



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Infermieristica

**L' OSSIGENOTERAPIA IPERBARICA:
applicazione nella cura delle ferite,
revisione della letteratura.**

Relatore:

Dott. Maurizio Mercuri

Tesi di laurea di:

Lorenzo Piloni

Correlatrice:

Dott.ssa Mara Marchetti

A.A 2018/2019

ABSTRACT:

Introduzione: L' Ossigenoterapia Iperbarica (OTI) è un tipo di trattamento utilizzato per trattare molte patologie o problematiche di natura diversa. Una sua applicazione, comprende il suo utilizzo per trattare pazienti con ferite difficili (croniche o acute), un ambito che per l'Infermiere, rappresenta una sfida quotidiana.

Obiettivo: raccogliere le evidenze più recenti in letteratura primaria e secondaria al fine di conoscere l'efficacia dell'utilizzo dell'OTI per la cura delle ferite.

Materiali e Metodi: è stata effettuata una revisione della letteratura primaria e secondaria sulla banca dati *Medline*. La ricerca bibliografica, si è concentrata sulla lettura degli studi degli ultimi dieci anni. Da questa ricerca, sono stati selezionati sedici articoli corrispondenti ai criteri di selezione.

Risultati: sono stati reperiti sedici articoli, quattro Revisioni sistematiche, due studi RCT, due Test clinici, due studi di coorte, due studi retrospettivi, uno studio trasversale e tre studi su casi.

Discussione: la maggior parte degli studi inclusi si concentravano su pazienti con ferite croniche e hanno portato ad esiti positivi nella guarigione di queste ferite. Per quanto riguarda le ferite acute, gli studi presenti non hanno dimostrato una vera e propria efficacia dell'OTI nel trattamento delle ferite acute.

Conclusioni: l'OTI sembra molto promettente per curare le ferite croniche soprattutto per quanto riguarda i pazienti con ulcere del piede diabetico. Per quanto riguarda la cura delle ustioni o delle ferite traumatiche, non vi sono sufficienti studi che possano dimostrare un'efficacia del trattamento con OTI per la guarigione di queste ferite. In ogni ambito, sono comunque necessari ulteriori studi e approfondimenti per far sì che l'OTI possa entrare nella pratica clinica standard per la cura delle ferite difficili.

INDICE

INTRODUZIONE.....	pag. 1
CAPITOLO 1- L'OSSIGENOTERAPIA IPERBARICA.....	pag. 2
1.1 Che cos'è l'ossigenoterapia iperbarica?	
1.2 Meccanismo d'azione e campi d'applicazione	
1.3 Rischi legati all'OTI pag. 4	
1.4 Controindicazioni pag. 6	
CAPITOLO 2 – MATERIALI E METODI.....	pag. 8
2.1 Obiettivo	
2.2 Quesiti di ricerca	
2.3 Disegno di studio e strategia di ricerca	
2.4 Criteri di inclusione degli studi pag. 9	
2.5 Criteri di esclusione degli studi	
2.6 Diagramma di flusso di selezione della letteratura pag.10	
CAPITOLO 3 –RISULTATI.....	pag. 13
CAPITOLO 4 – DISCUSSIONE.....	pag. 18
4.1 Ferite Croniche	
4.2 Ferite Acute pag. 20	
L'OSSIGENOTERAPIA IPERBARICA E L'INFERMIERE... 	pag.37
CAPITOLO 5 – CONCLUSIONI.....	pag. 39
BIBLIOGRAFIA.....	pag.41

Introduzione

L'ossigenoterapia iperbarica (OTI) è un approccio terapeutico applicabile in numerosi campi della medicina e per numerose tipologie di pazienti o patologie.

Il principio fondamentale di questo tipo di terapia, è quello di andare ad aumentare la percentuale di ossigeno disciolto nel plasma, in modo da facilitare la sua diffusione nei tessuti, così da diminuire o risolvere stati di ipossia causati da infiammazioni, disfunzioni o danni tissutali.

Aumentando la quota di ossigeno disciolto nel plasma, questo è in grado di entrare nei liquidi e tessuti corporei grazie ai gradienti pressori, quindi anche nel caso siano presenti alterazioni del trasporto di ossigeno legato all'emoglobina nei globuli rossi.

L'OTI viene attuata mediante la somministrazione di ossigeno puro in un ambiente pressurizzato a pressione superiore rispetto a quella atmosferica (camera iperbarica).

I campi di applicazione per l'OTI sono numerosi: può essere applicata a tutte quelle patologie croniche legate ad ipossia o infezioni, ma anche a patologie in fase acuta, come per trattare pazienti durante le fasi acute di ictus ischemico o nella perdita dell'udito improvvisa.

Le figure sanitarie e tecniche fondamentali per l'applicazione dell'ossigenoterapia sono il medico specialista, il tecnico per la conduzione della camera iperbarica ed il personale sanitario di supporto;

La figura di supporto è ricoperta essenzialmente dall'infermiere che assume un ruolo fondamentale nell'assistere, nel curare e nel prendersi cura della persona nel rispetto della vita, della salute, della libertà e dignità dell'individuo, in un ambiente particolare e confinato come quello iperbarico, nel quale l'educazione terapeutica, la fiducia, l'empatia col paziente e le conoscenze di area critica rappresentano tasselli essenziali di una corretta terapia iperbarica.

L'infermiere, con corsi specifici, si presta anche alla conduzione della camera iperbarica stessa, ricoprendo con ciò un ventaglio di attività non indifferente.

E' fondamentale che la terapia con l'ossigeno iperbarico venga integrata in una strategia multidisciplinare e coordinata, al fine di ottenere i migliori risultati, ma troppo spesso l'Ossigenoterapia Iperbarica è considerata "l'ultima spiaggia" dopo che le terapie tradizionali hanno fallito. Si tratta invece, di una metodica che richiede la collaborazione

di più specialisti e la tempestività nel trattamento, per garantire al paziente il pieno successo terapeutico e risultati ottimali.

In questa revisione andremo a valutare l'efficacia dell'OTI nella cura delle ferite e ad analizzare la gestione infermieristica in questo ambito.

CAPITOLO 1:

1.1 Che cos'è l'Ossigenoterapia Iperbarica?

L' Ossigenoterapia Iperbarica (OTI) è una modalità di trattamento in cui un paziente respira ossigeno al 100% a una pressione maggiore di 1 atmosfera assoluta (pressione a livello del mare, 1ATA). È importante notare che l'UHMS e i Centri per i servizi *Medicare* e *Medicaid* hanno dichiarato che respirare ossigeno al 100% a 1ATA o esporre parti isolate del corpo al 100% di ossigeno non costituisce OTI. (Paez & Wilcox, 2013).

1.2 Meccanismo d'azione e campi d' applicazione:

Esistono diversi principi alla base dell'uso dell'OTI, tutti basati su 1 o più dei seguenti meccanismi d'azione:

- **Iperossigenazione:** sotto pressione, l'ossigeno viene forzato nella soluzione/plasma. A 3 ATA di pressione, il plasma trasporta più ossigeno dell'emoglobina tanto che, la quantità di ossigeno disciolto in esso a questa pressione è in grado di sostenere la vita anche in assenza di emoglobina.
- **Pressione diretta:** l'OTI riduce il volume di eventuali gas liberi circolanti nel flusso sanguigno o nei tessuti. Le bolle di gas diventano più piccole se esposte all'aumento della pressione.
- **Maggiore attività antimicrobica:** alti livelli di pO₂ sono utili per combattere le infezioni causate da batteri anaerobici.

All'aumentare della tensione di ossigeno, la replicazione batterica viene inibita e la produzione di tossina cessa.

L'aumento della pO₂ potenzia anche l'azione di alcuni agenti antimicrobici e la capacità dei globuli bianchi di uccidere i batteri.

- **Neovascolarizzazione e angiogenesi:** nell'osso ipossico, la formazione di nuovo osso non può avvenire in seguito a una lesione. L'ossigenoterapia iperbarica capovolge questa situazione aumentando la pO₂.
Inoltre, promuove e accelera la formazione di nuovi vasi sanguigni.
- **Vasocostrizione:** l'ossigeno è un potente vasocostrittore, ma nell'ambiente iperbarico, livelli elevati di ossigeno nel plasma possono mantenerne buoni livelli nei tessuti e deflusso capillare anche di fronte alla vasocostrizione. Il risultato finale è una riduzione dell'edema a causa di una diminuzione della trasudazione capillare.
- **Inversione di lesioni da riperfusione:** la maggior parte dei danni associati alla riperfusione è causata dall'attivazione inappropriata dei leucociti. Fondamentalmente, l'ipossia ischemica fa sì che i leucociti si attacchino alle pareti delle cellule dell'endotelio, con conseguente occlusione dei vasi. L'ossigeno iperbarico inverte immediatamente questo effetto, che può durare fino a 8 ore dopo il trattamento. L'effetto netto è la conservazione di tessuti leggermente perfusi, che potrebbero altrimenti andare persi a causa di una lesione da ischemia-riperfusione.

