

REVISTA VIRTUAL DE MEDICINA HIPERBARICA

Editada por CRIS-UTH - Barcelona y el
COMITE COORDINADOR DE CENTROS DE MEDICINA HIPERBARICA (CCCMH) de
España

OXÍGENO HIPERBÁRICO Y OSTEOINTEGRACIÓN

Tania Capote González¹, Luis Acuña San Martín²

(1) Jefa Servicio de Baromedicina - (2) Médico Bioestadístico,

Unidad de Control de Gestión
Hospital del Trabajador
Santiago de Chile, Chile

Recibido: 29-Oct-2011 - Insertado: 2-Feb-20120 - Actualizado: -

RESUMEN

Preámbulo. Al fijar la prótesis directamente al muñón óseo, la *osteointegración* se convierte en una extraordinaria alternativa para la rehabilitación de los pacientes amputados. El HTS es uno de los pocos centros en el mundo con la capacidad y experiencia para llevar a cabo este procedimiento, el cual ha ido siendo optimizado por medio de un trabajo multidisciplinario donde la Baromedicina se ha instalado como un innovador estándar. **Objetivos.** Este trabajo se propone describir el rol que el Oxígeno Hiperbárico pretende en este grupo de pacientes y sus resultados en los últimos dos años. **Métodos.** Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo a través del reporte médico diario generado en la atención diaria en Barocámara del HTS en los 21 pacientes osteointegrados durante el periodo comprendido entre marzo de 2010 y junio de 2011, constatando las complicaciones y el dolor percibido. **Resultados.** Todas las complicaciones experimentan una reducción para los pacientes intervenidos durante el 2011 y corresponden tanto a las generadas por el trauma quirúrgico como a las derivadas de la acción de los analgésicos opiáceos. Las complicaciones atribuibles a Baromedicina no superan el 15% y son de carácter leve. Más del 80% de las veces los pacientes egresan del servicio con su herida cicatrizada, el resto lo hace parcialmente. La analgesia más aceptable se consigue hacia la 3ª o 9ª semana según el periodo del que se trate. **Conclusiones.** El oxígeno hiperbárico se ha establecido como una indicación médica bastante inocua pero eficiente en su propósito de contribuir a la cicatrización y la analgesia de los pacientes osteointegrados. La notable disminución en las complicaciones derivadas tanto de la cirugía como de la analgesia pueden relacionarse a un mejor ajuste de las indicaciones y estandarización en la atención.

Palabras clave: Baromedicina, osteointegración, analgesia, herida operatoria, barotrauma.

Correspondencia:

Tania Capote González

Hospital del Trabajador Santiago

Cuarto piso, Ramón Carnicer 201, Providencia.

E-mail: tcapote@hts.cl

OXÍGENO HIPERBÁRICO Y OSTEOINTEGRACIÓN

Tania Capote González, Luis Acuña San Martín

REVISTA VIRTUAL DE MEDICINA HIPERBARICA - <http://www.ccmh.com/REVISTA-OHB/Revista-OHB.htm>

INTRODUCCION

La Osteointegración corresponde a un tipo de intervención médica de vanguardia, complejo, llevado a cabo por contados equipos en el mundo y que ha convulsionado el mundo de la Rehabilitación al abrir un campo de posibilidades en la mejora de la calidad de vida de los pacientes amputados. En los últimos años el HTS se ha ido consolidando como uno de estos centros, constituyéndose por propio derecho en un referente internacional en esta materia. Con el fin de optimizar sus resultados, los esfuerzos quirúrgicos han sido complementados con un soporte multidisciplinario sólido donde la Baromedicina ha jugado un rol diferenciador al aportar con un tipo de intervención no incluida en otros sitios pero que cuenta con un amplio respaldo en la literatura biomédica. A su vez, el trabajo más pausado y el contacto más prolongado de sus expertos con los pacientes parece otorgar a esta disciplina un lugar privilegiado para observar y evaluar la evolución de cada caso. Este primer trabajo tiene como propósito mostrar los resultados del oxígeno hiperbárico en el grupo de pacientes osteointegrados del HTS, así como describir la evolución del dolor y la aparición de complicaciones durante este complejo proceso.

