



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
CARRERA DE MEDICINA**

**TEMA:**

**Eficacia del uso de la cámara hiperbárica en lesiones  
osteomusculares tipo fractura en el Hospital Naval DeGuayaquil en  
el periodo 2015-2021.**

**AUTORES:**

**Almeida Briones, Carlos Eduardo  
Tapia Albuquerque, Manuel Alejandro**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
MEDICO**

**TUTOR:**

**Dra. Soria Segarra, Carmen Gabriela**

**Guayaquil, Ecuador  
15 de septiembre del 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS  
CARRERA DE MEDICINA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Almeida Briones, Carlos Eduardo y Tapia Alburquerque, Manuel Alejandro** como requerimiento para la obtención del Título de **MEDICO**.

**TUTOR (A)**

CARMEN  
GABRIELA  
SORIA  
SEGARRA

Digitally signed by  
CARMEN GABRIELA  
SORIA SEGARRA  
Date: 2022.08.30  
19:37:55 -05'00'

**Dra. Soria Segarra, Carmen Gabriela**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**DR. AGUIRRE MARTINEZ JUAN LUIS**

**Guayaquil, a los 15 del mes de septiembre del año 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS  
CARRERA DE MEDICINA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Nosotros, Almeida Briones, Carlos Eduardo**

**Tapia Alburquerque, Manuel Alejandro**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **Eficacia del uso de la cámara hiperbárica en lesiones osteomusculares tipo fractura en el Hospital Naval De Guayaquil en el periodo 2015-2021**, previo a la obtención del Título de **MEDICO**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 15 del mes de septiembre del año 2022**

**AUTORES**

**Almeida Briones, Carlos Eduardo**

**Tapia Alburquerque, Manuel Alejandro**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS  
CARRERA DE MEDICINA**

## **AUTORIZACIÓN**

**Nosotros, Almeida Briones, Carlos Eduardo**

**Tapia Alburquerque, Manuel Alejandro**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **Eficacia del uso de la cámara hiperbárica en lesiones osteomusculares tipo fractura en el Hospital Naval De Guayaquil en el periodo 2015-2021**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 15 del mes de septiembre del año 2022**

## **AUTORES**

**Almeida Briones, Carlos Eduardo**

**Tapia Alburquerque, Manuel Alejandro**

# REPORTE DE URKUND



## Document Information

---

Analyzed document	P69 TESIS ALMEIDA - TAPIA.docx (D143406366)
Submitted	8/30/2022 8:14:00 PM
Submitted by	
Submitter email	manuel.tapia@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	carmen.soria01.ucsg@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

CARMEN  
GABRIELA SORIA  
SEGARRA

Digitally signed by CARMEN  
GABRIELA SORIA SEGARRA  
Date: 2022.08.30 19:37:55  
-05'00'

## **AGRADECIMIENTO**

La gratitud hacia quienes nos ayudan es un acto de nobleza.

Gracias a Dios por ser guía en la senda del estudio, esfuerzo y trabajo. Damos gracias a nuestros padres por ser el motor que nos impulsa a ser mejores cada día. Además, un agradecimiento a nuestra querida institución UCSG y a nuestra prestigiosa Facultad de Ciencias Médicas por abrirnos las puertas y acogernos durante 6 largos años, gracias a ustedes con su personal administrativo de apoyo y docente, hemos podido culminar esta etapa. Gracias queridos maestros, nos llevamos de ustedes las mejores experiencias, enseñanzas y consejos que seguramente nos servirán en nuestra vida profesional las cuales harán de nosotros médicos de excelencia. Gracias, amigos con ustedes compartimos todas las experiencias de la carrera y nos llevamos las mejores amistades que Dios mediante perdurarán durante los años. Finalmente un agradecimiento especial al CPCB – MD Julio Viteri, con su apoyo en la literatura e historia de la Cámara Hiperbárica en el Ecuador, este trabajo de titulación no se habría completado.

Almeida Briones Carlos & Tapia Albuquerque Alejandro

## **DEDICATORIA**

El trabajo que se hace con esfuerzo al final es grato considerarlo como éxito.

Dedicada a Dios por ser mi guía y luz en momentos difíciles, a mis queridos padres por brindarme el apoyo necesario para poder cumplir mis metas. A mi amada esposa por ser mi amiga, mi amante niña, mi compañera en todos los proyectos que me he propuesto. A mi querida hija Carlita que es mi luz y motivación diaria. A mis hermanos por sus consejos, Mami Yoyi por ser mi segunda madre y estar presente en los momentos más importantes de mi vida. A mi familia en general y amigos que se convirtieron en hermanos, gracias por hacer de la carrera una experiencia más llevadera, gracias por su amistad y consejos.

Carlos Eduardo Almeida Briones

## DEDICATORIA

A mi Madre, que, gracias a sus esfuerzos, consejos y dedicación, fue mi pilar para poder culminar mis estudios, además de ser mi guía moral ya que siempre me enseñó lo correcto y ser un fiel creyente a Dios. A mi abuelita Elsa a pesar de que ya no está conmigo, siempre quiso tener un nieto médico. A ella le dedico este triunfo en mi vida. A mi tía Ing. Isabel Alburquerque que fue mi camino a seguir, formó mi carácter, me dio un fuerte abrazo, gracias por toda su ayuda. A mi Padre que siempre me entregó su afecto y ánimos de ambicionar en grande, gracias por estar a mi lado. Finalmente, gracias a mi prometida Whiney P. por acompañarme desde el inicio en esta larga travesía que fue la carrera de Medicina, se vendrán muchas más experiencias y objetivos a cumplir.

Manuel Alejandro Tapia Alburquerque



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS**

**CARRERA DE MEDICINA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

CARMEN GABRIELA SORIA SEGARRA  
SORIA SEGARRA  
Digitally signed by  
CARMEN GABRIELASORIA SEGARRA  
Date: 2022.08.30  
19:37:55 -05'00'

**DRA. CARMEN GABRIELA SORIA SEGARRA**

TUTOR

f. \_\_\_\_\_

DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA



# ÍNDICE

<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
MEDICINA HIPERBÁRICA EN ECUADOR .....	5
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>7</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>APLICABILIDAD.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO.....</b>	<b>9</b>
<b>DEFINICION.....</b>	<b>9</b>
<b>TIPOS DE CAMARAS HIPERBARICA .....</b>	<b>10</b>
MONOPLAZA .....	10
MULTIPLAZA.....	11
<b>BENEFICIOS.....</b>	<b>13</b>
<b>INDICACIONES .....</b>	<b>13</b>
<b>MECANISMO TERAPÉUTICO DE LA OHB.....</b>	<b>14</b>
<b>CONTRAINDICACIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>EFFECTOS ADVERSOS.....</b>	<b>19</b>
<b>COMPLICACIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>LESIONES OSTEOMUSCULARES .....</b>	<b>23</b>
<b>ISQUEMIAS PERIFÉRICAS TRAUMATICAS AGUDAS.....</b>	<b>23</b>

<b>NECROSIS ÓSEA ASÉPTICA .....</b>	<b>30</b>
<b>COLGAJOS E IMPLANTES EN RIESGO .....</b>	<b>32</b>
<b>OSTEOMIELITIS (REFRACTARIA) .....</b>	<b>34</b>
<b>TERAPIA COADYUVANTE.....</b>	<b>37</b>
<b>CAPITULO III: MARCO METOLÓGICO .....</b>	<b>40</b>
<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
<b>TIPO DE INVESTIGACION .....</b>	<b>40</b>
<b>MUESTRA.....</b>	<b>40</b>
<b>CRITERIOS DE INCLUSION.....</b>	<b>40</b>
<b>CRITERIOS DE EXCLUSION.....</b>	<b>40</b>
<b>UNIVERSO DE PACIENTES.....</b>	<b>41</b>
<b>RECOLECCION DE DATOS .....</b>	<b>41</b>
<b>RECURSOS HUMANOS Y FISICOS .....</b>	<b>41</b>
<b>HUMANOS.....</b>	<b>41</b>
<b>FISICOS .....</b>	<b>41</b>
<b>OPERALIZACION DE VARIABLES.....</b>	<b>42</b>
<b>CONSIDERACIONES BIOÉTICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Agentes quimioterapéuticos contraindicados en tratamiento con OHB. ....	17
Tabla 2. Manejo en mujeres embarazadas con tratamiento de OHB. ....	18
Tabla 3. Uso de la OHB en fracturas expuestas + Crush – Síndrome (7) .....	26
Tabla 4. Análisis del estado del paciente. (7).....	26
Tabla 5. Estado del paciente y su severidad ante el compromiso. (7).....	27
Tabla 6. Uso de la OHB con el MESS (Mutilation Extremity Severity Score) y el estado delpaciente. (7).....	27
Tabla 7. Evaluación detallada del nivel de mutilación del miembro aplicando la clasificación MESS. (7).....	28
Tabla 8. Variables por estudiar dentro del estudio de investigación.....	42
Tabla 9. PACIENTES EN FASE DE REMODELADO CON CONSERVACION DEL MOVIMIENTO Fuente: Almeida y Tapia (2022) .....	48
Tabla 10. PACIENTES CON FORMACION DE CALLO OSEO Y CONSERVACION DEL MOVIMIENTO Fuente: Almeida y Tapia (2022) .....	49
Tabla 11. PACIENTES CON FORMACION DE CALLO BLANDO SIN CONSERVACION DEL MOVIMIENTO Fuente: Almeida y Tapia (2022) .....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Cámara Hiperbárica Monoplaza .....	10
<b>Gráfico 2. Cámara Hiperbárica Multiplaza .....</b>	<b>11</b>
Gráfico 3. Fractura Expuesta Tipo III-B Gustillo Y Anderson. ....	23
Gráfico 4. Colgajo Rotacional, Día 1 Postcirugía .....	33
Gráfico 5. Injerto De Piel.....	33
Gráfico 6. Tejido Granulando, Día 5 Post-Alta.....	33
Gráfico 7. Sesiones OHB En Cámara Multiplaza.....	37
Gráfico 8. Fractura Expuesta Tipo III-C Gustillo Y Anderson, Día 1 (Ingreso) .....	38
Gráfico 9. 1era Semana De Hospitalización. Colocación De Tutores Externos + 1era Sesión.....	38
Gráfico 10. 1er Mes De Hospitalización. Colocación De Fijadores Internos + Colgajo Rotacional + 10ma Sesión Con OHB.....	38
Gráfico 11. Colocación De Injerto De Piel + 20va Sesión Con OHB.....	38
Gráfico 12. Alta Hospitalaria (65 Días Tras El Ingreso). ....	39
Gráfico 13. Control Al Mes En Consulta Externa Y Última Sesión Con OHB (40 Sesiones En Total).....	39
Gráfico 14. Estabilidad De Extremidad Inferior Izquierda. ....	39
Gráfico 15. Movilidad Conservada.....	39
Gráfico 16. GRAFICO DE PATOLOGIAS ATENDIDAS EN EL HOSPITAL HOSNAG Fuente: Almeida Y Tapia (2022). ....	44
Gráfico 17. PACIENTES ATENDIDOS POR SEXO -HOMBRE / MUJERES- Fuente: Almeida Y Tapia (2022) .....	45
Gráfico 18. NUMERO TOTAL DE SESIONES POR PATOLOGIA TRATADA - Fuente: Almeida Y Tapia (2022) .....	45
Gráfico 19. TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN DE PACIENTES POR PATOLOGIA. Fuente: Almeida y Tapia (2022).....	46
Gráfico 20. FASES DE CICATRIZACION OSEA POR EDAD Y PATOLOGIA. Fuente: Almeida y Tapia (2022).....	46
Gráfico 21. FASE DE REMODELACION CON MOVIMIENTO CONSERVADO.....	47
Gráfico 22. PACIENTES CON CALLO OSEO Y MOVIMIENTO CONSERVADO ...	48
Gráfico 23. PACIENTES CON CALLO BLANDO Y MOVIMIENTO NO CONSERVADO .....	49
Gráfico 24. Uso de OHB por patología Fuente: Almeida y Tapia (2022). ....	50

## RESUMEN

**Introducción:** Las lesiones osteomusculares, en especial las fracturas de hueso pueden producir un descenso de la PO<sub>2</sub> en la región intramedular por debajo de los 30 mmHg. En esta condición es adecuado el tratamiento con OHB, ya que mejora de forma ostensible la PO<sub>2</sub> (cerca de 100 mmHg) en los tejidos, facilitando así la respuesta inmunitaria de los leucocitos, osteogénesis y finalmente la neovascularización. **Metodología:** Observacional, Transversal, Descriptivo. Para poder llegar a resultados claros y obtener un análisis preciso dentro de la investigación, se está empleando el método hipotético deductivo, y el método analítico sintético. **Resultados:** De acuerdo con las variables consolidación ósea, evaluación funcional y radiológica, se analiza que 90 de los 254 pacientes que entraron en este estudio, independientemente de la patología a tratar, tuvieron como resultado final remodelación de la fractura con conservación del movimiento, mientras que 73 pacientes tuvieron evaluación radiológica con presencia de callo óseo y conservación de la movilidad. **Discusión:** Respecto a la edad se evidencio que los rangos de edad 30 a 50 años formaron callo y remodelación ósea precozmente, solo requirieron entre 40 a 60 sesiones. Mientras que pacientes añosos necesitaron entre 50 a 70 sesiones aproximadamente. Estos pacientes tuvieron mejor pronóstico con respecto a la recuperación de la extremidad afectada yendo de la mano con la estabilidad de sus patologías de base, correcto manejo de antibióticos y rehabilitación. **Conclusiones:** La OHB resulta efectiva en cuanto al número de sesiones que cada paciente requirió, encontrándose mejoría significativa en pacientes jóvenes que recibieron entre 40 y 60 sesiones, con recuperación de la movilidad. Al evaluar la recuperación mediante radiografía, se evidencia mejoría por formación de callo óseo o fase de remodelado.

**Palabras clave:** Oxigenoterapia, lesiones osteomusculares, fractura, sesiones, oxígeno.

## ABSTRACT

**Introduction:** Musculoskeletal injuries, especially bone fractures, can produce a decrease in PO<sub>2</sub> in the intramedullary region below 30 mmHg. In this condition, treatment with HBO is appropriate, since it ostensibly improves PO<sub>2</sub> (about 100 mmHg) in the tissues, thus facilitating the immune response of leukocytes, osteogenesis, and finally neovascularization. **Methodology:** Observational, Transversal, Descriptive. In order to reach clear results and obtain a precise analysis within the investigation, the hypothetical-deductive method and the synthetic analytical method are being used. **Results:** According to the variables bone consolidation, functional and radiological evaluation, it is analyzed that 90 of the 254 patients who entered this study, regardless of the pathology to be treated, had as a final result remodeling of the fracture with conservation of movement, while those 73 patients had radiological evaluation with the presence of bone callus and conservation of mobility. **Discussion:** Regarding age, it was evidenced that the age ranges 30 to 50 years formed callus and bone remodeling early, they only required between 40 to 60 sessions. While elderly patients needed approximately 50 to 70 sessions. These patients had a better prognosis regarding the recovery of the affected limb, going hand in hand with the stability of their underlying pathologies, correct management of antibiotics and rehabilitation. **Conclusions:** HBOT is effective in terms of the number of sessions that each patient required, finding significant improvement in young patients who received between 40 and 60 sessions, with recovery of mobility. When evaluating recovery by radiography, improvement is evident due to the formation of bone callus or the remodeling phase.

