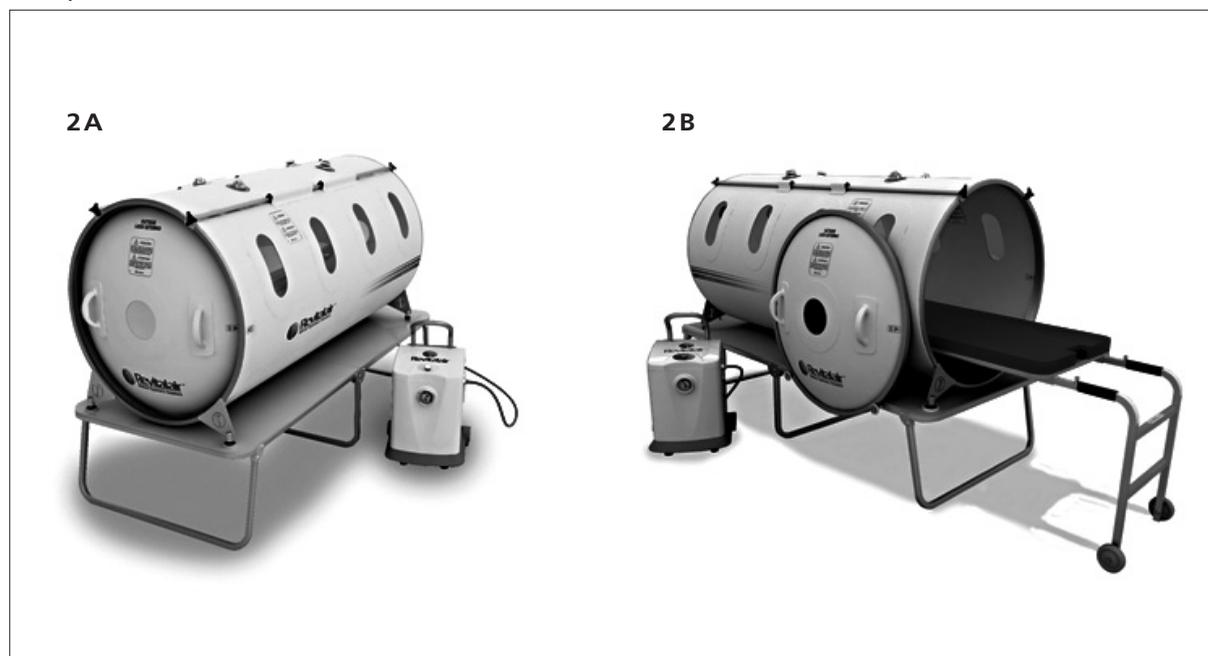
En la cara superior externa poseen dos válvulas de seguridad y de escape, ajustadas a una presión de 1,45 atm, a través de las cuales el aire es suplementado por el compresor, manteniendo un flujo de entrada de aire que se renueva en forma continua a 140 litros por minuto. Dentro de la cámara, los pacientes respiran O₂ en concentración cercana al 100% (administrado a través de una mascarilla con reservorio), en sesiones de 60 a 90 minutos de duración, tres a cuatro veces por semana según indicación médica.

Indicaciones y contraindicaciones

En los últimos años, el tratamiento de oxigenación hiperbárica a presiones cercanas a la mínima requerida, alrededor de 1,4 atm, establecida por la Sociedades de Medicina Hiperbárica, se ha aplicado en varias patologías, ya que es más segura y más fácil de aplicar, y ha demostrado excelente eficacia terapéutica.^{1, 3-5}

En cuanto a las contraindicaciones: existen contraindicaciones absolutas, como el pneumotórax no tratado o bullas pulmonares y algunas indicaciones relativas, como perforación timpánica no cicatrizada, transcurso de una quimioterapia con ciertos medicamentos (bleomicina, cisplatino, doxorubicina, disulfiram) realizado en el mismo día del TOHB y marcapaso de tecnología antigua. Se deben tener algunos cuidados especiales en pa-