FUNDAMENTOS

Concepto de *Osteointegración*. Aunque en un sentido práctico, a nivel de nuestro trabajo como hospital de trauma, la osteointegración es una técnica que consiste en la fijación directa de una prótesis al muñón óseo, en su sentido más amplio la **osteointegración** se define como la conexión directa estructural y funcional entre el hueso vivo, ordenado, y la superficie de un implante sometido a carga funcional. Sea de la naturaleza que sea, la superficie del implante osteointegrado que establece contacto íntimo con el hueso debe ser máxima para que la posterior distribución mecánica y funcional sea la máxima BRA1959.

Definiciones. La OSTEOINDUCCIÓN es el proceso en que el contacto de la superficie del implante con células indiferenciadas promueve la diferenciación celular que induce la creación de tejido óseo maduro. La OSTEOCONDUCCIÓN es la transmisión de la osteoinducción por las diferentes capas del tejido óseo.

Historia. Desde los trabajos pioneros de Per-Ingvar Branemark de la Universidad de Lun en Suecia en el año 1952, en implantes de titanio en huesos de conejo, esta técnica se ha extendido poco y existen contados cirujanos con experiencia. En el Hospital Universitario de Goteborg en Suecia se han realizado la mayoría de estas intervenciones a través de Richard Branemark y su equipo. También se lleva a cabo en el Hospital Queen Mary de Roehampton en Inglaterra desde el año 1997, mientras que en Melbourne (Australia), y en asociación con la Universidad de Monash, se han ejecutado también algunas intervenciones y existe un grupo de investigación que se dedica a al estudio de la biomecánica de los implantes de titanio en amputados. En Europa (fuera de Suecia e Inglaterra) se han realizado casos aislados de intervenciones quirúrgicas la mayoría bajo la supervisión de Rickar Branemark [ADE1990] [BRA2001], quien también supervisa los casos de nuestro hospital.

Procedimiento. Para su implementación el procedimiento requiere de dos intervenciones quirúrgicas. En la primera de ellas se coloca la base del implante dentro del canal medular del hueso del muñón, tras lo cual se aguarda un plazo de seis meses a la espera de la fusión entre implante y hueso. En la segunda intervención se coloca un

OXÍGENO HIPERBÁRICO Y OSTEointegración

Tania Capote González, Luis Acuña San Martín

REVISTA VIRTUAL DE MEDICINA HIPERBARICA - <http://www.ccmh.com/REVISTA-OHB/Revista-OHB.htm>

implante de titanio a modo de tornillo roscado que se fija a la base dejando la porción distal del implante fuera de la piel. Tras dos meses se inicia la carga [FRO2003].

Introducción al Oxígeno Hiperbárico. La *Terapia de Oxígeno Hiperbárico* (OHBT) consiste en aplicar al paciente oxígeno al 100% a una presión atmosférica mayor a 1,4 atmósferas absolutas sobre el cuerpo entero o a través de mascarar especiales, de manera intermitente, la cual puede producir una tensión de oxígeno arterial superior a 2000 mmHg [KIN1992]. La OHBT activa los procesos biosintéticos y reparativos, incluyendo la proliferación de fibroblastos y, subsecuentemente, la de colágeno que estimula la angiogénesis capilar, resultando en una mejor irrigación y estructuración del hueso [FUL2000]. Existe coincidencia entre los distintos centros en que la incidencia de complicaciones por el uso de OHBT es del orden del 1 al 2% de los casos tratados, siendo estas la barootitis media (barotrauma del oído medio), la ansiedad por confinamiento y la toxicidad por oxígeno del sistema nervioso central, sin embargo, estos efectos colaterales no la menoscaban como medida terapéutica al tratarse de daño mínimo comparado respecto a los beneficios que ésta otorga a la convalecencia del paciente [BOR1997] [KIN1992].