**Keywords:** Oxygen therapy, musculoskeletal injuries, fracture, sessions, oxygen.

## INTRODUCCION

La terapia hiperbárica inicio por primera vez en el año 1622 por Henshaw, hasta en el siglo XIX cuando se aplicó para el tratamiento de patologías como: Tuberculosis, cólera, sordera, anemia o hemorragias. Para patologías de la piel, comenzó a utilizar en el año 1965 y lesiones osteomusculares(1). La oxigenoterapia hiperbárica (OHB) se define como la aplicación de oxígeno para uso terapéutico, es una presión superior a la atmosférica.

Los efectos terapéuticos de la OHB se deben a los siguientes mecanismos: mayor suministro de oxígeno para el aumento de la presión parcial de oxígeno, aumento de la presión barométrica, reducción del tamaño de las burbujas de gas, antagonismo del monóxido de carbono y modulación de los efectos locales y sistémicos que se encuentran tanto en lesiones agudas como crónicas, isquemia e inflamación para mejorar la cicatrización de las heridas(2)(3). Esta cámara permite la monitorización del paciente. La presión de la cámara es de entre 2,5 y 3,0 atmosferas de oxígeno. Para las heridas que no cicatrizan necesitan generalmente sesiones diarias de 1,5 a 2 horas por un periodo de 20 a 40 días (4) .

Las lesiones osteomusculares, en especial las fracturas de hueso, pueden producir un descenso de la PO<sub>2</sub> en la región intramedular por debajo de los 30 mmHg. En esta condición es adecuado el tratamiento con OHB, ya que mejora de forma ostensible la PO<sub>2</sub> (cerca de 100 mmHg) en los tejidos, facilitando así la respuesta inmunitaria de los leucocitos, osteogénesis y finalmente la neovascularización del tejido óseo, así como la destrucción por parte de los osteoblastos de material necrótico, promoviéndose así la consolidación del huesos (5).

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMINETO DEL PROBLEMA**

Con este estudio se pretende demostrar la efectividad de la oxigenoterapia en el tratamiento de pacientes con lesiones osteomusculares de tipo fractura. Estas lesiones son muy comunes en nuestro medio y por lo general el tiempo de recuperación es prolongado con limitación funcional marcada. Si bien se conoce que existen otros métodos por los cuales se puede manejar a estos pacientes, lo que se busca es conocer como la oxigenoterapia de alto flujo en cámara hiperbárica resulta ser favorable en este tipo de lesiones, es decir, conocer cómo evolucionan los pacientes, si estar sometidos a altos niveles de oxígeno tiene un impacto positivo o negativo en el proceso de consolidación de la fractura y comprobar dicha utilidad a través del seguimiento por historia clínica, aplicación de escala de funcionalidad y dolor, además de evaluación por imágenes.

## **ANTECEDENTES**

La terapia de hiperoxigenacion se descubre en el año 1622 por Henshaw, medico inglés quien dedujo que al incrementar las presiones de aire se puede aliviar lesiones en pacientes cuyas comorbilidades no permitían la mejoría clínica de las mismas. En un comienzo, los pacientes inhalaban aire en altas presiones atmosféricas, pero se desconocía del todo sus beneficios. No fue hasta el siglo XIX cuando Junod aplicó por primera vez el uso de la hiperoxigenacion en pacientes con lesiones musculares (7). Por otra parte, en el campo de cirugía se utilizó al crear un quirófano móvil presurizado siendo el primero en operar el cirujano francés Fontaine utilizando el oxígeno como método coadyuvante en las cirugías para mejorar resultados clínicos.



Al observar los resultados beneficiosos para el campo de cirugía en lesiones osteomusculares se empezó a tratar distintas enfermedades, no solamente de tipos osteomuscular, sino también enfermedades como lesiones en piel, oído, entre otras, ya que tiempo atrás la mayoría de las enfermedades no contaban una buena base fisiológica.(7)

La historia de la medicina hiperbárica comienza con el trabajo de dos científicos: Paul Bert y John Scott Haldane. Bert, al estudiar múltiples problemas de presión barométrica que padecían pacientes que realizaban actividades y trabajos extenuantes que precisaban de mucho estrés mecánico concluyó que la presión no genera un efecto físico sino químico por el cambio de proporción de oxígeno en sangre. Llegó a la conclusión, que al elevarse el oxígeno en altas presiones este podría ser letal ocasionando toxicidad por oxígeno sobre el sistema nervioso central denominándose, así como efecto de Paul Bert.(6)

Haldane, centrándose en enfermedades netamente articulares notó que los síntomas se exacerbaban a mayor profundidad, algunos presentaban parálisis total y alta mortalidad. Sus estudios dieron como resultado que los gases respirados bajo presión se difundían en mayor parte de los tejidos del organismo mucho más rápido.

A continuación, se comenzó a aplicar OHB en cirugías de tipo cardiovascular, aumentando la presión de oxígeno en sangre para poder intervenir pacientes con mayor seguridad como valvulopatías adquiridas o congénitas incluso tratar enfermedades de origen coronario. (7)

Por esto la medicina hiperbárica ha sido utilizada para mejorar la recuperación de lesiones y patologías de índole osteomuscular, para así optimizar la resistencia de huesos y articulaciones. Se ha recomendado en múltiples ocasiones para el tratamiento de síntomas generados por fibromialgia y fatiga crónica, mejorando la calidad de vida ya que el efecto del oxígeno en sangre tiene antiinflamatorios estimulando la cicatrización y reparación de tejidos en conjunto de su capacidad antioxidante. Aplicándose también en heridas y cicatrices previas, acelera el proceso regenerativo en casos de quemaduras, injertos, úlceras y vasculitis previas. (7)

Múltiples estudios alrededor del mundo, junto a la literatura y los distintos protocolos existentes, llegan a un punto de cohesión: La OHBT potencia el proceso de osteointegración en los casos de traumas, además apoyan su uso pre y post quirúrgico ya que incrementa la osteoconducción, osteoinducción, osteogénesis, cicatrización y angiogénesis propia del hueso. (7)

Estudios experimentales también han demostrado mejoría en la cicatrización de tejidos óseos y en la resistencia ósea a la fractura, notándose, un mayor depósito óseo en implantes en respuesta a oxígeno hiperbárico, pero también en relación con el cartílago. El uso de OHBT es una alternativa terapéutica a considerar cuando se están tratando heridas de difícil manejo o con demasiado tiempo de evolución. (7)

## **MEDICINA HIPERBÁRICA EN ECUADOR**

La Armada del Ecuador adquirió en 1979 a través del Centro Médico de la Base San Eduardo una cámara hiperbárica multiplaza, único equipo médico para tratar las enfermedades de buceo. En la actualidad, ese equipo ha devuelto la salud a cientos de personas con diferentes patologías. En los buzos, la inmersión a gran profundidad y las repetidas entradas y salidas al mar, provocan accidentes cerebro vasculares obstructivos, parálisis de los miembros, enfermedad profesional del buzo y en ocasiones la muerte.

¿Para qué sirve? La oxigenoterapia regenera el colágeno y ayuda a la formación de nuevos vasos sanguíneos. Tiene efectos anti-edema, antiinfecciosos, es regenerador de tejidos y huesos y cicatriza heridas. También es usado en el tratamiento de parálisis cerebro vascular, pie diabético, alzhéimer, autismo, herpes, mal de Parkinson y otras.

Desde el 2005, la Armada del Ecuador a través del Hospital Naval Guayaquil cuenta con una cámara hiperbárica monoplaza de oxígeno puro que ha venido prestando servicios no solo a los pacientes dependientes del ISSFA sino también a otros usuarios de la Red Pública de Salud.

El tiempo del tratamiento y de las sesiones varía de acuerdo con las indicaciones de tablas internacionales de tratamiento médico y de buceo. Al (junto al estadio de Barcelona) llegan pacientes que han requerido hasta 36 horas continuas de tratamiento (un buzo que ingresó en estado de coma en el 2009), pero generalmente las sesiones son de una hora para pacientes con problemas de falta de oxígeno celular.

En el año 2017 el Hospital Naval Guayaquil inauguró la primera unidad de medicina Subacuática e Hiperbárica con talento humano, infraestructura y equipamiento que cumple los estándares internacionales recomendados por la Sociedad Europea de Medicina Hiperbárica. Cuenta con 2 cámaras hiperbáricas con características diferentes. Una cámara hiperbárica es un habitáculo de acero inoxidable, generalmente de forma cilíndrica y con cierre hermético, capaz de resistir hasta cinco veces más la presión atmosférica del medio ambiente. Como el oxígeno es altamente explosivo, el paciente ingresa con ropa de algodón puro sin materiales eléctricos ni metálicos, maquillaje, gel o esmalte. El médico puede monitorear al paciente por dentro o por fuera.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la efectividad del uso de la Oxigenoterapia Hiperbárica, en pacientes con lesiones osteomusculares tipo fractura, con el fin de evidenciar la mejoría clínica y el transcurso de las terapias hasta llegar a la consolidación definitiva.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.- Determinar el tiempo en el que se produce la consolidación ósea en los pacientes con fractura que reciben oxigenoterapia.
- 2.- Estudiar la respuesta clínica de los pacientes fracturados sometidos a oxigenoterapia, a través de la aplicación de pruebas funcionales.
- 3.- Conocer la frecuencia total de los pacientes con fractura que fueron tratados con oxigenoterapia.

## **HIPÓTESIS**

El uso de la cámara hiperbárica en pacientes con lesiones osteomusculares de tipo fractura es efectiva para disminuir el tiempo de recuperación y mejorar la evolución clínica.

## **JUSTIFICACIÓN**

Los accidentes automovilísticos son una de las primeras causas de incapacidad en nuestro país. La fuerza que producen conlleva a múltiples lesiones que involucran directamente al sistema musculo-esquelético, con afectación principal de los huesos. Las fracturas son una de las patologías que más se pueden encontrar en las áreas de emergencias, y representan un gran costo tanto para el área de salud como para el área laboral, debido a lo incapacitante que son. El típico tratamiento de una fractura es la inmovilización del miembro afecto por un determinado tiempo, sin embargo, este es considerado el tratamiento habitual. Pero en los últimos años se ha demostrado que el uso de la oxigenoterapia como tratamiento coadyuvante, puede ayudar a mejorar dichas fracturas. En estudios previos con una muestra de 48 pacientes con retardo de consolidación ósea, la OHB tuvieron una evolución favorable del 71% en relación con el número de sesiones. Se observó una relación estadística significativo entre la OHB y la mejora clínica, inclusive radiológica en pacientes con retardo de consolidación ósea (7).

Las fracturas con demora en consolidación entre otras pueden requerir más de 10 sesiones (1). El uso de la OHB es determinante para una precoz remisión. Se puede acelerar los tiempos de recuperación, beneficiando al paciente y al centro de salud, acortando el tiempo de hospitalización y ahorro de recursos para la institución. Además, esta investigación aportará datos actualizados de dichas patologías. Es por este motivo que el estudio resulta interesante, ya que, al ser aplicado en nuestro medio, se podrá evidenciar como el uso de esta terapia mejora el curso clínico de las fracturas, y si promueve una rápida consolidación ósea, y por lo tanto una recuperación funcional exitosa.

## **APLICABILIDAD**

La aplicabilidad de este estudio se verá reflejado en la mejoría de las lesiones y como aumenta la oxigenación de los tejidos del cuerpo incluso aquellos que están deteriorados, permitiendo así un efecto antiinflamatorio a partir de la vasoconstricción. Además, hay una considerable cantidad de poli-traumatizados atendidos en el Hospital Naval de Guayaquil, esto accede a tener un amplio grupo de pacientes a los cuales evaluar.

Los resultados del estudio permitirán conocer si el uso de la oxigenoterapia es efectivo en promover la consolidación de fracturas, y por lo tanto implementar esta terapia en el tratamiento de otros pacientes con dicha patología que solo reciben el tratamiento habitual.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **DEFINICION**

La hiperoxigenación hiperbárica emplea el uso de una cámara presurizada con el fin de que el paciente respire un oxígeno netamente puro y consiste en un método no invasivo y sin ningún tipo de dolor ya que es un método ambulatorio, en el cual se elevará hasta tres veces más la presión del aire en comparación con el flujo normal, gracias a esta condición, los pulmones respirarán y se oxigenaran mucho más en comparación con el aire normal (8).

Las terapias se llevan a cabo en una cámara hermética cuyo diseño está adaptado para soportar presiones elevadas en su interior. En múltiples ocasiones es considerada la única indicación terapéutica para curar una afección y en otras será considerada como tratamiento integral sumándose a estas otras terapias y medicamentos. Este procedimiento no requiere de hospitalizar al paciente (8)

El fin de la cámara hiperbárica es conducir el oxígeno a cada uno los tejidos de nuestro cuerpo para así mejorar la circulación sanguínea. Esta tecnología tiene la capacidad de mejorar la evolución de ciertas patologías debido a su gran potencial para mejorar la oxigenación siendo así un gran coadyuvante en la medicina regenerativa

No solo es empleado para tratar patologías de daño tisular sino también en otros procedimientos como el lavado pulmonar completo en el caso de proteinosisalveolar pulmonar. El tiempo de uso hiperoxigenación de alto flujo depende del tipo de patología y de su cronicidad pudiendo emplearse sesiones que pueden repetirse durante días o semanas (6).

## TIPOS DE CAMARAS HIPERBARICA

Las cámaras hiperbáricas son cilindros de material metálico, capaces de albergar entre uno o varios individuos en su interior. Las presiones ambientales que se manejan son superiores a las atmosféricas, por este motivo existen dos tipos de cámaras que son (9):

### Monoplaza



Gráfico 1. Cámara Hiperbárica monoplaza

Como su mismo nombre lo indica, es de en una unidad individual. El individuo ingresa y se recuesta en la mesa mientras esta se desliza para introducirlo en un tubo cilíndrico de plástico transparente.(10) El oxígeno que se presuriza es puro y se pueden clasificar por:

- **Por su destino:** En tratamientos con radioterapia en pacientes oncológicos (actualmente discontinuado) y en unidad de cuidados intensivos (UCI)
- **Por su tamaño:** Hay diseños para adultos (entre 0.6 m<sup>3</sup> y 1 m<sup>3</sup> de volumen), niños (< 1 año) y recién nacidos (entre 30 – 60 L de volumen).
- **Por sus características técnicas:** pueden ser estacionarias, trasportables, portátiles, telescópicas y módulo de cámara multiplicada.

Sus ventajas son el menor costo operativo, su manejo es más simple, no requieren grandes espacios físicos y si se presenta una emergencia durante la terapia de puede hacer una descompresión de forma inmediata(9).

Sus desventajas son que al ser de uso individual si se presenta algún inconveniente durante la terapia no puede recibir ayuda inmediatamente. Al realizar la descompresión con oxígeno puro, si se presente algún desencadenante (chispa), se puede originar incendios. Hay que tomar mucha atención a los pacientes que tengan úlceras crónicas o que estén usando medicación tópica que contenga grasa, se les debe pedir que ingresen a la cámara con prendas menores y que no contengan metal. Además, se les debe colocar una pulsera especial que tenga descarga a tierra, para así prevenir la acumulación eléctrica estática. Como punto extra, algunos pacientes pueden presentar claustrofobia al estar mucho tiempo en un espacio reducido, se pueden alterar y entrar en estados de crisis mental(9).