Tutti questi meccanismi d'azione, fanno sì che l'OTI possa essere utilizzata in numerosi campi come nel trattamento delle lesioni da immersione (es: sindrome da decompressione), nell' embolia di aria o gas, nell' avvelenamento da monossido di carbonio, nella miosite o nella mionecrosi clostridiale (gangrena gassosa), nelle lesione da schiacciamento, nella sindrome compartimentale o nell' ischemia traumatica, nell'insufficienza arteriosa o come potenziamento della guarigione in ferite problematiche, nelle gravi anemie, nell' ascesso intracranico, nelle infezioni necrotizzanti dei tessuti molli, nell' osteomielite refrattaria, nel trattamento delle lesioni da radiazioni ritardate, nella necrosi ossea, nelle lesioni acute da ustione termica, nella perdita improvvisa di udito neurosensoriale idiopatica.

L'OTI, può essere somministrata in una camera monoposto (camera per 1 persona, Figura 1) o in una camera multiposto (spazio per ≥ 2 persone, Figura 2). Entrambi i sistemi sono progettati per resistere a una maggiore pressione interna. Nella camera monoposto, il paziente riposa in una posizione semirigida mentre la camera è pressurizzata con ossigeno

al 100% fino a un massimo di 3,0 ATA. Le camere multiposto sono compresse con aria fino a una pressione massima di 6,0 ATA. In queste camere, un paziente respira ossigeno al 100% attraverso una tenda per la testa, una maschera aderente o un tubo endotracheale. I pazienti in terapia intensiva possono essere trattati in sicurezza in entrambi i tipi di camere, ma l'assistenza pratica durante la terapia può essere eseguita solo nella camera multi-posto.



Figura 1: camera iperbarica monoposto.



Figura 2: camera iperbarica multiposto.

1.3 Rischi legati all' OTI:

Le reazioni avverse alla terapia con OTI sono rare e in gran parte legate all'ambiente iperbarico. La pressione influisce sugli spazi pieni di gas: in particolare, quando la pressione attorno ad uno di questi spazi aumenta, il suo volume tenderà a diminuire e viceversa (legge di Boyle). Il corpo umano ha diversi spazi pieni di gas, tutti vulnerabili al barotrauma se questi non riescono a stabilizzarsi con la variazione della pressione ambientale nella camera iperbarica. L'orecchio medio, l'area più comunemente colpita dal barotrauma, è collegato al rinofaringe attraverso la tuba di Eustachio. La tuba di Eustachio aiuta a modulare la pressione nell'orecchio medio, consentendo all'aria di passare dentro e fuori durante le variazioni della pressione ambientale.

I pazienti possono avere difficoltà a pareggiare la pressione dell'orecchio medio durante la terapia iperbarica se presentano variazioni anatomiche o una tuba di Eustachio che è stata ridotta da stenosi o infiammazione della mucosa indotta da radiazioni, come ad esempio durante un'infezione del tratto respiratorio superiore. Il personale iperbarico è addestrato ed esperto nell'assistere i pazienti con l'equalizzazione dell'orecchio, ma se

questi non riescono ad equalizzare correttamente la pressione nelle loro orecchie, la membrana timpanica o il delicato tessuto che riveste l'orecchio medio possono essere danneggiati. I pazienti che manifestano episodi multipli di barotrauma dell'orecchio medio o che hanno una storia nota di disfunzione della tuba di Eustachio possono richiedere il posizionamento di tubi di equalizzazione della pressione.

I seni paranasali in genere si stabilizzano senza alcuno sforzo da parte del paziente ma possono ostruirsi. In questo caso, i cambiamenti nella pressione ambientale possono causare un barotrauma sinusale.

Altre aree del corpo in cui può verificarsi (raramente) il barotrauma sono: i polmoni, se l'aria rimane intrappolata da difetti anatomici come le macchie polmonari, l'intestino, se il gas nello stomaco o nell'intestino si espande, e i denti.

Inoltre, alti livelli di ossigeno inspirato possono causare tossicità polmonare da ossigeno o tossicità per il sistema nervoso centrale (SNC) che può causare contrazioni muscolari, fenomeni visivi e uditivi e convulsioni. Il rischio di tossicità da ossigeno nel SNC aumenta con la pressione parziale di ossigeno e la durata dell'esposizione. I trattamenti di OTI sono progettati per ridurre al minimo il rischio di tossicità da ossigeno, mantenendo i parametri di pressione parziale raccomandata e il giusto tempo di esposizione. Per ridurre il rischio di tossicità dell'ossigeno, alcuni protocolli di trattamento possono incorporare ciò che è noto come una pausa aerea, quando la respirazione dell'ossigeno viene interrotta da periodi di respirazione dell'aria. Se il paziente si trova in una camera multi-posto, le pause si ottengono lasciando respirare l'aria della camera al paziente. In una camera monoposto, che è pressurizzata con ossigeno al 100%, il paziente viene indirizzato dall'operatore della camera a respirare aria da una maschera situata all'interno della camera. Le interruzioni d'aria possono o meno essere utilizzate a seconda della struttura e del paziente. Dopo circa 20 trattamenti, la maggior parte dei pazienti sottoposti ad OTI sperimenta un cambiamento miope transitorio: i pazienti miopi lo diventano di più o possono effettivamente sperimentare un miglioramento della vista. Questo spostamento miope in genere si risolve e la vista ritorna ai valori basali entro poche settimane dal termine del trattamento.

1.4 Controindicazioni:

Relative	Assolute
<p>Cardiologiche: Cardiopatía ischemica e congestizia, IMA, Iperensione non controllata farmacologicamente, Iperensione polmonare, Pacemakers e ICD.</p> <p>Diabetologiche: Rischio ipoglicemico in pazienti in trattamento con insulina o con antidiabetici orali.</p> <p>Farmaci;</p> <p>Chemioterapici;</p> <p>Generale: Febbre alta, immersione subacquea dopo OTI, sferocitosi congenita, volo od ascensione in altura dopo OTI;</p> <p>Ginecologiche/Ostetriche: Allattamento, gravidanza, protesi mammarie, protesi articolari, oculari, altre protesi;</p> <p>Neurologiche: Storia di epilessia post-traumatica, anamnesi positiva per epilessia (assenza crisi \geq 10 aa.) Epilessia non trattata, Epilessia in trattamento;</p> <p>Oculistiche: Distacco di retina (storia di), anche se trattata chirurgicamente da $<$ 6 mesi,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pneumotorace (PNX) non drenato; • Rapporto PaO₂/FiO₂ $<$ 200 valutato all'emogasanalisi; • Stato di grande male epilettico; • Claustrofobia (considerare l'evenienza se il paziente non fosse sedato); • Quadri psicotici in rottura;

<p>Glaucoma angolo aperto, Glaucoma angolo stretto, Protesi oculari cave;</p> <p>Odontoiatriche:</p> <p>Cure dentali in genere e/o cure endocanalari ancora in corso, elementi provvisori, lesioni cariose;</p> <p>ORL: Difficoltà di compensazione, Compensazione Inefficace/impossibile (<i>impairment</i> cognitivo / pz.intubato), Otitis e sinusiti croniche recidivanti, Protesi acustiche, Stapedotomia e recente chirurgia ORL (miringoplastica, timpanoplastica, aperta e chiusa), Etmoidectomia, Trisma serrato;</p> <p>Pneumologiche: Chirurgia toracica recente, Enfisema bolloso, Patologie delle vie respiratorie: asma pregressa o in corso, Pneumotorace spontaneo;</p>	
--	--

Tabella 1: Controindicazioni Assolute e Relative, secondo LINEE GUIDA S.I.M.S.I. (SOCIETÀ ITALIANA DI MEDICINA SUBACQUEA E IPERBARICA) 2018.

CAPITOLO 2-MATERIALI E METODI

2.1 Obiettivo:

Ricerca in letteratura le evidenze più aggiornate che dimostrino l'efficacia dell'utilizzo dell'Ossigenoterapia Iperbarica per il trattamento di pazienti con ferite croniche o acute.

2.2 Quesiti di ricerca:

- L' OTI è efficace nel trattamento delle ferite croniche?
- L'OTI è efficace nel trattamento delle ferite acute?
- Quali sono le variabili che possono influenzare l'efficacia dell'OTI?
- Qual è il ruolo dell'Infermiere nell'erogazione dell'OTI?

2.3 Disegno dello studio e strategia di ricerca:

Per rispondere ai quesiti di ricerca è stata effettuata una revisione della letteratura di studi primari e secondari riguardo l'efficacia dell'OTI nella cura delle ferite.

E' stata consultata la banca dati PubMed.

Sono state esaminate inoltre le Linee guida (SIMSI) per la somministrazione dell'OTI.