OHBT y herida operatoria. La literatura y los protocolos existentes en distintos lugares del mundo apoyan su uso pre y post quirúrgico: contar con OHBT en ambas significaría un incremento de la osteoconducción, osteoinducción, osteogénesis, cicatrización y angiogénesis [BRI1994] [GRA001]. Los efectos de los diversos protocolos de OHBT en la curación de lesiones óseas han sido ampliamente investigados: la OHBT incrementa la formación de tejidos duros como la matriz ósea y su mineralización 9-10-11. En la búsqueda de mediadores de estos efectos se han propuesto una serie de factores, como lo son la IL-1, IL-6, TFG- β , PDGF, FGF-I y FGF-I, factores fundamentalmente quimiotácticos y/o mitogénicos y que parecen regular la acumulación de células y su proliferación en las fases iniciales de la consolidación. Otros factores (BMPs, IGF-1, IGF-2) regulan la diferenciación celular en sentido osteoblástico. Las proteínas óseas morfogénicas más implicadas en el proceso de consolidación son la BMP-2 y la BMP-7 (proteína osteogénica 1, OP-1). La *fibronectina* es otro mediador que muestra incremento sérico en respuesta a oxígeno hiperbárico en estudios in vivo. Estudios experimentales han mostrado también una mejora sustancial en la cicatrización de tejidos óseos, la unión de Calcio y la resistencia ósea a la fractura. Es notable también la demostración de mayor depósito óseo en implantes en respuesta a oxígeno hiperbárico, así como la mayor proporción de tejido óseo en relación con el cartílago y la mejor organización tisular. El uso del OHBT complementario para mejorar la cicatrización ósea en los trasplantes de hueso autógeno se ha investigado en la observación histológica de los injertos ilíacos colocados en defectos mandibulares animales, revelando que la OHBT alienta la formación de nuevos vasos a la semana y el depósito de hueso nuevo en un plazo de dos puntos [SAW1996] [JAN2010].

Su uso en nuestro medio. Aunque no exista aún evidencia experimental fuerte que sustente su utilización en heridas operatorias, existe consenso internacional en que la OHBT es una alternativa terapéutica que debe ser considerada en heridas difíciles si localmente se dispone de un equipo entrenado [LEA1998]. A su vez, se corresponde con una de las indicaciones aprobadas por la Undersea Medical Society MS, como es el ítem de *problemas seleccionados en heridas* [AUE2007].

OBJETIVOS

Describir los resultados de la OHBT en la población de pacientes osteointegrados del HTS en términos de condición de herida operatoria, analgesia y complicaciones. Valorar estos resultados en el contexto del conjunto de medidas terapéuticas dispuestas en el post-operatorio de este grupo de pacientes.

METODOLOGÍA

Se realiza un estudio descriptivo retrospectivo utilizando el registro diario de los pacientes osteointegrados durante el periodo de tratamiento en Baromedicina acordado y detallado en protocolo multidisciplinario, entre marzo de 2010 y junio de 2011. El registro individual comprende información general y variables como la presencia de complicaciones quirúrgicas, de OHBT y farmacológicas, así como el estado de la herida operatoria al alta. La sospecha de barotrauma fue evaluada específicamente según el protocolo de la unidad, con otoscopia que termina clasificando el daño según *Escala de Teed*. También se lleva un registro individual sesión a sesión con la percepción de la intensidad del dolor a través de escala EVA [BIL1990] [BUG1989] [BIJ2001] según se explicita en el protocolo analgésico ad hoc (se anexa). Los datos fueron exportados a Stata 11, aplicándose prueba de Fisher en las tablas de contingencia, regresión logística en la búsqueda de predictores de variables dicotómicas, prueba de medianas para comparar datos numéricos y ordinales y prueba de McNemar para comparar variables binarias, considerando un nivel de significación del 95%.