Figura 2. Cámara de oxigenación hiperbárica de tecnología Revitalair® 430 cerrada, presurizada durante una sesión (2A), y abierta (2B).



cientes con claustrofobia, enfermedades de las vías aéreas superiores o congestión (porque no pueden compensar la presión de los oídos durante la compresión y descompresión), pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (por el intercambio alveolar gaseoso), así como controlar glucemias en pacientes diabéticos (TOHB es levemente hipoglucemiante) y presión arterial en pacientes hipertensos (TOHB eleva hasta un 7% la presión arterial de forma temporal, aunque a mediano plazo ayuda a su disminución y control).^{1,6}

El desarrollo de la nueva tecnología *Revitalair*® 430 en las cámaras de TOHB y la expansión del tratamiento a presiones < 2 atm ha contribuido a que se desarrollen nuevas indicaciones no establecidas inicialmente. Conforme a esto, trabajar a 1,4 atm es más seguro que a 2,4 atm en lo relativo a neurotoxicidad, debido a que la excitabilidad neuronal es dosis dependiente del oxígeno. Estos resultados sugieren que la TOHB a media presión podría ser usada en el tratamiento de pacientes con antecedentes de convulsiones de otra etiología y/o pacientes epilépticos, siendo ideal esta presión para realizar el tratamiento en pacientes pediátricos.

Siendo las cámaras con esta tecnología más accesibles al manejo y a los costos, la medicina hiperbárica ha evolucionado por el mundo permitiendo a los médicos acceder a ella por sí mismos.

Kendall y cols. Desarrollaron un modelo *in vitro* de cultivo de células endoteliales hipóxicas y reportaron que la TOHB a 1,5 atm es más efectiva en los efectos antiinflamatorio, angioprotector, de señalización de las células endoteliales, estrés oxidativo y apoptosis celular que el tratamiento a 2,4 atm, y propone la TOHB de media presión para el tratamiento de heridas en vez del uso de TOHB a presiones < 2 atm.⁸

Un ítem importante es ajustar la dosis terapéutica de ERO en pacientes pediátricos; la media presión es actualmente utilizada para el tratamiento de patologías neurológicas y TOHB en pediatría.^{5,9,10,11,12}

Las indicaciones tradicionales absolutas de TOHB^{1,13} aceptadas en el Consenso Europeo de Medicina Hiperbárica han sufrido revisiones en función de las nuevas evidencias científicas publicadas. Estas evidencias publicadas están relacionadas con la accesibilidad y la seguridad de la TOHB ortodoxa y tradicional realizada con cámaras que trabajan a alta presión con riesgo de toxicidad dosis dependiente del oxígeno. Así, la medicina hiperbárica ortodoxa fue inicial y principalmente propuesta para tratar patologías con compromiso de vida o que no podían ser resueltas con el tratamiento convencional. Los ensayos clínicos realizados están relacionados con estas patologías.

El desarrollo de una manera más accesible y se-

gura de realizar TOHB permitiría a los médicos adquirir conocimientos acerca de la evolución actual de las aplicaciones de la medicina hiperbárica y las evidencias científicas asociadas. En el futuro, el desarrollo de estas nuevas cámaras, que trabajan a una dosis de oxígeno más segura, creará la necesidad de la elaboración de un "consenso de TOHB de nueva generación" basado en ensayos clínicos que utilicen las cámaras de TOHB a < 2 atm.

