



La terapia hiperbárica: el papel de la enfermería en los cuidados del pie diabético

Hyperbaric therapy: the role of nursing in diabetic foot care

Facultad de Enfermería, Universidad de Cantabria.

Autor: Alejandro Lorenzo González

Tutora: Aroa Delgado Uría

Titulación: Grado en Enfermería

Año 2018

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido. Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición. Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido. Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros, La Universidad de Cantabria, el Centro, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado, así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”

INDICE

Resumen	1
Introducción	2
Estado actual	2
Objetivos	3
Estrategia de búsqueda bibliográfica	3
Descripción de los capítulos	4
Capítulos	5
1- Pie diabético	5
2- Terapia hiperbárica	9
Conceptos clave	9
Antecedentes de la terapia hiperbárica	10
Fundamento científico	11
Efectos fisiológicos de la oxigenoterapia hiperbárica	11
Indicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica	13
Contraindicaciones y efectos secundarios de la terapia hiperbárica	14
La cámara hiperbárica	15
La cámara hiperbárica del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla	16
3- Intervención de los profesionales de enfermería en el pie diabético	18
Intervención del profesional de enfermería en la prevención y el tratamiento tradicional	18
Intervención del profesional de enfermería en la terapia hiperbárica	22
Conclusión	26
Referencias bibliográficas	27

Resumen

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la enfermería del siglo XXI, es dar respuesta a las manifestaciones de las enfermedades crónicas propias de las sociedades desarrolladas. La Diabetes Mellitus tipo 2 es una de las enfermedades crónicas con mayor incidencia en España afectando a más de 5 millones de españoles y supone una pérdida de autonomía y calidad de vida para las personas que la padecen. Una de las manifestaciones que más limitaciones provoca es el pie diabético asociado a neuropatía periférica (afectación nerviosa) y vasculopatía (afectación vascular), suponiendo, además una merma considerable de las capacidades del afectado, un reto para el sistema sanitario y los profesionales de la salud.

El tratamiento de úlceras crónicas incluidas las producidas por pie diabético, mediante el oxígeno hiperbárico, supone una alternativa para los casos más graves que no han respondido a otro tipo de tratamientos; sin embargo, en el sistema sanitario español actualmente sólo se reserva esta posibilidad para úlceras con un alto grado de destrucción tisular.

Palabras clave: *cuidados de enfermería, pie diabético, oxigenación hiperbárica.*

Abstract

One of the greatest challenges facing nursing in the 21st century is to respond to the manifestations of chronic diseases typical of developed societies. Diabetes Mellitus type 2 is one of the chronic diseases with the highest incidence in Spain, affecting more than 5 million Spanish people and implies a loss of autonomy and quality of life for people suffering from it. One of the manifestations that causes the most limitations is the diabetic foot associated with peripheral neuropathy (nerve involvement) and vascular disease (vascular involvement), which also represents a considerable reduction in the capacities of the affected person, an objective for the health system and health professionals.

The treatment of chronic ulcers, including those produced by diabetic foot ulcers, using hyperbaric oxygen, is an alternative for more serious cases that have not responded to other types of treatment; however, in the Spanish healthcare system, this possibility is currently only reserved for ulcers with a high degree of tissue destruction.

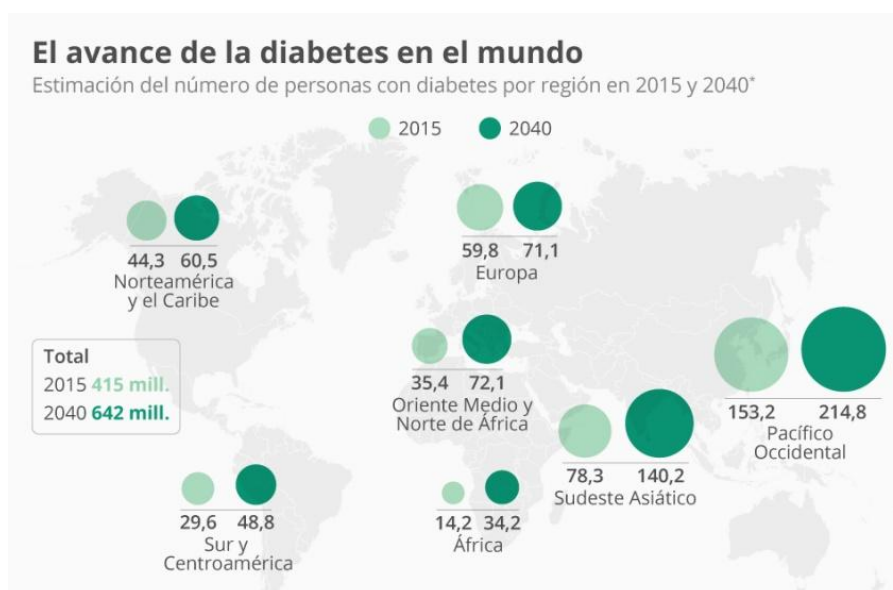
Key words: *nursing care, diabetic foot, hyperbaric oxygenation.*

I. Introducción

a. Estado actual

La modificación del estilo de vida, concretamente, el cambio de los patrones de la alimentación y la prevalencia de las actividades sedentarias, convierten a la diabetes tipo 2 en una de las enfermedades crónicas con más prevalencia en las sociedades avanzadas. Según datos de la OMS del año 2016 en España el 10,6 % de los hombres y el 8,2 % de las mujeres padecen Diabetes Mellitus, siendo la tipo 2 la más prevalente con un 95 % sobre el total (1). La OMS estima que el número de personas con diabetes ha aumentado de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014, aproximadamente un 8,5% de la población mundial. En 2011 el estudio *Di@bet.es* (2) fijaba la prevalencia en España en un 13.8%; es decir, alrededor de 5 millones de españoles. La Federación Internacional de Diabetes estima un aumento significativo de la incidencia de esta enfermedad en todo el mundo siendo más alarmante el aumento en los países en vías de desarrollo (Fig 1).

Fig. 1. El avance de la diabetes en el mundo.



Fuente: Federación Internacional de Diabetes

La diabetes tipo 2 se caracteriza por una deficiencia en la función de la hormona insulina, por lo que la glucosa en sangre no puede penetrar en la célula, permaneciendo en el torrente sanguíneo. Estos niveles altos de glucosa en sangre son la causa de la aparición de problemas graves en las personas afectadas tales como enfermedades cardiovasculares, retinopatías, insuficiencia renal, neuropatías y un largo etcétera (3).

El denominado “pie diabético” es una alteración clínica de los tejidos de los miembros inferiores de origen neuropático asociado a los ya mencionados niveles altos de glucosa en sangre. Con este escenario cualquier suceso traumático puede dar origen a una lesión de los tejidos de difícil manejo para los profesionales de enfermería y que supone un esfuerzo económico y sanitario para las administraciones y una pérdida de la autonomía y calidad de vida para los que lo sufren. La prevalencia del pie diabético en la actualidad se estima en un 25% de los diagnosticados de Diabetes Mellitus tipo 2. Con estas cifras podríamos estimar aproximadamente un millón de casos en España.

El pie diabético puede progresar hacia la amputación del miembro si no se actúa con celeridad. Actualmente, el 85% de las patologías de pie diabético derivan hacia dicha situación. Los índices de amputación se podrían reducir en un 49-85 % con el desarrollo de actividades basadas en la prevención, educación para la salud y formación de profesionales, tratamiento multidisciplinario de úlceras de pie y supervisión minuciosa. Teniendo este dato en cuenta, varios países y organizaciones como la Organización Mundial de la Salud y la Federación Internacional de la Diabetes han fijado sus objetivos de reducción del índice de amputaciones en un 50 % (4).

Una de las alternativas disponibles para el tratamiento de las úlceras del pie diabético, es la terapia del oxígeno hiperbárico que consiste en someter al paciente a una presión ambiental de dos a tres veces mayor a la atmosférica y aumentar la concentración del oxígeno en el aire del 21% al 100% (5).

b. Objetivos

- Describir la fisiopatología del pie diabético.
- Describir la terapia de la oxigenación hiperbárica.
- Describir el papel del profesional de enfermería en la prevención y tratamiento del pie diabético.

c. Estrategia de búsqueda bibliográfica

Para el presente proyecto se realizó una búsqueda bibliográfica entre los meses de enero y febrero de 2018 en las siguientes bases de datos digitales: pubmed, dialnet y google académico.