RESULTADOS

Generalidades. El protocolo considera 20 sesiones en la barocámara, cada una de 90 minutos a 2,2 ATA, 5 veces a la semana. La gran mayoría cumplió 20 sesiones y sólo un paciente recibió menos de 16 sesiones (tabla 1). Durante el periodo de estudio fueron atendidos 21 pacientes osteointegrados, los que en razón de los próximos estudios de seguimiento son subdivididos a partir de este trabajo en 2 *cohortes* según se trate de los pacientes operados en el año 2010 o en el 2011. Por protocolo del hospital, a todos los pacientes osteointegrados se les indica TOHB. De todos ellos, sólo uno no fue incluido en TOHB por rechazo voluntario. La mediana de la **edad** es de 47 años y la dispersión es amplia, con un rango intercuartil de 19 años (figura 1), sin que se evidencien diferencias significativas entre cohortes por prueba de medianas. Con una sola excepción, el **sexo** de los pacientes es masculino. La **latencia** entre la fecha de la amputación y la cirugía osteointegradora tiene una gran dispersión y muestra una mediana de 710 días con un rango intercuartil de 2.606, sin que existan diferencias de interés entre cohortes⁵. Más aún, la proporción de pacientes que son operados con una latencia inferior a un año se mantiene entre cohortes (figura 2, tabla 2). En cuanto al **tipo de amputación**, para cerca de 3 de cada 4 pacientes se trata de amputación de EEII infra-condílea, mientras que 1 de cada 4 se osteointegran de EESS. (figura 3, tabla 3).

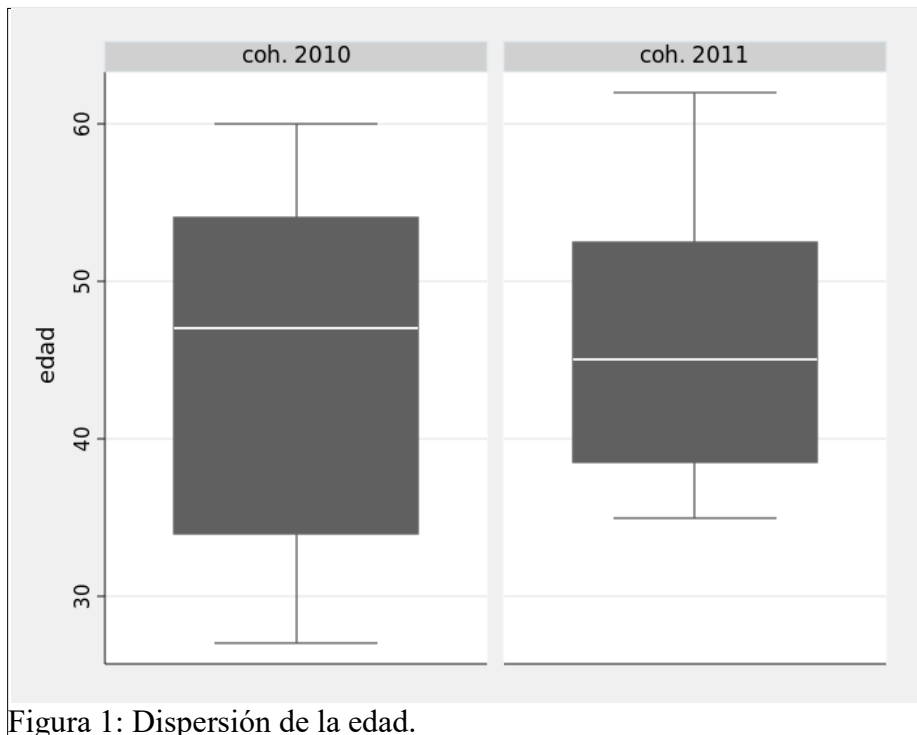


Figura 1: Dispersión de la edad.

Tabla 1: Intervalo de tiempo entre amputación y osteointegración.

n° sesiones	frec.	%	% acum.
20	16	76,19	76,19
19	2	9,52	85,71
9	1	4,76	90,48
16	1	4,76	95,24
18	1	4,76	100,00
total	21	100,00	

Tabla 2: Latencia entre amputación y osteointegración:

latencia	coh. 2010	coh. 2011	total
menos de 1 año	4	2	6
más de 1 año	8	6	14
total	12	8	20