Intoxicación con monóxido de carbono

En particular la intoxicación con monóxido de carbono (CO) es una de las indicaciones absolutas de TOHB. La terapia de oxigenación hiperbárica es una importante terapia adyuvante en el manejo de la injuria respiratoria secundaria a la inhalación de humo, especialmente cuando la injuria es complicada por la inhalación de tóxicos químicos tales como CO y cianhídricos. Para la intoxicación por CO, TOHB es la terapia recomendada en la práctica estándar.¹⁴

A medida que se encuentre disponible mayor información respecto de la habilidad del oxígeno hiperbárico para reducir las injurias de perfusión, anticipamos que la TOHB a media presión se puede convertir en la terapia estándar en la práctica del manejo de las injurias por inhalación de humo y envenenamiento con cianhídricos, debido a que las EROs mejoran la respiración mitocondrial y los niveles intracelulares de ATP.¹⁴

Debido a que, hasta ahora, en muchos países la accesibilidad a las cámaras de alta presión es limitada, muchas veces se utiliza forzosamente solo el oxígeno 100% normobárico para tratar la intoxicación con monóxido de carbono o la inhalación por humo. Está demostrado que la hiperoxia normobárica no es efectiva para disminuir las secuelas neurológicas a largo plazo de la intoxicación con CO.¹⁴ En consecuencia, es necesario el desarrollo de ensayos clínicos descriptivos de TOHB a media presión en la intoxicación con CO (muchas veces subdiagnosticados), enfatizando en el síndrome neuropsiquiátrico retardado típico de esta intoxicación. Aunque ya ha sido descrito el éxito en el tratamiento de intoxicación con CO utilizando TOHB a 1,5 atm.¹⁴

Heridas - enfermedades infecciosas

En particular, TOHB es usado ampliamente para heridas con problemas de cicatrización. Entre ellas podemos mencionar las quemaduras, el pie diabético y la obstrucción vascular periférica crónica y las úlceras varicosas.

La TOHB para pie diabético está indicada en

heridas que cumplen con una clasificación establecida (Wagner grado 3 o superior) con determinadas características (úlceras que penetra el tendón, hueso o articulación, presenta absceso o gangrena y no ha mostrado signos mensurables de curación).^{15, 16}

La TOHB actúa favoreciendo la oxigenación, la cicatrización de las heridas a través de la hiper-oxigenación tisular, la vasoconstricción, la activación de fibroblastos, la inhibición de la producción y liberación de citoquinas inflamatorias, la estimulación de factores de crecimiento y la neovascularización, el efecto antibacteriano, la formación del tejido de granulación, la potenciación del efecto antibiótico y la reducción de la adhesión leucocitaria.^{15, 16}

En todos los tipos de úlceras diabéticas en pies o manos de cualquier grado, un aumento significativo de la presión transcutánea de oxígeno tras la aplicación de TOHB indica un aumento de las probabilidades de viabilidad del miembro afectado y de cicatrización y retardo de la cronicidad de la lesión. Cabe destacar que la TOHB es bien tolerada y aporta beneficios a la calidad de vida del paciente, disminuyendo tanto el número de ingresos hospitalarios, evitando la amputación, y la morbilidad de estos pacientes.^{15, 16}

TOHB reduce la mortalidad y la tasa de amputación en infecciones necrotizantes (fascitis necrotizante, gangrena de *Fournier*, gangrena gaseosa) como terapia coadyuvante con la terapia antimicrobiana y la debridación quirúrgica de urgencia.¹⁷ En estas patologías con compromiso de vida, la TOHB está indicada en forma absoluta y su aplicación debe ser inmediata. También es efectiva para el tratamiento de las infecciones que comprometen el hueso, y en el curso de patologías como osteomielitis, en que la pO₂ tisular es muy baja debido al trauma, el compromiso vascular y la fibrosis.¹⁸ Gracias a la terapia coadyuvante de TOHB se observa una completa erradicación de la infección, demostrando su eficacia en el manejo de la osteomielitis refractaria crónica, lo que ha favorecido el éxito de los tratamientos clínicos y quirúrgicos convencionales.¹⁸

TOHB está indicada también como terapia cicatrizante en úlceras no cicatrizantes, vasculitis de otras etiologías, quemaduras, y en injertos y colgajos dérmicos comprometidos.^{19, 20}

Clínica médica - enfermedades reumáticas y ortopédicas

TOHB se usa ampliamente en el tratamiento de patologías con base inflamatoria, como las que afectan tejidos óseos, aparato motor, tejido conectivo y articulaciones, especialmente en artritis.