Per condurre la Revisione della letteratura, è stato prodotto il seguente PIO:

	PAROLE CHIAVE:	KEYWORDS:
P	Pazienti con ferite croniche: <ul style="list-style-type: none">• Ulcere del piede diabetico• Ulcere venose Pazienti con ferite acute: <ul style="list-style-type: none">• Ferite traumatiche• Ustioni.	<i>Patients with chronic wounds:</i> <ul style="list-style-type: none">• <i>Diabetic Foot Ulcers</i>• <i>Venous Ulcers</i> <i>Patients with acute wounds:</i> <ul style="list-style-type: none">• <i>Traumatic wounds</i>• <i>Burn injury.</i>
I	Ossigenoterapia Iperbarica.	<i>Hyperbaric Oxygen Therapy</i>
O	Guarigione/Miglioramento/cura	<i>Wound healing/improvement/care.</i>

Tabella 2: PIO

Sono state utilizzate le parole chiave come termini liberi combinandole con gli operatori booleani:

Database:	Stinga di ricerca:	Risultati:
PubMed 1	<i>Hyperbaric oxygen therapy AND "wound care"</i>	236
PubMed 2	<i>Hyperbaric oxygen therapy AND "acute wound"</i>	1
PubMed 3	<i>Hyperbaric oxygen therapy AND "Diabetic Foot"</i>	363
PubMed 4	<i>Hyperbaric oxygen therapy AND "burn injury"</i>	19

Tabella 3: stringhe di ricerca

2.4 Criteri di inclusione degli studi:

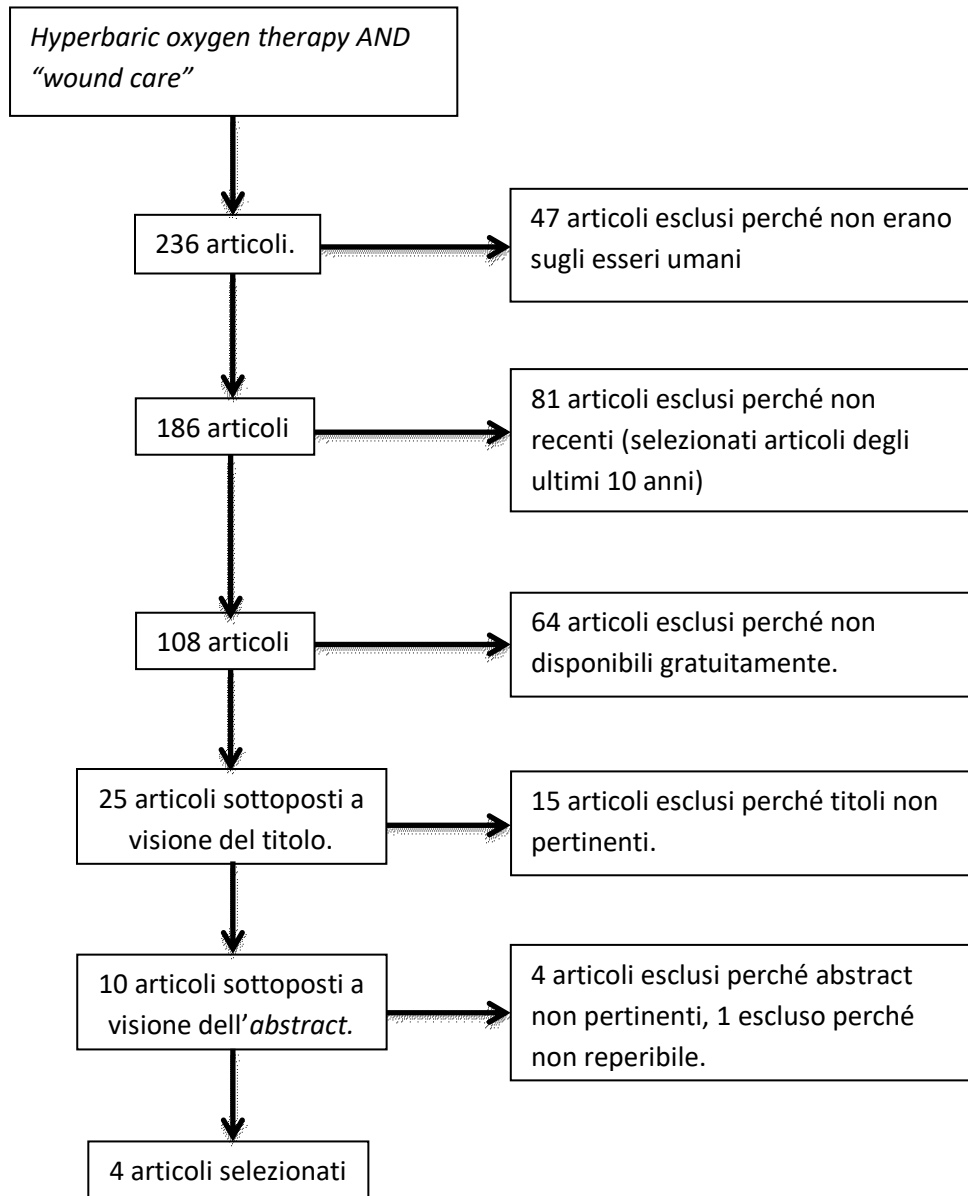
- Tipologia dei partecipanti: pazienti umani con ferite croniche o acute.
- Tipologia di studio: Meta-Analisi, Revisioni Sistematiche, Trial Clinici, studi retrospettivi, case report.
- Articoli completi gratuiti (in assenza di articoli gratuiti per una stringa di ricerca, sono stati selezionati anche gli *abstract* di articoli a pagamento).
- Articoli pubblicati negli ultimi dieci anni.

2.5 Criteri di esclusione degli studi:

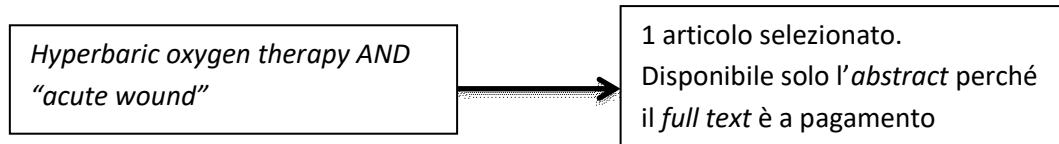
- Studi incompleti.

2.6 Diagramma di flusso di selezione della letteratura:

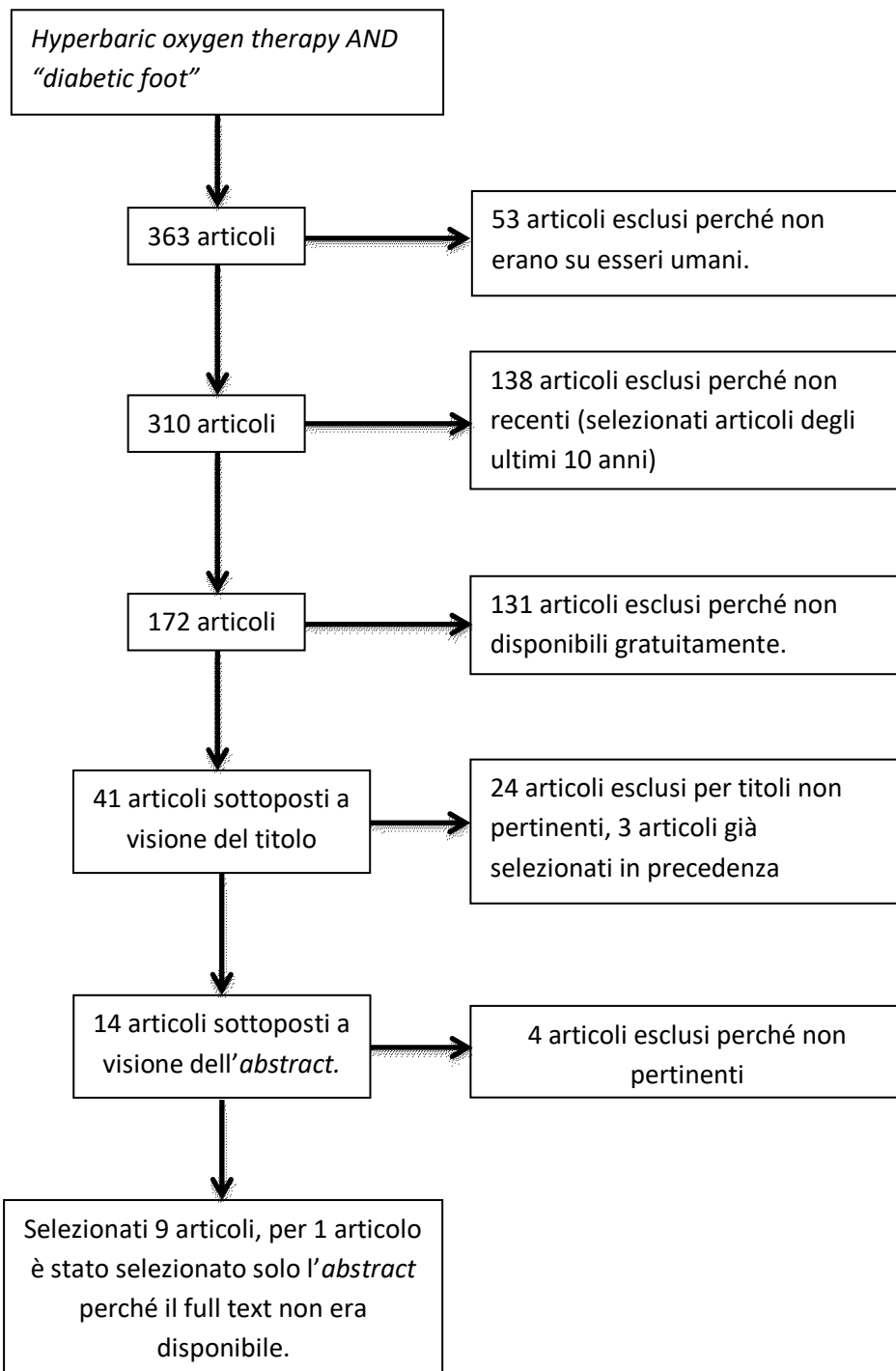
PubMed 1:



