

Dr. Cristian Fercovic M.  
Traumatólogo Art. 44 turno jueves HBLT  
Profesor Asistente Depto. de Traumatología y Ortopedia U. Chile.  
Coordinador unidad de traumatología Campus Sur.

## “OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA EN TRAUMATOLOGÍA”

### CONTEXTO

En periodo de reimplementación del proyecto de cámara Hiperbárica en Campus Sur de la Universidad de Chile se realiza búsqueda bibliográfica tendiente a verificar indicaciones terapéuticas vigentes en la especialidad de traumatología y ortopedia.

Lo anterior con el objetivo de seleccionar patologías con evidencia de beneficio, tipificar pacientes que requieran esta modalidad terapéutica y desarrollar seguimiento de casos.

### MÉTODO DE REVISIÓN

Basado en información previa se realiza búsqueda sistemática de información bibliográfica sobre Oxigenoterapia Hiperbárica (HBOT) en Traumatología. Los criterios de inclusión fueron considerar artículos escritos en idioma inglés y español, publicados entre 2019 y 2023 en niños y adultos. Para la revisión en sí, se seleccionaron artículos en ambos idiomas, cuyo título y resumen estuvieran relacionados con los objetivos de este artículo. Por especificidad y por ser referencia de algunas de estas publicaciones se agregaron algunas referencias de publicación anterior al periodo de búsqueda. Bajo estos criterios se seleccionaron 41 artículos.

La metodología de búsqueda fue responder a la pregunta documental ¿Cuáles son las evidencias de beneficio en el uso de oxigenoterapia hiperbárica en patologías traumatólogicas? Las fuentes de búsquedas revisadas fueron: Medline/Pubmed, Scopus, Cochrane Database y Isi Web of Science.

### INTRODUCCIÓN

Diversas enfermedades y lesiones traumáticas de aparato locomotor han sido tratadas con oxigenoterapia hiperbárica (HBOT) desde su creación. A partir de la década del 60 se ha usado en problemas crónicos y agudos como terapia principal o adyuvante. Desde entonces se registran publicaciones acerca de su uso. Habitualmente ha estado asociada a cirugías y fármacos. Los criterios han sido “mejorar la oxigenación de tejidos desvitalizados” en necrosis avasculares de cadera y rodilla, en úlceras no cicatrizadas de piel de extremidades inferiores en personas diabéticas y no diabéticas, en injertos óseos y colgajos con situación circulatoria límite en síndromes compartimentales post fasciotomía y en múltiples otros cuadros isquémicos que afectan las extremidades. También se ha considerado “potenciar efecto antibacteriano y antiinflamatorio del oxígeno” en fracturas expuestas, osteomielitis aguda y crónica, infecciones de tejidos blandos de extremidades por anaerobios, fascitis necrotizante y “estimular cambios circulatorios a nivel de sistema nervioso central” en dolor crónico de espalda y extremidades, fatiga muscular y fibromialgia entre otros. Fundamentos fisiológicos planteados han sido la mayor disolución de oxígeno en el plasma y en el eritrocito con mayor difusión a nivel mitocondrial y activación celular particularmente

en áreas hipóxicas. La generación de especies reactivas al oxígeno y al nitrógeno (ROS y NOS) produce directa e indirectamente efectos de disminución en mediadores de la inflamación, aumento en la producción de factores de crecimiento microvascular y de colágeno junto con estímulo en la capacidad macrofágica y en la acción del sistema inmune. Produce también mayor arribo y diferenciación de células troncales en áreas de daño tisular.

Se reconoce la falta de evidencia de calidad en algunas indicaciones por déficit de ensayos clínicos controlados. También se informa de una baja prevalencia de complicaciones vinculadas a la presurización, al oxígeno y a la permanencia en un compartimento cerrado. Se realiza selección, traducción, análisis y comentario de un conjunto de artículos recientes producto de búsqueda dirigida. Se ordena en 4 áreas clínicas traumatológicas el conjunto de publicaciones sobre el uso de oxigenoterapia hiperbárica como tratamiento en traumatología a saber:

- Necrosis ósea avascular de cabeza femoral y rodilla en adultos y niños.
- Infecciones óseas y de partes blandas en columna y extremidades.
- Retardos de consolidación ósea y cicatrización de partes blandas.
- Síndromes de dolor neuro muscular y fatiga crónica.

## DESARROLLO

En la literatura nacional no se encontraron publicaciones con los criterios de búsqueda. Pero Bajo oxigenoterapia en Chile se encontraron limitadas publicaciones: Felmer y Pomes en 2003 (1) reportan manejo exitoso en HBOT de intoxicación por CO en una embarazada; Salinas y cols. en 2022 (2) comentan indicaciones actuales de la sociedad de medicina hiperbárica y necesidad de investigación fisiopatológica para los efectos de hiper e hipobaría; Capote y cols. informa de casos tratados con HBOT en contexto de exoprótesis osteointegradas (3). Berner y cols. 2014 (4) informan de fundamentos del uso de oxigenoterapia en heridas crónicas.

En la literatura internacional se registra un importante número de publicaciones sobre clínica y fisiopatología en medicina hiperbárica más la utilización terapéutica en problemas estructurales, inflamatorios, circulatorios e infecciosos del aparato locomotor

### 1. "ROL DE LA HBOT EN LA NECROSIS AVASCULAR DE CADERA" (HBOT EN NECROSIS)

Diversos trabajos fundamentan el uso de HBOT en las etapas iniciales de la necrosis avascular de caderas en edad pediátrica y adultos.