## **Multiplaza**



*Gráfico 2. Cámara hiperbárica multiplaza*

Es en una sala común. Donde el paciente ingresa a la cámara y se sienta, mientras comparte la sesión con otros individuos. El oxígeno que recibirá el paciente puede ser por una mascarilla o capucha ligera transparente que se coloca sobre la cabeza (10)



Para evitar incendios, estas cámaras tienen un equipo de respiración que permiten que el oxígeno que se fuga no supere el 23.5% de volumen(9).

Este tipo de cámaras requieren muchos componentes para su funcionamiento como son los compresores pulmones de aire, acondicionamiento de aire, exclusiva para ingreso y salida del personal, sistema de manejo con cámaras, consola de control, suministro de energía y sistema de comunicación(9).

Presentan dos divisiones: la principal anterior donde los pacientes van a ingresar y posterior adicional que tiene una exclusiva para que pueda entrar y salir el operador y así no interrumpir la presión que hay en la parte anterior(9).

Las multiplaza son las más recomendadas porque permite a los médicos y personal de la salud acompañar en todo momento de la sesión al paciente. Además de que varios pacientes se benefician en una sesión (10)

Dependiendo de su destino puedes ser utilizados en el quirófano o en unidad de cuidados intensivos, puede tener equipos especiales como: equipos de anestesia para quirófanos o respiradores, cardiomonitores, etc(9).

Sus ventajas son que pueden recibir a varios individuos a la vez, incluyendo pacientes en condiciones críticas que requieran equipo de soporte vital. Los riesgos de incendios son mínimos al presurizarse con aire y no con oxígeno puro. Se tolera mejor la claustrofobia al estar acompañados de más pacientes. Por último, durante la sesión se puede realizar infusiones endovenosas y transfusiones sanguíneas(9).

Sus desventajas son que tienen un mayor costo operativo, se necesita un gran espacio físico, al tener componentes extras la mayoría van a necesitar calibración y verificar su correcta función. Si se presenta una inconveniente durante la sesión y se requiere una descompresión de emergencia, al no respirar oxígeno, el paciente puede sufrir de la enfermedad por descompresión(9).

## **BENEFICIOS**

Existe una amplia variedad de beneficios en cuanto al uso de oxigenoterapia hiperbárica como su capacidad de disminuir el tiempo de recuperación de los pacientes debido a que el organismo aumenta la cantidad de oxígeno que transporta hasta 22 veces mejorando el pronóstico en enfermedades traumatológicas, lesiones por barotrauma y lesiones en la piel como quemaduras o producidas por radioterapia (8).

El oxígeno promueve la mejoría de los tejidos dañados reabsorbiendo el edema, disminuyendo la inflamación y acelerando el proceso de cicatrización tanto en lesiones osteomusculares, piel y lesiones quirúrgicas .(6)

Además de los beneficios que presenta la cámara hiperbárica en la recuperación de los tejidos se han encontrado que posee múltiples ventajas dentro del campo de la medicina tales como (10).

- Influir de manera positiva disminuyendo el volumen de las burbujas en el síndrome de descompresión.
- Tiene por sí solo, un efecto antibacteriano además que potencia la acción de ciertos antibióticos.
- Estimula la neovascularización y formación de callo óseo.
- Brinda ayuda en la reabsorción del edema y cicatrización de heridas.
- Disminuye el efecto de sustancias tóxicas como el monóxido de carbono.

## **INDICACIONES**

Dentro de las enfermedades que se pueden tratar con terapia de oxigenación de alto flujo están envueltas todas aquellas que se busca mejorar la regeneración tisular, disminuir la fatiga muscular aguda o crónica de manera que se reduce mucho el uso de medicación a la vez que se mejora la expectativa de vida de pacientes con enfermedades neurológicas crónicas.(8)

La hiperoxia proporciona un efecto terapéutico en toda enfermedad en la cual exista un fenómeno de hipoxia tisular general o local, como factor fisiopatológico dependiente. La oxigenación hiperbárica aporta un ingreso adicional de oxígeno transportado a través del plasma. Este oxígeno en forma física, presente en el plasma, ajeno a condicionamientos metabólicos ingresa por capilaridad, es decir a territorios isquémicos terminales (8)

### **MECANISMO TERAPÉUTICO DE LA OHB**

La oxigenación hiperbárica emplea 2 mecanismos importantes, por una parte, posee alta presión ambiental, y por la otra parte, la inspiración de un oxígeno netamente puro. Esto condicionará dos efectos diferentes: el efecto volumétrico, causado por el aumento de la presión ambiental, y el segundo es el efecto solumétrico, debido al aumento de la presión parcial de oxígeno que el paciente consume (11)

El efecto volumétrico se debe al aumento de la presión ambiental y se basa en la Ley de Boyle-Mariotte, en virtud se postula que, en el organismo humano, al elevar la presión ambiental se disminuirá de forma proporcionalmente inversa el volumen de todas las cavidades orgánicas aéreas que no están específicamente en contacto con la vía respiratoria Dado el efecto que es totalmente reversible al cesar la hiperpresión se restablecerá el valor de la presión atmosférica. Este resultado es positivo y sirve como base en el tratamiento del síndrome de descompresión al disminuir el número de burbujas presentes (11)

El efecto solumétrico en cambio, presenta un aumento de la presión parcial de oxígeno, en este caso en particular se refiere a la Ley de Henry, en la cual explica que al respirar oxígeno puro en un ambiente hiperbárico se producirá progresivamente el aumento de presiones tanto arterial, venosa y tisular de oxígeno; pudiendo alcanzar valores mayores de 2.000 mmHg de presión arterial de O<sub>2</sub>.

El volumen de oxígeno disuelto y transportado por el plasma aumenta más de 20 veces y gracias al efecto solumétrico se debe la mayoría de los beneficios terapéuticos brindados por la cámara hiperbárica (11)

Reduce la hipoxia tisular, gracias a que realiza un aporte adicional de oxígeno, al que ya es transportado por los eritrocitos. Como este oxígeno se encuentra disuelto en el plasma, tiene la capacidad de liberar oxígeno a las células aun cuando no esté presente la hemoglobina para llevarla a los tejidos (12).

De manera que el oxígeno accede por capilaridad, a través de difusión simple. Cuando se produce hiperoxia por el uso de la cámara hiperbárica es muy marcada, se produce vasoconstricción periférica de manera compensatoria. Esta vasoconstricción se produce en tejidos sanos, favoreciendo el volumen plasmático. La terapia con oxígeno a alto flujo restablece la formación de tejido de granulación (12).

La terapia de alto flujo promueve el aumento de las defensas contra infecciones, mejorando los procesos de fagocitosis por parte de los leucocitos, sobre todo del grupo de los neutrofilos. Las infecciones causadas por microorganismos aerobios como *Staphylococcus aureus* y por *Pseudomonas Aeruginosa*. La oxigenoterapia a alto flujo resulta beneficiosa debido a que la producción de las toxinas propias de los microorganismos requiere de bajos potenciales de oxidación-reducción, por consiguiente, un aumento de este potencial frena la producción de toxinas (12).

La oxigenoterapia hiperbárica cumple las siguientes funciones en el organismo (12):

- Hiperoxigenación de los tejidos
- Vasoconstricción de los vasos sanguíneos periféricos
- Actividad antimicrobiana por disminución de los potenciales de oxido-reducción.
- Proliferación fibroblástica y neovascularización con consiguiente aceleración de la cicatrización.

- Mejora de la función osteoblástica, la formación de hueso y su mineralización. La terapia con oxígeno a alto flujo, también incrementa la formación de tejido dental más duro y resistente.

## **CONTRAINDICACIONES**

Las contraindicaciones para la OHB, se deben al manejo del tratamiento. Son por tres factores:

- La presión ambiental incrementada
- Concentraciones elevadas de oxígeno
- Entornos cerrados y reducidos.

Los principales efectos por el incremento de presión atmosférica están en relación con la composición y volumen de los gases que contiene el cuerpo (9).

Las contraindicaciones están sujetas a cambios de presión:

- Presencia lesiones pulmonares: quistes aéreos, abscesos y cavernas.
- Obstrucción respiratoria severa al flujo aéreo
- Alteraciones en la permeabilidad de la trompa de Eustaquio y de los conductos que comunican los senos craneales con el ambiente como son los procesos inflamatorios en la nariz, faringe, oído medio alteraciones en el desarrollo, pólipos, etc.
- Infecciones de las vías aéreas respiratorias altas y bajas
- Neumotórax
- Neumonía bilateral extendida
- HTA no controlada > 160/90 mmHg.

Se ha demostrado que la OHB es ineficaz para el tratamiento del cáncer, pero no es una contraindicación. Lo que sí lo es, son los pacientes que están en tratamiento con ciertos agentes quimioterapéuticos como son (9):

*Tabla 1. Agentes quimioterapéuticos contraindicados en tratamiento con OHB.*

<b>Doxorrubicina</b>	Contraindicación absoluta por provocar un aumento de la mortalidad en pruebas experimentales con roedores.
<b>Bleomicina</b>	Su efecto adverso más severo es la toxicidad pulmonar. Causa después de meses o años fibrosis pulmonar y neumonitis. Un tratamiento con OHB acelera la aparición de estas complicaciones
<b>Cis-platino</b>	Puede causar disminución de la producción de colágeno por su efecto en la síntesis del ADN. Esto es desfavorable en la evolución de úlceras cutáneas. Se evidencio en tratamientos prolongados de cisplatino + OHB.

**Embarazo:** tiene contraindicación absoluta en el lado del mundo occidental, se deduce que puede ocasionar un deterioro en el desarrollo del feto por la formación de burbujas de nitrógeno, similar al buceo por la descompresión de aire. Pero está muy bien documentado en el lado Oriental en especial la antigua URSS, que realizo miles de estudios a embarazadas en tratamiento con OHB por anemia, gestosis, valvulopatías, etc. Se evidencio que no hubo afectación estructural en el feto(9).

Incluso en mujeres embarazadas que han tenido un diagnóstico previo de hipertrofia fetal, fueron tratadas con OHB se la siguiente manera:

*Tabla 2. Manejo en mujeres embarazadas con tratamiento de OHB.*

Embarazadas: 28 – 38 semanas	OHB Atmosfera	Tiempo de sesión	Sesiones	Intervalo
Hipertrofia fetal	1,2 – 1,3 ATA	45 – 50 minutos	4 – 6	3 semanas
Hipoxia fetal	1,2 – 1,3 ATA	60 minutos	4 – 5	3 – 6 semanas

Las pacientes des pues del tratamiento con OHB, presentaron mejoría clínica, desapareció la disnea, los edemas. Hubo mejoría en la calidad del sueño he incluso los gases arteriales y los índices hemodinámicos se normalizaron. Además, se una mejora en el flujo sanguíneo del cordón umbilical y la hipertrofia que presentaba el feto se redujo secuencialmente hasta desaparecer. El tamaño del feto se estabilizo alcanzo a la semana de gestación que le correspondía(9).

**Marcapasos:** En la actualizada los dispositivos modernos están diseñados a soportar altas presiones ambientales que se generan dentro de la cámara hiperbárica, por lo que no se presenta una contraindicación para un tratamiento (9).

**Pacientes con EPOC:** está contraindicado recibir OHB, porque al encontrarse en estados de hipoxemia, una sesión de OHB va a incrementar los niveles de PaO<sub>2</sub>, lo que provocara la disminución del estímulo de la respiración, lo que ocasionara una desadaptación del sistema respiratorio. Esto puede incrementar el riesgo de hipercapnia por disminuir el estímulo de respirar. (9)

**Fiebre alta de origen desconocido:** está contraindicado para la OHB. No se puede realizar terapias en pacientes que no tengan un diagnóstico establecido(9)

Por momento no hay estudios que certifique que el uso de la oxigenoterapia hiperbárica sea eficaz en el tratamiento de estas patologías:

- Artritis.
- Migraña
- Síndrome de fatiga crónica
- Lesiones causadas en el deporte.
- Depresión.
- Demencias, tipo enfermedad de Alzheimer, o también enfermedad de Parkinson.
- Asma
- Epilepsia no tratada
- Neumotórax pulmonar
- Congestión nasal
- Presencia de tapones en los oídos
- Fármacos usados en las quimioterapias Ciertos fármacos en el uso de las

La OHB es completamente ineficaz para la cura de enfermedades complejas como el cáncer, autismo o diabetes(9).

## **EFFECTOS ADVERSOS**

Están relacionados con el aumento de la presión de oxígeno, lo que causa toxicidad. Se puede presentar alteraciones del sistema nervioso como son las convulsiones, debido a que hay una disminución en el umbral de aparición del evento. Por este motivo hay que analizar a los pacientes de forma individual con respecto a la sensibilidad que presenta al aumentar el oxígeno y si tiene antecedentes de epilepsia o mal controlados con anticonvulsivantes(9).



Durante la primera sesión, hay que observar al paciente si presenta síntomas de intoxicación de oxígeno como: palidez, bradicardia, palpitations, sudoración, ansiedad, inquietud, fatiga, alucinaciones, alteraciones auditivas como tinnitus y de los campos visuales. Y otros como: hipo, náuseas, vómitos, sensación de falta de aire, síncope, fasciculaciones en párpados, nariz, mejilla y labios. Pacientes con bradiarritmia no tratadas no aplican a OHT, porque incrementa el tono parasimpático, disminuyendo la frecuencia cardíaca(9).

Sesiones prolongadas (20 – 40) en ancianos, pueden causar miopía temporal que desaparece después de terminar el tratamiento. Este fenómeno es más común en cámaras monoplaza(9).

Otras alteraciones oftalmológicas son la aparición de cataratas en terapias máximas 60 – 75 sesiones y en pacientes que tenían esclerosis múltiple y recibieron entre 150 – 800 sesiones, se presentó este efecto adverso(9).

## **COMPLICACIONES**

La OHT es generalmente un procedimiento seguro y las complicaciones son muy poco frecuentes, pero, hay pocos casos en los que puede provocar (6):

- Miopía temporal, que es provocada por cambios transitorios en el cristalino del ojo
- Mayor presión en la cabeza, que es acompañada de dolor a nivel de senos paranasales
- Traumas en oído medio, acompañado de rotura del tímpano, provocado por aumento de la presión del aire
- Colapso pulmonar, provocado por barotraumatismo
- Dolencias articulares.

- Episodios de convulsiones, provocado por la toxicidad del oxígeno, como consecuencia de concentraciones elevadas en el sistema nervioso central.
- Elevados riesgos de incendio por las concentraciones altas de oxígeno pueden provocar una llama que se puede encender con cualquier fuente de combustible.

**Hipoglucemias:** Se debe hacer controles de glicemia antes del tratamiento a los pacientes diabéticos, además de ingerir alimentos 1h 40 antes de la sesión. A partir de la quinta sesión, se tiene que reducir las dosis de insulina e hipoglucemiantes orales(9).

**Convulsiones:** Se puede presentar en estados de hipoglucemia y en epilépticos que el origen de la convulsión sea neurológico. Pacientes que tienen antecedentes de convulsiones, hay que controlar su medicación habitual haciendo gasometría arterial, así se verificara su dosis terapéutica. En casos de convulsiones durante la sesión es recomendable las benzodiazepinas (Diazepan) para controlar el evento(9).