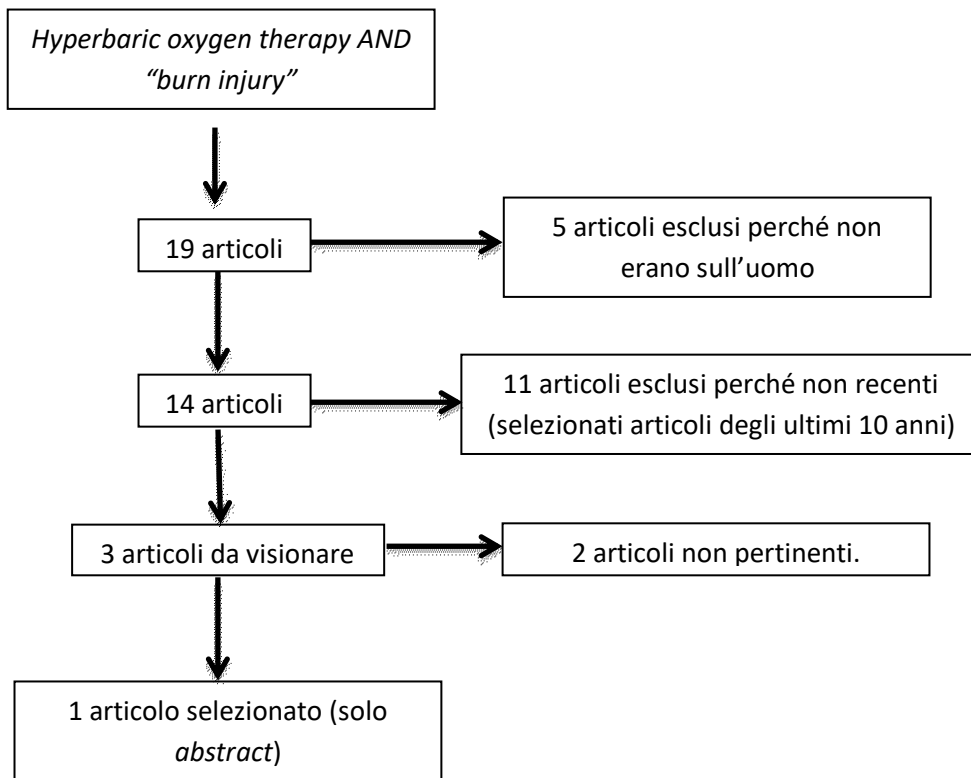
Pubmed 2:



PubMed 3:



PubMed 4: in questo caso sono stati considerati anche gli articoli a pagamento visto che non erano presenti numerosi articoli. Se pertinenti, sono stati selezionati gli *abstract* degli articoli a pagamento.



CAPITOLO 3- RISULTATI

Dalla ricerca in letteratura primaria e secondaria sono stati selezionati 16 articoli.

Una sintesi degli studi reperiti è rappresentata dalla seguente tabella:

Tabella 4: sintesi dei risultati

Autori e Titolo	Anno di pubblicazione	Disegno di studio
P. Dauwe et al. <i>Does Hyperbaric Oxygen Therapy Work in Facilitating Acute Wound Healing: A Systematic Review.</i>	2014.	Revisione Sistemática.
Chong SJ, Kan EM, song C, Soh CR, Lu J. <i>Characterization of early thermal burns and the effects of hyperbaric oxygen treatment: a pilot study.</i>	2013	RCT
Hendry Irawan, I. Nyoman Semadi, and I.G de Raka Widiana. <i>Clinical Study A Pilot Study of Short-Duration Hyperbaric Oxygen Therapy to Improve HbA1c, Leukocyte, and Serum Creatinine in Patients with Diabetic Foot Ulcer Wagner 3-4</i>	2018	Studio clinico

<p>M. Löndahl, P. Katzman, A. Nilsson & C. Hammarlund.</p> <p><i>Hyperbaric Oxygen Therapy Facilitates Healing of Chronic Foot Ulcers in Patients With Diabetes</i></p>	2010	RCT
<p>Marek Kawecki et al.</p> <p><i>Computerized planimetry evaluation of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of diabetic foot</i></p>	2018	Studio di casi
<p>D.J. Margolis et al.</p> <p><i>Lack of Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Therapy for the Treatment of Diabetic Foot Ulcer and the Prevention of Amputation</i></p>	2013	Studio di Coorte.
<p>Mohamed Jira,, Naoual El Omri, Youssef Sekkach, Fadoua Mekouar & Taoufik Amezyane.</p> <p><i>Hyperbaric Oxygen Therapy in the threatment of diabetic foot: experience in the management of 80 cases at a departement of internal medicine.</i></p>	2018	Studio Restrospettivo

<p>Stoekenbroek, Santema, Legemate, Ubbink, van den Brink, Koelemay. <i>Hyperbaric oxygen for the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review.</i></p>	2014	Revisione sistematica di RCT
<p>Elraiyyah et al. <i>A systematic review and meta-analysis of adjunctive therapies in diabetic foot ulcers.</i></p>	2015	Revisione sistematica e Meta-analisi
<p>Yulie Feldman-Idov, Yehuda Melamed & Liora Ore <i>Improvement of ischemic non-Healing Wounds Following Hyperoxygenation: the experience at rambam-elisha Hyperbaric center in israel, 1998–2007</i></p>	2011	Studio di Coorte
<p>Kranke P, Bennett MH, Martyn-St James M, Schnabel A & Debus SE. <i>Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds.</i></p>	2015	Aggiornamen to di Revisione sistematica.

<p>Takashi Ueno, Tokuya Omi, Eiji Uchida, Hiroyuki Yokota & Seiji Kawana. <i>Evaluation of Hyperbaric Oxygen Therapy for Chronic Wounds</i></p>	2014	Studio retrospettivo.
<p>J. Glik et al. <i>Thermal imaging and planimetry evaluation of the results of chronic wounds treatment with hyperbaric oxygen therapy</i></p>	2019	Studio di casi
<p>Jesse A. Columbo, Judy A. Ptak, Jay C. Buckey & Daniel B. Walsh. <i>Hyperbaric oxygen for patients with above-knee amputations, persistent ischemia, and nonreconstructable vascular disease</i></p>	2016	Case Report
<p>ANDRADE, Sabrina Meireles & SANTOS, Isabel Cristina Ramos Vieira. <i>Hyperbaric oxygen therapy for wound care</i></p>	2016	Studio trasversale

Karadurmus et al. <i>Potential benefits of hyperbaric oxygen therapy on atherosclerosis and glycaemic control in patients with diabetic foot</i>	2010	Studio clinico
--	------	----------------

CAPITOLO 4-DISCUSSIONE

Il trattamento delle ferite è spesso una sfida, soprattutto per gli infermieri. Anche se trattate correttamente, alcune ferite come ulcere venose e arteriose, piede diabetico e ustioni non sempre guariscono. Pertanto, l'ossigenoterapia iperbarica (OTI) può servire come trattamento aggiuntivo per "ferite complesse". Un primo studio incluso in questa revisione, aveva lo scopo di indicare in modo più specifico a quali tipologie di ferite era possibile applicare l'OTI e quali fossero i risultati di questo trattamento, data la scarsa quantità di articoli e ricerche riguardanti questo ambito (*S. M. de Andrade & Isabel Cristina Ramos Vieira Santos, 2016*)

Si tratta di uno Studio trasversale condotto in un centro iperbarico nella città di Salvador, Bahia, Brasile dove sono stati inclusi 200 pazienti trattati con ossigeno iperbarico da Gennaio a Novembre 2013.

Da questo studio è emerso che le principali ferite più frequentemente indicate per l'ossigenoterapia iperbarica erano ulcere venose, lesioni traumatiche e piede diabetico. I pazienti con ferite croniche hanno avuto meno sedute (61,1%) e le loro ferite sono guarite o sono state ridotte (62,0%) rispetto a quelle con ferite acute.