- Revisión del conjunto de tratamientos actuales para las etapas 1 y 2 en la necrosis avascular de las caderas recomienda que sean conservadores. Entre estos se registra baja de peso, bifosfonatos, heparinas de bajo peso molecular, ondas de choque extracorpórea. Todos presentan escasa evidencia. En ese contexto se revisa el uso de HBOT como un nuevo tratamiento no invasivo. Estudio considera benéfico el uso de HBOT con limitaciones para lograr evidencia por accesibilidad para todos los casos (5).
- Conferencia de consenso de medicina hiperbárica. Marzo 2017 recomendación nivel 2-B. Define HBOT como 60 min de tiempo de exposición a 100 % de oxígeno bajo 243 a 253 Kpa (o 2,4 a 2.5 ata) 5 o 6 veces por semana por 5 o 6 semanas por ciclo. Sugiere oxigenoterapia como tratamiento principal con asociación a baja de peso, reposo, fisioterapia, cese de tabaquismo. La prescripción es independiente de otras lesiones óseas inducidas por radiación. Recomienda estudio con RNM inicial

y una segunda 4 semanas posterior al primer ciclo. No define el número total de sesiones. Deja abierta la opción de llegar a 2 ata y de evaluar continuidad luego de la décima sesión (6)

- Revisión sistemática respecto del uso de HBOT en TMT y reumatología 2017. Destaca estudio sobre 68 pacientes con 78 cabezas femorales necrosadas en etapa 1 y 2 de Steinberg. Cese del dolor, mejora en funcionalidad (score de Harris sube de 21 a 81) y se mantiene el 93% de las caderas nativas a 5 años sin cirugía. (7)
- Publicación en 2010 sobre efecto de HBOT en Necrosis avascular de cabeza femoral (HFN, NACF) mediante seguimiento de una cohorte de 20 pacientes en la cual el grupo control fue abolido luego de la décima sesión. A los 7 años sin intervenciones de perforación, injerto y endoprótesis (APTC) el total de los pacientes. Dolor cesa a partir de la décima sesión, movilidad mejora a partir de la sesión 20 y no mejora más después de la 30. Hay regresión imagenológica en 7 de 9 pacientes inicialmente en etapa 2. (8)
- Evaluación de HBOT en FHN en estadios 1 y 2 de Steinberg mediante seguimiento de 30 pacientes de 18 o más años entre 2010 y 2018. Un número de 15 de ellos fueron tratados con HBOT. Se excluyeron las necrosis de origen traumático, pero se incluyeron diabetes y trastornos vasculares. Se observan diferencias significativas en cuanto a dolor, función e imágenes con 22 meses de seguimiento promedio a favor del grupo tratado con HBOT. Solo 2 pacientes presentaron evolución insatisfactoria y progresaron a estadio 3. (9)
- Análisis publicado en 2014 sobre 68 pacientes de 43 años en promedio con 71 caderas necrosadas en etapas 1 y 2 de Steinberg por causa traumática, reumatológica e idiopática (62 %). Seguimiento por 11 años promedio. Mejoras significativas en la RNM en 88% de los casos con más frecuencia en idiopáticas y postraumáticas. Mejoras significativas en dolor, función y salud general. Ausencia de APTC en 93%. Destaca la conservación de cadera nativa en comparación con el 60% a 5 años de la evolución natural de la enfermedad que aporta el estudio de Ozhono y Sugano de 1991. (10)
- Evaluación de casos oncológicos infantiles de Necrosis avascular en caderas y edema de médula ósea tratados con HBOT. Siete niños portadores de Leucemia linfoblástica aguda y linfoma no Hodgkin. Presentan analgesia a partir de la décima sesión y a la número 35 todos están sin dolor. Sin cambios significativos en RNM. A los 10 años de seguimiento los 7 niños han sido intervenidos. Mal resultado en este tipo de etiología de la necrosis. Solo efecto analgésico sin cambios en la progresión del daño estructural. (11)
- Seguimiento clínico y de laboratorio de 2017 en 23 pacientes portadores de necrosis avascular de caderas estadio 1, 2 y 3 de Ficat, tratados con HBOT, edad 53 años promedio y etiología postraumática y corticoidal. Existió reducción del dolor y del tamaño de la lesión observada mediante RNM un año post tratamiento en todos los pacientes en etapa 1 y 2 y en 2 de 11 pacientes en etapa 3. Los niveles séricos de Osteoprotegerina (OPG) presentan alza significativa post HBOT. OPG es una proteína reguladora de la homeostasis ósea, función inmune y otros procesos. Postula que la oxigenoterapia influye en el equilibrio entre osteoblastos y osteoclastos mediante regulación de la expresión génica de OPG y la proteína de membrana que se encuentra en la superficie de osteoclastos denominada receptor activador del factor nuclear kB (RANK). Se discuten resultados clínicos comparando con la evolución natural del estudio de Ozhono: 1,4 años de tiempo para colapsar en etapa 3, 6.2 años en etapa 2 (entre 4 meses y 12 años). Recomiendan HBOT en etapas pre colapso. (12)