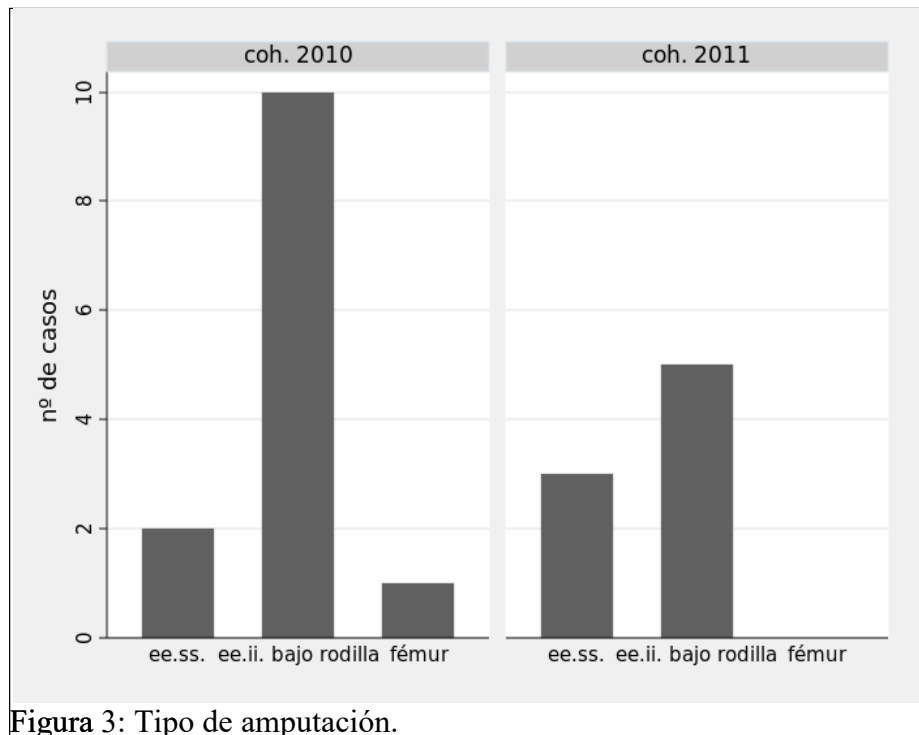


Figura 3: Tipo de amputación.

Tabla 3: Tipo de amputación:

tipo amputación	coh. 2010	coh. 2011	Total
ee.ss.	2	3	5
ee.ii. bajo rodilla	10	5	15
fémur	1	0	1

Herida operatoria. A su egreso de la barocámara un 80% de los pacientes lo hace con su herida operatoria completamente cicatrizada y el resto lo hace en forma parcial. Una mayor latencia entre amputación y cirugía no se asocia a a falta de cicatrización, por regresión logística, como tampoco lo hacen una mayor edad 7 ni el pertenecer a una cohorte en especial por test de Fisher (tabla 4). de complicaciones quirúrgicas. En cambio, la presencia de complicaciones quirúrgicas sí se relaciona con una mayor probabilidad de egreso sin cicatrización completa de la herida operatoria por prueba de McNemar.

Tabla 4: Condición de herida operatoria al alta:

condición	coh. 2010	coh. 2011	total
no cicatrizada	3	1	4
cicatrizada	10	7	17

Analgesia. Prácticamente todos los pacientes requieren de refuerzo analgésico opiáceo (Tramadol) por vía oral o transcutánea durante alguna de las 20 sesiones en la barocámara, pero existe una notable diferencia en el total de dosis necesarias según la cohorte de la cual se trate, promediando 6 para el periodo 2010 y 2 para el 2011 (figura 4).