Da questo studio è stato possibile partire per effettuare una ricerca bibliografica più specifica, prendendo in considerazione pazienti con ferite croniche (ulcere venose, piede diabetico) e acute (ustioni e lesioni traumatiche).

4.1 Ferite croniche:

Dei sedici articoli totali, dodici di questi trattavano di pazienti con ferite croniche; tre revisioni sistematiche (*R.M. Stoekenbroek et al., 2014, T. Elraiyah et al., 2015, P. Kranke et al., 2015*), due studi retrospettivi (*T. Ueno et al., 2014, M. Jira., N. El Omri, Y. Sekkach, F. Mekouar & T. Amezyane, 2018*), due studi di coorte (*Y. Feldman-Idov, Y. Melamed & Liora Ore, 2011, D.J. Margolis et al., 2013*), due studi con planimetria computerizzata (*Marek Kawecki et al., 2018*), due studi clinici (*H. Irawan , I. Nyoman Semadi, & I. Gde Raka Widiana, 2018, Karadurmus et al., 2010*) e un RCT (*M. Löndal, P. Katzman, A. Nilsson, & C. Hammarlund, 2010*).

Otto degli studi selezionati, comprendevano solo pazienti con ulcerazioni del piede diabetico (*Elraiyah et al.,2015, R.M. Stokenbroek et al., 2014, M. Jira et al., 2018, D.J.*

Margolis et al., 2013, Marek Kawecki et al., 2018, M. Löndal et al., 2010, H. Irawan , I. Nyoman Semadi, & I. Gde Raka Widiana, 2018, Karadurmus et al., 2010) mentre i restanti quattro includevano sia pazienti con ulcere del piede diabetico che pazienti con ulcere ischemiche di altra natura, come le ulcere venose e nel caso di un solo studio (P. Kranke et al., 2015), anche ulcere di natura arteriosa.

Lo studio RCT, metteva a confronto due gruppi di studio: ad uno veniva somministrata OTI mentre all' altro gruppo una terapia placebo, sempre in camera iperbarica multiposto ma con la sola somministrazione di aria (non venivano somministrate alte concentrazioni di ossigeno).

Quasi tutti questi studi (dieci su dodici) consideravano l'utilizzo dell'OTI in associazione alle terapie standard per la cura delle ferite per andarne a valutare l'efficacia. Cinque di questi andavano a valutare sia il miglioramento delle ulcere croniche che una diminuzione del tasso di amputazione, mentre gli altri 5 (compreso lo studio RCT) andavano a valutare solamente un miglioramento dello stato di guarigione della ferita. Inoltre, tre di questi dieci studi, specificavano anche la tipologia di ulcera presente nei pazienti inclusi: ulcere di grado Wagner 2-4 (M. Löndal et al., 2010, M. Jira et al., 2018) ed ulcere di grado Wagner 1-2 (Feldman-Idov et al., 2011).

Una delle tre revisioni sistematiche selezionate (Elraiyah et al., 2015) metteva a confronto varie terapie alternative per le ulcere del piede diabetico (UPD) oltre all' OTI consentendo così, un confronto della loro efficacia. Queste terapie alternative, venivano confrontate anche con l'utilizzo della sola terapia standard per la cura delle UPD.

Gli altri due studi inclusi (Irawan et al., 2018 , Karadurmus et al., 2010), consistevano in test clinici dove venivano analizzati vari parametri di laboratorio tramite esami sanguigni dei pazienti, per valutare l'efficacia dell'OTI nel miglioramento di questi parametri.

Nel primo studio (Karadurmus et al., 2010), venivano analizzati i livelli di HbA1c, dei marker infiammatori, della proteina C reattiva ad alta sensibilità (HS-CRP), l'emocromo, l'acido urico , il volume medio di piastrine (MPV) ed il profilo lipidico. Veniva misurata inoltre la glicemia a digiuno e l'omeostasi-resistenza all'insulina (HOMA-IR). Tutti i pazienti avevano ulcere di grado 2-4 Wagner anche in questo caso ed erano sottoposti ad OTI. Lo scopo dello studio era quello di valutare l'efficacia dell'OTI nel miglioramento dei parametri elencati in precedenza con al fine di verificarne un'utilità nel miglioramento degli stati infiammatori, della glicemia e dell'aterosclerosi nei pazienti con UDP.

Nel secondo studio (Irawan et al., 2018), si procedeva più o meno allo stesso modo ma venivano considerati parametri leggermente diversi: qui, oltre ai livelli di HbA1c, venivano analizzati i livelli dei Leucociti e della Creatinina sierica, con lo scopo di valutare gli effetti dell'OTI nel controllo glicemico (HbA1c), nella diminuzione dell'infiammazione (Leucociti) e nel miglioramento della funzionalità renale (Creatinina). Grazie a questi parametri, si è potuta valutare l'efficacia dell'OTI nel trattamento delle UDP e nel miglioramento della funzionalità renale. In questo studio, venivano inclusi pazienti con ulcere di grado Wagner 3-4.

4.2 Ferite acute:

Rispetto alle ferite croniche, in letteratura non sono presenti molti studi che trattano di pazienti con ferite acute (ustioni o ferite traumatiche).

Dei sedici articoli selezionati, ne sono stati individuati tre che trattavano di pazienti con ferite acute trattate con OTI.

Questi tre studi comprendevano: una revisione della letteratura (P. B. Dauwe, B. J. Pulikkottil, L. Lavery, J. M. Stuzin & R. J. Rohrich, 2014), che aveva lo scopo di analizzare evidenze sull'utilizzo dell'OTI come trattamento aggiuntivo nella cura di ferite acute complicate (non era specificata la natura delle lesioni) e di lembi o innesti; uno studio RCT e un *Case Report* (J. A. Columbo, J. A. Ptak, J. C. Buckey, & D. B. Walsh, 2016). Lo studio RCT, è stato effettuato su pazienti con ustioni trattate con OTI nelle prime 48 ore dalla lesione (Chong SJ, Kan EM, Song C, Soh CR & Lu J, 2013). Veniva misurata la profondità di ustione mediante *imaging Doppler laser* (LDI) e istologicamente, veniva effettuato il conteggio dei globuli bianchi (WBC) e valutati i livelli di marker infiammatori in modo da valutare gli effetti sulla profondità di combustione nei pazienti inclusi nello studio.

I partecipanti sono stati randomizzati in due gruppi: un gruppo di controllo e un gruppo sottoposto a OTI.

Il *Case Report* selezionato (Columbo et al., 2016), aveva lo scopo di portare una testimonianza sull'uso dell'OTI in associazione alle terapie standard e alla terapia a pressione negativa, nella cura dei monconi di quattro pazienti sottoposti ad amputazione sopra il ginocchio, le cui ferite da moncone non erano in grado di guarire. A questi

pazienti è stata diagnosticata una malattia vascolare pelvica e inguinale non ricostruibile e si trovavano di fronte a disarticolazione dell'anca.

Tutte le caratteristiche degli studi descritti sopra e i principali risultati, sono riassunti nella tabella 5.

Tabella 5: sintesi caratteristiche e risultati degli studi

Titolo, Autore, Anno	Disegno di studio e Obiettivi	Tipologia di Pazienti e Trattamenti.	Risultati principali	Conclusioni
<p>P. Dauwe et al. 2014 <i>Does Hyperbaric Oxygen Therapy Work in Facilitating Acute Wound Healing: A Systematic Review.</i></p>	<p>Revisione Sistematica con lo scopo di raccogliere evidenze sull'utilizzo dell'OTI nella cura delle ferite acute e la sua efficacia.</p>	<p>Pazienti con ferite acute, lembi o innesti trattati con OTI-</p>	<p>Sono stati trovati in totale otto studi che soddisfano i criteri per la valutazione dell'ossigenoterapia iperbarica aggiuntiva nel trattamento di ferite acute, lembi e innesti.</p>	<p>L'ossigenoterapia iperbarica può aumentare la guarigione in ferite acute complicate se usata in combinazione con le terapie standard. Tuttavia, sono necessarie ulteriori indagini prima questa possa essere raccomandata come pilastro nella terapia della ferita acuta.</p>