- Metaanálisis publicado en 2016 sobre 9 estudios de casos y controles que suman 318 pacientes con HBOT y 305 controles. Pacientes desde 10 años de edad en adelante tratados entre 2003 y 2013 incluyendo estadios 3 y 4 de steinberg en tres estudios. El efecto benéfico es 4.95 veces mayor en población con Necrosis Avascular bajo HBOT. En la población asiática el efecto benéfico es mayor. (13)
- Estudio de niveles plasmáticos de mediadores de la inflamación y especies reactivas al oxígeno (ROS) en 23 pacientes con Necrosis avascular de caderas en estadios 1, 2 y 3 sometidos a HBOT muestran bajas significativas en los niveles de factor de crecimiento tumoral e interleukinas (TNF alfa, IL6 e IL1). Se plantea que la HBOT mejora la osteonecrosis por modulación de la inflamación y el estrés oxidativo. (14)
- Estudio histórico (2002) muy citado hasta 2020 respecto de 12 pacientes con Necrosis avascular de caderas en estadio 1 de Ficat, cuatro de ellos bilaterales, con medición de superficie y profundidad del daño por RMN inicial (entre 4 y 12,5 mm) y seriada. Luego de 100 sesiones de HBOT un 81% de los tratados volvieron al estado normal versus un 17% del grupo sin HBOT. (15)
- Estudios con casuísticas limitadas en casos de Necrosis de caderas en Sickle cell talasemias tratadas con éxito con HBOT., Resultados dependientes del curso de la enfermedad de base. Resolución del edema óseo se logra en niños y adolescentes portadores de leucemia linfoblástica aguda o Linfoma no Hodgkin, pero a largo plazo no detiene la aparición de necrosis ósea progresiva. (11,16,17)
- Estudios que evalúan HBOT como tratamiento aislado y combinado. Como terapias aisladas y menos invasivas en necrosis idiopáticas estadios 1 y 2. HBOT sola presenta mejoras significativas en relación a perforaciones en cuanto a función (81,8 vs 66,7%) y similares en cuanto a progresión imagenológica (34 % en ambos grupos). La combinación de ambos métodos parece particularmente promisorio: en cuanto a función, los resultados excelentes son significativamente más frecuentes en el grupo tratado con HBOT más perforaciones. También hay ventaja significativa en la no progresión imagenológica con seguimiento de 43 meses. (18,19)
- Estudio que muestran casuísticas de tratamiento con HBOT para cóndilos femorales, cóndilos de mandíbula y otros. En rodilla se presenta una serie retrospectiva de 37 pacientes de 54 años promedio con necrosis preferente de cóndilos 1 y 2 de Aglietti que se tratan con 70 sesiones de HBOT. Test funcionales y RNM hasta 7 años, sin grupo control ni evolución natural para comparar. Se muestra 86% de mejoría en los tratados con 30 sesiones, 11 % empeoran y 3 % permanecen igual. Luego de 50 sesiones todos mejoran en funcionalidad. Las imágenes mejoran en su nivel de daño. El edema óseo desaparece en todos menos un paciente a un año post tratamiento. (20)

## CONCLUSIÓN

Se concluye que la HBOT es benéfica en el tratamiento de las necrosis avasculares de cadera en etapas 1 y 2, de origen idiopático mayoritariamente como tratamiento único o asociado a perforaciones, reposo y fisioterapia. Sin embargo, en varios estudios el tratamiento y evolución del diagnóstico causal no aparece claramente definido. La mayoría de los trabajos excluyen las necrosis avasculares post traumáticas y no informan sobre el resultado en el manejo de diabetes, alcoholismo, consumo de corticoides, evolución de patología hematológica (LLA, Linfoma no Hodgkin, Sickle cell anemia, coagulopatía) entre otras.

No parece posible con el nivel actual de evidencia de beneficio crear grupos de control científicamente comparables. Con la evidencia acumulada faltaría probablemente

consentimiento para no administrar oxigenoterapia. Podría plantearse seguimiento comparando con la evolución natural ya conocida de la necrosis avascular según la etiología.

## 2. "ROL DE LA HBOT EN EL TRATAMIENTO DE INFECCIONES ÓSEAS Y OTRAS DE APARATO LOCOMOTOR" (HBOT E INFECCIÓN)

El uso de oxígeno en el cuidado de las infecciones es antiguo. Históricamente ha sido usado en desinfección tópica como peróxido (agua oxigenada) y como oxígeno pesado (O<sub>3</sub> u ozono mezclado con oxígeno). La HBOT ha sido ampliamente utilizada en infecciones de diverso tipo y gravedad. Se revisa la evidencia.