El dolor crónico es un problema clínico de difícil tratamiento, para el cual el uso de TOHB mostró resultados prometedores.²¹ Varios trabajos científicos muestran que TOHB es útil para tratar cefaleas, fibromialgias, síndromes de dolor regional complejo y neuralgias, modulando la inflamación y el estrés oxidativo, y desencadenando un efecto analgésico y antinociceptivo.²¹

En el tratamiento de la migraña, TOHB produce vasoconstricción, reduce significativamente la presión intracraneal, alivia los ataques agudos de migraña, y reduce y previene el dolor de cabeza.²²

En pacientes con síndrome de fibromialgia y fatiga crónica, al igual que en casos de lupus eritematoso sistémico, se detectaron alteraciones en la perfusión cerebral, que podrían ser tratadas y mejoradas gracias al uso de TOHB.²³ En general, los pacientes de fibromialgia responden muy bien a este tratamiento, mejorando aspectos como la fatiga, el insomnio y el dolor.

Por último, la TOHB se usa en el tratamiento de patologías que afectan el aparato auditivo, como la sordera súbita y los acúfenos, aumentando la concentración de O₂ y mejorando la microcirculación en el oído interno, al corregir la hipoxia y la microcirculación coclear.²⁴ Los resultados son más notorios antes de los seis meses de evolución.

En patologías incapacitantes como la artritis reumatoide (AR), caracterizadas por la presencia de dolor y deterioro de la calidad de vida, el uso de TOHB podría favorecer el alivio del dolor y la disminución de la inflamación en articulaciones, modulando la respuesta inmune.²⁵ En otras enfermedades reumáticas, con componente inflamatorio y auto-inmune, como el lupus eritematoso sistémico (LES), se observó que TOHB es capaz de inhibir la acción de algunas citoquinas proinflamatorias, actuando como un modulador inmune y mejorando la disfunción cognitiva.²⁵

Neurología-rehabilitación-neurología pediátrica

TOHB se usa ampliamente en el tratamiento de enfermedades neurológicas. Entre ellas, se destacan las lesiones traumáticas, el accidente cerebro-vascular (ACV) y los trastornos neurológicos metabólicos asociados a la edad.³

El objetivo de las terapias en isquemia cerebral es rescatar el tejido normal, que está en riesgo de sufrir daños irreversibles por la deprivación de O₂ y la consecuente alteración energética y metabólica.³ TOHB permite reducir el estado inflamatorio y el edema cerebral, favorecer la reparación de axones y estimular su crecimiento, y mantener la integridad de la barrera hematoencefálica.^{3, 4} Esto atenúa los

déficits motores, disminuye los riesgos de secuelas y previene trastornos circulatorios cerebrales recurrentes, mejorando la supervivencia tras un trauma neurológico, acelerando la regresión de lesiones ateroscleróticas al promover las defensas antioxidantes.^{4,5}

También se observó que TOHB acelera la recuperación neurológica tras una lesión medular, mejorando la función mitocondrial en la corteza motora y la médula espinal, revirtiendo la hipoxia y reduciendo el edema.³

En casos de injuria traumática que afectan el sistema nervioso central, TOHB promueve la neuroprotección y neurogénesis, junto con la angiogénesis y mejora del flujo sanguíneo cerebral, favoreciendo la neuroplasticidad, y contribuye a la rehabilitación en pacientes que sufrieron ACV.^{3,4,5}

En autismo, TOHB revierte la hipoperfusión y la hipoxia, mediante el aumento de la tensión de O₂ y sus gradientes, con la consecuente mejoría en la oxigenación de tejidos, disminución del edema y estimulación de la angiogénesis.⁹ Más aún, TOHB reduce la mortalidad y las secuelas neurológicas en neonatos con encefalopatía isquémica.¹⁰ Estos beneficios se manifiestan finalmente en la función motora, cognitiva, neuropsicológica y en la habilidad de conexión y comunicación de los pacientes a largo plazo.^{9,10,11}