<p>Chong SJ, Kan EM, Song C, Soh CR, Lu J. 2013 <i>Characterization of early thermal burns and the effects of hyperbaric oxygen treatment: a pilot study.</i></p>	<p>RCT per valutare l'efficacia dell'OTI nel migliorare l'esito delle ustioni. Outcome: valutare miglioramenti dei livelli dei marker infiammatori, delle citochine, dei globuli bianchi e dello stato generale della lesione.</p>	<p>Pazienti adulti con ustioni termiche precoci (<40% della superficie corporea). L'OTI veniva somministrata entro 24-48h dall'ustione. I partecipanti sono stati randomizzati in due gruppi uno trattato con OTI e uno no (Controllo)</p>	<p>Non sono state riscontrate variazioni significative in nessuno parametro valutato. L'OTI non ha avuto effetti significativi sulla profondità di combustione. Due pazienti OTI e quattro pazienti di controllo hanno sviluppato colture batteriche positive.</p>	<p>I primi trattamenti con OTI non hanno avuto effetti evidenti su nessuno dei parametri misurati. L'OTI può eventualmente avere un effetto antimicrobico ad ampio spettro degno di ulteriori studi. La metodologia applicata nello studio può essere un possibile modello per futuri studi sulle ustioni.</p>
<p>Hendry Irawan , I. Nyoman Semadi, & I.G De Raka Widiana, 2018 <i>Clinical Study A Pilot Study of Short-Duration Hyperbaric Oxygen Therapy to</i></p>	<p>Studio clinico. Per la valutazione dell'efficacia dell'OTI nel miglioramento dei livelli di HbA1c, dei leucociti e dei livelli sierici di creatinina indicatori del controllo</p>	<p>Pazienti Con UPD di grado 3-4 Wagner sottoposti a terapie standard in associazione con l'OTI, messi a confronto con la stessa tipologia di pazienti ma</p>	<p>I risultati delle analisi di laboratorio prima e dopo il trattamento sono stati significativi per quanto riguarda la riduzione dei livelli di HbA1c. I livelli di HbA1c alla fine della terapia erano</p>	<p>L'uso dell'OTI di breve durata sulla Ulcera da piede diabetico riduce i livelli di HbA1c, la conta dei leucociti e i livelli sierici di creatinina meglio della sola terapia standard.</p>

<p><i>Improve HbA1c, Leukocyte, and Serum Creatinine in Patients with Diabetic Foot Ulcer Wagner 3-4</i></p>	<p>glicemico, dello stato infiammatorio e della funzionalità renale.</p>	<p>trattati con la sola terapia standard.</p>	<p>significativamente diversi tra i gruppi.</p>	
<p>M. Löndahl, P. Katzman, A. Nilsson & C. Hammarlund, 2010 <i>Hyperbaric Oxygen Therapy Facilitates Healing of Chronic Foot Ulcers in Patients With Diabetes</i></p>	<p>RCT in doppio cieco con controllo Placebo. Scopo dello studio era quello di valutare gli effetti dell'OTI nella gestione delle UPD</p>	<p>Pazienti con Ulcere del piede diabetico. I partecipanti, sono stati randomizzati in un gruppo di trattamento (ricevente OTI) ed un gruppo placebo (ricevente aria) Trattati in camere iperbariche multiposto per 85 min al giorno, 5 giorni a settimana</p>	<p>Sono stati studiati novantaquattro pazienti, la guarigione completa è avvenuta in 37 pazienti dopo 1 anno di follow-up: 25/48 (52%) nel gruppo OTI e 12/42 (29%) nel gruppo placebo (P 0,03). In una sotto analisi di tali pazienti che hanno completato 35 sessioni di OTI, il tasso di guarigione era di: 23/38 (61%) nel gruppo OTI e 10/37 (27%)</p>	<p>Lo studio ha dimostrato che il trattamento aggiuntivo con OTI facilita la guarigione delle ulcere croniche del piede in pazienti selezionati con diabete.</p>

			nel gruppo placebo (P 0,009) La frequenza degli eventi avversi era bassa.	
Marek Kawecki et al. 2018 <i>Computerized planimetry evaluation of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of diabetic foot</i>	Studio di casi	Pazienti con Ulcere del piede diabetico,	In 26 pazienti le ferite sono state completamente chiuse e in 37 pazienti lo stato topico è stato significativamente migliorato (la superficie della ferita è diminuita del 34% in media). Durante il trattamento, in 11 pazienti è stata eseguita l'amputazione delle dita e delle ossa necrotiche metatarsali, mentre in 9 pazienti è stata impedita l'amputazione.	Una valutazione planimetrica ha mostrato che l'applicazione dell'HBOT nel trattamento del piede diabetico migliora la guarigione dell'ulcera del piede, riduce il danno tissutale, contribuisce alla riduzione delle complicanze legate alle infezioni dei tessuti molli e delle ossa.
D.J. Margolis et al. 2013	Studio di Coorte il cui scopo era quello di comparare l'efficacia	6.259 individui con diabete, adeguata perfusione arteriosa	L'OTI non ha dimostrato di migliorare la probabilità che una ferita possa guarire o la	L'utilizzo di OTI non ha migliorato la probabilità che una ferita guarisca e

<p><i>Lack of Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Therapy for the Treatment of Diabetic Foot Ulcer and the Prevention of Amputation</i></p>	<p>dell'OTI con quella dei trattamenti convenzionali nella cura delle UPD e nella prevenzione delle amputazioni degli arti inferiori.</p>	<p>dell'arto inferiore e UPD che si estendeva attraverso il derma. Sottoposti a trattamenti standard o con OTI.</p>	<p>sua efficacia nel ridurre la probabilità di amputazione in nessuna delle analisi effettuate in questo studio.</p>	<p>non ha provato la sua efficacia nell' impedire l'amputazione in una coorte di pazienti definiti dai centri per i criteri di ammissibilità dei servizi Medicare e Medicaid.</p>
<p>Jira et al., 2018 <i>Hyperbaric Oxygen Therapy in the threatment of diabetic foot: experience in the management of 80 cases at a departement of internal medicine.</i></p>	<p>Studio Restrospettivo per valutare l'efficacia dell'OTI nel trattamento delle UPD. Venivano valutati il tasso di guarigione e la frequenza di amputazioni.</p>	<p>Pazienti con Ulcera del piede diabetico di grado 2-4 Wagner, trattati con OTI in associazione a terapia insulinica, antibiotica e cure locali.</p>	<p>Lo studio è stato svolto su 80 pazienti. È stata osservata una riduzione significativa della superficie della ferita dalla decima sessione, con guarigione completa e recupero in 56 (70%) pazienti alla fine di 20 sessioni di OTI. L'amputazione è stata eseguita in 20 pazienti (25%).</p>	<p>L'OTI si è dimostrata efficace in casi difficili: potrebbe accelerare il raggiungimento di buoni risultati e contribuire a prevenire le amputazioni.</p>

<p>Stoekenbroek et al., 2014 <i>Hyperbaric oxygen for the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review.</i></p>	<p>Revisione sistematica di RCT con lo scopo di valutare il valore dell'OTI nel promuovere la guarigione delle UPD e prevenire le amputazioni.</p>	<p>Pazienti con ulcere ischemiche, non ischemiche o di natura non nota trattati con OTI in associazione ai trattamenti standard per la cura delle ulcere.</p>	<p>Sono stati selezionati 7 studi: tre studi hanno incluso 182 pazienti con ulcere ischemiche, due studi hanno studiato 64 pazienti con ulcere non ischemiche e due studi comprendenti 130 pazienti non hanno specificato il tipo di ulcera. Due prove erano di buona qualità metodologica. La messa in comune dei dati è stata ritenuta inappropriata a causa dell'eterogeneità. Due RCT in pazienti con ulcere ischemiche hanno riscontrato un aumento dei tassi di guarigione completa al follow-up a 1 anno, ma</p>	<p>Le prove attuali mostrano alcune prove dell'efficacia dell'OTI nel migliorare la guarigione delle UPD in pazienti con ischemia concomitante. Sono necessari studi più ampi di qualità superiore prima che possa essere giustificata l'implementazione dell'OTI nella pratica clinica di routine in pazienti con UPD</p>
--	--	---	---	--

			<p>non ha riscontrato differenze nei tassi di amputazione. Un terzo studio sulle ulcere ischemiche ha riscontrato tassi di amputazione maggiori significativamente più bassi nei pazienti con OTI, ma non ha riferito nulla sulla guarigione delle ferite. Nessuno degli RCT nelle ulcere non ischemiche ha riportato differenze nella guarigione delle ferite o nei tassi di amputazione. Due studi con tipi di ulcera sconosciuti hanno riportato effetti benefici sui tassi di amputazione, sebbene il più grande studio abbia usato</p>	
--	--	--	---	--

			una definizione diversa per entrambi i risultati. OTI non ha influenzato la necessità di ulteriori interventi.	
Elraiyah et al. 2015 <i>A systematic review and meta-analysis of adjunctive therapies in diabetic foot ulcers.</i>	Revisione sistematica e Meta-analisi con lo scopo di raccogliere evidenze sull'utilizzo dell'OTI e di altre terapie aggiuntive, nella cura delle ulcere del piede diabetico. Outcome primari da analizzare erano la guarigione completa	Pazienti con UDP trattati con OTI in aggiunta alla terapia standard, con l'utilizzo di dispositivi della pompa arteriosa (sempre in associazione alla terapia standard), con terapie placebo, con farmaci (iloprost, pentossifillina o	Sono stati compresi 18 studi di cui 9 sono stati randomizzati, arruolando 1526 pazienti. In più studi randomizzati, l'aggiunta dell'OTI alla terapia convenzionale (cura delle ferite e offload) è stata associata ad un aumento del tasso di guarigione (odds ratio, 14,25; intervallo di	Esistono prove di qualità da bassa a moderata a supporto dell'uso dell'OTI come terapia aggiuntiva per migliorare la guarigione dell'ulcera del piede diabetico e potenzialmente prevenire l'amputazione.