- Informe de 2022 de la sociedad de medicina hiperbárica incorpora en las indicaciones aceptadas las infecciones por clostridium de tejidos blandos (NSTI), mionecrosis, gangrena gaseosa junto con las osteomielitis crónica (OMC ) y aguda (OMA ) mas osteomielitis aguda refractaria a tratamiento. (21)
- Informe de 2017 de consenso en medicina Hiperbárica hace recomendaciones de nivel 1C en el tratamiento con HBOT para infección por anaerobios y polimicrobiano (bacterias mixtas) en ubicación de tronco y extremidades, gangrena perineal e infección por anaerobios a nivel intracraneano. A nivel peritoneal y pleuropulmonar (2 C). En lesiones óseas calificadas como osteomielitis crónica y/o refractaria a tratamiento asociada a tratamiento médico quirúrgico (1C). (6)
- Estudia indicaciones electivas y como tratamiento principal de HBOT en diversos centros de USA a 2019 entre ellas destaca la OMC refractaria. Al mismo nivel de intoxicación por monóxido de carbono, cianuro y enfermedad por descompresión. (22)
- Protocolo de instituto Kawashima-Japón 2020 considera el uso de regla de HBOT en toda osteomielitis crónica desde el inicio junto a terapia antibacteriana y drenaje de pus (curación compleja pero no cirugía abierta) si el resultado es inadecuado luego de 30 sesiones se realiza cirugía; curetaje, irrigación cerrada de Kawashima sin HBOT por las dos semanas que dura este procedimiento. Casuística de gran volumen. Presentan una serie de 773 casos, 508 en tratamiento conservador y 265 que requirieron cirugía. Sin recurrencia el 94:7 % de ambos. Todos tratados con HBOT. (23)
- Mejora en condición cardiovascular en pacientes con OMC tratados con HBOT. Se analiza la OMC como factor importante de riesgo cardiovascular (Infarto agudo al miocardio y accidente cerebrovascular y Muerte secundaria a estos diagnósticos). Se comparan 271 pacientes con OMC y HBOT con un número similar y comparable sin HBOT. La mortalidad por estos diagnósticos durante el primer año es 3.8 y 7.6% respectivamente. Muy significativa. (24)
- HBOT en fascitis necrotizante (NSTI) publicada en 2018 mediante revisión sistemática no logra reconocer evidencias por falta de estudios con grupo control. Todos los estudios revisados a partir de 2013 (673 de 673 son excluidos por falta de controles o randomización). El 30 % de mortalidad promedio se logra con Cirugía Resectiva precoz, antibioticoterapia y soporte intensivo. Estudios necesariamente multicéntricos por baja prevalencia y con dificultades para establecer controles debido a favorable evidencia de laboratorio ya publicados tales como efecto bactericida directo, estímulo al sistema inmune y potenciación de antibióticos. Este estudio revisa también riesgos y concluye que no hay argumentos para indicar o descartar indicación de HBOT en fascitis necrotizante. (25)

- Metaanálisis publicado en 2023 que muestra mortalidad y complicaciones significativamente menores en 1433 pacientes con NSTI tratados con HBOT en relación a 47704 tratados sin HBOT en el curso de una década. Todas las infecciones necrotizantes fueron incorporadas y se seleccionaron finalmente 23 estudios en que predomina localización perineal, cabeza, cuello y extremidades inferiores. Efecto benéfico sin capacidad de recomendación general. (26)
- Revisión sistemática 2019 sobre 21 estudios en que la mayoría muestra más baja mortalidad entre los tratados con HBOT. Se considera de baja calidad la evidencia obtenida por problemas de sesgo y defectos de homogeneidad en el diagnóstico, presencia de “cointervención” y dificultades de seguimiento. Evaluación crítica de las recomendaciones de las sociedades de medicina subacuática e infectología norteamericana. Considera si como válidos los fundamentos sobre prevención de isquemia y necrosis en tejidos con perfusión límite, el efecto antibacteriano sobre anaerobios y algunas bacterias aerobias más efectos sinérgicos en el efecto de betalactámicos y aminoglucósidos. (27)
- Estudio de 2019 sobre mecanismos antimicrobianos de HBOT. Propiedades antiinflamatorias. Efectos directos, a través del sistema inmune y de sinergia con algunos antibióticos. El riesgo de toxicidad depende de la localización (penetración) de los ROS. Recomendable con la evidencia de laboratorio. Destaca la recomendación de uso de HBOT en contexto de resistencia en aumento a diferentes antibióticos. (28)
- Estudio del 2023 revisión sistemática sobre mortalidad en fascitis necrotizante de cabeza y cuello (57% origen dental y estreptococo en 75% de los casos). Mortalidad con HBOT de 7.5%. menor al margen de mortalidad histórica de 13,35% publicado por Gunaratne en 816 casos en 2018. (29)
- Estudio referido al uso de HBOT en infecciones espinales, 19 pacientes tratados con HBOT en 10 años, se incluyen infecciones postquirúrgicas. En 4 se practicó aseo, en todos antibioticoterapia específica más HBOT. Todos sanaron. Se trata de una serie de casos en un contexto de escasas publicaciones de uso de HBOT en presencia de material de OTS o endoprótesis. (30)
- Estudios referidos a seguridad en HBOT. Posibilidad de daño por baro trauma (4% de los tratados) habitualmente manifestada por otalgia por comprensión timpánica. Habitualmente autolimitadas. Las lesiones inducidas por presión a nivel de oído interno, pulmón, senos paranasales y dientes son más raras. Los efectos por toxicidad directa se manifiestan a nivel de SNC por convulsiones (0.03 % de los tratamientos o sesiones) y pérdida de la visión a corta distancia, ambos problemas reversibles. A nivel de pulmón se manifiesta por tos sin afección de la función pulmonar. Neumotórax como complicación directa es rara. La claustrofobia es minoritaria. Se concluye que, aunque escasos los efectos adversos existen y la HBOT no puede ser considerada una intervención enteramente benigna. (25,31)
- Análisis retrospectivo en 192 pacientes con NSTI, con Gangrena de Fournier (39 casos) y fascitis necrotizante de otras localizaciones (153 casos) tratados con HBOT por 10 años; Publicación año 2022 confirma la significativa menor mortalidad en todas las NSTI con asociación a mayor número y precocidad de los aseos, el uso de VAC, el cierre con injertos y colgajos, la antibioticoterapia con cambios (adecuación a cultivos) y el uso continuo de HBOT. En contexto de alta mortalidad (27.6 %) y con cambios en la oferta de HBOT en este centro en 10 años (exclusión de obesos por puerta de la cámara y de pacientes muy severamente inestables hasta 2017 en que se pone en funciones una nueva cámara más próxima y con puerta más ancha para ingreso con el mismo catre clínico). (32) Otros estudios en la misma línea garantizan beneficios en injertos y colgajos de cobertura para áreas

infectadas tratadas. (40). La confirmación de mejor sobrevida en infectados de partes blandas tratados con HBOT se logra a partir del 2004 en Australia. (41)