Hay que evitar hacer una descompresión de emergencia durante una convulsión, porque al disminuir la presión dentro de la cámara, el aire dentro de los pulmones se expande tanto que provocara una rotura del parénquima pulmonar, lo que puede ocasionar un embolismo gaseoso fatal. Una vez que la convulsión cese y se restablezca la respiración, se puede realizar la descompresión de manera habitual.

**Barotrauma del oído:** se debe explicar al paciente de manera explícita para el control de la presión en el oído medio y cualquier otra sintomatología que se pueda presentar en el conducto auditivo antes de que ingrese a la cámara. Los pacientes con radionecrosis de cabeza y cuello son más propenso a desarrollar barotrauma(9).

El oído estar constituido por una cavidad no compresible, es muy sensible a los cambios de presión. Los barotraumas afectan al oído medio e interno dependiendo de la intensidad y circunstancia. La falla de la ecualización de las presiones puede producir en el oído medio una trasudación de la linfa o sangre, además de inflamación, ruptura, edema o retracción timpánica. Si la afectación fue en la membrana oval del oído interno, puede presentar vértigo, ataxia, sordera o tinitus. Si hay presencia de tapón de cera en el oído externo, ocasiona un barotrauma del espacio ocluido, causando dolor y hemorragia. Una solución al barotrauma sería la miringotomía que es una incisión en el tímpano. Estudios realizados en EE. UU., en pacientes intubados dieron resultados favorables al realizar dicho procedimiento antes de ingresar al tratamiento con OHB(9).

## LESIONES OSTEOMUSCULARES

### ISQUEMIAS PERIFÉRICAS TRAUMÁTICAS AGUDAS



Gráfico 3. Fractura expuesta tipo III-B Gustillo y Anderson.

Un trauma de alta intensidad se caracteriza por tener un compromiso circulatorio tanto local como general que se acompaña con edema en el área afectada e inestabilidad hemodinámica que puede llegar al shock. Los pacientes con enfermedad renal aguda tienen un alto índice de mortalidad tras sufrir este tipo de traumas. (12)

Tras sufrir un trauma al momento de liberar la compresión, el paciente puede sufrir el síndrome por aplastamiento. Al inicio es asintomático, solo presenta el dolor propio del trauma sufrido, pero al transcurso de las horas si no se retiró la carga que comprime, se establece la triada clásica con edema en área afectada, shock y oligoanuria con uremia. (12)

Las fracturas expuestas que presentan una considerable desvascularización del hueso y tejidos blandos conlleva entre un 16 – 60 % de complicarse. La hipoxia de tejidos provoca necrosis isquémicas, edema, infección anaeróbica y aparición del síndrome compartimental. Además. Las constantes intervenciones quirúrgicas y

exposiciones de la herida pueden empeorar la isquemia presente. (12)

Estas isquemias se pueden comportar auto persistentes porque sus componentes o del edema van a estar asociadas a la progresión del cuadro. Si el edema empeora, va a incrementar la distancia de difusión de oxígeno y presión intersticial. Lo que resulta en el deterioro de la microcirculación. Al disminuir la microcirculación, los tejidos afectados se vuelven más hipóxicos y las células pierden sus nutrientes. La vasodilatación en las áreas proximales de la lesión causa una respuesta refleja, incrementando el flujo sanguíneo, lo que provocara el edema vasogénico y las hemorragias por el daño vascular. Por esta razón la lesión tisular se llega a agravar a pesar de que el factor desencadenante de la lesión este eliminado. (12)

Estas lesiones no pueden cicatrizar sin oxígeno por limitación en el funcionamiento de los fibroblastos. Cuando la  $pO_2$  es  $< 30$  mmHg, no se va a producir colágeno para la neovascularización y regeneración de la herida. (12)

Cuando los niveles de oxígenos son deficientes. Las lesiones no pueden regenerarse. La anoxia conlleva a la muerte del tejido. Un tejido necrótico se vuelve un caldo de cultivo para microorganismos por lo que es necesario el desbridamiento del tejido secuencial. Como hay defectos en la cicatrización se forma la fibrosis, causando una cicatrización deformante. Si herida es en tejidos periarticulares, hay la posibilidad de que se pierda la movilidad de la articulación. (12)

El oxígeno hiperbárico, mediante su efecto de hiperoxigenación logra disolver el plasma a una presión del aire que el paciente inspira, esta cantidad puede responder las necesidades del organismo cuando se encuentra en descanso a 2,5 ATA. De esta manera los tejidos se mantienen intactos ya que en presencia de estasis esta puede reducir la microcirculación, los eritrocitos tampoco logran atravesar los capilares a excepción del plasma. Por este motivo el oxígeno en el plasma aporta el suministro a los tejidos traumatizados y mejora la elasticidad eritrocitaria. (12)

Por otra parte, la vasoconstricción que genera reduce el edema, disminuye líquidos extravasados, no se modifica el retorno venoso y a medida que ingresa disminuye la cantidad del líquido que egresa. Este edema en pacientes tratados con OHB logra desaparecer de 5 a 7 días más temprano que en pacientes no tratados. Mediante la exposición frecuente al oxígeno hiperbárico se logra mejorar la actividad fagocítica y así combatir las infecciones, ya que en un medio hipóxico muchos neutrófilos pierden la capacidad de fagocitar bacterias y demás organismos malignos. (12)

El manejo depende de cada caso clínico ya que en el caso de haber isquemia aguda se necesitarán varias sesiones por día. La pO<sub>2</sub> medida en los tejidos demuestra que al cabo de una sesión que puede durar 1 hora a una presión atmosférica de 2 ATA, dicha presión elevada de oxígeno persiste durante 1 – 1,5 horas en músculo y 4 horas a nivel tejido celular subcutáneo. Por este motivo se necesita hasta 4 sesiones de OHB por día para preservar los tejidos en condiciones óptimas aún en presencia de isquemia aguda. Para el siguiente día se realizan 4 sesiones de 2 hscada una y también se repiten periodos sin OHB. Cuando la OHB estimula el reparo de heridas graves, basta con realizarla de una o dos veces por día ya que los neutrófilos y los macrófagos requieren pocos periodos de normoxia e hiperoxia. (12)

De acuerdo con la clasificación de Gustillo sobre las fracturas expuestas de tipo III – B y C, se definen como el Crush – síndrome (daño severo de los tejidos). El 50 % de los pacientes pueden presentar complicaciones como son las infecciones, pseudoartrosis, amputaciones o una combinación de las anteriores mencionadas. La terapéutica de primera elección va a depender de la severidad de la lesión y su compromiso con el estado hemodinámico del paciente. (7)

Tabla 3. Uso de la OHB en fracturas expuestas + Crush – Síndrome (7)

TIPO	MECANISMO	RESULTADO ESPERADO	USO DE LA OHB Y ESTADO DEL HUESPED		
			ESTADO NORMAL DEL HUESPED SCORE 8-10	ESTADO COMPROMETIDO DEL HUESPED SCORE 4 - 7	ESTADO SEVERAMENTE COMPROMETIDO DEL HUESPED SCORE 3 O MENOS
I	PEQUEÑA LACERACION (< 1 CM) DE DENTRO HACIA AFUERA	EN GENERAL NO DIFIERE DE LAS FRACTURAS NO EXPUESTAS	NO	NO	SI
II	LACERACION MAYOR, PERO DAÑO MONIMO DE TEJIDOS BLANDOS	EN GENERAL NO DIFIERE DE LAS FRACTURAS NO EXPUESTAS	NO	SI	SI
III	HERIDAS CRUSH A SUFICIENTE CANTIDAD DEL TEJIDO PARA CUBRIR LAS LESIONES	INFECCION Y PSEUDOARTROSIS EN UN 10%	NO	SI	SI
	B COLGAJOS O INJERTOS REQUERIDOS PARA CUBRIR LAS LESIONES	ALREDEDOR DE 50% DE COMPLICACIONES (INFECCION Y PSEUDOARTROSIS)	SI	SI	SI**
	C LESION VASCULAR (ARTERIAS DE GRAN CALIBRE)	ALREDEDOR DE 50% DE COMPLICACIONES (INFECCION Y PSEUDOARTROSIS)	SI	SI	SI**

(\*\* se considera amputación del miembro posterior a sesiones de OHB para viabilidad del colgajo, injerto y cicatrización)

Tabla 4. Análisis del estado del paciente. (7)

FACTORES	CRITERIOS DE SCORE (0 – 10 PUNTOS)			COMENTARIOS
	2 PUNTOS	1 PUNTO	0 PUNTOS	
EDAD	< 40	40 – 60	>60	*USAR ½ PUNTO CUANDO SEA NECESARIO ** EN DEAMBULACION CON AUDA DEDUCIR ½ PUNTO *** EN PRESENCIA DE DOS FACTORES USAR EL FACTOR CON MAYOR GRADO DE DEFICIENCIA
DEAMBULACION	SIN RESTRICCIÓN	DOMICILIARIA	NINGUNA	
TABAQUISMO / USO DE CORTICOIDES	NO	HACE < 5 AÑOS	RECIENTE	
CARDIACO / RENAL	NORMAL	COMPENSADO CON MEDICACION	DESCOMPENSADO	
NEUROPATIA / DEFORMIDADES	NINGUNA	LEVE O MODERADAS	GRAVES	

Tabla 5. Estado del paciente y su severidad ante el compromiso. (7)

SCORE	SEVERIDAD DEL COMPROMISO
8 – 10	PACIENTE NORMAL
4 – 7	PACIENTE COMPROMETIDO
3 o MENOS	PACIENTE SEVERAMENTE COMPROMETIDO

Tabla 6. Uso de la OHB con el MESS (Mutilation Extremity Severity Score) y el estado del paciente. (7)

MESS SCORE	PACIENT NORMAL SCORE 8 – 10	PACIENTE COMPROMETIDO SCORE 4 – 7	PACIENTE SEVERAMENTE COMPROMETIDO SCORE 3 O MENOS
7 (POSIBLEMENTE 8)	SI	Noc	Noc
5,6	NO	SI	Sid
3,4 NO	NO	NO	SI

c- se sugiere la amputación previa del miembro, d- se analiza amputación previa del miembro.

El score de severidad de mutilación de la extremidad puede ser de entre 2- 12 puntos, se considerar más grave mientras incrementa el puntaje. Si el paciente no presenta factores de riesgo se recomienda iniciar con la OHB en score MESS 6 – 7. Si el paciente presenta compromiso hemodinámico + factores de riesgo, se sugiere usar la OHB con el menor nivel de lesiones. (7)



Tabla 7. Evaluación detallada del nivel de mutilación del miembro aplicando la clasificación MESS. (7)

VARIABLES		PUNTOS	COMENTARIOS
<b>A) LESION DE HUESO Y TEJIDOS BLANDOS</b> *Baja energía (fractura simple, herida de bala de baja velocidad) *Mediana energía (fracturas expuestas o múltiples, con desplazamiento) *Alta energía (herida de bala o Crush) *Muy alta energía (contaminación masiva, arrancamiento de tejidos blandos)		1	1- Johansen y colegas, recomiendan amputación primaria si el MESS score es 7 o mayor 2- El uso de la OHB y el estado del huésped
		2	
		3	
		4	
<b>B) isquemia de miembro</b> * Perfusión normal * Pulso reducido o ausente, pero la perfusión presente * Ausencia de pulso, parestesia, relleno capilar disminuido * Extremidad fría, paralizada, insensible, entumecida		0	
		1 <sup>a</sup>	
		2 <sup>a</sup>	
		3 <sup>a</sup>	
<b>C) Shock (TA &lt;90 mmHg)</b> *TA sistólica siempre > 90 mmHg * Hipotensión transitoria * hipotensión persistente		0	
		1	
		2	
<b>D) Edad</b> * < 30 * 30 – 50 * > 50		1	
		2	
		3	

## Estudio clínico

Bouachour y colegas realizaron un estudio clínico placebo controlado, de forma aleatoria con doble siego, en la que evidenciaron el beneficio al aplicar OHB en las lesiones Crush en pacientes que presentaban fracturas expuestas tipo III B y C. Estos pacientes después de las 24hs del ingreso y posterior procedimiento quirúrgico; se les realizó: desbridamiento, cobertura de la lesión, fijadores internos, externos o si no ameritaba manejo conservador, reconstrucción del paquete vasculo-nervioso y fasciotomías. La terapéutica fue regida con antibioticoterapia y heparina de bajo peso molecular para prevenir trombosis. (7)

Las sesiones de OHB fueron estandarizadas cada 12 horas a 2,5 ATA con 90 minutos de duración. En total fueron 12 sesiones (6 días) y los criterios para analizar los resultados fueron: curación de heridas sin intervenciones quirúrgicas repetidas, nuevas intervenciones quirúrgicas por el avanzada y abundante necrosis de tejidos

blandos y el tiempo de consolidación y estadía hospitalaria. (7)

La curación definitiva fue en un 94%. Los 17 pacientes de 18 tratados con OHB, mientras que el grupo control 10 de 18 pacientes tuvieron el 55.5%, estadísticamente representa ( $p < 0.01$ ). las intervenciones quirúrgicas adicionales en los pacientes que recibieron OHB fue de 5.5% en comparación con el grupo control que fue del 33.3% con un ( $p < 0.05$ ). (7)

Un análisis clínico con el tiempo de curación se observó en los 17 pacientes que sanaron con OHB y los 10 del grupo control. El tiempo acortado de curación en el grupo control se debió a que sus heridas eran menos graves con fracturas tipo II – III A Gustillo, además de ser un grupo etario relativamente joven. Mientras que el grupo tratado con OHB tenía toda clase de fracturas complicadas tipo IIIB y C además de compromiso de partes blandas. Esto es una prueba fidelidad de la efectividad de la OHB. (7)

Autores rusos demostraron en un estudio de 60 pacientes con crush-síndrome tratados con OHB y 50 pacientes que no, una disminución de la hipoxia en los tejidos blandos, estabilización de la función renal en pacientes críticos con insuficiencia renal agudizada, reducción de la toxemia, incremento de velocidad en procesos reconstructivos, mitigación de la anemia y mioglobinemia, reducción de moléculas que contienen mediano peso molecular en la sangre. A diferencia del grupo control cuya evolución fue menos llamativa. (7)

La terapéutica combinada consistió con un frecuente desbridamiento quirúrgico cada 48 horas con antibioticoterapia específica y un colgajo precoz de la piel con su respectivo injerto, acelerando los procesos de curación. La OHB provocó una disminución del tiempo de granulación, además de complicaciones infecciosas, reducción del edema, vitalización del injerto dando como resultado un acortamiento de tiempo en su estadía hospitalaria y recuperación de funciones motoras más rápida. Estos pacientes se les realizó un seguimiento hasta 2 años y se destacó la importancia de un manejo precoz en estas lesiones traumáticas logrando la movilidad completa del miembro, todo esto logrado por el manejo multidisciplinario de especialidades médicas. (7)

Los pacientes que presenten Crush-Síndrome deben iniciar lo más pronto posible OHB. Después de la estabilización hemodinámica del paciente en emergencia, se debe iniciar las sesiones de OHB. En el caso que la intervención quirúrgica se prolongue más de una hora, se debe iniciar al momento mientras se espera su pase a quirófano. En los próximos 2 a 3 días se debe realizar sesiones cada 8 horas al día, después cada 12 horas al día por dos días y por último una sesión al día por dos o tres días (en total 16 sesiones de OHB por 8 días). Durante este transcurso de tiempo los tejidos isquémicos se van estabilizando con reinstauración del fluido sanguíneo en la microcirculación y reducción del edema. En el caso que el colgajo presente un riesgo, las sesiones debe continuar por dos semanas más para incrementar la neoangiogenesis. En el peor de los casos si se presenta una osteomielitis, se aconseja aumentar hasta 60 sesiones de Oxigenoterapia hiperbárica. (7)

## **NECROSIS ÓSEA ASÉPTICA**

Considerada como una de las principales causas de trastornos osteomusculares que se vuelve cada vez más común y se convierte en un gran desafío para su diagnóstico y tratamiento debido que los estadios iniciales no suelen presentar sintomatología alguna, la necrosis ósea aséptica que afecta más frecuentemente la cabeza del fémur, progresa inclusive ocasionando destrucciones invalidantes siendo el caso de necesitar el reemplazo total del hueso en los pacientes. La necrosis avascular como resultado de la insuficiencia circulatoria en el hueso afecto. la causa más probable de NOA puede ser una trombosis o embolización de las arterias más pequeñas de la cabeza de fémur por gotas lipídicas, eritrocitos anormales, en incluso enfermedades en glóbulos rojos como la anemiafalciforme(9).