Oncología

Para evaluar el efecto beneficioso de TOHB en el tratamiento de tumores es importante considerar los siguientes factores: la entidad tumoral, el grado de hipoxia, el sitio de implantación y crecimiento tumoral y el grado de vascularización del tumor.²⁶ Todas estas variables afectan el grado de eficacia tanto de los tratamientos convencionales (radioterapia RT y quimioterapia QT) como del efecto potenciador o sensibilizador de la TOHB, pudiendo mejorar el efecto de la RT sobre células tumorales hipóxicas, reduciendo la recurrencia tumoral.²⁷

La mayoría de los trabajos disponibles están relacionados con casos de cáncer de cabeza y cuello.²⁶ Estos tipos de cáncer se caracterizan por ser altamente hipóxicos, y son tratados de manera habitual y eficiente con RT.^{26,27} Tanto en RT como QT recomiendan utilizar la TOHB de manera previa,^{2,26} o a lo sumo posterior al tratamiento primario del tumor, pero siempre con un estrecho margen temporal.

En el caso de la sensibilización frente a quimioterapia (QT), se observó que TOHB resuelve la resistencia y aumenta la sensibilidad celular de los tumores.²¹ Este efecto se debe a la reversión de la hipoxia y el aumento de la producción de RL, que favorecen la incorporación de agentes quimioterapéuticos durante o inmediatamente después de la sesión de cámara,²⁶ en el tratamiento de tumores de mama, osteosarcomas, ovario, pulmón y gliomas.²⁷

También está ampliamente documentado el uso de TOHB para tratar la necrosis de tejidos óseos (mayormente mandíbula y dientes), tejidos blandos subcutáneos, laringe, intestino, abdomen, vejiga, recto, tórax y heridas en extremidades^{2,29} causadas por la RT. Este efecto puede manifestarse algunos meses, e incluso años, posteriormente a la RT, dada la falta de especificidad y selectividad de la radiación sobre tejidos neoplásicos y tejidos sanos. En estos casos, la TOHB actúa en tejidos necrosados y en diferentes órganos dañados con radiolesiones a través de la inducción de la angiogénesis y la reducción de la fibrosis, favoreciendo la cicatrización.^{26,28}

Medicina del deporte

En medicina del deporte se utiliza en la preparación física del deportista para el alto rendimiento deportivo, físico y muscular; la recuperación del ejercicio físico y la prevención de fatiga en períodos de actividad intensa (antes, durante o luego de participar de competencias o torneos) y el tratamiento y rehabilitación de lesiones traumáticas asociadas a la práctica deportiva.²⁹ La hiperoxia desencadena mayor tolerancia al ejercicio y menos fatiga física y muscular,^{29,30} maximizando el rendimiento y acortando el tiempo de recuperación tras el ejercicio.²⁹ En adición, TOHB permite una mayor y más rápida cicatrización de los tejidos dañados, acortando el tiempo de inactividad deportiva.³⁰

Estadística del Grupo Médico BioBárica Clinical Research Group

El Grupo *BioBárica Clinical Research Group* es un grupo dentro de una red de médicos que usan cámaras de tecnología *Revitalair*® 430 para realizar el tratamiento de oxigenación hiperbárica en diversas patologías. Para interactuar entre ellos algunos centros usan un sistema informático llamado Sistema Global BioBárica (*BioBarica Global System*, BGS), una plataforma virtual dinámica que provee servicio completo para transmitir el conocimiento, capacitación y entrenamiento en relación a TOHB.

Dentro del BGS, Hipermed es una herramienta informática mediante la cual cada centro puede manejar su estadística y acceder a la estadística de todas las patologías que se tratan en toda la red de centros, de forma anónima y voluntaria. Estos datos están integrados al BGS y proveen la estadística de todas las indicaciones médicas de TOHB a través de la red de los centros que reportaron sus propios episodios de tratamiento.