- Recomendaciones de la sociedad europea de microbiología y enfermedades infecciosas plantea estudiar el efecto de HBOT en el biofilm mismo y en la actividad antibiótica en presencia de este. Sin suficiente evidencia para recomendar. (33)

### CONCLUSIÓN

En osteomielitis crónica la HBOT está considerada como una parte relevante del tratamiento utilizado para erradicar la infección del hueso y para evitar complicaciones cardiovasculares más frecuentes en pacientes portadores de infección ósea crónica.

En infecciones necrotizantes de partes blandas la evidencia favorece la indicación de HBOT en localizaciones de cuello, tronco y extremidades, pero particularmente en gangrena de Fournier.

Escasa evidencia en el uso de HBOT en infecciones peri protésicas y asociadas a osteosíntesis.

Sociedad europea sugiere estudiar efectos benéficos de HBOT en infecciones productoras de biofilm y en resistencia a antibióticos por evidencias de utilidad in vitro.

Corresponde por tanto la indicación de oxigenoterapia como coadyuvante en un amplio grupo de infecciones y como terapia central en las infecciones por gérmenes anaerobios.

En infecciones productoras de biofilm no está probada completamente la capacidad de penetración del oxígeno, pero puede ser una opción útil en este tipo de pacientes.

### 3. "HBOT EN EL TRATAMIENTO DE LOS DEFECTOS DE REPARACIÓN ÓSEA Y CICATRIZACIÓN DE PARTES BLANDAS" (HBOT Y REPARACIÓN)

En esta área se revisa evidencia de beneficio de HBOT en velocidad de la unión ósea, retardos de consolidación, prendimiento de colgajos e injertos, cicatrización de úlceras de extremidades, cicatrización de tejidos luego de daños por quemaduras y de tejidos blandos producto de radiación.

- Entre las indicaciones aprobadas a 2022 por la sociedad de medicina hiperbárica figuran las lesiones por aplastamiento con o sin fractura (2-C) y partes blandas, injertos y colgajos hipo perfundidos (3C). En heridas crónicas, como parte integral de tratamiento interdisciplinario (1B). En lesiones inducidas por radiación (1B). En pie diabético (2B), isquemia crítica (\*) en diabéticos (1A) y en pacientes ateroscleróticos (2B). En pacientes con heridas crónicas secundarias a vasculitis sin respuesta a inmunosupresión (3C). En lesiones secundarias a lesión arterial oclusiva crónica (1C). En quemaduras se recomienda HBOT en lesiones grado 2 con más del 20% de superficie comprometida (2C). En centros de quemados como parte de la atención integral de lesiones profundas (2C). En localizaciones especiales (cuello, nariz, periné y orejas) con menos del 20% de superficie comprometida (2C). (6,21)

(\*) ISQUEMIA CRÍTICA DEFINIDA COMO: DOLOR PERSISTENTE Y EN REPOSO, REFRACTARIO A ANALGESIA POR DOS SEMANAS O BIEN CON ÚLCERA O GANGRENA EN PIES U ORTEJOS CON PRESIÓN SISTÓLICA EN TOBILLO MENOR DE 50 MMHG O MENOR A 30 MMHG EN DIABÉTICOS\*

- También figura la indicación de HBOT en heridas crónicas no cicatrizadas "secundarias a procesos sistémicos" (3C). En procesos agudos tan diversos como reimplante de miembros (3C), síndrome de reperfusión posterior a reparación vascular (3C). (6)

- Se consigna el uso de HBOT en fracturas con retardo de consolidación o con no unión establecida con bajo nivel de evidencia. Estudios en animales demuestran que la HBOT incrementa la regeneración ósea, provoca mayor remoción de hueso necrótico, mayor perfusión de partes blandas y mayor velocidad de reparación de partes óseas y blandas. Sin embargo, en humanos la evidencia de acelerar la consolidación ósea bajo HBOT es baja. Hay protocolos en curso para evaluar la HBOT en el manejo de las lesiones graves de miembros inferiores (HOLLT). En fracturas expuestas grado 3 de Gustilo a nivel de pierna tratadas con y sin HBOT se muestran resultados promisorios en cuanto a menor infección y reparación temprana de partes blandas bajo un régimen de oxigenoterapia en agudo. (7)
- La revisión Cochrane de 2020 dedicada a estudios de tratamiento de HBOT en heridas crónicas concluye que existe evidencia de beneficio a corto y mediano plazo para úlceras no cicatrizadas en personas diabéticas y no diabéticas (úlceras por presión, úlceras arteriales y venosas). Este beneficio no es evidente que se mantenga en el tiempo y evite amputaciones sobre 24 meses. (34)
- Estudio correspondiente a una revisión sistemática de 2012 presenta una larga historia registrada de uso (desde 1996) de HBOT para tratamiento del retardo de consolidación de fracturas con amplios fundamentos de laboratorio. Se incluyen 122 estudios hasta 2012 sin lograr evidencia de beneficio significativo en no unión establecida en fracturas estabilizadas. (35)
- Estudio que informa de 40 casos de transporte óseo en no unión tibial infectada en que se aportó HBOT a todos con unión en todos los casos en plazos entre 4 y 15 meses (promedio 6), sin infección a 60 meses de seguimiento. (36)
- Estudio que contrariando la evidencia en animales muestra que en procesos agudos de consolidación en pacientes humanos sanos excepto por la fractura la HBOT no acelera los plazos de consolidación. El tipo de lesión fue fractura de metacarpianos y se compararon plazos radiográficos y clínicos de unión en 30 pacientes similares tratados con o sin HBOT. (37)
- Estudio que muestra uso de plasma rico en plaquetas más HBOT en 183 no uniones tibiales. Casos y controles con diferencias significativas a favor del grupo con HBOT. (38)
- Estudio que reporta plan de seguimiento de lesiones de miembros inferiores tratados con HBOT como parte del manejo médico-quirúrgico. Se fundamenta en estudios consistentes que definen uso de HBOT como terapia coadyuvante del trauma ortopédico que tiene el potencial de reducir complicaciones en el daño musculoesquelético. Se busca medir este impacto hasta dos años de seguimiento. Sin resultados reportados hasta el momento. (39)