El sitio más vulnerable para el desarrollo de la NOA es la cabeza de fémur, inmediatamente por debajo de la superficie articular anterolateral ya que esta es la encargada de soportar el peso, es un sitio que se encuentra sometido a constante estrés mecánico. Siendo la clasificación en cuatro grados basados en hallazgos radiológicos(9).

## ESTUDIOS CLÍNICOS

En un estudio realizado por Reiss y colaboradores. De 12 pacientes que presentaron NOA con lesiones de 4 mm de espesor y 12,5 mm de largo en estudios de imágenes. En este grupo se trató con OHB a 4 pacientes con lesiones bilaterales. Un 81% de estos pacientes (13 caderas de 16) después de las 100 sesiones tomadas demostraron imágenes normales en IRM, mientras en el grupo comparativo, con el mismo tamaño de las lesiones, hubo solamente un 17% de imágenes normales en IRM. En un estudio con 100 sesiones recibidas en forma continua, se observó en 6 de 8 casos una resolución completa. Para que los resultados hayan sido calificados como éxito se evaluó la articulación funcional y la reducción del síndrome doloroso, los cuales fueron aprobados ya que los pacientes tratados recuperaron la movilidad y el dolor se redujo significativamente. Por otra parte, los resultados a corto plazo que se los reviso en un periodo de 12 y 24 meses, siendo el más largo de estos mayor a los 24 meses de evolución paso a ser denominado un periodo a largo plazo. El éxito a largo plazo constituye un 32%. El grupo al que se lo trato con cámara hiperbárica fue pequeño, en comparación con los otros, pero el 97% de los pacientes tratados con la OHB mejoraron a corto plazo y un 81% a largo plazo. (9)

En conclusión, para huesos con necrosis ósea aséptica se han demostrado que a partir de 20 sesiones a 2,8 ATA los resultados serán reducción de dolor, mejoraría funcional y radiológica. De 10 a 20 sesiones a 2 ATA habrá mejoría clínica y funcional mas no radiológica, 10 a 42 sesiones se reduce el dolor en la mayoría de los casos. Se deben considerar también la edad de los pacientes cuando estos son jóvenes y se tratan las lesiones a tiempo se tendrán mejores resultados. 60 sesiones de 2,2 a 2,4 ATA la mejoría clínica se evidencia netamente con la circulación en el hueso. 75 sesiones de 2,2 a 2,4 ATA se notará mejoría clínica con evidencia radiológica. Finalmente, con un total de 100 sesiones o más a presiones de 2,2 a 2,4 ATA la mejoría clínica es de un 100 % con reversión del cuadro radiológico y recuperando su movilidad funcional(9).

## **COLGAJOS E IMPLANTES EN RIESGO**

Los colgajos son estructuras vascularizadas conformadas por tejido que se extraen de un sitio donador y se implanta en a otra ubicación del cuerpo con el fin de reconstruir un área específica que perdió parte de su tejido manteniendo su vascularización de origen. Un colgajo simple aporta un solo tipo de tejido y este es músculo. Cuando se emplean para cubrir una herida, por lo general se debe asociar a un injerto de piel. Par que un músculo sea empleado como colgajo, debe cumplir requisitos fundamentales como que no tengan una función irremplazable, ya que su empleo no puede incapacitar el área donante. En lo preferible del caso deberán ser músculos cuyo acceso sea fácil de abordar, disecar y que cuente con una anatomía vascular constante. (13)

Muy importante que pueda realizarse el cierre primario del área donante y con un buen resultado. Se deberá privilegiar los músculos con pedículo vascular dominante que ingrese por un extremo, y el cual dé un mejor arco de rotación. El músculo que se utilizará debe contar con volumen y una superficie mayor a las dimensiones del daño que se quiere arreglar, ya que todo músculo que está transpuesto y por ende denervado, sufrirá una atrofia del 50% de su volumen en pocos meses. Por este motivo un colgajo debe ser tipo muscular funcional, es decir que conserve su contracción generada por el nervio motor.(14)

El aumento del aporte de o<sub>2</sub> a la herida y el entorno de esta, permitirá que proliferen los fibroblastos para así generar depósitos de colágeno y un aumento en la fibronectina, aportando en la neovascularización. La oxigenoterapia combinando los efectos volumétricos favorece la viabilidad del tejido afectado, reducirá el edema y restablecerá la perfusión de los capilares, así de esta manera reduce la isquemia y favorece la sobrevida del colgajo, disminuyendo así la necesidad de repetir el procedimiento. El tratamiento debe llevarse a cabo lo más pronto posible, una vez

que se ha identificado la lesión. (14)

La OHB estimula la formación de tejido de granulación, una fase esencial en la cicatrización y en el caso de pacientes con colgajos ya comprometidos por tejidos hipóxicos se frenará la misma. A su vez la hiperoxia y normoxia son un buen detonante angiogénico que a su vez potencia a los neutrófilos para fagocitar bacterias e incrementar defensas ante infecciones post quirúrgicas.(14)

Los resultados de la oxigenoterapia hiperbárica en pacientes con colgajos ha demostrado ser satisfactorio ya que contrarresta la cascada inflamatoria, procesos anaeróbicos y contribuye la respuesta celular de la cicatrización y la regeneración epitelial, para esto se requieren terapias con un mínimo de 5 sesiones a la semana dependiendo la gravedad de la lesión y su extensión, una vez realizada las primeras 3 semanas de oxigenoterapia se evalúa el paciente y se decide conservar o disminuir el número de sesiones, ya que evaluando la mejoría clínica del paciente se procede a aumentar o no el esquema y la presión de esta.



Gráfico 4. Colgajo rotacional, día 1 postcirugía



Gráfico 6. Tejido granulando, día 5 post-alta



Gráfico 5. Injerto de piel

## **OSTEOMIELITIS (REFRACTARIA)**

Se define osteomielitis al proceso inflamatorio que afecta el canal medular y se extiende a lo largo de sí mismo provocando afecciones inflamatorias de huesos llamadas osteítis, los tejidos blandos y huesos traumatizados son el lugar perfecto para el crecimiento de bacterias que pueden proliferar entre las fibras de colágeno, fibronectina y cristales de hidroxapatita. El trauma genera un espacio avascular por una afectación de vasos sanguíneos ya que se sobrepone el edema y la inflamación produciendo un aumento de la presión dentro del espacio óseo generando infartos de medula ósea que rompen las trabéculas óseas(9).

Al haber infiltrados, estos invaden los sistemas de canales de Havers y Volkman. La hipoxia provoca muerte de los osteocitos, estas células muertas actúan como cuerpo extraño y al haber presencia de tutores externos o internos también serán considerados como cuerpos extraños y funcionarán como focos adicionales para una colonización bacteriana. A esto se le suma una barrera entre el hueso necrótico entre la parte sana y la afectada, los cuales son elementos no viables que no permitirán la remoción de estos y así la infección se estabiliza pasando a una etapa crónica(9).

Una osteomielitis crónica refractaria es aquella que persiste más de 6 meses en pacientes que han recibido tratamiento de base como lo es el desbridamiento quirúrgico y una antibioticoterapia adecuada. El tratamiento quirúrgico como objetivos debridar en su totalidad el hueso infectado, tejidos blandos y aplanar las cavidades, para así proveer estabilidad al hueso y cobertura al mismo por tejidos blandos bien vascularizados y así eliminar el espacio vacío(9).

Muy aparte de canalizar el hueso con el fin de eliminar tejido osteomielítico, drenaje de abscesos intraóseos, eliminación de secuestros, los colgajos osteomusculares y su técnica por tracción de lizarow han creado expectativas adicionales para el manejo de osteomielitis.

La terapia con agentes antimicrobianos a manera de perlas permite contrarrestar dicha infección, suministrar antibióticos a niveles inalcanzables por terapia sistémica sin efectos tóxicos alguno, proveer la medicación para 2-3 semanas. Posteriormente, estos dispositivos deben retirarse, caso contrario estos actuarán como cuerpos extraños que contribuyen a dicha infección muy parecida a la terapia antimicrobiana local de bombas implantables cuyos "espacios muertos" se rellenan con injertos de esponja ósea extraída de las espinas ilíacas, con piel, placenta, epiplón (poco usada en la actualidad)(9).

El oxígeno hiperbárico eleva las presiones parciales de oxígeno a nivel del hueso y en tejidos blandos hipóxicos a un nivel normal o mayor que este. El nivel de oxígeno que se aumenta en los tejidos promoverá la producción de colágeno por los fibroblastos y la angiogénesis capilar, puesto que el colágeno produce un soporte para los nuevos capilares. Las presiones de oxígeno entre 30 y 40 mm Hg son fundamentales para la formación de nuevos vasos en un ambiente isquémico(9)

Los neutrófilos para poder desintegrar bacterias por vía oxidativa requerirán presiones entre 30 y 40 mmHg en presencia de focos de infección. La destrucción de microorganismos aerobios siendo los más importantes el *Staphylococcus Aureus* y organismos aerobios Gram-negativos, por los leucocitos volverá a su estado normal o supera dicho nivel cuando el hueso osteomielítico las presiones parciales se elevan(9).

Estudios demostraron que una PO<sub>2</sub> de 45 mm Hg en un hueso infectado respirando aire es mucho más efectiva la resolución del mismo que a una pO<sub>2</sub> de 23 mmHg. La fagocitosis del *S.Aureus* fue disminuida ante la presión de 23 mmHg, pero significativamente mejorada con la PO<sub>2</sub> de 45 mmHg. La fagocitosis se normaliza en el hueso infectado con el tratamiento OHB(9).

Mader demostró que para destruir los microorganismos durante la fagocitosis in vitro dependerá en gran parte de la presión parcial de oxígeno en el medio en el cual se encuentran los fagocitos. La mayor cantidad de los *S. Aureus* destruidos se observó con pO<sub>2</sub> de 150 - 760 mm Hg. Por ende, dichas presiones parciales de oxígeno solo se pueden lograr condiciones que provee la oxigenoterapia hiperbárica(9).



La oxigenoterapia hiperbárica facilita el transporte y aumenta la eficacia de los antibióticos, ya que el transporte de antibióticos aminoglucósidos como la amikacina, gentamicina y la tobramicina por medio de la pared célula bacteriana mediante un proceso oxígeno dependiente inhibiendo el ambiente hipóxico y favoreciendo el hiperoxido, se observará el efecto potenciado de la tobramicina por el oxígeno hiperbárico en el tratamiento de osteomielitis causada por pseudomonas(9).

La OHB al ser la única terapia que asegura un ambiente óptimo ya que los osteoclastos son activos metabólicamente en condiciones oxígeno dependientes, el efecto estimulante sobre la función de osteoclastos y osteogénesis se potencia en condiciones de elevadas presiones atmosféricas. Se observa la formación del callo, de mayor densidad mineral ósea, que a su vez es más elongado y se compone de células que se asemejan a los fibroblastos con vasos y pequeñas estructuras de cartílago. Estas células se derivan de periostio y medula ósea y al estar expuestas a OHB se promoverá la neo-angiogénesis, aumento de células mesenquimales progenitoras óseas que darán como resultado el callo óseo. La OHB combate la isquemia, disminuye el edema y contrarresta efectos perjudiciales por reacciones inflamatorias y así reduce la susceptibilidad del hueso afectado a la infección.

La OHB es un tratamiento seguro y eficaz para osteomielitis refractaria en pacientes que han recibido tratamiento médico-quirúrgico adecuado como desbridamientos y la debida antibioticoterapia. Para esto el número de sesiones depende netamente de la evolución clínica favorable de los pacientes y su compromiso con esta, siendo un periodo considerable de 6 a 12 meses con un mínimo de 45 sesiones. Pacientes cuyo seguimiento requieren hasta 9 años debido al grado de lesiones también son rigurosamente controlado(9).

## TERAPIA COADYUVANTE



*Gráfico 7. Sesiones OHB en cámara multiplaza*

La oxigenoterapia como terapéutica coadyuvante es muy útil para la antibioticoterapia parenteral y al desbridamiento quirúrgico. Pacientes que han recibido OHB se ha logrado detener el proceso infeccioso y en ciertos casos prevenirlos. Cuando esta es agregada al protocolo de tratamiento, los pacientes tienen un alto porcentaje de resolución ósea y mejoría clínica. Ya que la fisiopatología del éxito del tratamiento con la OHB es la siguiente: La PTO<sub>2</sub> alta conlleva a la formación de colágeno por parte de los fibroblastos e induce la neo--angiogénesis, los neutrófilos necesitan de presiones altas de oxígeno como mínimo 30 a 40mmHg para fagocitar bacterias en su totalidad. La OHB tiene también efecto bactericida y bacteriostático(9).

Por otra parte, mejora la acción de los antibióticos aminoglucósidos contra bacterias en especial gram negativas. Los osteoclastos para ejercer su función de mejor manera requieren de niveles elevados de oxígeno de manera que pueden remover de forma eficaz tejidos que se encuentran necrosados en el hueso y a su vez, la OHB promueve la síntesis de proteínas para promover la cicatrización de tejidos por parte de los fibroblastos. La OHB se utiliza en casos cuándo tratamientos de base no han dado resultados de forma satisfactoria que en conjunto con antibióticos que van de acuerdo con resultados de biopsias de huesos y sensibilidad testeadas pueden ayudar de manera satisfactoria a reestablecer el flujo sanguíneo regional, promover la cicatrización y estimular agentes antimicrobianos a fagocitar microorganismos patógenos(9).

La inclusión de la OHB en prácticas quirúrgicas como un tratamiento coadyuvante es muy necesaria en casos agudos de trauma en los servicios médicos militares.



Gráfico 8. Fractura expuesta tipo III-C  
Gustillo y Anderson, día 1 (ingreso)



Gráfico 9. 1era semana de hospitalización.  
Colocación de Tutoros externos + 1era sesión.



Gráfico 10. 1er mes de Hospitalización.  
Colocación de fijadores internos + colgajo  
rotacional + 10ma sesión con OHB.



Gráfico 11. Colocación de injerto de piel + 20va  
sesión con OHB.



Gráfico 12. Alta Hospitalaria (65 días tras el ingreso).