Desde febrero de 2015 hasta febrero de 2017 se reportaron 559 casos en Hipermed pertenecientes a ocho centros. Cabe aclarar que a esa fecha la red estaba formada por menos centros de los que

la conforman actualmente, debido a que en este último año la distribución y utilización de este tipo de cámaras ha crecido exponencialmente en todo el mundo. De ellos, un centro de Argentina y dos de España son los centros con mayor cantidad de casos reportados a esa fecha (Tabla 1). La especialidad médica más frecuentemente derivada para TOHB en estos centros es la clínica médica (n = 150): 58 casos de acúfenos, 28 artrosis y 18 migrañas entre otros casos, habiendo cuatro casos de enfermedad inflamatoria intestinal entre ellos. En heridas (úlceras de pie diabético, úlceras vasculares, vasculitis, abscesos) se alcanzó un total de 73 casos con completa cicatrización en todos los casos.

En enfermedades neurológicas, siete casos de Parkinson fueron tratados con TOHB y mejoraron sus síntomas, y nueve casos de rehabilitación posaccidente cerebrovascular isquémicos mejoraron su neuroplasticidad con la TOHB.

En enfermedades reumáticas la fibromialgia es la

patología más frecuente en consulta para TOHB. Solo en los tres centros con mayor cantidad de reportes se atendieron 42 pacientes con fibromialgias y 19 pacientes con artritis reumatoide, disminuyendo sus puntos de dolor en todos los casos con un mínimo de 20 sesiones. En relación con traumatología se trataron 21 hernias de discos, 12 fracturas óseas y 19 rehabilitaciones posfracturas. Cinco pacientes con necrosis ósea, siete con edemas óseos y tres pacientes con osteomielitis crónica refractaria fueron tratados con respuesta muy satisfactoria con TOHB en estos centros.

Medicina del deporte fue la segunda especialidad más frecuentemente tratada con TOHB dentro del período de este estudio (n = 103) (principalmente 23 desgarros musculares y 27 casos para la recuperación del entrenamiento).

El principal uso de TOHB en oncología, en la red de centros que utilizan cámaras *Revitalair*® y que

Tabla 1. Número de casos clínicos reportados en Hipermed (Sistema Global BioBárica) tratados en los centros médicos de BioBárica. Febrero de 2015 a febrero de 2017.

	Centro A Argentina	Centro B España	Centro C España	Otros Centros	Total
Clínica médica	74	39	29	8	150
Medicina del deporte	44	36	9	14	103
Traumatología	29	29	13	6	77
Heridas	60	8	4	1	73
Reumatología	18	19	24	1	62
Neurología	20	17	8	3	48
Oncología	23	16	3	4	46
Total	268	164	90	37	559

reportaron sus casos en Hipermed, fue su uso como radio-sensibilizador en el tratamiento del cáncer de mama (n = 16). Otros tumores sólidos fueron también tratados con TOHB como adyuvantes, pero no se especifica si para mejora del bienestar general o como tratamiento de lesiones radio-inducidas o adyuvantes de quimio o radioterapia.

Estudios más específicos y el desarrollo de ensayos clínicos controlados en cada tema particular de las diferentes aplicaciones que surgen de la utilización de estas cámaras *Revitalair*® 430 de TOHB de media presión son necesarios para generar evidencia científica que demuestre eficacia real en cada patología. Esto se debe realizar en paralelo y al margen de que se obtengan resultados muy satisfactorios en la

experiencia médica de las indicaciones y aplicaciones que se realizan con esta terapia en la red de centros que utilizan estas cámaras.

Conclusiones

La terapia de oxigenación hiperbárica se usa ampliamente con éxito como terapia primaria y adyuvante en diferentes patologías. Su efectividad está basada en la generación de la hiperoxia que permite diferentes beneficios fisiológicos para el paciente.