### CONCLUSIÓN

A pesar del amplio uso de HBOT en problemas de reparación de tejidos blandos y óseos la evidencia es baja en el tratamiento de retardos de consolidación. Mayor efectividad demostrada en lesiones crónicas de piel en pacientes diabéticos y no diabéticos.

Parece recomendable incorporar HBOT como terapia coadyuvante en pacientes con baja oxigenación periférica que presentan defectos o retrasos en los plazos de cicatrización de partes blandas y consolidación ósea. En este grupo se encuentra un numeroso volumen de pacientes con heridas crónicas de miembro inferior con alteraciones circulatorias centrales y periféricas.

#### 4. "HBOT EN EL MANEJO DEL DOLOR CRÓNICO NO ONCOLÓGICO DE APARATO LOCOMOTOR" (HBOT Y DOLOR).

En esta área se identifican usos de HBOT en el tratamiento de Fibromialgia, síndrome de dolor regional complejo, neuropatías periféricas, síndrome de dolor muscular y fatiga crónica.

- Se mencionan evidencias en fibromialgia con disminución de número de puntos gatillo y aumento en el umbral del dolor expresados en menor consumo de AINES y reposo laboral. También aparece historial de indicaciones en migraña (disminuye frecuencia e intensidad), neuralgia del trigémino, síndrome de dolor regional complejo (SDRC), polineuropatía sensitiva con o sin dolor y síndromes dolorosos de muñón de amputación. (7)

#### CONCLUSIÓN.

No es posible fundamentar ni contraindicar la atención mediante HBOT de cuadros no isquémicos de dolor crónico de espalda y extremidades. Debido a la alta prevalencia y baja letalidad es factible en nuestro medio el estudio y seguimiento de este tipo de pacientes.

#### OBSERVACIONES FINALES:

- HBOT es un método terapéutico con antecedentes de uso y mecanismos de acción reconocidos. Presenta sin embargo un desarrollo empírico y con procesos de validación en curso para problemas traumatológicos que tratados en forma convencional presentan alta letalidad como la fascitis necrotizante o un alto potencial de secuelas tales como necrosis ósea y osteomielitis crónica.
- HBOT tiene indicaciones demostradas en la intoxicación por anhídrido carbónico (CO), cianuro (CN 9) y otros gases más la embolia gaseosa por descompresión en buzos. En estos casos HBOT es el tratamiento central. Ninguna de las indicaciones traumatológicas alcanza nivel de evidencia comparable.
- HBOT tiene uso demostrado en TMT en osteomielitis, infecciones necrotizantes de partes blandas, necrosis avasculares y úlceras crónicas de extremidades. No se ha demostrado aceleración de plazos de consolidación ni mejoría en retardos de consolidación en pacientes previamente sanos. No se ha logrado demostrar utilidad en infecciones postoperatorias. Sin embargo, hay experiencia de uso en todos estos diagnósticos.
- HBOT puede ser investigado en procesos de consolidación retardada o ausente de fracturas y en el control del dolor crónico no oncológico ni isquémico del aparato locomotor
- Existen limitaciones para demostrar el efecto benéfico de HBOT en TMT por dificultades para generar grupos de control y diseñar placebo debido a difusión no fundamentada de beneficios, costos que influyen en la continuidad y duración de los tratamientos, indicación en patologías infrecuentes y letales más la dificultad para aislar los efectos propios de la hiperbaria aislada.
- Hay riesgos inherentes al método por efecto de la presión en cavidades neumáticas (oído, senos paranasales, dentadura, tórax), por toxicidad directa del oxígeno (convulsiones, tos, trastornos de visión) y debidos al encierro repetido (claustrofobia). De importancia ambiental y más significativo es el riesgo de incendio.