Las palabras clave utilizadas han sido: “cuidados de enfermería”, “pie diabético”, “oxigenación hiperbárica”, relacionadas entre sí a través de varias búsquedas con los operadores booleanos “or” y “and”.

El periodo de búsqueda se ha establecido entre 2005 y 2018. Se han valorado artículos en español y en inglés.

La primera búsqueda bibliográfica con todas las palabras clave arrojó un total de 32 artículos en español y 283 en inglés. Posteriormente, se fue acotando y ampliando la búsqueda alternando la utilización de las palabras clave. Finalmente, se han seleccionado un total de 28 referencias para la realización del presente trabajo.

Además, se revisó el contenido de varias páginas web pertenecientes a la “Sociedad Española de Diabetes”, la “Asociación Española de Enfermería Vascular y Heridas” y la “Sociedad Española de Medicina Hiperbárica”.

También se recabó información del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, concretamente de su servicio de Medicina Hiperbárica, servicio que tuve la oportunidad de conocer personalmente gracias a una integrante del equipo de enfermería.

d. Descripción de los capítulos

El presente trabajo consta de 3 capítulos:

- El capítulo 1 se centra en la fisiopatología de la diabetes tipo 2 y en él se describen los determinantes de la salud y los factores de riesgo que determinan la aparición de dicha enfermedad. Además, se describe el pie diabético y se establece una relación directa entre esta afección y la diabetes.
- El capítulo 2 describe la terapia hiperbárica como uno de los tratamientos a los que pueden ser sometidos los afectados por pie diabético. A través de varios subcapítulos, se describen físicamente la cámara hiperbárica, así como los fundamentos científicos en los que se basa el funcionamiento de dicha terapia. Además, se enumeran las indicaciones y contraindicaciones del oxígeno hiperbárico y se detallan los efectos fisiológicos y su relación con el tratamiento del pie diabético.
- El capítulo 3 hace hincapié en la intervención de los profesionales de enfermería y a su vez se divide en dos subcapítulos: en el primer apartado se profundiza en las intervenciones y actividades de los profesionales de enfermería en la prevención y el tratamiento del pie diabético desde una perspectiva tradicional. El segundo apartado se centra en el papel del profesional de enfermería en los tratamientos hiperbáricos.

II. Capítulos

Capítulo 1: Pie diabético

La Diabetes Mellitus es un conjunto de trastornos metabólicos que se caracteriza por un aumento de los niveles de glucosa en sangre. Esta enfermedad crónica, aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente (DM tipo 1) o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce (DM tipo 2). Los estilos de vida sedentarios y una alimentación inadecuada, propia de las sociedades industrializadas, explican el aumento de incidencia que tiene lugar año tras año. El efecto de la DM tipo 2 no controlada es la hiperglucemia que, mantenida en el tiempo, puede dañar gravemente diferentes órganos y sistemas corporales. Por un lado la diabetes aumenta el riesgo de sufrir cardiopatías e ictus; por otro lado, también puede dañar los pequeños vasos sanguíneos de la retina, produciendo retinopatía diabética, que a su vez es una importante causa de ceguera. Por último, la diabetes provoca neuropatías y vasculopatías periféricas que incrementan el riesgo de padecer úlceras en las extremidades inferiores, infecciones y en última instancia, amputaciones.

La Sociedad Española de Enfermería Vascular y Heridas define el pie diabético como: *“una alteración clínica de origen neuropático inducida por hiperglucemia mantenida en la que, con o sin coexistencia de isquemia y previo desencadenante traumático, se produce lesión y/o ulceración del pie”* (Fig. 2) (6) .

Fig. 2. Pie diabético.



Fuente: <https://tipodediabetes.com>

Según cifras de la Asociación Española de Enfermería Vascular y Heridas se estima que la mitad de las amputaciones de miembros inferiores en el mundo se produce en diabéticos, siendo la diabetes la primera causa de amputaciones no traumáticas en los países desarrollados. Del 15% al 25% de los pacientes con diabetes desarrollaran una úlcera a lo largo de su vida (7).

Entre las manifestaciones del pie diabético, el paciente puede apreciar sensación de hormigueo, frialdad, acorchamiento y pérdida de sensibilidad, sobre todo en las zonas distales de los miembros inferiores. También puede padecer dolor intenso que se intensifica al elevar los miembros.

La neuropatía es causa de insensibilidad en las extremidades inferiores, pudiendo incluso aparecer deformidades que provocan patrones de marcha anómalos. A partir de este punto, un traumatismo menor causado, por ejemplo, por zapatos inadecuados, por caminar descalzo o por una lesión aguda, puede provocar una úlcera crónica en las personas con neuropatía. La pérdida de sensibilidad, las deformidades del pie y la movilidad reducida de las articulaciones pueden dar lugar a una carga biomecánica anómala en el pie. Como consecuencia de lo anterior, se puede desarrollar piel endurecida o callosidad, lo que perpetúa la carga anómala y a menudo, condiciona la aparición de hemorragia subcutánea. Si el paciente continúa caminando con el pie insensible, se produce una isquemia tisular en la zona derivando en la aparición de una úlcera (8).

La escala Wagner es una clasificación que surgió en los años 70 del trabajo de un grupo de médicos que buscaban unificar criterios de tratamiento de úlceras de pie diabético. Cataloga las úlceras en cinco grados de evolución (Tabla 1) (9).

Tabla 1: Clasificación de Wagner de Pie Diabético

GRADO	DESCRIPCIÓN
0	Ausencia de úlceras en un pie de alto riesgo
1	Úlcera superficial que compromete todo el espesor de la piel pero no tejidos subyacentes
2	Úlcera profunda, penetrando hasta ligamentos y músculos pero no compromete el hueso o la formación de abscesos
3	Úlcera profunda con celulitis o formación de abscesos, casi siempre con osteomielitis
4	Gangrena localizada
5	Gangrena extensa que compromete todo el pie

Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación es fácil de recordar, tiene en cuenta la profundidad de la úlcera y se utiliza el grado 0 para definir el pie de riesgo. Sin embargo, tiene algunos inconvenientes como que no permite distinguir si la úlcera presenta infección o isquemia. Por este motivo, esta clasificación terminó por considerarse incompleta. Posteriormente, un grupo de trabajo formado por investigadores de la Universidad de Texas, agregaron a los grados de pie diabético de la clasificación anterior una serie de clases, de la A a la D, que indicaban además del tipo de lesión, si presentaban o no isquemia (Tabla 2) (9).

Tabla 2: Clasificación de la Universidad de Texas para úlceras de Pie Diabético

Sistema de Clasificación de la Universidad de Texas para Úlceras en Pie Diabético (9):			
	Grado		
Clase	0	I	II
A	Úlcera superficial	Úlceras que penetran hasta la cápsula.	Úlceras que penetran hasta el hueso o un absceso profundo
B	Infectada	Infectada	Infectada
C	Isquémica	Isquémica	Isquémica
D	Infectada e isquémica	Infectada e isquémica	Infectada e isquémica

Fuente: Elaboración propia

Mención especial merece el tabaquismo como factor de riesgo. La educación para la salud en este sentido, llevada a cabo por los profesionales de enfermería, resulta clave en materia de prevención del pie diabético ya que son muy numerosos los estudios (10) (11), que indican que la amputación de miembro inferior en pacientes con pie diabético está asociado al antecedente de consumo de tabaco (Fig. 3).

Fig. 3 El tabaco como principal factor de riesgo en el pie diabético

Fuente: <http://www.menshealth.es>

El tabaquismo es el principal problema sociosanitario en España, así como en el resto de países industrializados (12). Las cifras de muertes causadas directamente por el tabaco en nuestro país se sitúan alrededor de las 50.000 y es la primera causa de muerte prevenible, situándose la exposición pasiva al humo de tabaco como la tercera. En relación a la deshabituación tabáquica, la prevención y promoción de la salud son actividades fundamentales en atención primaria y los profesionales sanitarios tienen un papel esencial en la lucha contra el tabaquismo (11). Además el coste económico que conlleva el tratamiento de deshabituación tabáquica, tanto desde el punto de vista de la educación como en el tratamiento farmacológico en general, es menor que otras actividades que cotidianamente se realizan en cualquier consulta de atención primaria como el tratamiento de la hipercolesterolemia o de la hipertensión arterial, lo que convierte esta actividad en un programa eficiente.