	dell'ulcera e tasso di amputazione	cilostazolo) o con la sola terapia standard per la cura delle UPD, permettendo così, un confronto tra le varie terapie aggiuntive e la loro efficacia.	confidenza al 95%, 7,08-28,68) e alla riduzione del tasso di amputazione maggiore (odds ratio, 0,30; Intervallo di confidenza al 95%, 0,10-0,89), rispetto alla sola terapia convenzionale. In un piccolo studio, i dispositivi della pompa arteriosa hanno avuto un effetto favorevole sulla guarigione completa rispetto all'OTI. Per i farmaci, non sono stati riscontrati benefici evidenti.	
Yulie Feldman-Idov, Yehuda Melamed & Liora Ore 2011 <i>Improvement of ischemic non-Healing</i>	Studio di Coorte per valutare il miglioramento delle ulcere ischemiche	Pazienti con ulcere ischemiche non cicatrizzanti di grado Wagner 1-2 trattati con OTI.	Circa il 20% dei pazienti ha manifestato lievi effetti collaterali. Un miglioramento si è verificato in 282 pazienti	OTI può favorire il trattamento di ferite ischemiche non cicatrizzanti. Lo studio dimostra che questa

<p><i>Wounds Following Hyperoxygenation: the experience at rambam-elisha Hyperbaric center in israel, 1998–2007</i></p>	<p>dopo il trattamento con OTI.</p>		<p>(77,7%) dopo OTI: il 15,2% è stato completamente guarito, il 42,7% ha mostrato un miglioramento significativo (e ci si aspettava che guarisse spontaneamente) e il 19,8% un leggero miglioramento.</p>	<p>procedura è sicura e contribuisce alla guarigione delle ferite.</p>
<p>Kranke et al., 2015 <i>Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds.</i></p>	<p>Revisione di studi RCT che confrontavano l'effetto sulla guarigione della ferita cronica con regimi terapeutici che includono l'OTI con quelli che escludono l'OTI (con o senza terapia placebo) con lo scopo di valutare benefici e danni</p>	<p>Pazienti con ulcere di tipo venoso e UPD, trattati con OTI in associazione a trattamenti standard.</p>	<p>Sono state incluse dodici prove (577 partecipanti). Dieci studi (531 partecipanti) hanno arruolato persone con un'ulcera del piede diabetico: i dati aggregati di cinque studi con 205 partecipanti hanno mostrato un aumento del tasso di guarigione dell'ulcera con OTI a sei settimane, ma</p>	<p>Nelle persone con UPD, l'OTI ha migliorato significativamente le ulcere, guarite a breve termine ma non a lungo termine. Gli studi avevano vari difetti nella progettazione e / o nella segnalazione che significa che non si può essere sicuri dei risultati. Sono necessari ulteriori studi per</p>

	<p>dell'OTI come terapia aggiuntiva nella cura delle ulcere croniche dell'arto inferiore.</p> <p><i>Outcome:</i> guarigione della ferita e tasso di amputazione.</p>		<p>questo beneficio non era evidente al follow-up a più lungo termine a un anno. Non vi era alcuna differenza statisticamente significativa nel tasso di amputazione maggiore. Uno studio (16 partecipanti) ha considerato le ulcere venose e ha riportato dati a sei settimane (riduzione della dimensione della ferita) e 18 settimane (riduzione della dimensione della ferita e numero di ulcere guarite) e ha suggerito un beneficio significativo dell'OTI in termini di riduzione dell'area dell'ulcera solo a sei settimane.</p>	<p>valutare correttamente l'OTI nelle persone con ferite croniche; queste prove devono essere adeguatamente alimentate e progettate per ridurre al minimo tutti i tipi di distorsioni.</p>
--	--	--	--	--

			<p>E' stato identificato uno studio (30 partecipanti) che ha arruolato pazienti con ulcere diabetiche non cicatrizzanti e ulcere venose ("tipi di ulcere miste") e i pazienti sono stati trattati per 30 giorni. C'è stato un beneficio significativo dell'OTI in termini di riduzione dell'area dell'ulcera alla fine del trattamento Non sono stati identificato trial che considerassero ulcere arteriose e da pressione.</p>	
--	--	--	--	--

<p>Takashi Ueno et al., 2014 <i>Evaluation of Hyperbaric Oxygen Therapy for Chronic Wounds</i></p>	<p>Studio retrospettivo per valutare l'efficacia dell'OTI nel trattamento delle ferite croniche dovute a varie cause.</p>	<p>Pazienti con ferite croniche.</p>	<p>La risposta all'OTI è stata "eccellente" in 6 pazienti, "buona" in 8, "buona" in 11 e "scarsa" in 4. Tutti e 4 i pazienti con una risposta "scarsa" avevano Diabete mellito ed erano stati sottoposti a emodialisi.</p>	<p>L'OTI è un trattamento efficace per i pazienti con ferite croniche, se usato in combinazione con la terapia standard convenzionale o ulteriori interventi. Tuttavia è meno efficace nei pazienti con Diabete rispetto ai pazienti con stasi venosa perché l'emodialisi, che è più comune nei pazienti con Diabete, ha effetti negativi sulla guarigione delle ferite.</p>
<p>J. Glik et al., 2019 <i>Thermal imaging and planimetry evaluation of the results of chronic wounds treatment with</i></p>	<p>Studio di casi</p>	<p>Pazienti con ulcere del piede diabetico e da insufficienza venosa.</p>	<p>Entrambi i gruppi di pazienti hanno mostrato una riduzione della superficie e del perimetro della ferita dopo OTI. Gli effetti del</p>	<p>Sembra che una combinazione di <i>imaging</i> termico e planimetria possa migliorare la diagnosi e fornire al</p>

<i>hyperbaric oxygen therapy</i>			trattamento sono stati confermati anche dalla termografia. Le aree calcolate dalla termografia e dalla planimetria sono diverse ma correlate.	medico maggiori informazioni sugli effetti della terapia.
Columbo et al., 2016 <i>Hyperbaric oxygen for patients with above-knee amputations, persistent ischemia, and nonreconstructable vascular disease</i>	Case Report per descrivere l'esperienza clinica avuta su 4 pazienti sottoposti ad amputazioni sopra il ginocchio.	Pazienti con amputazioni sopra il ginocchio, malattia vascolare pelvica e inguinale non ricostruibile e disarticolazione dell'anca, trattati con OTI in associazione alla cura del moncone e alla terapia a pressione negativa.	I pazienti hanno guarito i monconi e si sono adattati alle protesi. Al loro follow-up più recente, tutti i pazienti stavano deambulando e usando le loro protesi.	Con l'aggiunta dell'OTI alla cura meticolosa della ferita, al <i>debridement</i> e alla NPWT, questi pazienti hanno evitato un'operazione con elevata morbilità e mortalità. Tutti sono stati predisposti per le protesi ed erano ambulatoriali a partire dalla loro ultima visita di follow-up (intervallo, 4-18 mesi). Sebbene siano necessari ulteriori studi

				randomizzati per determinare il ruolo finale dell'OTI, si ritiene che offra l'opportunità di migliorare la guarigione delle ferite.
Karadurmus et al. 2010 <i>Potential benefits of hyperbaric oxygen therapy on atherosclerosis and glycaemic control in patients with diabetic foot</i>	Test clinico con lo scopo di studiare gli effetti dell'OTI sul controllo glicemico, l'aterosclerosi, i marker infiammatori e altri parametri clinici e di laboratorio nei pazienti con UPD.	Pazienti con UPD di grado Wagner 2-4 sottoposti a 30 sessioni totali di OTI.	Al completamento del trattamento, è stato osservato un miglioramento statisticamente significativo nei valori medi di tutti i parametri valutati.	È stato dimostrato che l'OTI ha effetti benefici sull'aterosclerosi e sul controllo glicemico nei pazienti diabetici. Sono necessari ulteriori studi randomizzati su larga scala per studiare gli effetti sistemici dell'OTI.

L'OSSIGENOTERAPIA IPERBARICA E L' INFERMIERE

I pazienti che vengono sottoposti a OTI, sono pazienti che possono avere patologie molto diverse tra loro in quanto, può essere utilizzata come terapia aggiuntiva in una varietà molto ampia di patologie. Per la gestione e la preparazione del paziente, della strumentazione e dell'ambiente della Camera Iperbarica, l'Infermiere assume un ruolo fondamentale.

Il piano di gestione infermieristica di un paziente che deve essere sottoposto ad OTI, prevede quindi la preparazione della sessione (sia del paziente che dell'attrezzatura), il monitoraggio intra-sessione, la valutazione dell'evoluzione della ferita ed infine, l'educazione del paziente e della sua famiglia che devono essere informati sulla procedura, sui suoi rischi e sui giusti comportamenti da attuare per evitare la comparsa di eventi avversi. La gestione della Camera Iperbarica, prevede quindi competenze sia tecnico pratiche che di natura educativa.