## BIBLIOGRAFIA:

1. Cristián Pomes C. y cols. 2003. Título: "Intoxicación por Monóxido de carbono en el embarazo". Unidad de Baromedicina Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) y departamento de Obstetricia Universidad Católica. Rev. Chil. obstet. ginecol. v.68 n.2 Santiago 2003.
2. Castillo, Rodrigo L., Salinas, Yury and Ramos, Daniel 2022. Título: "Efectos biológicos de la exposición a distintas concentraciones de oxígeno: desde la hipoxia hipobárica al oxígeno hiperbárico". Rev. méd. Chile, Oct 2022, vol.150, no.10, p.1351-1360. ISSN 0034-9887
3. T Capote, L Acuña. 2011.Título: "Osteointegración" <https://www.cccmh.com/REVISTA-OHB/CAPOTE-Osteointegracion.pdf>
4. J.E Berner, P Vidal. (2014) Título: "Uso de oxígeno hiperbárico para el manejo de heridas: bases físicas, biológicas y evidencia disponible". Rev. méd. Chile vol.142 no.12 Santiago dic. 2014.
5. R Klumpp, C Trevisan. Título: "Osteonecrosis aséptica en cadera en el adulto: evidencia actual sobre tratamiento conservador". Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism 2015; 12(Suppl.1); 39-42. Supplement to n:3-2015.
6. Daniel Mathieu, Alessandro Marroni, y Jacek Kot. Décima conferencia de consenso de medicina hiperbárica: Recomendaciones para aceptar y no aceptar indicaciones clínicas y práctica de tratamiento de medicina hiperbárica. Diving and Hyperbaric Medicine. Marzo 2017; 47(1): 24-32.
7. G Barilaro et al. Milán Italia julio 2017. Título: "Rol de OTHB en traumatología y patología reumatológica"; IMAJ Vol. 19 July 2017. Correspondencia a Dr. F Atzeni reumatología Milán.
8. E Camporesi et al. 2010 . Tampa Florida, USA / Parma, Italia. Título: HBTO en necrosis avascular en cabeza femoral (NACF o FHN). Rev. Journal of Arthroplasty Vol 25 número 6 Suppl. 1 2010.
9. M Salameh, et al. 2021. Título: HBT en el tratamiento de FHN en estadios 1 y 2 de Steinberg. Reporte de 15 casos y revisión de la literatura. Doha, Qatar. International Orthopaedics (2021) 45:2519-2523.
10. L Koren et al. Haifa Israel, 2014. Artículo de fondo, Título: "HBTO para estadios 1 y 2 de NHF". MARCH 2015/ Volume 38 - Number 3.
11. . B Bernbeck, U Gobel, et al. 2004. Título: "Edema de médula ósea (bone marrow edema BME) y osteonecrosis aséptica (AON) en niños y adolescentes con leucemia linfoblástica aguda o linfoma no Hodgkin tratados con HBTO". Duselndorf Alemania. Clinica Pediatrica 2004; 216:370-378.
12. G Vezzani, et al. 2017 Título: "HBTO como agente modulador de OPG /RANKL en pacientes con HNF". Journal de inhibición enzimática y medicina química. Artículo de investigación Vol 32, No 1 pags 707 – 711; 2017. Tampa Florida - Padova Italia.
13. W LI Guizhou et al. 2016. Título: "Efecto clínico de la HBTO en el tratamiento de la ANFH"(una revisión sistemática y metaanálisis). Orthopade 2017 - 46:440-446. DOI 10.1007/s00132-016-3360-8
14. G Bosco et al. 2018. Título: "HBTO mejora la osteonecrosis por modulación de la inflamación y el estrés oxidativo ".Artículo de investigación. Journal of enzyme inhibition and medical chemistry 2018, Vol. 33, No.1, 1501-1505. <https://doi.org/10.1080/14756366.2018.1485149>
15. N D Reis, et al. 2002. Título: "HBOT como tratamiento para AHNF en etapa 1". Haifa, Israel.J Bone Joint Surg (Br) 2003;85-B:371-5.