Capítulo 2: Terapia hiperbárica

Conceptos clave

Para entender la fisiología de la terapia hiperbárica es importante tener claramente definidos los siguientes conceptos (13):

- A. El **oxígeno**, es un gas que en su forma molecular está compuesto por dos átomos. Es un elemento clave de la química orgánica que forma parte del agua, de los óxidos y de los ácidos. Es un gas incoloro, inodoro e insípido que es muy reactivo y resulta esencial para la respiración de los organismos aerobios. La atmósfera está formada en un 78% de nitrógeno, en un 21% de oxígeno, en un 1% de vapor de agua y en una cantidad ínfima de otros gases como el argón o el monóxido de carbono.
- B. La **fracción inspirada de oxígeno (FiO₂)**, es la concentración o proporción de oxígeno en la mezcla del aire inspirado, así pues, la FiO₂ del aire atmosférico es del 21%.
- C. La **presión atmosférica**, es la fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. La presión atmosférica al nivel del mar, normalizada, es de 1 atmósfera, que equivale a 101.325 Pa (pascales), a 1013,25 milibares o a 760 mmHg. La densidad del aire disminuye a medida que se separa del centro terrestre por la acción de la gravedad, por lo que la presión atmosférica también disminuye con la altitud, en concreto 1 mmHg por cada 11,1 metros de altura en cotas bajas. Por ejemplo, la FiO₂ en la cima del Everest es del 21%, igual que a nivel del mar, ya que la concentración de gases se mantiene constante con la altitud, pero la presión atmosférica es de 0,33 atmósferas, alrededor de un tercio de la presión atmosférica al nivel del mar; este dato explica los efectos de la altitud en los montañeros que ascienden grandes cotas.

Una vez que el oxígeno entra en los pulmones en el momento de la inspiración, se realiza el intercambio gaseoso en los alveolos pulmonares. El oxígeno es transportado en la sangre de dos formas diferentes: un 97% combinado químicamente con la hemoglobina y un 3% disuelto en sangre.

- D. La **hemoglobina**, es una proteína sintetizada en la médula ósea roja, constituida por una molécula llamada globina que tiene 4 brazos a cada uno de los cuales se une una molécula *hemo* al que se une un átomo de hierro. En un adulto sano, la sangre contiene unos 150 gramos de hemoglobina por litro y cada gramo de hemoglobina puede combinarse con 1,34 ml de oxígeno, por lo que cada litro de sangre arterial lleva aproximadamente 200 ml de oxígeno. En condiciones ideales se producen saturaciones de oxígeno en hemoglobina cercanas al 100%.

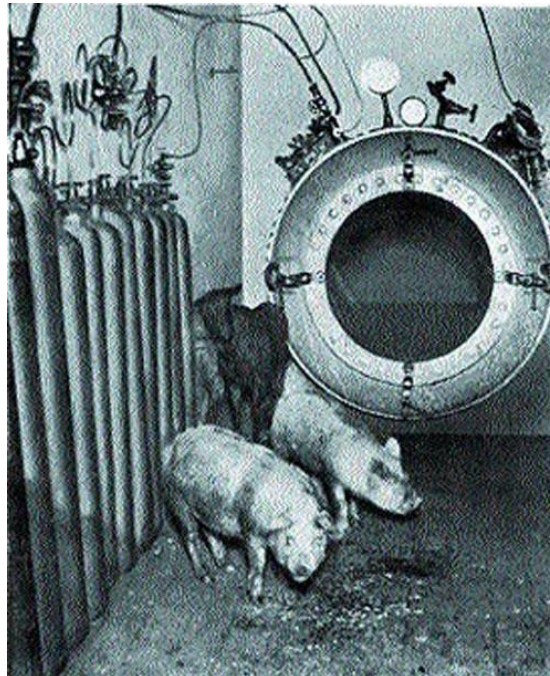
En condiciones normales, un 3% de oxígeno circula disuelto en la sangre. La presión parcial de oxígeno en sangre es de 100 mmHg, lo que corresponde a que por cada 100 ml de sangre circulan 0,3 ml de oxígeno disuelto y por tanto, el oxígeno físicamente disuelto en la sangre no puede satisfacer la demanda metabólica del mismo, incluso en reposo.

El tratamiento mediante oxigenoterapia hiperbárica consiste en la exposición del paciente a un ambiente en el que se modifican dos parámetros anteriormente definidos: la FiO₂ se eleva al 100% y la presión atmosférica se eleva a más de 1,4 atmósferas, llegando incluso hasta las 3 atmósferas.

Antecedentes de la terapia hiperbárica

Los inicios de las terapias con oxígeno hiperbárico, se remontan a hace más de 200 años. Se indicaba a pacientes con problemas de salud relacionados con cambios de presión atmosférica, como trabajadores de minas o buceadores. Sin embargo, en sus comienzos, este tipo de tratamientos no estaban basados en estudios científicos y sus resultados eran más bien inciertos. Es a partir de 1960, cuando nos encontramos con los estudios de Boerema (cirujano cardiovascular holandés) y Brummelkamp (médico británico) sobre el uso de esta terapia en enfermedades no provocadas por el aumento o disminución de presión atmosférica (enfermedades no disbáricas). Boerema, utilizando ya metodología de investigación contemporánea, realizó estudios con una cámara hiperbárica diseñada y construida por él mismo. Se sirvió para ello de cerdos, demostrando que la terapia hiperbárica era capaz de elevar considerablemente las concentraciones de oxígeno disuelto en sangre, aunque no se elevaban los niveles de oxígeno asociados a la hemoglobina (fig. 4) (5).

Fig. 4. Experimentos con cerdos en cámara hiperbárica.



Fuente: http://www.tratamientoshiperbaricosmedellin.com/historia_oxigenacion_hiperbarica.html

En 1967, varios miembros médicos de la Marina Norteamericana formaron la “Sociedad de Medicina Subacuática”, cuya función fue el desarrollo de terapias para el tratamiento de enfermedades disbáricas relacionadas con el buceo. En 1976, en el seno de esta sociedad, se establece el Comité de Terapia con Oxígeno Hiperbárico para la evaluación e investigación de las terapias mediante cámara hiperbárica. En 1986 la sociedad evoluciona y empieza a denominarse “Sociedad de Medicina Hiperbárica y Subacuática”, haciendo patente la cada vez mayor importancia que se atribuye a la terapia hiperbárica (14).

Actualmente, esta sociedad es la referencia a nivel mundial de la Oxigenoterapia Hiperbárica pero no es la única, ya que en Europa se cuenta con el “Comité Europeo de Medicina Hiperbárica” y en España con la “Sociedad Española de Medicina Hiperbárica” (5).

Fundamento científico

La oxigenoterapia hiperbárica tiene como objetivo aumentar los niveles de oxígeno disuelto en los tejidos dañados, para regenerarlos mediante hiperoxigenación. Su fundamento se basa en la aplicación de tres leyes físicas relacionadas con los gases (15):

- **Ley de Dalton:** establece que la presión total ejercida por una mezcla de gases, es igual a la suma de las presiones parciales de los gases como resultado de la presión total de la mezcla de ellos. Es decir, si aumentamos la presión total de gas ambiente, aumentamos la presión parcial del oxígeno y el nitrógeno.
- **Ley de Henry:** postula que la solubilidad de un gas en un líquido, es directamente proporcional a la presión parcial del gas; es decir, a mayor presión parcial más facilidad tendrá el gas para pasar del estado gaseoso al estado líquido. A la inversa sucede lo mismo, a menor presión, más facilidad del gas para pasar del estado líquido al estado gaseoso lo que conlleva la formación de burbujas, punto muy importante para el estudio de la enfermedad por descompresión de los buceadores.
- **Ley de Boyle-Mariotte:** establece que el volumen de un gas contenido en un recipiente, es inversamente proporcional a la presión del gas. El tratamiento de la embolia arterial de gas mediante cámara hiperbárica se fundamenta en esta ley, ya que al aumentar la presión del gas disminuye el volumen de las burbujas, siendo más fácil su eliminación.