El Grupo BioBárica Clinical Research Group† se encuentra constantemente desarrollando evidencia clínica en diversas patologías con componente inflamatorio, debido a la seguridad biológica y

accesibilidad de las nuevas cámaras de TOHB de tecnología Revitalair® 430. La TOHB realizada por estas cámaras tiene óptimo rendimiento, y trabajan a la presión ideal para pediatría y enfermedades neurológicas, al ser más seguras y efectivas. La accesibilidad a los médicos extendería su uso y se comprobaría su efectividad en otras patologías aumentando el rango de aplicaciones clínicas.

Agradecimientos. Profesionales del Grupo Biobarica Clinical Research Group†: Argentina: Mariana Cannellotto, Liliana Jordá Vargas (Sede Central, CABA), Julio Sillio (Bahía Blanca), Carlos Arredondo (Bariloche), María Mercedes Pascuccio (Concepción del Uruguay), Fernando Veloz (Rojas), Carolina Liset Unger (Corrientes), Clara Mastroiani, Verónica Arredondo Sánchez, Fernando Martinel Ferreira, Roberto Sánchez, Carlos F. Arredondo (Bariloche), Pablo Alterini (Paraná), Carlos Carrer (Tandil), Jesús Larroca, Mauro Dodorico (Concordia). España: Delfina Romero-Feris, Javier Chirivella Garrido (Valencia), Elías López (Madrid).

Bibliografía

- Society U.a.H.M. Hyperbaric Oxygen Therapy Indications: 13th Edition 2013.
- Krogh A. The number and distribution of capillaries in muscles with calculations of the oxygen pressure head necessary for supplying the tissue. The Journal of physiology 1919; 52 (6): 409-415.
- Efrati S, Ben-Jacob E. Reflections on the neurotherapeutic effects of hyperbaric oxygen. Expert review of Neurotherapeutics 2014; 14 (3): 233-236.
- Rockswold SB et al. A prospective, randomized phase II clinical trial to evaluate the effect of combined hyperbaric and normobaric hyperoxia on cerebral metabolism, intracranial pressure, oxygen toxicity, and clinical outcome in severe traumatic brain injury: clinical article. Journal of neurosurgery 2013; 118 (6): 1317-1328.
- Huang L, Obenaus A. Hyperbaric oxygen therapy for traumatic brain injury. Medical gas research 2011; 1 (1): 1.
- Heyboer M, Sharma D, Santiago W, McCulloch N. Hyperbaric Oxygen Therapy: Side Effects Defined and Quantified. Adv Wound Care 2017; 6 (6): 210-224.
- Kot J, Winklewski PJ, Sicko Z, Tkachenko Y. Effect of oxygen on neuronal excitability measured by critical flicker fusion frequency is dose dependent. J Clin Exp Neuropsychol 2015; 37 (3): 276-284.
- Kendall A, Whatmore JL, Harries LW, Winyard PG, Eggleton P, Smerdon GR. Different oxygen treatment pressures alter inflammatory gene expression in human endothelial cells. Undersea Hyperb Med. 2013; 40 (2): 115-123.
- Rossignol DA, Rossignol LW, Smith S, Schneider C, Logerquist S, Usman A, Neubrandner J, Madren EM, Hintz E, Grushkin B Hyperbaric treatment for children with autism: a multicenter, randomized, double-blind, controlled trial, BMC Pediatrics 2009; 9 (21): 1-15.
- Liu Z, Xiong T, Meads C. Clinical effectiveness of treatment with hyperbaric oxygen for neonatal hypoxic-ischaemic encephalopathy: systematic review of Chinese literature 2006; 333 (7564): 374.
- Sénéchal C, Larivée S, Richard E, Marois P. Hyperbaric Oxygenation Therapy in the Treatment of Cerebral Palsy: A Review and Comparison to Currently Accepted Therapies. J Am Phy Surg 2007; 12 (4): 109-113.
- Harch PG, Andrews SR, Fogarty EF, Lucarini J, Van Meter KW. Case control study: hyperbaric oxygen treatment of mild traumatic brain injury persistent post-concussion syndrome and post-traumatic stress disorder. Med Gas Res. 2017; 7 (3): 156-174.
- Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. Diving Hyperb Med 2017; 47 (1): 24-32.
- Stoller KP. Hyperbaric oxygen and carbon monoxide poisoning: a critical review. Neurol Res 2007; 29 (2): 146-155.
- Kranke P1, Bennett MH, Martyn-St James M, Schnabel A, Debus SE, Weibel S. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. Cochrane Database Syst Rev 2015 Jun 24: 6.
- Bishop AJ, Mudge E. Diabetic Foot Ulcers treated with hyperbaric oxygen therapy: A review of the literature Int Wound J 2014; 11 (1): 28-34.
- Shaw JJ, Psinos C, Emhoff TA, Shah SA, Santry HP. Not Just Full of Hot Air: Hyperbaric Oxygen Therapy Increases Survival in Cases of Necrotizing Soft Tissue Infections. Surg Infect 2014; 15 (3): 328-335.
- Chen CE, Ko JY, Fu TH, Wang CJ. Results of chronic osteomyelitis of the femur treated with hyperbaric oxygen: a preliminary report. Chang Gung Med J 2004; 27 (2): 91-97.
- Cianci P et al. Adjunctive hyperbaric oxygen therapy in the treatment of thermal burns. Undersea & hyperbaric medicine: journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc 2012; 40 (1): 89-108.
- Francis A, Baynosa RC. Hyperbaric Oxygen Therapy for the Compromised Graft or Flap Adv Wound Care (New Rochelle) 2017 Jan 1; 6 (1): 23-32.
- Yildiz, S, Uzun G, Kiralp MZ. Hyperbaric oxygen therapy in chronic pain management. Current pain and headache reports 2006; 10 (2): 95-100.