16. A Shier et al. 2020. Título: "Resultados a corto plazo y cambios en la RNM de tres pacientes adultos con enfermedad de Sickle cell (SCD) y necrosis ósea luego de HBOT: informe preliminar". Doha, Qatar. Case report off oncology. Pediatrics. 2020; 13:365-372. DOI: 10.1159/000506330
17. A Alshurafa, et al. 2022 Título: "Resolución completa en necrosis avascular de tres articulaciones en un niño con SCD tratado con HBOT". Doha Qatar. Frontiers in Medicine. Case report DOI 10.3389/fmed.2022.1063255
18. I Moghamis, et al. 2021. Título: "Resultados de HBOT versus descompresión del núcleo en NAHF; estudio retrospectivo de cohortes". Doha Qatar. Annals of Medicine and Surgery 62 (2021) 450-454.
19. I Bozkurt, N Yalcin, E Uluyardimci, EA Akgul. Título: "La combinación de oxígeno hiperbárico y terapias de descompresión central mejoran los resultados en el tratamiento de la osteonecrosis de cadera". HIP International. 2022;32(6):759-765. doi: 10.1177/11207000211003285
20. G Bosco, et al. 2018. Título: "Necrosis de los cóndilos femorales: Tratamiento con HBOT". Tampa USA 2018 Arthroplasty Today 4 (2018) 10-515. Investigación original.
21. Saavedra Torres, Jhan. (2022). Indicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica. Revista Cubana de Medicina General Integral. 2023;39(4): e2587.
22. JP Kirby. 2019. Título: Hyperbaric Oxygen Therapy as an Elective Treatment. Missuri Medicine. May-Jun;116(3):184-187. PMID: 31527937; PMCID: PMC6690302.
23. M Kawashima et al. 2020. Título: Tratamiento de la osteomielitis por oxigenoterapia hiperbárica ". Springer Nature Singapore Pte Ltd 2010 N Shinomiya, Y. Asai (eds), Hyperbaric Oxygenation Therapy. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-7836-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-13-7836-2_5)
24. C.-J Tai, C.-K Lu C.-Y Lee et al. 2023. Título: "Evidencia de HBOT en resultados cardiovasculares en pacientes con OMC". Rev Elsevier. Journal of Infection and Public Health 16, 705-712. Taiwán.
25. Levett DZ, Bennett MH, Millar I; 2018. Título: "HBOT como tratamiento coadyuvante en fascitis necrotizante" Revisión sistemática. Desarrollo: Metaanálisis identificando evidencias de utilidad y complicaciones, trabajos de todo tipo, pacientes adultos y niños. Cochrane Database of Systematic Reviews 2015, Issue 1 Art. No: CD007937. DOI: 10.1002/14651858.CD007937.pub2.
26. Ch Huang, et al. 2023. Título: "Efectos de HBOT en infección necrotizante de partes blandas; revisión sistemática y metaanálisis". World Journal of Emergency Surgery.; 18:23 17 pags. <https://doi.org/10.1186/s13017-023-00490-y>
27. J Fauno et al. 2019. Título: "Escasa evidencia de eficacia de HBOT en el tratamiento de NTSI: una revisión sistemática". Dinamarca. Departamento de OTR y cirugía de cabeza y cuello. INFECTIOUS DISEASES, 2019.Vol. 0, NO 0, 1-8. <https://doi.org/10.1080/23744235.2019.1597983>
28. M Memar, et al. 2019. Título "HBOT: mecanismos antimicrobianos y aplicaciones clínicas". Revisión temática.Revista de biomedicina y farmacoterapia. Elsevier. Biomedicine y Pharmacotherapy 109; 440-447. Irán.
29. E Tseros et al. 2023. Título: "Mejoras en mortalidad con HBOT en fascitis necrotizante cervical: Una revisión sistemática". Australian Journal of Otolaryngology 2023; 6:8. <https://dx.doi.org/10.21037/ajo-23-5>
30. S Korpinar. 2019. Título: ¿Puede el HBOT ser una solución en las infecciones espinales? Dpto de medicina hiperbárica. Turquía; Rev Medicina 2019, 55, 164; doi:103390/medicina55050164

31. D A Costa et al. 2019. Título: "Frecuencia de convulsiones en HBOT" (180000 sesiones; 20 años. Portugal). Diving and Hyperbaric Medicine Volume 49 N°3 Septiembre 2019.
32. A Mladenov et al. 2022 Título: "Resultados en el manejo de Fascitis necrotizante y gangrena de Fournier con y sin oxigenoterapia. Un análisis retrospectivo durante 10 años". (Servicio de cirugía plástica, dermatología y flebología. Berlín Alemania). World Journal of Emergency Surgery (2022) 17:43.
33. N Hoiby, et al, 2014. Título: "Guia ESCMID para el diagnóstico y tratamiento de infecciones por biopelículas 2014". Clinical Microbiology and Infection (2014). (Sociedad Europea de microbiología e infecciones). <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmi.2014.10.024>
34. P Kranke, MH Bennet et al. Título: Terapia de oxígeno hiperbárico para heridas crónicas (Revisión). Cochrane Database of Systematic Reviews 2015, Issue 6. Art. No.: CD004123
35. M Bennett, R Stanford, R Turner. 2012. Título: Tratamiento con oxígeno hiperbárico para la consolidación de fracturas y el tratamiento de la consolidación viciosa de fracturas. Cochrane Database of Systematic Reviews 2012 Issue 11. Art. No.: CD004712. DOI: 10.1002/14651858.CD004712
36. S Atelsap et al. 2002. Título: "Tratamiento de no unión tibial infectada con desbridamiento agresivo, transporte óseo" (y HBOT en 2 casos); Turquía; Military Medicine, 167, 12:978.
37. S Gambhir et al, India 2020. Título: ¿Tiene la HBOT un rol en la curación de una fractura en agudo?. Journal of Marine Volume XX Oct 2, 2020, IP: 132, 154.148.156.
38. G Rollo, et al.2020. Título: "Plasma rico en plaquetas y/o HBOT como acelerador del callo en no unión aséptica de tibia ". Acta Biomed 2020: Vol 91,N. 4: e2020118
39. I L Millar et al. 2015 Titulo: HBOT en el tratamiento del trauma de las extremidades inferiores (lower limb trauma) Protocolo para un estudio randomizado; Hyperbaric Oxygen in lower limb trauma (HOLLT): Protocolo para un ensayo controlado. BMJ Open 2015;5 e008381. Doi:10.1136/bmjopen-2015-008381.
40. C A Goggins, et al. 2019. Título: "Uso de HBOT en NSTI, compromiso de injertos y colgajos, hidradenitis supurativa y piodermatitis gangrenosa". Acta Dermatovenerol APA; 2019;28:81-84. Universidad de Georgetown. Doi:10.15570/actaapa.2019.20
41. D Wilkinson, D Doolette, 2004. Título: "HBOT en la sobrevida de las NSTI". Arch Surg/Vol 139. Dec 2004; 1339-1345. Australia.

AGRADECIMIENTOS a las bibliotecólogas Sra Maria Raquel Araus y Rossana Zúñiga quienes han adaptado eficazmente las herramientas de búsqueda a los criterios solicitados y entregado todas las facilidades para obtención de publicaciones en forma oportuna.