Efectos fisiológicos y terapéuticos de la oxigenoterapia hiperbárica

El efecto directo de la oxigenoterapia hiperbárica, es el aumento de los niveles de oxígeno disuelto en la sangre de manera proporcional a la FiO_2 y a la presión atmosférica, lo que proporciona un posible efecto terapéutico en todas las enfermedades en que exista un fenómeno de hipoxia tisular, general o local. La oxigenoterapia hiperbárica (OHB), proporciona un aporte adicional de oxígeno transportado por el plasma. Se trata de oxígeno en forma física,

disuelto en el anterior, que accede por capilaridad por ejemplo, a territorios isquémicos terminales y que es transferido a favor de gradiente por difusión simple (15).

Existe además una serie de efectos beneficiosos indirectos para el organismo como:

- Disminución del volumen de las burbujas en caso de embolismo gaseoso. Al aumentar la presión ambiental, disminuye de forma proporcionalmente inversa el volumen de todas las cavidades aéreas no comunicadas con las vías respiratorias (Ley de Boyle-Mariotte). El aumento de la presión parcial del oxígeno y la reducción a cero de la del nitrógeno, aceleran la reabsorción de los émbolos gaseosos a favor de gradiente.
- Efecto Robin-Hood. La vasoconstricción periférica hiperbárica es un mecanismo fisiológico de defensa frente a la hiperoxia y por tanto sólo afecta a los miembros sanos. Cuando existe un estado de hipoxia local (vasculopatías periféricas, síndromes compartimentales, edema maligno...) este territorio se beneficia del volumen plasmático derivado de los territorios sanos, de forma que el tejido sano (el rico) sobrealimenta al hipóxico (el pobre).
- Estímulo de la angiogénesis y de la formación de un tejido de granulación en estados en que por causas hipóxicas, ésta se hallaba frenada (microangiopatía diabética, tejidos irradiados, arteriopatías en estadios avanzados, etc.)
- Reactivación de la capacidad fagocítica oxígeno-dependiente de los granulocitos polinucleares (PMN). Está muy bien demostrada en sofisticados estudios experimentales, que sientan las bases de la aplicación de la OHB, en algunas infecciones crónicas por gérmenes aerobios, en especial las producidas por *Staphylococcus aureus* y por *Pseudomonas aeruginosa* en las cuales, la OHB ha demostrado un efecto sinérgico con ciertos antibióticos.
- Acción bacteriostática sobre algunos gérmenes anaerobios no esporulados.
- Acción bactericida sobre algunos gérmenes anaerobios esporulados. Es muy conocida la actividad de la OHB en las especies del género *Clostridium*, causantes de infecciones necrosantes de partes blandas. La OHB logra la destrucción del germen cuando se aplica a una presión de 3 ATA.
- Bloqueo de la formación de toxinas clostridiales. Con mucho, este mecanismo es más importante que el anterior, pues en la antiguamente llamada gangrena gaseosa, la mortalidad precoz y fulminante, no se debe a la infección o la necrosis en sí misma, sino a la hemólisis provocada por varias de las toxinas clostridiales. La producción de toxinas está condicionada por la existencia de bajos potenciales de oxidación-reducción, el aumento de este potencial frena de inmediato la producción de toxinas, lo cual sólo puede lograrse mediante la OHB.
- Eliminación rápida de la carboxihemoglobina (HbCO). En las intoxicaciones agudas por monóxido de carbono, la HbCO forma una molécula 240 veces más estable que la oxihemoglobina. La vida media de la HbCO en aire ambiente es de 520 minutos y respirando oxígeno al 100% a presión atmosférica, de 80 minutos, mientras que con oxígeno hiperbárico a 3 ATA se reduce a 23 minutos.
- Modifica la sensibilidad de los receptores hormonales de insulina produciendo un efecto hipoglucemiante.

- La OHB a presiones de 2,5 y 3 ATAS provoca un efecto inmunomodulador, por lo que aumenta la sensibilidad de las células cancerígenas a la quimioterapia y a la radioterapia, movilizando también células madre desde la médula ósea.

Indicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica

En Europa, el organismo encargado de definir las indicaciones de la medicina hiperbárica es el “Comité Europeo de Medicina Hiperbárica” y las divide en tres grupos en función de los resultados y de la evidencia disponible (16):

- **Indicaciones de tipo 1** (oxigenoterapia hiperbárica muy recomendable, de importancia crítica para el resultado final del paciente):
 - Envenenamiento por monóxido de carbono.
 - Fracturas abiertas con daños por aplastamiento.
 - Prevención de la osteorradionecrosis tras extracción dental.
 - Osteorradionecrosis mandibular.
 - Radionecrosis de tejidos blandos (cistitis, proctitis).
 - Enfermedad descompresiva.
 - Embolismo gaseoso.
 - Infecciones bacterianas anaerobias o mixtas.
 - Sordera súbita.
- **Indicaciones de tipo 2** (oxigenoterapia hiperbárica recomendable, influye positivamente en el resultado final del paciente):
 - Lesiones de pie diabético.
 - Necrosis de la cabeza femoral.
 - Injertos cutáneos comprometidos y colgajos musculocutáneos.
 - Oclusión de la arteria central de la retina.
 - Aplastamiento sin fractura.
 - Osteoradionecrosis en huesos distintos a la mandíbula.
 - Lesiones radio inducidas de tejidos blandos (distintos a cistitis y proctitis).
 - Cirugía e implante en tejido irradiado (tratamiento preventivo).
 - Úlcera isquémica.
 - Osteomielitis crónica refractaria.
 - Quemaduras de 2º grado en más del 20% del cuerpo.
 - Neumatosis quística intestinal.
 - Neuroblastoma en fase IV.
- **Indicaciones de tipo 3** (oxigenoterapia hiperbárica de uso opcional a criterio facultativo):
 - Daño cerebral (lesión cerebral aguda y crónica, accidente cerebrovascular crónico, encefalopatía post-anóxica).
 - Lesiones radio inducidas de laringe.
 - Lesiones radio inducidas del sistema nervioso central.
 - Síndrome de reperfusión tras procedimiento vascular.

- Reimplantación de miembros.
- Heridas no cicatrizantes secundarias a procesos sistémicos.
- Enfermedad de células falciformes.
- Cistitis intersticial.

Los dos factores más importantes que determinan la calidad de la cicatrización en cualquier herida, son la presencia de infección y la hipoperfusión con la consiguiente hipoxia tisular. Por otro lado, la hipoxia compromete la síntesis de colágeno, la proliferación de fibroblastos y el inicio de la angiogénesis. Además, el mecanismo intracelular antibacteriano de los leucocitos, también se ve gravemente afectado por la falta de oxígeno, favoreciendo de esta manera un ambiente idóneo para el desarrollo de microorganismos. El tratamiento basado en el oxígeno hiperbárico, constituye un campo terapéutico con un amplio potencial de estudio y desarrollo. Es sabido que el oxígeno a presión promueve la cicatrización, al estimular la angiogénesis en el tejido isquémico, la síntesis de colágeno y la replicación de fibroblastos. Además, el aporte de oxígeno molecular a nivel celular genera radicales libres de oxígeno con efecto bactericida y bacteriostático.

Contraindicaciones y efectos secundarios de la terapia hiperbárica

La oxigenoterapia hiperbárica es una técnica con altos niveles de seguridad para el paciente; no obstante, aunque el proceso sea guiado por profesionales cualificados y experimentados en base a protocolos y guías establecidas, es posible la aparición de algunos efectos secundarios no deseados. Estos efectos están relacionados con las diferencias de presión a las que se somete al paciente, con la consiguiente modificación del volumen gaseoso de las diferentes cavidades aéreas del organismo. La molestia más común se produce en los oídos por la diferencia de presión entre el oído medio y la atmósfera, de manera similar a cuando se asciende en un avión. Estas molestias son fácilmente subsanables mediante acciones como bostezar o maniobra de valsalva. En raras ocasiones se produce dolor por las diferencias de presión, como por ejemplo en los dientes, en los senos paranasales o en los pulmones (15).