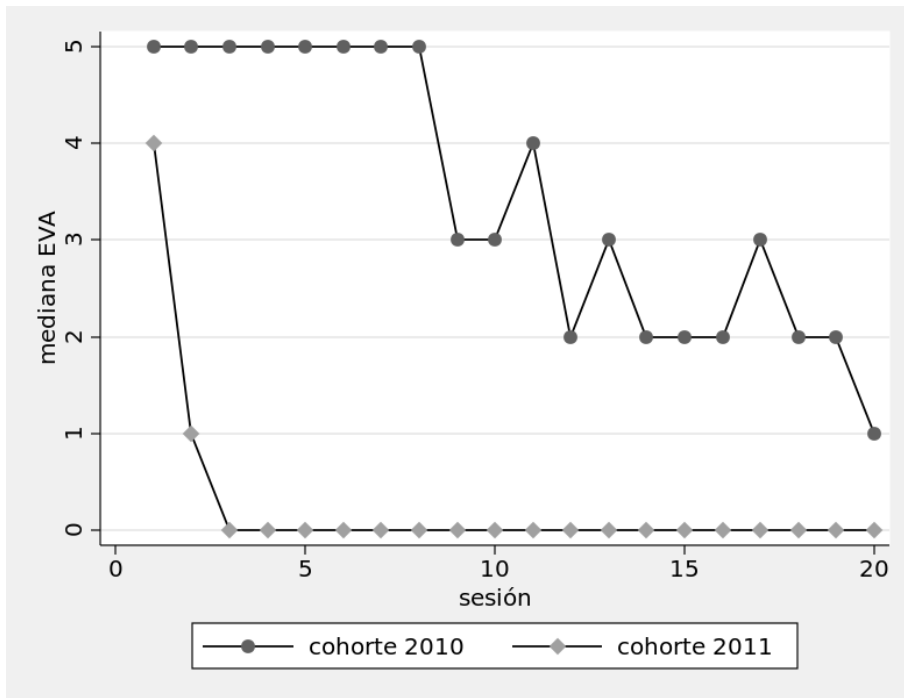


Fig 3.

El dolor percibido por los pacientes disminuye progresivamente a medida que avanza la OHBT pero la cohorte 2011 alcanza mejor nivel (analgesia completa) y lo hace en menos tiempo: a contar de la segunda sesión en lugar de la novena (figura 5, figura 6).

Complicaciones. La constatación de complicaciones de la cirugía o el tratamiento disminuyeron dramáticamente para los pacientes intervenidos este año (tabla 5), de los cuáles sólo uno sufrió reacción adversa a opiáceos, revirtiendo el comportamiento previo (figura 7).

- Las complicaciones *quirúrgicas* más frecuentes correspondieron a injerto y colgajo comprometidos, infección de herida operatoria y escara superficial.
- Los *opiáceos* fueron fuente de reacciones adversas de carácter tanto general (mareos, náuseas, dolor abdominal) como local (reacciones cutáneas).
- Las complicaciones derivadas de la OHBT se limitaron al barotrauma reportado en 3 pacientes durante el periodo 2010.

Tabla 5: Reporte de complicaciones según cohorte:

cohorte	quirúrgicas	barocámara	opiáceos	cutáneas
coh. 2010	10	3	8	9
coh. 2011	0	0	1	0
total	10	3	9	9