22. Bennett MH, French C, Schnabel A, Wasiak J, Kranke P, Weibel S. Normobaric and hyperbaric oxygen therapy for the treatment and prevention of migraine and cluster headache. *Cochrane Database Syst Rev* 2015 Dec 28 (12).
23. Efrati S, Golan H, Bechor Y Et al. Hyperbaric oxygen therapy can diminish fibromyalgia syndrome—prospective clinical trial. *PloS one* 2015; 10 (5).
24. Topuz E et al. should hyperbaric oxygen be added to treatment in idiopathic sudden sensorineural hearing loss? *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology and Head & Neck*, 2004; 261 (7): 393-396.
25. Barilaro G, Francesco-Masala, Parracchini R, Iesu C, Caddia G, Sarzi-Puttini P, Atzeni F. The Role of Hyperbaric Oxygen Therapy in Orthopedics and Rheumatological Diseases. *Isr Med Assoc J* 2017; 19 (7): 429-434.
26. Moen I, Stuhr LE. Hyperbaric oxygen therapy and cancer—a review. *Targeted oncology* 2012; 7 (4): 233-242.
27. Bennett M, Feldmeier J, Smee R. Milross CHyperbaric oxygenation for tumour sensitisation to radiotherapy: a systematic review of randomised controlled trials. *Cancer Treat Rev* 2008 Nov; 34 (7): 577-591.
28. Feldmeier JJ. Hyperbaric oxygen therapy and delayed radiation injuries (soft tissue and bony necrosis): 2012 update. *Undersea Hyperb Med* 2012; 39 (6): 1121-1139.
29. McGavock JM, Lecomte JL, Delaney JS, Lacroix VJ, Hardy P, Montgomery DL. Effects of hyperbaric oxygen on aerobic performance in a normobaric environment. *Undersea Hyperb Med* 1999; 26 (4): 219-224.
30. Barata P, Cervaens M, Resende R, Camacho O, Marques F. Hyperbaric oxygen effects on sports injuries. *Therapeutic advances in musculoskeletal disease* 2011; 3 (2): 111-121.