El proceso de presurización y despresurización, conlleva una duración determinada para dar tiempo al organismo a compensar las presiones de las diferentes cavidades. Si no se realiza una descompresión adecuada, pueden aparecer efectos como neumotórax, enfermedad descompresiva (narcosis) o parada cardiorrespiratoria en casos extremos. La enfermedad por descompresión, también llamada enfermedad del buzo, es un trastorno en el que el nitrógeno disuelto por efecto de las altas presiones puede pasar al torrente sanguíneo y formar burbujas cuando la presión disminuye pudiendo provocar fatiga, dolor en los músculos y articulaciones y en los casos más graves intoxicaciones por nitrógeno y accidente cerebrovascular de origen embólico. Menos frecuente es la entrada de aire en el aparato gastrointestinal que puede provocar molestias durante y después de la exposición a presiones elevadas.

Por otro lado, la presión parcial de oxígeno en sangre elevada durante un periodo de tiempo prolongado, puede dar lugar a intoxicaciones por oxígeno lo que podría provocar una excitación progresiva del sistema nervioso central, denominado “*efecto Paul Bert*” en honor al fisiólogo francés que describió este efecto por primera vez. En casos más graves de intoxicación por oxígeno, se puede producir un cuadro de irritación cortical cuyos síntomas

pueden ser convulsiones musculares, crisis de ausencias, sudoración, náuseas, alucinaciones o taquicardia.

Exposiciones prolongadas a concentraciones de oxígeno cercanas al 100% pueden provocar molestias en el aparato respiratorio como dolor torácico, tos seca, irritación o incluso edema pulmonar (15).

Las contraindicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica dependen de las condiciones del paciente en el momento del tratamiento y se resumen en la siguiente lista (17):

- **Contraindicaciones Absolutas:**
 - Claustrofobia
 - Toxicidad demostrada al oxígeno. (Excepcional)
 - Incompatibilidad con ciertos medicamentos como son: Dexorubicín, Disulfiram, Cisplatinium y Sulfamylon
- **Contraindicaciones Relativas:**
 - Infecciones respiratorias agudas del tracto respiratorio (superior e inferior).
 - Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
 - Enfisema pulmonar con retención de CO₂.
 - Enfisema pulmonar. Neumotórax no tratado, cavernas, bronquiectasias y atelectasias pulmonares.
 - Crisis agudas de asma bronquial.
 - Lesión pulmonar asintomática detectada en radiografía.
 - Distrés respiratorio agudo.
 - Antecedentes de neumotórax espontáneo.
 - Historia de otoneurocirugía.
 - Anomalías congénitas de nasofaringe.
 - Epilepsia.
 - Hipertensión arterial descompensada.
 - Hipertermia.
 - Esferocitosis congénita.
 - Nefritis aguda.
 - Cirugía gastrointestinal en las primeras 72 Horas.
 - Embarazo (1er. Trimestre).
 - Glaucoma de ángulo estrecho.
 - Tratamiento con medicamentos que elevan la acción tóxica del oxígeno. Ej. Fentanilo, Talamonal, Morfina, Efedrina, Adrenalina, Noradrenalina, Pentotal Sódico, ACTH, Estricnina y Atropina.

La cámara hiperbárica

La cámara hiperbárica es una estructura cilíndrica y metálica preparada para alcanzar en su interior presiones superiores a la atmosférica, de hasta 3 atas (atmósferas). Para ello, cuenta con una escotilla a modo de puerta para los pacientes que, una vez cerrada, mantiene la estanqueidad de la cámara. Además, parte de la estructura es transparente para poder observar el estado del paciente en cualquier momento.

En función del número de personas a tratar de manera simultánea, las cámaras hiperbáricas pueden ser monoplaza o multiplaza. Generalmente, las cámaras monoplaza se presurizan con gas enriquecido en oxígeno al 100%, mientras que las multiplaza se presurizan con gas atmosférico (21% de oxígeno) y los pacientes respiran oxígeno al 100% mediante mascarillas con reservorio (fig. 5).

Fig. 5. Cámara hiperbárica monoplaza.



Fuente: <http://www.medicalexpo.es>

Según cifras de la “Sociedad Española de Medicina Hiperbárica” (5), en España hay aproximadamente 9 cámaras multiplaza, generalmente en hospitales públicos y 15 cámaras individuales, normalmente en centros privados. En estas últimas, el tratamiento es individualizado, pudiendo modificar a demanda los parámetros de presión, FiO₂ y tiempo. En las cámaras individuales existe un operador de cámara hiperbárica, formado en medicina hiperbárica y RCP, que conduce todo el proceso desde el exterior. En las cámaras multiplaza es necesaria la presencia de un profesional enfermero con formación en oxigenoterapia hiperbárica, que lo hace desde el interior. Las cámaras multiplaza cuentan con una antecámara con el fin de permitir la salida del profesional sanitario o de pacientes sin modificar los parámetros de la cámara principal.

La cámara hiperbárica del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla

La cámara hiperbárica del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, depende del servicio de Medicina Intensiva y lleva 40 años operando. La cámara actual fue donada por Emilio Botín hace 25 años y hace poco ha recibido mejoras en materia de seguridad, convirtiéndola en

merecedora de una certificación ISO 9001. Durante el año 2017 se trataron un total de 266 personas con diferentes tipos de dolencias, 122 de las cuales, con carácter de urgencia.

La Unidad de Terapia Hiperbárica es centro de referencia a nivel nacional; es la única presente en un hospital público de la zona norte. En la misma se tratan pacientes de varias comunidades autónomas: País Vasco, Rioja, Castilla y León y Asturias.

La cámara hiperbárica del Hospital Valdecilla tipo multiplaza cuenta con 14 puestos; dispone de una antecámara que permite la entrada y salida de pacientes o profesionales sin variar los parámetros de la cámara principal o para realizar un tratamiento a un paciente con parámetros diferentes. Dispone además de una esclusa para introducción de material en pleno funcionamiento (fig. 6).

Las patologías más comúnmente tratadas en la Unidad Hiperbárica son: accidentes disbáricos, infección por anaerobios, intoxicaciones por monóxido de carbono, necrosis, sordera súbita y úlceras del pie diabético.

El equipo sanitario está disponible las 24 horas del día mediante realización de guardias localizadas y es compartido con el servicio de cuidados intensivos (18).

Fig: 6. Cámara hiperbárica multiplaza del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla.



Fuente: www.eldiariomontanes.es

Capítulo 3: Intervención de los profesionales de enfermería en el pie diabético

Intervención del profesional de enfermería en la prevención y el tratamiento tradicional del pie diabético

La primera fase de la actuación enfermera en relación al abordaje de los pacientes con diabetes comprende actividades de prevención y educación para la salud. En el caso del pie diabético, nos encontramos con que la aparición del problema puede evitarse con una buena estrategia que englobe cribado, clasificación del riesgo y medidas efectivas de prevención y tratamiento.

La prevención de factores de riesgo, tales como enfermedad vascular periférica, control glucémico, hábito tabáquico, neuropatía, deformidades en el pie o presión plantar elevada, se antojan necesarias e imprescindibles si se pretende mejorar las cifras de incidencia. Concretamente los profesionales de enfermería y principalmente los profesionales de Atención Primaria, deben aconsejar a los usuarios sobre dos temas fundamentales (19):

- Por un lado, incidir en la necesidad de mantener una alimentación sana, equilibrada, que apueste por alimentos naturales y obvie alimentos procesados.
- Por otro lado, aconsejar la realización de ejercicio físico moderado, acorde con las posibilidades de cada persona, ya que facilita el mantenimiento de un peso adecuado además de regular la presión arterial y la frecuencia cardíaca.

Es necesario tener en cuenta la importancia de los estilos de vida en la evaluación de los factores de riesgo para la Diabetes Mellitus tipo 2; también se ha de tener en cuenta las probabilidades de que una persona afectada de dicha enfermedad acabe padeciendo un cuadro de pie diabético. Así pues, las intervenciones proactivas por parte de los profesionales de enfermería, van a permitir abordar a tiempo las posibles complicaciones que pueden derivar en la aparición de lesiones de pie diabético (20, 21).

La determinación del riesgo a desarrollar pie diabético, viene dado por una serie de intervenciones específicas que complementan el seguimiento general de cualquier persona con diabetes.