Gráfico 13. Control al mes en consulta externa y última sesión con OHB (40 sesiones en total).



Gráfico 14. Estabilidad de extremidad inferior izquierda.



Gráfico 15. Movilidad conservada.

## **CAPITULO III: MARCO METOLÓGICO**

### **METODOLOGIA**

Para poder llegar a resultados claros y obtener un análisis preciso dentro de la investigación, se está empleando el método hipotético deductivo, teniendo como base estudios ya realizados en años anteriores. La organización del estudio es importante, por lo que se ha empleado el método analítico sintético.

### **TIPO DE INVESTIGACION**

Observacional, Transversal, Descriptivo.

### **MUESTRA**

Pacientes que han sufrido fracturas expuestas y han requerido recibir Oxigenoterapia Hiperbárica, durante su estadía hospitalaria, en el Hospital General Hosnag entre el periodo enero 2015 – noviembre 2021

### **CRITERIOS DE INCLUSION**

Pacientes que han recibido entre 10 – 60 sesiones.

Pacientes con diagnósticos de lesiones osteomusculares tipo fractura.

Pacientes con seguimiento en el HOSNAG

### **CRITERIOS DE EXCLUSION**

Pacientes que han recibido < 10 sesiones & > 60 sesiones.

Pacientes que han fallecido en el proceso.

Datos incompletos en la historia clínica.

## **UNIVERSO DE PACIENTES**

El universo de este estudio fue de 311 pacientes de los cuales se obtuvo una muestra representativa de 254 pacientes donde 254 cumplían criterios de inclusión

## **RECOLECCION DE DATOS**

Se realizó la recolección de datos a partir de las historias clínicas electrónicas registradas en el Sistema Integrado de Información de Salud del Hospital Naval de Guayaquil. Los datos fueron recolectados en una computadora portátil personal en una hoja de datos en el programa computacional Microsoft Excel versión 2016.

## **RECURSOS HUMANOS Y FISICOS**

### **HUMANOS**

- Investigadores principales
- Tutora
- Especialistas voluntarios
- Ingeniero de informática y estadística.

### **FISICOS**

- Computadora con acceso al sistema hospitalario
- Computadora portátil personal
- Cámara hiperbárica

## OPERALIZACION DE VARIABLES

Tabla 8. Variables por estudiar dentro del estudio de investigación

Nombre Variables	Definición de la variable	Tipo	RESULTADO
Edad (independiente)	Años	Cuantitativa Discreta	Años
Sexo (independiente)	Femenino Masculino	Cualitativa Nominal	Femenino Masculino
Tiempo de Consolidación ósea	Tiempo	Numérica Discreta	Horas/días /semanas
Etapas de consolidación ósea	Evaluación de recuperación	Cualitativa discreta	Hematoma Callo blando Callo óseo Remodelación del hueso
Numero de Terapias	Total, de terapias	Numérica Discreta	0-20 20-40 40-60
Antibioticoterapia	SI/NO	Cualitativa Nominal	SI/NO
Escala de EVA	Nivel de Dolor	Numérica discreta	1-3 Dolor leve 4-6 Dolor moderado 7-10 Dolor muy severo
Evaluación Radiológica	Evaluación de consolidación	Cualitativa nominal	Con presencia de consolidación Sin presencia de consolidación
Evaluación Funcional	Fisiológico	Cualitativa Nominal	Contracción muscular Si No  Movilidad articular Tolera No tolera  Resistencia No tolera Leve Moderada

## **CONSIDERACIONES BIOÉTICAS**

Se protegerá la confidencialidad de los pacientes desde el momento de la recolección de los datos ya que serán registrados en base a números de acuerdo al orden de recolección y toda información personal que pudiera conectar los datos con el paciente no será incluida en la base de datos ni escrita en ningún medio físico o electrónico.



# CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## RESULTADOS

HOSPITAL GENERAL HOSNAG																		
PROCEDIMIENTOS MEDICOS EFECTUADOS A PACIENTES CON PATOLOGIA M86, M96, S31, S32, S42, S42, S72, S82 DEL SERVICIO DE MEDICINA HIPERBARICA																		
2015 - 2021 NOVIEMBRE																		
COD CIE X	PATOLOGIA	PROCEDIMIENTOS SESIONES							TOTAL	GRUPOS DE EDAD						SEXO	NUMERO DE PACIENTES	
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		1-4 AÑOS	5-14 AÑOS	15-24 AÑOS	25-49 AÑOS	50-64 AÑOS	65 AÑOS Y MAS			MASCULINO
M86	Otras osteomielitis crónicas	710	690	908	688	810	210	484	4398	1	3	14	21	29	4	70	12	83
M96	Trastornos osteomusculares consecutivos a procedimientos, no clasificados en otra parte	20							20						1	1		1
S31	Herida del abdomen, de la región lumbosacra y de la pelvis	174	87	133	56	109	0	68	687			1		14		14	1	15
S320	Fractura de vértebra lumbar	279	149	163	138	125	54	164	1070			8			2	8	2	10
S423	Fractura de la diáfisis del húmero	408	249		140	180			977			14		8		14	8	22
S424	Fractura de la epifisis inferior del húmero	148	85	20	180	290			723					12		12		12
S520	Fractura de la epifisis superior del cúbito	10			280			7	277			6				6		6
S72	Fractura del fémur	420	640	306	600	280	47	40	2233			17		19	1	27	10	37
S723	Fractura de la diáfisis del fémur	340	280			14		128	702					14		14		14
S724	Fractura de la epifisis inferior del fémur	426			220	510			1156					20		20		20
S821	Fractura de la epifisis superior de la tibia	350	272	200	130	173	80	130	1335			14	8			22		22
S822	Fractura de la diáfisis de la tibia	5	140		240			90	475				4	7		10	1	11
S823	Fractura de la epifisis inferior de la tibia	260		310	257	15		3	845				15			1		1
	TOTAL	3124	3018	1940	2805	2566	391	1114	14958	1	3	74	48	123	8	218	35	254

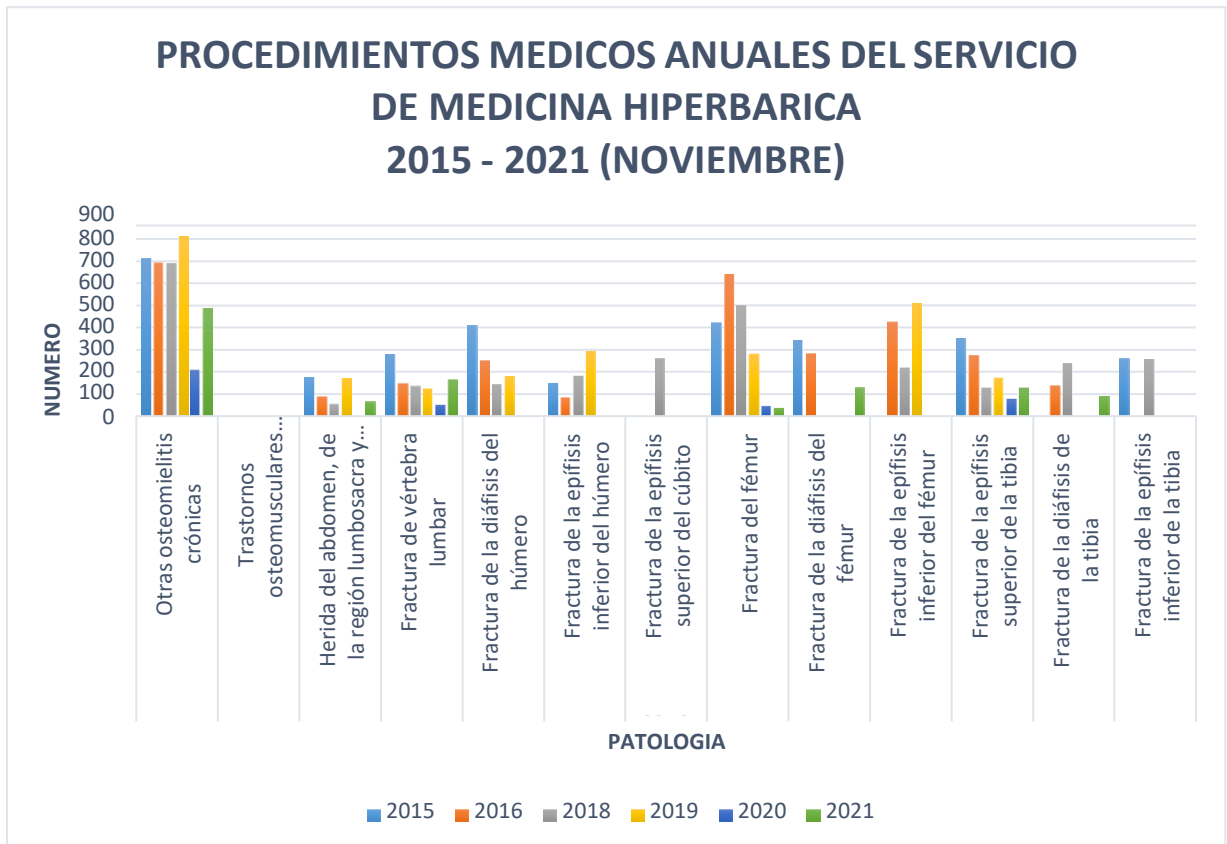


Gráfico 16. GRAFICO DE PATOLOGIAS ATENDIDAS EN EL HOSPITAL HOSNAG Fuente: Almeida y Tapia (2022).

Se presenta grafica general, donde se muestran las lesiones osteomusculares atendidas en Hospital Naval de Guayaquil, desde el año 2015 a 2021, donde se evidencia mayor prevalencia de osteomielitis, fractura de fémur, fractura de epífisis inferior de fémur, fractura de diáfisis de humero, fractura de la epífisis superior de la tibia (**Ver Ilustración 13**).

Se analizaron también las variables de sexo, en la cual se encontró que dentro del periodo comprendido entre el 2015 al 2021 solo 36 pacientes corresponden al sexo femenino, siendo el CIE 10 más prevalente el M886 (38%), seguido del S423 (24%) y S72 (27%) (**Ver gráfico 14**). Comparándolo con el grupo masculino se encontraron entre el periodo 2015 a 2021, 218 hombres, encontrándose los CIE10 más prevalentes M886(31%), S72 (13%) (**Ver gráfico 15**). Por lo tanto, se puede decir que el mayor número de lesiones osteomusculares se encuentra en el grupo de hombres (**Revisar CIE 10 en Anexos**).

Gráfico 17. PACIENTES ATENDIDOS POR SEXO -HOMBRE / MUJERES- Fuente: Almeida y Tapia (2022)

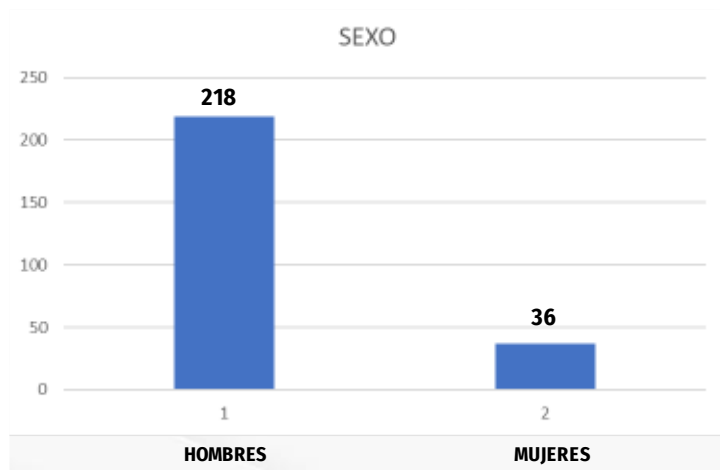
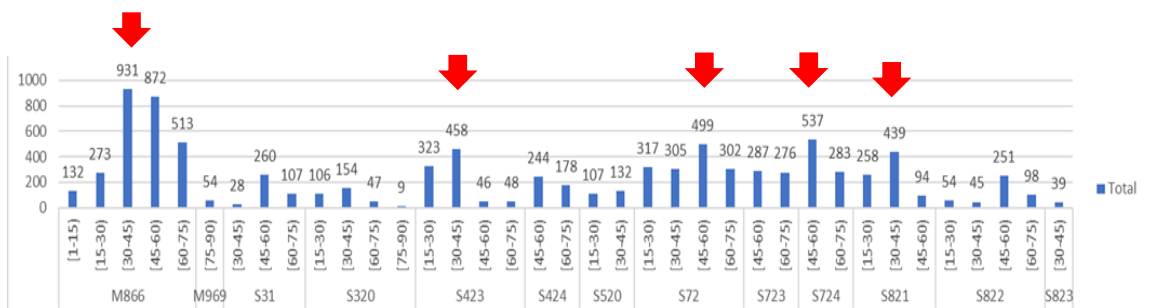


Gráfico 18. NUMERO TOTAL DE SESIONES POR PATOLOGIA TRATADA - Fuente: Almeida y Tapia (2022)



Se analiza también, la variable de tiempo de consolidación (**Ver gráfico 16**), en este caso se sacaron los promedios estimados por semana de consolidación de cada patología, esperando obtener un valor aproximado, sin embargo, es difícil establecer un tiempo exacto, ya que el tiempo de inicio de las terapias es distinto, hay que tener en cuenta también la edad de cada paciente, sus comorbilidades y el tipo de lesión, si está o no expuesto a estrés mecánico o si se encuentra atravesando por algún proceso infeccioso (**Revisar CIE 10 en Anexos**).