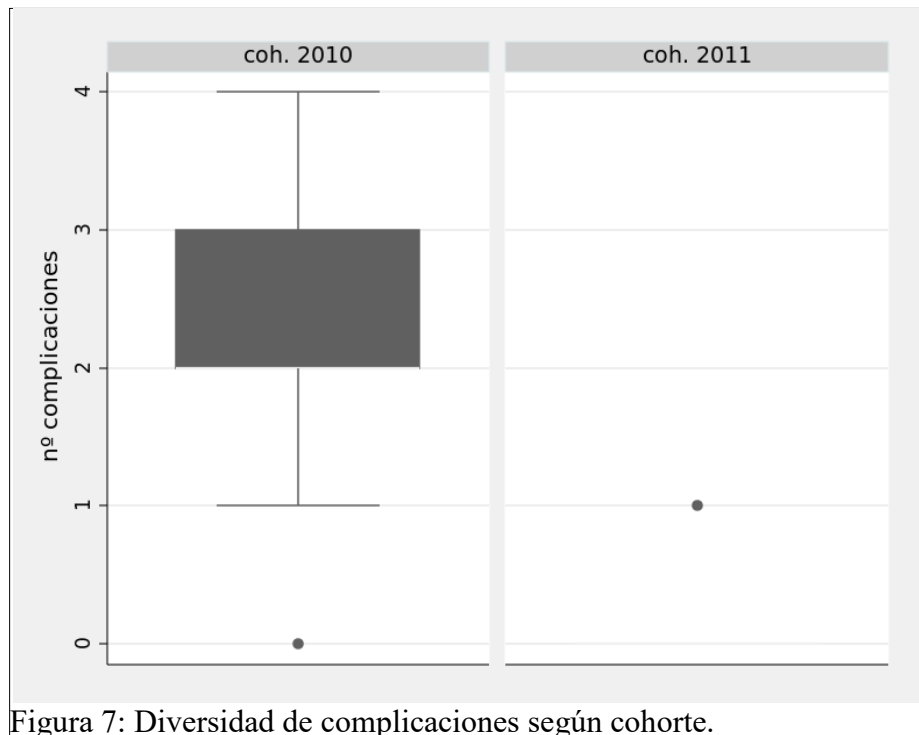


Figura 7: Diversidad de complicaciones según cohorte.

DISCUSIÓN

Frente al desarrollo de un procedimiento novedoso y complejo como la osteointegración, es difícil no poner al servicio del paciente todos los medios técnicos disponibles para asegurar el éxito del tratamiento y eso explica que este trabajo se limite a describir y no a someter a prueba la efectividad de la OHBT sobre la curación de la herida operatoria y la analgesia, cuestiones que deben postergarse o quizás estudiarse a través de otros medios (por ejemplo, a través de los pacientes que más adelante salgan del protocolo en forma excepcional). Aún así, la OHBT cuenta con un respaldo experimental sólido a nivel de Ciencias Básicas y constituye una terapia segura y bien tolerada [PLA2000], como queda comprobado con este estudio: las complicaciones fueron menores y se limitaron al *barotrauma ótico*, en concordancia con el reporte que se hace en la literatura (3 a 20%, [LEA1998] [FIT1999]).

Desde este estudio salta a la vista la enorme diferencia que existe entre el grupo de pacientes intervenidos entre uno u otro año: las complicaciones se redujeron en forma dramática y la analgesia se hace adecuada a los pocos días de iniciarse la OHBT. Con poblaciones casi indistinguibles tanto en sus características generales como respecto de sus afecciones y el momento de la evolución en el cual se realiza la intervención, no cabe sino poner el foco de análisis en las intervenciones realizadas y en los equipos que las realizaron, sin embargo, no se comprueban diferencias de este tipo entre uno y otro año: el grupo profesional es el mismo, las intervenciones son las mismas. Aunque resulte atractivo pensar en que la diferencia es la experiencia ganada por el equipo quirúrgico, tiene mayor rigor suponer que esta experiencia abarca a las distintas disciplinas involucradas, lo que se traduce en mejores procedimientos analgésicos, mejores prácticas clínicas y mayor afiatamiento entre servicios clínicos, variables que deberían ser estudiadas por métodos cuantitativos y cualitativos pero que superan el propósito de esta primera comunicación.

Volviendo al rol de la OHBT, este trabajo muestra, en forma secundaria, cómo el modo de abordaje de la atención de sus pacientes coloca al equipo de Baromedicina en una posición privilegiada para la observación y la investigación clínica, tan necesaria en esta disciplina como en el desarrollo de la Osteointegración.