Dentro de estas intervenciones encontramos:

1. Examen general, que incluye (fig.7):
 - Examen visual, en busca de lesiones, deformidades, cambios en el color de la piel, etc.
 - Comprobación de la integridad de la piel.
 - Palpación de los pulsos pedios y tibiales.

- Interpretación de signos como calor, relleno capilar y sensibilidad en ambas extremidades inferiores.

Fig. 7. Examen visual del pie.

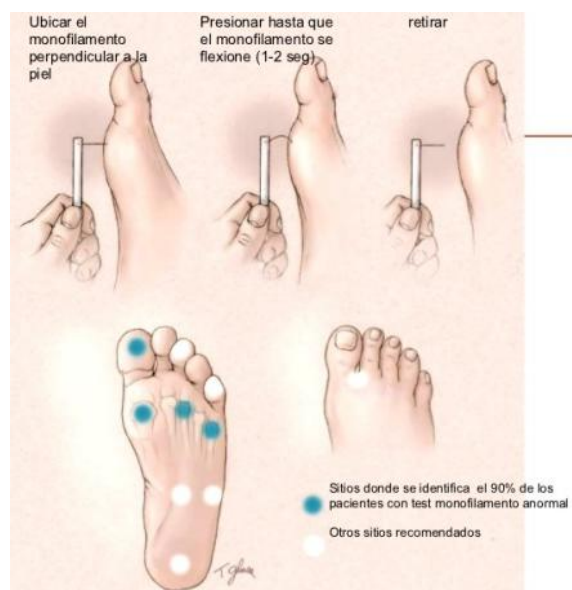


Fuente: <http://www.ulceras.net>

2. Exploración de la sensibilidad superficial y profunda:

- El test del monofilamento, se realiza presionando en cuatro puntos plantares de cada pie: primer dedo (falange distal) y base del primer, tercer y quinto metatarsiano (fig. 8).

Fig. 8. Test del monofilamento.



Fuente: <https://es.slideshare.net>

El test se considera positivo cuando al menos hay un punto insensible.

El profesional de enfermería debe tener una serie de precauciones en la realización del test:

- ✓ Aplicar inicialmente el monofilamento en alguna zona distinta como en brazos o cara para que tengan una experiencia previa.
- ✓ Seguidamente se pedirá al paciente que cierre los ojos y que indique si siente el monofilamento en algún pie y si puede especificar si la sensación la tiene en el dedo o en la planta.

Existen otros métodos para evaluar la neuropatía periférica como son el diapasón y el biotensiómetro, aunque son menos fiables que el monofilamento.

La herramienta más fiable que tiene la enfermería para valorar la enfermedad arterial periférica (EAP), importante factor de riesgo en el pie diabético, es el índice tobillo brazo (ITB). Se trata de una prueba sencilla y barata para evaluar la presencia de signos de EAP y su consiguiente riesgo de producir pie diabético y se define como el cociente entre presión arterial sistólica a nivel del tobillo y de la arteria braquial izquierda o derecha. En la siguiente tabla se representan los posibles valores de la prueba con su significado (Tabla 3) (22, 23):

Tabla 3: Valores de referencia del índice tobillo brazo.

• > 1,30	CALCIFICACION ARTERIAL.
• 1 a 1,29	NORMAL.
• 0,90 a 0,99	GRADO I SIN CLINICA.
• 0,70 a 0,89	GRADO II CON CLA. INTERMITENTE.
• 0,69 a 0,50	GRADO III CLAUDICACION A 200 M.
• ≤ 0,50	GRADO IV ENF. VASC. SEVERA

Fuente: <http://podologiaentuvuida.blogspot.com.es>

Según la Guía de Práctica Clínica sobre Diabetes tipo 2 del Ministerio de Sanidad y Consumo, los puntos más importantes en materia de evaluación y prevención del riesgo del pie diabético son (24):

- En pacientes diabéticos se recomiendan los programas estructurados de cribado, estratificación del riesgo y prevención y tratamiento del pie de riesgo.
- Los profesionales que atienden a pacientes diabéticos deberían evaluar el riesgo de desarrollar pie diabético en las visitas de control. Se recomienda una revisión anual en los pacientes de bajo riesgo, cada tres-seis meses en los de riesgo moderado y cada uno-tres meses en los de alto riesgo.

- El cribado del pie diabético debe comprender: inspección del pie y los tejidos blandos, valoración del calzado, exploración musculoesquelética, valoración de síntomas de enfermedad arterial periférica completada con la determinación del índice tobillo-brazo en algunos casos y valoración de la sensibilidad mediante monofilamento.
- Se recomienda mayor vigilancia en pacientes de mayor edad (>70 años) con diabetes de larga evolución, pacientes domiciliarios, con problemas de visión, fumadores, con problemas sociales o que vivan solos.
- Se recomienda proporcionar educación sobre los cuidados del pie diabético, dentro de un programa educativo estructurado con múltiples componentes, con el objetivo de mejorar el conocimiento, fomentar el autocuidado y reducir el riesgo de complicaciones.
- Los pacientes con úlcera previa sin deformidades importantes pueden utilizar calzado habitual (bien ajustado, de calidad), mientras que los pacientes con deformidades en los pies pueden beneficiarse de calzado terapéutico.
- Se debe fomentar la formación en el manejo del pie diabético de los profesionales que atienden a estos pacientes.

Según la Guía de Práctica Clínica sobre Diabetes tipo 2 del Ministerio de Sanidad y Consumo, los puntos más importantes en el tratamiento del pie diabético son (24):

- En las úlceras del pie diabético se recomienda retirar el tejido necrótico mediante cirugía para facilitar la cicatrización. La utilización de apósitos de hidrogel como desbridantes puede ser recomendable para facilitar la cicatrización. En caso de isquemia grave se recomienda la derivación del paciente.
- Las férulas de contacto total son los dispositivos de elección para disminuir la presión plantar en diabéticos con úlceras del pie no infectadas y no isquémicas.
- Las férulas de fibra de vidrio fijas, son una alternativa a las férulas de contacto total, ya que requieren menos tiempo y personal técnico.
- No se recomienda el cultivo de rutina en úlceras del pie diabético, ya que tiene un valor diagnóstico limitado.
- Los pacientes con úlceras progresivas, que no cicatrizan y con signos clínicos de infección activa, deberían recibir tratamiento antibiótico sistémico.
- Si se decide utilizar un antibiótico, su elección debería realizarse teniendo en cuenta los microorganismos más probables y el patrón de resistencias locales, con antibióticos de amplio espectro que cubran aerobios y anaerobios.
- En ausencia de evidencia sólida de eficacia clínica o coste-efectividad, los profesionales sanitarios deberían utilizar los apósitos que mejor se adapten a su experiencia clínica, preferencias de los pacientes o localización de la infección, considerando también el coste.
- Se requieren más estudios para establecer el papel de los factores estimuladores de colonias en pacientes con infecciones del pie diabético.

Intervención del profesional de enfermería en la terapia hiperbárica

El papel de la enfermería en los tratamientos con oxigenoterapia hiperbárica se antoja clave para alcanzar con éxito los objetivos fijados. El tratamiento en cámara hiperbárica se deriva de una prescripción médica y es el médico quien determina los niveles de presión de la cámara, la duración de las sesiones y el número y frecuencia de las mismas. Corresponde a la enfermería hacer una valoración del paciente antes, durante y después de la sesión, prestar toda clase de cuidados enfermeros y realizar las técnicas necesarias dentro de su competencia. Las cámaras hiperbáricas multiplaza, están preparadas para que un sanitario, generalmente un profesional de enfermería, esté presente en el interior de la misma durante el tratamiento. La aplicación correcta de las máscaras de alta concentración de oxígeno en el interior de la cámara, es responsabilidad de enfermería y resulta primordial para el resultado final. El oxígeno se puede administrar también a través de tubo orotraqueal, nasotraqueal o por traqueotomía en caso de que el paciente tenga vía aérea artificial (fig. 9).

Fig. 9. Cuidados del profesional de enfermería en cámara hiperbárica.