Gráfico 19. TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN DE PACIENTES POR PATOLOGIA. Fuente: Almeida y Tapia (2022)

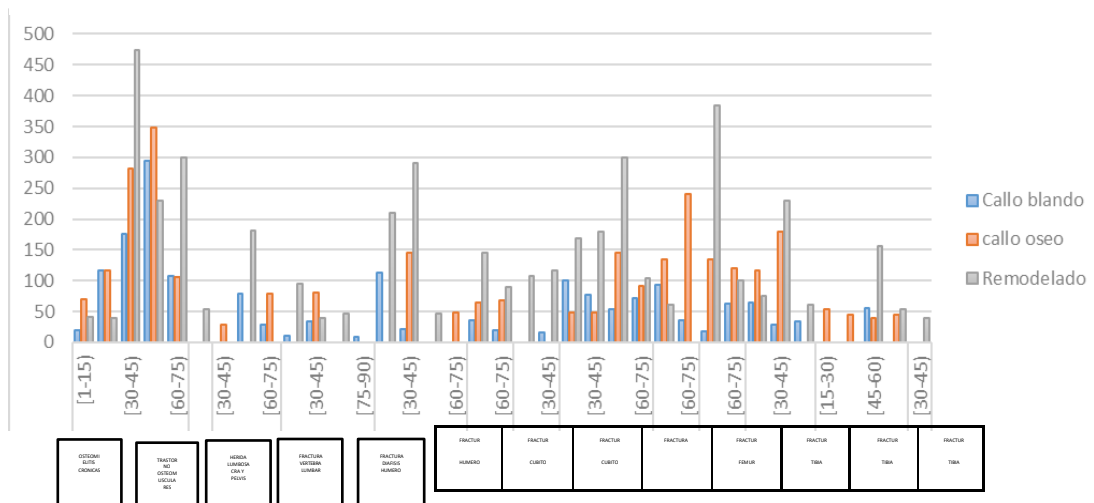
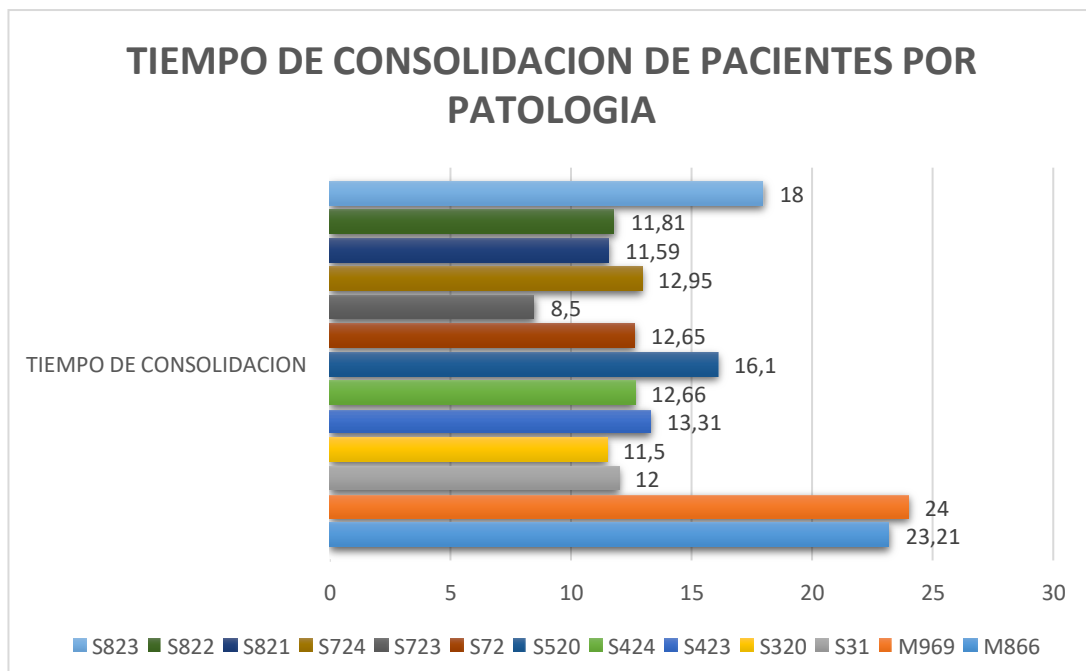


Gráfico 20. FASES DE CICATRIZACION OSEA POR EDAD Y PATOLOGIA. Fuente: Almeida y Tapia (2022)

En la siguiente interpretación del gráfico, se puede demostrar la fase de consolidación evidenciada a través de evaluación radiológica, en la cual se aprecian las fases de callo blando, óseo y fase de remodelación, separados por edad y patología (**Ver gráfico 17**). Se puede observar que los pacientes del grupo de entre 30-47 años, es decir, pacientes jóvenes, tienen mayor posibilidad de llegar rápidamente a la formación de callo óseo o fase de remodelación con las terapias de OHB en comparación los pacientes de mayor edad. Sin embargo, observamos también, que los pacientes de mayor edad logran mejor consolidación en patologías como S724, S31, M866.

De acuerdo con las variables consolidación ósea, evaluación funcional y radiológica, se analiza que 90 de los 254 pacientes que entraron en este estudio, independientemente de la patología a tratar, tuvieron como resultado final remodelación de la fractura con conservación del movimiento (**Ver gráfico 18**), mientras que 73 pacientes tuvieron evaluación radiológica con presencia de callo óseo y conservación de la movilidad (**Ver gráfico 20**), y los 92 pacientes restante están dentro de la fase de callo blando (**Ver gráfico 22**), bien sea por fractura reciente o por consolidación viciosa. Por lo tanto, podemos decir que las terapias con OHB, tienen buenos resultados en pacientes con fractura, ya que después de varias sesiones se puede evidenciar la cicatrización ósea de forma eficaz (**Revisar CIE 10 en Anexos**).

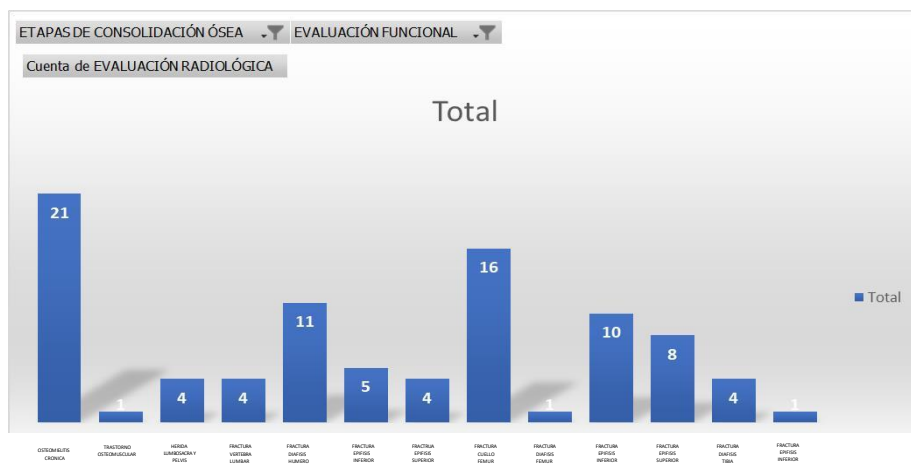


Gráfico 21. FASE DE REMODELACION CON MOVIMIENTO CONSERVADO

Tabla 9. PACIENTES EN FASE DE REMODELADO CON CONSERVACION DEL MOVIMIENTO Fuente: Almeida y Tapia (2022)

ETAPAS DE CONSOLIDACIÓN ÓSEA	Remodelado
EVALUACIÓN FUNCIONAL	Movimiento conservado
Etiquetas de fila	Cuenta de EVALUACIÓN RADIOLÓGICA
OSTEOMIELITIS CRONICAS	21
TRASTORNOS OSTEOMUSCULARES	1
HERIDA EN REGION LUMBOSACRA Y PELVIS	4
FRACTURA DE VERTEBRA LUMBAR	4
FRACTURA DE DIAFISIS DE HUMERO	11
FRACTURA DE EPIFISIS INFERIOR DE HUMERO	5
FRACTURA DE EPIFISIS SUPERIOR DE CUBITO	4
FRACTURA DE CUELLO DE FEMUR	16
FRACTURA DE DIAFISIS DEL FEMUR	1
FRACTURA DE EPIFISIS INFERIOR DEL FEMUR	10
FRACTURA DE EPIFISIS SUPERIOR DE TIBIA	8
FRACTURA DE DIAFISIS DE TIBIA	4
FRACTURA DE LA EPIFISIS INFERIOR DE TIBIA	1
<b>Total general</b>	<b>90</b>

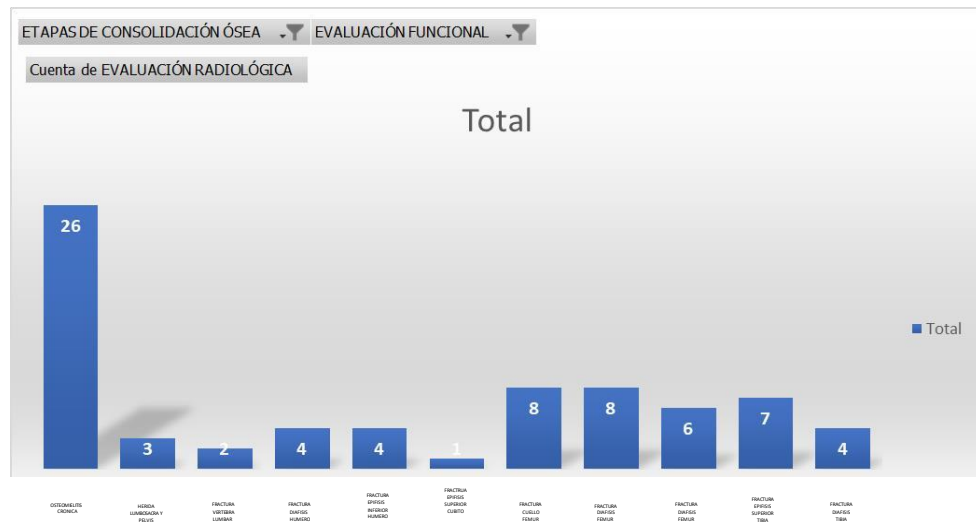


Gráfico 22. PACIENTES CON CALLO OSEO Y MOVIMIENTO CONSERVADO

Tabla 10. PACIENTES CON FORMACION DE CALLO OSEO Y CONSERVACION DEL MOVIMIENTO Fuente: Almeida y Tapia (2022)

ETAPAS DE CONSOLIDACIÓN ÓSEA	callo óseo
EVALUACIÓN FUNCIONAL	Movimiento conservado
<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Cuenta de EVALUACIÓN RADIOLÓGICA</b>
OSTEOMIELITIS CRONICAS	26
TRASTORNOS OSTEOMUSCULARES	3
FRACTURA DE VERTEBRA LUMBAR	2
FRACTURA DE DIAFISIS DE HUMERO	4
FRACTURA DE EPIFISIS INFERIOR DE HUMERO	4
FRACTURA DE EPIFISIS SUPERIOR DE CUBITO	1
FRACTURA DE CUELLO DE FEMUR	8
FRACTURA DE DIAFISIS DEL FEMUR	8
FRACTURA DE EPIFISIS INFERIOR DEL FEMUR	6
FRACTURA DE EPIFISIS SUPERIOR DE TIBIA	7
FRACTURA DE DIAFISIS DE TIBIA	4
<b>Total general</b>	<b>73</b>

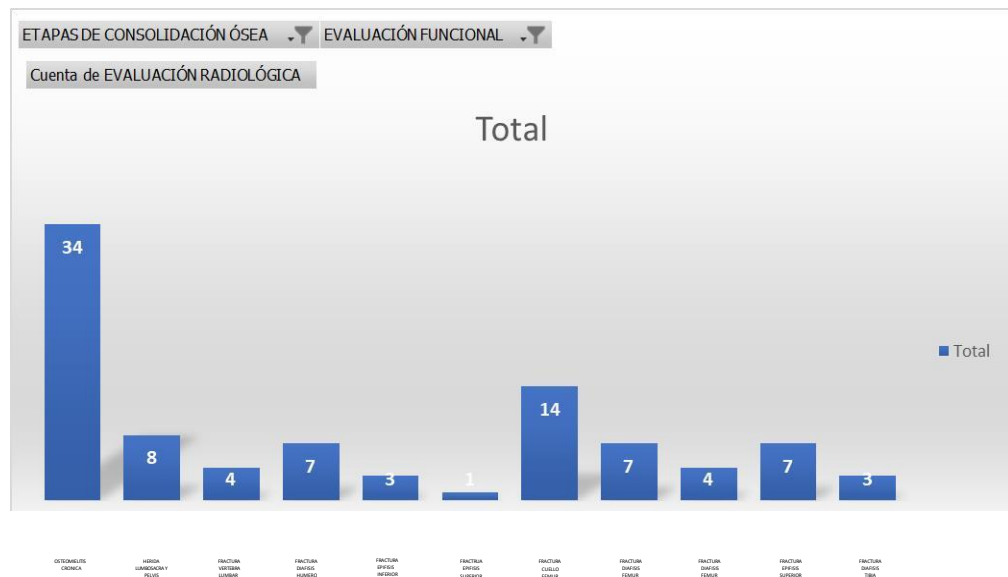


Gráfico 23. PACIENTES CON CALLO BLANDO Y MOVIMIENTO NO CONSERVADO

Tabla 11. PACIENTES CON FORMACION DE CALLO BLANDO SIN CONSERVACION DEL MOVIMIENTO  
Fuente: Almeida y Tapia (2022)

ETAPAS DE CONSOLIDACIÓN ÓSEA	Callo blando
EVALUACIÓN FUNCIONAL	Movimiento no conservado
Etiquetas de fila	Cuenta de EVALUACIÓN RADIOLÓGICA
OSTEOMIELITIS CRONICAS	34
TRASTORNOS OSTEOMUSCULARES	8
FRACTURA DE VERTEBRA LUMBAR	4
FRACTURA DE DIAFISIS DE HUMERO	7
FRACTURA DE EPIFISIS INFERIOR DE HUMERO	3
FRACTURA DE EPIFISIS SUPERIOR DE CUBITO	1
FRACTURA DE CUELLO DE FEMUR	14
FRACTURA DE DIAFISIS DEL FEMUR	7
FRACTURA DE EPIFISIS INFERIOR DEL FEMUR	4
FRACTURA DE EPIFISIS SUPERIOR DE TIBIA	7
FRACTURA DE DIAFISIS DE TIBIA	3
<b>Total general</b>	<b>92</b>

Se aprecia en el siguiente gráfico, el uso dado a la cámara hiperbárica y el número total de pacientes que han recibido terapias OHB en los años comprendidos entre 2015 y 2021 (Revisar CIE 10 en Anexos).

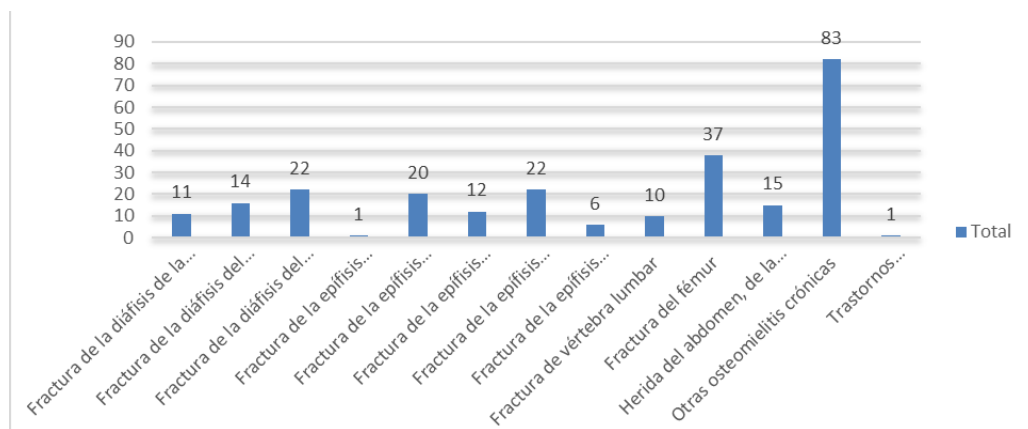


Gráfico 24. Uso de OHB por patología Fuente: Almeida y Tapia (2022).

## DISCUSIÓN

Por el servicio de medicina hiperbárica desde el año 2015 hasta noviembre del 2021, fueron atendidos 254 pacientes con predominio masculino un 86%. Las fracturas expuestas requieren un manejo multidisciplinario para su resolución. Las sesiones de oxigenoterapia hiperbárica por fracturas expuestas, están protocolizadas de 40 a 60 sesiones. La primera semana se debe cumplir los 5 días, posteriormente se realizarán 3 días por semana. Cada sesión dura 1h 40 min. La patología más frecuente que requirió OHB son las fracturas de fémur y de epífisis de tibia.