BIBLIOGRAFIA

- [ADE1990] ADELL R, ERICKSSON B, KEKHOLM U, BRÅNEMARK P-I, JEMT T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990 5:347-59.
- [AUE2007] Auerbach. Wilderness Medicine. 5th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2007. Chapter 71, Hyperbaric Medicine; p. 1638-1654.
- [BAR1990] BARTH SULLIVAN E, T, E. BERG animal modelo para la evaluación de la reparación ósea y con oxígeno hiperbárico como complemento sin tratamiento (HBO): 392 dosis de comparar las listas. *J. Invertir Surg.* 1990 3:387.
- [BIJ2001] Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad Emerg Med.* 2001;8:1153-7.
- [BIL1990] Bilbeny N. Medición del dolor en clínica. En Paeile C, Saavedra A (Eds). *El Dolor. Aspectos Básicos y Clínicos.* Santiago: Mediterráneo, 1990: 87-1012.
- [BOR1997] BORROMEO CN, RYAN JL, MARCHETTO PA, PETERSON R, BOVE AA. Hyperbaric oxygen therapy for acute ankle sprains. *Am J Sports Med.* 1997 25(5):619-25.
- [BRA1959] BRÅNEMARK P-I. Vital microscopy of bone marrow in rabbit. *Scand J Clin Lab Invest* 1959 11 Suppl 38: 1-82.
- [BRA1983] BRÅNEMARK P-I. Osseointegration and its experimental studies. *J Prosthetic Dentistry* 1983 50:399-410.
- [BRA2001] RICKARD BRÅNEMARK, MD, PhD; P-I BRÅNEMARK, MD, PhD; ROBERT R. MYERS, PhD. Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation. *J Rehabil Res Dev* 2001 2:175-81.
- [BRI1994] BRITT M, CALHOUN J, MADER TJ. The use of hyperbaric oxygen in the treatment of osteomyelitis. En: *Kindwall EP, ed. Hyperbaric Medicine Practice, Flagstaff, Ariz Best.* 1994: 419-27.
- [BUG1989] Bugeo G, Dagnino J, Muñoz H, Torregrosa S. Escala visual análoga: Comparación de seis escalas distintas. *Rev Chil Anestesia* 1989; 18: 132..
- [COU1996] COULSON DB, ABJR FERGUSON, RCJR DIEHL. Efecto del oxígeno hiperbárico en el fémur de curación de la rata *Surg Foro* 1996 449-450. 17
- [FIT1999] Fitzpatrick DT, Franck BA, Mason KT, Shannon SG. Risk factors for symptomatic otic and sinus barotrauma in a multiplace hyperbaric chamber. *Undersea Hyperb Med* 1999;26(4):243-247.[citado 2011 Oct 5]
- [FRO2003] FROSSARD L, LEE GOW D, CONTOYANNIS B, EWINS D. Loading Applied to the implant of transfemoral amputees fitted with a direct skeletal fixation during walking in a straight line and around a circle. *In proceedings International Society of Biomechanical XIXth Congress.*; 2003 pag. 114-114.
- [FUL2000] JEJR FULTON. El uso de oxígeno hiperbárico (OHB) para acelerar la cicatrización de las heridas. *Dermatol Surg* 26 1170-1172.
- [GRA001] GRANSTRÖM G, TJELLSTRÖM A, BRÅNEMARK PI, FORNANDER J. Hyperbaric oxygen treatment can increase the osseointegration of titanium fixture implants in irradiated bone. *Proc XVIIth EUBS.*
- [JAN2010] JAN A, SANDOR GK, BRKOVIC BB, PEEL S, KIM YD, XIAO WZ. ET AL. Effect of hyperbaric oxygen on demineralized bone matrix and biphasic calcium phosphate bone substitutes. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109: 59-66.
- [KIN1992] KINDWALL EP. Uses of hyperbaric oxygen therapy in the 1990s. *Cleve Clin J Med* 1992 59:517-28.
- [LEA1998] Leach RM, Rees PJ, Wilmshurst P. Hyperbaric oxygen therapy. *BMJ* 1998 Oct;317(7166):1140-1143.
- [PLA2000] Plafki C, Peters P, Almeling M, Welslau W, Busch R. Complications and side effects of hyperbaric oxygen therapy. *Aviat Space Environ Med* 2000 Feb;71(2):119-124.[citado 2011 Oct 5]
- [SAW1996] SAWAI T, NIIMI A, TAKAHASHI H, UEDA M. Histologic study of the effect of hyperbaric oxygen therapy on autogenous free bone grafts. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996; 54: 975-981.
- [SCH2008] SCHWARTZ Z, DOUKARSKY-MARX T, NASATZKY E, GOULTSCHIN J, RANLY DM, GREENSPAN DC. ET AL. Differential effects of bone graft substitutes on regeneration of bone marrow. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19 :1233-1245.
- [SUN1986] SUNDGREN JE, BODÖ P, LUNDSTRÖM I. Auger electron spectroscopic studies of the interface between human tissue and implants of titanium and stainless steel. *J Coll Int Sci* 1986 110:9-20.

Dirección para correspondencia:
Tania Capote González
Hospital del Trabajador Santiago
Cuarto piso, Ramón Carnicer 201, Providencia.
E-mail: tcapote@hts.cl