Fuente: www.medicinahiperbarica.com

El profesional enfermero recibe a los pacientes y valora las posibilidades de movilización de cada uno de ellos; los pacientes con pie diabético pueden acceder con muletas o incluso en silla de ruedas. Una vez instalados en el interior, si inicia el proceso de compresión desde 1 atmósfera (presión ambiental) hasta las atmósferas determinadas para el tratamiento, generalmente entre 2 y 3 atmósferas; este proceso dura 15 minutos aproximadamente, el tratamiento hiperbárico durará 60 minutos y la fase de descompresión, la más crítica para los pacientes y para el profesional enfermero, otros 15 minutos. Los pacientes con pie diabético acceden con el miembro afectado vendado y el profesional contará en el interior con un pequeño kit de curas por si hubiera algún sangrado; además dispone de apoyo desde el

exterior a través de una esclusa que permite la introducción del material. En caso de que el profesional precise salir de la cámara antes de finalizar el tratamiento, deberá pasar a la antecámara, esperar un tiempo prudencial para que se equiparen la presión de la misma con la atmosférica y pasados unos minutos salir al exterior. Si por el contrario tuviera que entrar al interior con la sesión iniciada, realizaría el procedimiento contrario, penetraría en la antecámara y se aumentaría la presión hasta coincidir con la del interior de la cámara para entonces proceder a entrar en la misma (25).

Algunas de las funciones y precauciones más importantes que han de tener en cuenta los profesionales de enfermería a la hora de administrar un tratamiento de oxigenación hiperbárica son:

- Participar en formación continuada en cuidados intensivos, soporte vital básico y avanzado y medicina hiperbárica.
- Conocer y aplicar las medidas de prevención y seguridad antes, durante y después del tratamiento.
- Recibir a los pacientes y guiarlos en todo momento, tanto física como psicológicamente.
- Mostrar serenidad, autocontrol y transmitir confianza, calma y seguridad. En algunas ocasiones, sobre todo en las primeras sesiones el profesional deberá aplicar técnicas de relajación mediante la respiración abdominal o diafragmática, con el fin de tranquilizar al paciente y optimizar el aporte de oxígeno.
- Administrar correctamente el oxígeno a cada paciente mediante mascarilla de alta concentración u otro dispositivo similar asegurándose de su efectividad.
- Deberá aplicar técnicas de equalización de oídos a realizar durante la presurización y despresurización para compensar las presiones del interior del oído con la presente en la cámara. Las más habituales son las siguientes:
 - Maniobra simple, como tragar agua, tomar caramelos sin masticarlos o bostezar.
 - Maniobra de Valsalva, que consiste en forzar la salida de aire por la nariz mientras se mantienen los orificios nasales taponados.
 - Maniobra de Toynbee, se trata de hacer una deglución mientras se mantienen los orificios nasales taponados.
- Revisar todos los elementos necesarios del interior de la cámara antes del comienzo de la sesión, como puede ser el equipo de oxigenoterapia, el kit de curas, o la medicación de urgencia.
- Los pacientes diabéticos tienen un especial riesgo de hipoglucemia porque la oxigenoterapia hiperbárica sensibiliza los receptores de insulina; el enfermero deberá contar en el interior con un glucómetro y medicación de rescate. Generalmente los pacientes diabéticos deben comer antes del inicio de la sesión.
- Deberá asegurarse de que se utilice ropa de algodón higienizada y no fibras sintéticas por el riesgo de explosión que genera la electricidad estática.
- Deberá asegurarse de que los pacientes no utilizan cremas, ni productos sanitarios, ni perfumes de base alcohólica.
- Deberá asegurarse de que los pacientes no acceden al interior de la cámara con objetos metálicos, plásticos, relojes, gafas, aparatos electrónicos,

mecheros, bolígrafos, pilas, etc. En caso de pacientes con prótesis metálicas o marcapasos se intensificarán las precauciones y las medidas de seguridad llegando incluso a utilizar la cámara de manera individual.

- Se deberá asegurar del mantenimiento por parte de los pacientes de una posición erguida, ya que una posición encogida favorece la acumulación de burbujas de nitrógeno en las articulaciones y supone un riesgo en la fase de descompresión por su paso posterior al torrente sanguíneo.
- El profesional deberá respirar oxígeno al 100% varias veces durante la sesión porque favorece que no se acumulen burbujas de nitrógeno en las articulaciones.
- En la cámara monoplaza deberá informar y tranquilizar al paciente antes del comienzo de la sesión y después permanecer en el exterior atento a la evolución del mismo.
- Existen variaciones en las técnicas enfermeras en base a los cambios de presión atmosférica, por ejemplo, el neumobalón de las sondas o tubos ha de rellenarse siempre con agua destilada para evitar las variaciones de volumen.
- Deberá asegurarse de que todos los drenajes, tubos o sondas permanecen abiertos durante la sesión a excepción del sondaje nasogástrico porque el aire que puede entrar al interior durante el proceso de compresión luego no saldría con facilidad durante el proceso de descompresión.

Fig. 10. Exclusa en cámara hiperbárica.



Fuente: <http://scielo.isciii.es>

Existen cambios en algunos procedimientos enfermeros para que se puedan llevar a cabo en condiciones hiperbáricas. Los pacientes que requieren monitorización continua se benefician de la existencia de unos electrodos interiores que están comunicados con un monitor exterior. En caso de que un paciente esté conectado a un respirador artificial se sustituirá el mismo por otro adaptado a condiciones hiperbáricas. No obstante, el profesional de enfermería puede llevar a cabo esta actividad de manera manual con un balón resucitador en caso de urgencia. Los aspiradores de secreciones que están en el interior de la cámara son de accionamiento manual. En caso de reanimación cardiopulmonar en el interior de la cámara, se deberá

proceder con RCP básica por parte de la enfermera hasta la descompresión de la cámara, momento en el cual se podrá utilizar el desfibrilador exterior. En los equipos de sueroterapia, se deberá tener especial precaución de no formar ninguna burbuja de aire que pueda entrar al torrente sanguíneo y se cambiarán los botes de cristal por riesgo de rotura por envases plásticos a los que se les practicará un pequeño corte en la parte superior para compensar presiones. La administración de fármacos y la extracción de muestras se deberán realizar en el exterior, en condiciones normobáricas ya que las altas presiones afectan a las mismas, la vasoconstricción periférica que se produce en condiciones hiperbáricas reduce la velocidad de absorción de la vía endovenosa haciendo preferible la vía intramuscular (26, 27).

Existe una gran cantidad de artículos que se centran en la descripción, indicaciones y contraindicaciones de la terapia hiperbárica pero no abundan los que se centren en las intervenciones y a los cuidados enfermeros. Los artículos que hacen referencia a la labor de los profesionales de enfermería inciden en la importancia de una formación continuada de calidad con elaboración de casos prácticos y realización de simulacros de emergencia con el fin de optimizar protocolos de actuación (28).

La valoración de la úlcera de pie diabético en cada cura, en función de la pauta establecida, y siempre dentro del periodo de sesiones terapéuticas es una intervención del profesional enfermero de gran importancia que indica la conveniencia y los resultados de la terapia hiperbárica.

Por otro lado, cabe destacar la valoración holística que realizan los profesionales enfermeros de todos los pacientes sometidos a terapia hiperbárica y no solo focalizada, de manera que sesión tras sesión son capaces de evaluar los resultados personales, optimizar las sesiones e implementar cambios y mejoras.

Conclusión

La prevención y el tratamiento de la Diabetes Mellitus tipo 2, se ha convertido en un auténtico reto para las sociedades desarrolladas ya que condiciona la aparición de problemas graves de salud como enfermedades cardiovasculares, retinopatías, insuficiencia renal, neuropatías, pie diabético y un largo etcétera. Entre un 15 y un 25 % de los afectados por Diabetes Mellitus tipo 2 tienen patologías relacionadas con pie diabético, de los cuales sufren una amputación alrededor del 85%.

Los profesionales de enfermería, están presentes de una manera muy activa en todas las fases por las que pasa un paciente diabético y de una forma muy importante antes del diagnóstico. La prevención de la enfermedad mediante el fomento de unos hábitos de vida saludables es una actividad de un valor incalculable; ya que los hábitos inadecuados determinan en gran medida el desarrollo de este síndrome. Si la enfermedad finalmente acaba siendo diagnosticada a pesar de las actividades preventivas y educativas, los profesionales enfermeros llevarán a cabo labores de información sobre la misma y sobre el régimen terapéutico con la finalidad de evitar complicaciones potenciales.