Según los estudios realizados por Lu Chuanyong et al, en 2013: El oxígeno ambiental afecta la vascularización de los tejidos y la curación de las fracturas, pero que ocurre cuando se aplica oxígeno a grandes presiones y en mayores cantidades, pues, resulta ser beneficioso para la lesión ósea. La hiperoxia aumentó de forma significativa la vascularización tisular, por lo que alteró la curación de fracturas y mejoró la reparación ósea, con consolidación rápida (15). De manera que, al menos 163 de los pacientes sometidos a terapias con OHB, tuvieron resultados favorables, estando en etapas de remodelación y formación de callo óseo, es decir, al hacer una comparativa, podemos decir que las terapias con OHB resultan efectivas para el tratamiento de fracturas.

Stulgis en 2021, realizó un estudio experimental basado en un modelo animal. Desde un inicio se buscó obtener un callo óseo duro que ya estuviese mineralizado en unas 4 a 5 semanas después del trauma. Al aplicar tratamientos OHB, no solo se produjo una mineralización más rápida, sino que también se redujeron de forma significativa las complicaciones asociadas(16).

Los pacientes que presentan complicaciones y tienen comorbilidades van a presentar retardo de consolidación ósea que pueden conllevar a una osteomielitis. Respecto a la edad se evidencio que los rangos de edad 30 a 50 años formaron callo y remodelación ósea precozmente, solo requirieron entre 40 a 60 sesiones. Mientras que pacientes añosos necesitaron entre 50 a 70 sesiones aproximadamente.



Estos pacientes tuvieron mejor pronóstico con respecto a la recuperación de la extremidad afectada yendo de la mano con la estabilidad de sus patologías de base, correcto manejo de antibióticos y rehabilitación, llevan a la normalidad en periodos de 2 - 4 meses, tras el tratamiento definitivo por parte de traumatología como es la colocación de fijadores internos, colgajos e injertos si son necesarios.

Según un estudio realizado por Wu et al en 2007, las terapias con OHB estimulan la proliferación de osteoblastos, observándose una mejor bio-mineralización, un aumento en la recuperación ósea y mejor actividad en cuanto al depósito de calcio y otros compuestos propios del hueso con lo cual se evidencia el gran papel que tiene en la curación de fracturas y su acción en la regeneración ósea(17).

En este trabajo de titulación se revisó caso a caso y se evidenció que el tiempo estimado para la resolución ósea fue entre 2 – 4 meses aproximadamente, observando el callo óseo, la granulación de partes blandas y la mejoría funcional del miembro afectado.

La rehabilitación física fue primordial para recuperar de la articulación afectada y con la evidencia radiográfica del callo óseo, estos pacientes pudieron recuperar la extremidad y continuar con su vida cotidiana. Los ejercicios que realizaron fue fortalecimiento del músculo y terapia de electromagnetismo.

Pacientes que presentaron complicaciones en el tratamiento definitivo, descompensación de sus enfermedades de base y amputación del miembro afectado, la terapia hiperbárica tuvo que ser interrumpida, además de pacientes que abandonaron continuar con OHB por diversos factores como la distancia al centro hospitalario, económico y que renegaban la terapia, su pronóstico fue negativo evidenciándose: retardo de consolidación, necrosis en partes blandas y uso de dispositivos de soporte para poder movilizar

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

En el Hospital Naval a pesar de tener un universo reducido de pacientes, es muy frecuente encontrar las patologías osteomusculares propias de su oficio que requieren mucha carga física y en casos pueden llegar a sufrir este tipo de fracturas. La experiencia que tiene su personal médico es ideal para el manejo de este tipo de pacientes en las que la amputación esta evidenciada en un número muy reducido de pacientes y esto último se lo considera como la última opción, ya que el objetivo principal es lograr la curación definitiva del paciente con una articulación y miembro 100% funcional.

La OHB ayuda a rehabilitar tejidos y estimula la formación de callo óseo a razón de 1 – 2 ATA, con sesiones de 40 – 60 dependiendo del caso. El manejo multidisciplinario ayudará al paciente a una curación más precoz y reduce la posibilidad de amputación del miembro afecto.

De acuerdo con los objetivos planteados para este estudio, la OHB resulta efectiva encunto al número de sesiones que cada paciente requirió, encontrándose mejoría significativa en pacientes jóvenes que recibieron entre 40 y 60 sesiones, con recuperación de la movilidad. Al evaluar la recuperación mediante radiografía, se evidencia mejoría por formación de callo óseo o fase de remodelado.

Los pacientes que fueron sometidos a terapia con OHB tuvieron un inicio de mejoría clínica significativa y evidenciable a partir de los 2-4 meses, con inicio de formación de callo blando y disminución del dolor. Sin embargo, el tiempo de recuperación total varia en cada caso, ya que depende de las comorbilidades, el tipo de fractura y edad del paciente. Por otra parte, las pruebas funcionales en estos pacientes fueron las esperadas, obteniendo una evaluación funcional, con mejor contracción

muscular, mayor tolerancia a la movilidad y menor resistencia, en el tiempo, con cada sesión de OHB. Es concluye que el tiempo de curación es corto usando como terapia coadyuvante la oxigenoterapia hiperbárica.

Las terapias de rehabilitación resultaron efectivas en post tratamiento con terapia hiperbárica, ayudando a una mejor movilidad de la extremidad y normalizando la caminata del paciente

Finalmente, de los 254 pacientes de este estudio, 163 tuvieron buenos resultados (90 con remodelado y conservación del movimiento y 73 con formación de callo óseo y conservación del movimiento), es decir, los 93 pacientes restantes se encuentran en callo blando o con falla de la consolidación, por lo que es resultado de la OHB es satisfactorio con un elevado porcentaje de la remisión ósea.

## **RECOMENDACIONES**

- Las casas de salud deberían contar con cámaras hiperbáricas, ya que en nuestro medio es muy frecuente las fracturas expuestas y sus complicaciones.
- La OHB es ideal como terapia coadyuvante para esta patología.
- La red integral de salud en el Ecuador debe gestionar de mejor forma para que todos los pacientes puedan recibir medicina hiperbárica ya que no todos pueden contar con los recursos suficientes para realizárselas de forma privada.
- El Hospital HOSNAG, está capacitado en manejar este tipo de pacientes por lo que es un sitio ideal para tratarse estas patologías

## BIBLIOGRAFIA

1. Torres-Álvarez P, Quintela-Varela ME. Utilización de la oxigenoterapia hiperbárica en la curación de heridas. Revisión bibliográfica: Enferm DERMATOLÓGICA [Internet]. 13 de diciembre de 2019 [citado 24 de agosto de 2022];13(38):40-7. Disponible en: <https://enfermeriadermatologica.org/index.php/anedidic/article/view/42>
2. Millar IL, McGinnes RA, Williamson O, Lind F, Jansson KÅ, Hajek M, et al. Hyperbaric Oxygen in Lower Limb Trauma (HOLLT); protocol for a randomised controlled trial. BMJ Open [Internet]. 11 de junio de 2015 [citado 24 de agosto de 2022];5(6):e008381. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4466757/>
3. Bennett MH, Stanford RE, Turner R. Hyperbaric oxygen therapy for promoting fracture healing and treating fracture non-union. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 14 de noviembre de 2012 [citado 24 de agosto de 2022];2012(11):CD004712. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7387126/>
4. Commissioner O of the. Oxigenoterapia hiperbárica: Conozca los hechos. FDA [Internet]. 26 de julio de 2021 [citado 24 de agosto de 2022]; Disponible en: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-para-el-consumidor-en-espanol/oxigenoterapia-hiperbarica-conozca-los-hechos>
5. Claramunt J, Desola J, Casamitjana J. Oxigenoterapia hiperbárica. Indicaciones otorrinolaringológicas. 1 de enero de 2007;
6. Hospital Universitario La Zarzuela. Cámara hiperbárica: ¿para qué sirve y cómo funciona? | Sanitas [Internet]. [citado 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.hospitallazarzuela.es/es/actualidad/84/camara-hiperbarica-para-que-sirve-y-que-enfermedades-trata>.

7. Gaibor Chica VG. Eficacia de la oxigenoterapia hiperbárica en retardo de la consolidación ósea en pacientes de entre 25 a 65 años en el Hospital General Naval de Guayaquil entre los años 2009 - 2019. 3 de mayo de 2020 [citado 24 de agosto de 2022]; Disponible en:<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14931>
8. Cardona DG. ¿Para qué sirve la cámara hiperbárica? [Internet]. canalSALUD. 2021 [citado 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.salud.mapfre.es/enfermedades/reportajes-enfermedades/para-que-sirve-camara-hiperbarica/>
9. Subbotina N. Medicina hiperbárica. Buenos Aires: N. Subbotina; 2006.
10. Mayo Clinic. Oxigenoterapia Hiperbarica [Internet]. Mayo Clinic. [citado 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/hyperbaric-oxygen-therapy/about/pac-20394380?p=1>
11. Empleo de la oxigenoterapia mediante cámara hiperbárica en cirugía oral y maxilofacial [Internet]. [citado 24 de agosto de 2022]. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1130-05582006000100001&lng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-05582006000100001&lng=es).
12. Iriarte Ortabe JI, Batle Vidal JM, Urdiain Asensio M, Caubet Biayna J, Morey MasMA, Collado Lopez J, et al. Empleo de la oxigenoterapia mediante cámara hiperbárica en cirugía oral y maxilofacial. Rev Esp Cir Oral Maxilofac [Internet]. febrero de 2006 [citado 24 de agosto de 2022];28(1):07-24. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1130-05582006000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1130-05582006000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
13. Castillo D. P. Colgajos musculares y musculocutáneos: Conceptos generales. Cuad Cir [Internet]. diciembre de 2003 [citado 24 de agosto de 2022];17(1):71-4. Disponible en: <http://revistas.uach.cl/pdf/cuadcir/v17n1/art12.pdf>

14. Biobarica. La oxigenación hiperbárica esencial en injertos y colgajos [Internet]. [citado 24 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://medicina-hiperbarica-hospitales.es/especialidades/problemas-vasculares/injertos-colgajos>
15. Lu C, Saless N, Wang X, Sinha A, Decker S, Kazakia G, et al. The role of oxygen during fracture healing. Bone [Internet]. 1 de enero de 2013 [citado 30 de agosto de 2022];52(1):220-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S8756328212013063>
16. Stulgis RM. Estudio experimental de oxígeno terapia hiperbárica para cirugía bucomaxilofacial, traumatología y osteología [Internet] [Tesis]. Universidad Nacional de La Plata; 2021 [citado 30 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/137511>
17. Wu D, Malda J, Crawford R, Xiao Y. Effects of Hyperbaric Oxygen on Proliferation and Differentiation of Osteoblasts from Human Alveolar Bone. Connect Tissue Res [Internet]. 1 de enero de 2007 [citado 30 de agosto de 2022];48(4):206-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/030082007014587>

## ANEXOS

Tabla 7. CIE 10 – NUMERO DE PROCEDIMIENTOS DE SESIONES ANUALES

COD CIE X	PATOLOGIA	PROCEDIMIENTOS SESIONES						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M866	Otras osteomielitis crónicas	710	690	808	686	810	210	484
M96	Trastornos osteomusculares consecutivos a procedimientos, no clasificados en otra parte	20						
S31	Herida del abdomen, de la región lumbosacra y de la pelvis	174	87	133	56	169	0	68
S320	Fractura de vértebra lumbar	279	149	163	136	125	54	164
S423	Fractura de la diáfisis del húmero	408	249		140	180		
S424	Fractura de la epífisis inferior del húmero	148	85	20	180	290		
S520	Fractura de la epífisis superior del cúbito	10			260			7
S72	Fractura del fémur	420	640	306	500	280	47	40
S723	Fractura de la diáfisis del fémur	340	280			14		128
S724	Fractura de la epífisis inferior del fémur		426		220	510		
S821	Fractura de la epífisis superior de la tibia	350	272	200	130	173	80	130
S822	Fractura de la diáfisis de la tibia	5	140		240			90
S823	Fractura de la epífisis inferior de la tibia	260		310	257	15		3
	<b>TOTAL</b>	<b>3124</b>	<b>3018</b>	<b>1940</b>	<b>2805</b>	<b>2566</b>	<b>391</b>	<b>1114</b>
	PORCENTAJE	21%	20%	13%	19%	17%	3%	7%



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Almeida Briones, Carlos Eduardo** con C.C: # **0926083130** y **Tapia Alburquerque, Manuel Alejandro** con C.C: # **0951125491** autores del trabajo de titulación: **Eficacia del uso de la cámara hiperbárica en lesiones osteomusculares tipo fractura en el Hospital Naval De Guayaquil en el periodo 2015-2021**, previo a la obtención del título de **MEDICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

**Guayaquil, 15 de septiembre de 2022**

**Almeida Briones, Carlos Eduardo**  
C.I.: 0926083130

**Tapia Alburquerque, Manuel Alejandro**  
C.I.: 0951125491





## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Eficacia del uso de la cámara hiperbárica en lesiones osteomusculares tipo fractura en el Hospital Naval De Guayaquil en el periodo 2015-2021.		
<b>AUTOR</b>	Almeida Briones, Carlos Eduardo Tapia Alburquerque, Manuel Alejandro		
<b>TUTOR</b>	Dra. Soria Segarra, Carmen Gabriela		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica De Santiago De Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ciencias Médicas		
<b>CARRERA:</b>	Medicina		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Medico		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	15 de septiembre Del 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	57
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Traumatología, Medicina Interna, Radiología		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Oxigenoterapia, Sepsis, Consolidación, Osteomuscular, Fractura, Osteomielitis		
<p><b>Introducción:</b> Las lesiones osteomusculares, en especial las fracturas de hueso pueden producir un descenso de la PO<sub>2</sub> en la región intramedular por debajo de los 30 mmHg. En esta condición es adecuado el tratamiento con OHB, ya que mejora de forma ostensible la PO<sub>2</sub> (cerca de 100 mmHg) en los tejidos, facilitando así la respuesta inmunitaria de los leucocitos, osteogénesis y finalmente la neovascularización. <b>Metodología:</b> Observacional, Transversal, Descriptivo. Para poder llegar a resultados claros y obtener un análisis preciso dentro de la investigación, se está empleando el método hipotético deductivo, y el método analítico sintético. <b>Resultados:</b> De acuerdo con las variables consolidación ósea, evaluación funcional y radiológica, se analiza que 90 de los 254 pacientes que entraron en este estudio, independientemente de la patología a tratar, tuvieron como resultado final remodelación de la fractura con conservación del movimiento, mientras que 73 pacientes tuvieron evaluación radiológica con presencia de callo óseo y conservación de la movilidad. <b>Discusión:</b> Respecto a la edad se evidencio que los rangos de edad 30 a 50 años formaron callo y remodelación ósea precozmente, solo requirieron entre 40 a 60 sesiones. Mientras que pacientes añosos necesitaron entre 50 a 70 sesiones aproximadamente. Estos pacientes tuvieron mejor pronóstico con respecto a la recuperación de la extremidad afectada yendo de la mano con la estabilidad de sus patologías de base, correcto manejo de antibióticos y rehabilitación. <b>Conclusiones:</b> La OHB resulta efectiva en cuanto al número de sesiones que cada paciente requirió, encontrándose mejoría significativa en pacientes jóvenes que recibieron entre 40 y 60 sesiones, con recuperación de la movilidad. Al evaluar la recuperación mediante radiografía, se evidencia mejoría por formación de callo óseo o fase de remodelado.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 998539667	<b>E-mail:</b> carlos.almeida04@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Ayon Genkuong, Andrés Mauricio		
	<b>Teléfono:</b> +593997572784		
	<b>E-mail:</b> andres.ayon@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			