La terapia hiperbárica ha demostrado ser eficaz en el abordaje de úlceras por pie diabético, no es una alternativa al tratamiento, sino un complemento a los cuidados de los profesionales enfermeros.

En este sentido, la oxigenoterapia hiperbárica supone un nuevo reto para los profesionales enfermeros que disponen de una herramienta complementaria para abordar úlceras de pie diabético y constituye una actividad multidisciplinar que necesita la participación de varios profesionales. El colectivo enfermero, colegios y organizaciones, no deben dejar pasar la oportunidad de formarse en esta materia, ya que los resultados terapéuticos y la seguridad del paciente dependen en gran medida de la correcta aplicación de la terapia y de una buena competencia profesional.

Referencias bibliográficas

1. Informe mundial sobre la Diabetes [Internet]. 2016 [cited 17 March 2018]. Available from: <http://www.who.int/diabetes/global-report/es/>
2. Estudio DI@BET.ES [Internet]. CIBERDEM.ORG. 2011 [cited 2 February 2018]. Available from: <http://www.ciberdem.org/programas-de-investigacion/proyectos/otros-proyectos/estudio-di-betes>
3. DIABETES [Internet]. Biblioteca Nacional de Medicina de los EEUU. 2018 [cited 8 February 2018]. Available from: <https://medlineplus.gov/spanish/diabetes.html>
4. García, L. R., & López, P. F. (2017). Caso clínico de una lesión por amputación de tercer dedo, en un pie diabético con infección por pseudomona. *Enfermería Dermatológica*, 11(30), 64-69.
5. Oxigenoterapia Hiperbárica [Internet]. Sociedad Española de Medicina Hiperbárica | SEMH. 2018 [cited 26 February 2018]. Available from: <http://www.xn--sociedadspaolademedicinahiperbarica-2od.org/oxigenoterapia-hiperbarica/>
6. Pie diabetico - Area Pacientes - AEEVH [Internet]. Aeev.net. 2018 [cited 30 March 2018]. Available from: <https://www.aeev.net/pie-diabetico.php>
7. Armans Moreno E, Ibañez P. Pie diabético y sus cuidados [Internet]. 2012 [cited 17 February 2018]. Available from: <https://www.aeev.net/pie-diabetico.php>
8. Introducción Fisiopatología Aspectos fundamentales del tratamiento del pie Úlceras de pie Tratamiento de úlceras Organización Anexo [Internet]. Sociedad Española de Diabetes; 2011 [cited 3 March 2018]. Available from: <http://www.sediabetes.org/gruposDeTrabajo/grupo.aspx?idApartado=rR0QXIpu9eMC F61gN%2f7f3w%3d%3d#>
9. Clasificación de Wagner del pie diabético [Internet]. Pie-diabetico.net. 2018 [cited 20 March 2018]. Available from: <http://pie-diabetico.net/clasificacion-de-wagner-del-pie-diabetico/>
10. Casique Casique, L., Muñoz Torres, T. D. J., Castro García, B. Y., Centeno González, Z., & López Franco, R. (2017). Cuidado cultural familiar al paciente diabético que consume alcohol y/o tabaco.
11. García, M. T., Ferrero, M. B., Fernández, J. M., Ruiz, C. J., Martín, M. P., & Mezquita, M. H. (2001). Deshabituación tabáquica en una consulta de atención primaria: eficacia del consejo médico, la intervención mínima y la terapia sustitutiva con nicotina al año de seguimiento. *Atención primaria*, 27(9), 629-636.
12. Plans P, Navas E, Tarín A, Rodríguez G, Galí N, Gayta R et al. Coste-efectividad de los métodos de cesación tabáquica. *Med Clin (Barc)* 1995; 104: 49-53.
13. Méndez J. Edgar, Zeledón S. Fernando S., Zamora L. José F., Cortés V. Asdrúbal. Un acercamiento a la cinética del oxígeno. (Parte I). *Rev. Costarric. Cardiol* [Internet]. 2004 Jan [cited 2018 May 22] ; 6(1): 27-32. Available from:

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-41422004000100006&lng=en.

- 14.** Medicina Hiperbarica: Historia de la Medicina Hiperbárica [Internet]. Medicinahiperbarica.com.ar. 2018 [cited 23 March 2018]. Available from: http://www.medicinahiperbarica.com.ar/evolucion_hiperbarica.html
- 15.** Desola J. Bases y fundamento terapéutico de la oxigenoterapia hiperbárica. [Internet]. Barcelona: Jano/Medicina Volumen LIV, nº 1260; 1998 [cited 22 March 2018]. Available from: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/bases_de_la_ohb.pdf
- 16.** Sociedad Española de Medicina Hiperbárica [Internet]. Sociedad Española de Medicina Hiperbárica | SEMH. 2018 [cited 22 March 2018]. Available from: <http://www.xn--sociedadespaolademedicinahiperbarica-2od.org/indicaciones-de-la-medicina-hiperbarica/>
- 17.** Contraindicaciones Absolutas y Contraindicaciones Relativas Cámaras Hiperbaricas Efectos Adversos Escasos :: Hiperbarica Queretaro Health Body and Medical System S.A. de C.V. [Internet]. Hiperbaricaqueretaro.com. 2018 [cited 5 April 2018]. Available from: <http://www.hiperbaricaqueretaro.com/efectosadversos.html>
- 18.** Hospital Universitario Marqués de Valdecilla (HUMV) - Inicio [Internet]. Humv.es. 2018 [cited 22 April 2018]. Available from: <http://www.humv.es/>
- 19.** Benavides S, Dayana M. Proceso de atención de enfermería en pacientes con diabetes mellitus y sus complicaciones. Machala: Universidad Técnica de Machala; 2018.
- 20.** Aparcana P, Stefaní M. Factores de riesgo asociados a amputación de miembro inferior en pacientes hospitalizados por pie diabético en el Hospital Nacional Dos de Mayo entre 2012-2014. Universidad Ricardo Palma: Medicina Humana; 2017.
- 21.** Sánchez García R. Papel de la enfermería en el cuidado y prevención del pie diabético. Valladolid: Universidad de Valladolid. Facultad de Enfermería de Valladolid; 2015.
- 22.** Sánchez Ruiz J, González López E, Ezquerro Gadea J, Aparicio Tijeras C, Solozábal Sáez M. Utilidad del índice tobillo-brazo en Atención Primaria. Medicina de familia. Semergen. Vol. 31. Núm. 11. Diciembre 2005; 2005.
- 23.** Brito-Zurita, O. R., Ortega-López, S., López del Castillo-Sánchez, D., Vázquez-Téllez, A. R., & Ornelas-Aguirre, J. M. (2013). Índice tobillo-brazo asociado a pie diabético. Estudio de casos y controles. Cirugía y Cirujanos, 81(2).
- 24.** Ministerio de Sanidad y Consumo. Guía de Práctica Clínica sobre Diabetes tipo 2. Vitoria - Gasteiz: Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco; 2008 p. 97-108.
- 25.** Lechuga Gómez JA, Cuadrado Olvera S, Mateo Lozano JM. Enfermería en cámara hiperbárica. En: Salas Pardo E, García-Cubillana de la Cruz JM, Salmalea Pérez F. Manual de medicina subacuática e hiperbárica, Servicio de medicina subacuática e

hiperbárica del hospital general de la defensa “San Carlos”. San Fernando, Cádiz; 2007. P. 132-135.

26. Cantero Díaz, IF. Cuidado enfermero en hiperoxigenoterapia hiperbárica / Nursing care in hyperbaric oxygen therapy. Metas enferm. 2012; 15(2): 10-16.

27. Mateo Lozano, JM. Enfermería y oxigenoterapia hiperbárica / Nursing and hyperbaric oxygen therapy. Med. Mil. 2003, 59 (4): 31-37.

28. Parra Moreno M, Serrano Carmona J. Oxigenoterapia hiperbárica. Cuidados de enfermería. Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla, España. (2) Hospital Universitario Dr. Josep Trueta. Gerona, España; 2014.