Nella seguente tabella (Tabella 6), sono stati inclusi i principali interventi infermieristici da attuare in preparazione all'OTI e che sono stati inclusi in due articoli abbastanza recenti. (Kiwanuka et al. 2019, Exdall et al., 2016).

Tabella 6: interventi infermieristici principali in ambito Iperbarico

Claustrofobia e altri disagi	È importante che vengano valutati tutti gli aspetti che possono portare ansia al paziente in modo da tranquillizzarlo e metterlo a proprio agio. L'ambiente iperbarico è un ambiente chiuso, isolato e la claustrofobia può essere una problematica molto importante da valutare.
Nutrizione e Glicemia	L'OTI può interferire con il normale svolgimento dei pasti, particolarmente a rischio in questo caso, sono i pazienti diabetici. È importante quindi assicurarsi che i pazienti abbiano consumato un pasto precoce, controllare i livelli glicemici, somministrare e adeguare la terapia insulinica considerando il fatto che l'OTI è un sensibilizzatore di insulina e potrebbe causare ipoglicemia. Inoltre è bene che i pazienti non consumino bevande gassate o cibi che possano produrre gas per evitare dolorose distensioni gastriche in ambienti ad alte pressioni.
Caffeina, Fumo e Alcool	La caffeina e la nicotina, sono vasocostrittori e potrebbero compromettere l'efficacia dell'OTI. È importante che i pazienti evitino eccessi di caffeina, il fumo o che comunque ne evitino il consumo almeno un'ora prima del trattamento. È inoltre importante che i pazienti non utilizzino cerotti alla nicotina. Per quanto riguarda l'alcool, il suo utilizzo non interferisce con l'OTI

	<p>ma un suo abuso, può predisporre alle convulsioni indotte dalla tossicità da ossigeno. Il team di assistenza dovrebbe informare il team iperbarico se vi è un paziente noto o sospetto per abuso di alcool.</p>
<p>Dispositivi Medici o Impiantati</p>	<p>È importante valutare qualsiasi dispositivo medico collegato o impiantato sul corpo del paziente ed effettuare l'anamnesi del farmaco presente. I dispositivi di raccolta dei drenaggi chirurgici e di altri drenaggi devono essere svuotati prima che il paziente lasci la terapia iperbarica. Se la camera multiposto può fornire l'aspirazione per la terapia della ferita a pressione negativa, le pompe possono rimanere in posizione durante il trasporto ma verranno disconnesse quando il paziente arriva nella camera. Quando queste vengono disconnesse, assicurarsi che il tubo flessibile sia coperto con garza. Nel caso di tubi toracici, potrebbe essere necessario posizionare gli scarichi del tubo toracico per sigillare l'acqua (ovvero, interrompere l'aspirazione). Nessuna pompa per nutrizione enterale è attualmente approvata per l'uso iperbarico, quindi i pazienti non riceveranno nutrizione enterale continua durante il trattamento.</p>
<p>Educazione Generale</p>	<p>Il paziente deve evitare di introdurre in camera iperbarica materiali infiammabili (accendini, dispositivi elettronici o con batterie, fiammiferi ecc...). Deve rimuovere collane, bracciali, orologi, anelli, apparecchio acustico e dentiera. Non sono ammesse lenti a contatto o occhiali (se la montatura è metallica) ed inoltre, bisogna evitare l'utilizzo di oli, profumi e smalti che possono produrre vapori nocivi in ambiente iperbarico.</p>
<p>Follow Up e Monitoraggio di eventi avversi</p>	<p>Gli eventi avversi legati ad OTI sono rari, associati ad affaticamento a seguito di trattamento, miopia, barotraumi auricolari e tossicità dell'ossigeno. Possono apparire minime sensazioni spiacevoli nelle orecchie del paziente causate dalla pressione nella camera. È importante spiegare al paziente che si tratta di una sensazione temporanea e che potrebbe essere minimizzata manipolando la pressione nell'orecchio medio attraverso sbadigli e deglutizione per equalizzare la pressione. Il <i>follow up</i> è necessario anche per monitorare l'evoluzione delle ferite nei pazienti trattati.</p>

CAPITOLO 5-CONCLUSIONI

Esaminando la Tabella 2, è possibile avere un quadro chiaro dell'orientamento degli studi compresi in questa revisione e dei loro esiti.

La maggior parte degli studi selezionati, si concentrava sulle ferite croniche e molto più precisamente su pazienti con Ulcere del piede diabetico (UPD).

Infatti, anche i pochi studi che consideravano altri tipi di ulcera, come le ulcere venose, prendevano in considerazione pazienti diabetici con UPD.

Non vi erano quindi studi recenti effettuati sulle sole ulcere venose o arteriose.

In ogni caso, quasi tutti gli studi svolti su pazienti con ferite croniche hanno avuto risultati positivi in quanto l'utilizzo dell'OTI in associazione alle terapie standard, ha portato ad un miglioramento dello stato delle ferite (anche con la guarigione completa) e ad una diminuzione dei tassi di amputazione degli arti inferiori.

Un solo studio (D.J. Margolis et al. 2013) ha avuto risultati prettamente negativi che evidenziavano un'inefficacia dell'OTI nella cura delle UPD.

Un' altro studio (Takashi Ueno et al., 2014), svolto su pazienti con ulcere croniche di varia natura, ha evidenziato un fatto importante e cioè che l'OTI, sembrerebbe perdere la sua efficacia, quando viene utilizzata su pazienti sottoposti ad emodialisi, trattamento che sembrerebbe avere effetti negativi sulla guarigione delle ferite. In questo studio, viene promossa l'efficacia del trattamento con OTI per pazienti con ulcere venose mentre viene sconsigliato il suo utilizzo nei pazienti diabetici (a differenza degli altri studi che sembrano tutti a favore dell'utilizzo di OTI per il trattamento di UPD). Alla luce di questo fatto, visto che i pazienti diabetici vengono spesso sottoposti ad emodialisi, sarebbe utile approfondire l'argomento con ulteriori studi.

Tra tutti gli studi svolti sulle ulcere croniche, i due studi clinici selezionati erano molto interessanti in quanto mostravano, oltre ad un'efficacia nella riduzione infiammatoria/ischemica e quindi nel miglioramento dello stato delle lesioni in risposta al trattamento con OTI, la capacità di quest'ultima di agire sui livelli di HbA1c e sull'omeostasi insulinica in pazienti diabetici, migliorandoli e quindi evidenziando un'importante effetto dell'OTI nel controllo glicemico.

Inoltre, uno di questi due studi clinici (Irawan et al., 2018), andava ad analizzare anche i livelli di creatinina sierica, per valutare un eventuale miglioramento della funzionalità

Renale, nei pazienti diabetici sottoposti ad OTI; tuttavia, i livelli di Creatinina sierica non hanno avuto un miglioramento significativo dopo il trattamento con OTI e ricollegandoci allo studio citato precedentemente (Takashi Ueno et al., 2014) anche questo fatto, potrebbe dare spunto per ulteriori ricerche.

Per quanto riguarda le ferite acute (Traumatiche o da Ustioni), durante la revisione, abbiamo riscontrato che gli studi svolti su questa tipologia di pazienti, sono molto pochi. Infatti sono stati selezionati solo 3 studi. 2 di questi hanno avuto buoni esiti mentre il terzo (Chong et al., 2013) ha evidenziato un'inefficacia sull'utilizzo dell'OTI nel trattamento precoce di pazienti ustionati.

Tuttavia, la scarsa quantità di evidenze sull'utilizzo di OTI nei pazienti con ferite acute, non ci permette di dare un giudizio né positivo, né negativo sul suo impiego; soprattutto in questo ambito, servirebbero ulteriori studi che portino ad evidenze di alto grado (ad esempio studi RCT) per poter trarre delle conclusioni.

In generale: gli studi analizzati in questa revisione, suggeriscono che l'OTI abbia delle buone potenzialità per essere impiegata nel trattamento delle ferite, sia croniche che acute, ma sempre in associazione a delle terapie standard o ad altre terapie avanzate. Servono però ulteriori studi che possano sostenerne l'efficacia in questi ambiti attraverso evidenze di alto livello.

BIBLIOGRAFIA

- Chong SJ, Kan EM, Song C, Soh CR & Lu J.
Characterization of early thermal burns and the effects of hyperbaric oxygen treatment: a pilot study, 2013.
- D. J. Margolis, J. Gupta, O. Hoffstad, M. Papdopoulos,
H. A. Glick, S. R. Thom & N. Mitra,
Lack of effectiveness of hyperbaric oxygen therapy for the treatment of diabetic foot ulcer and the prevention of amputation: a cohort study, 2013.
- Elraiayah, Tsapas, Prutsky, Domecq, Hasan, Firwana, Nabhan, Prokop, Hingorani, Claus, Steinkraus & Murad,
A systematic review and meta-analysis of adjunctive therapies in diabetic foot ulcers, 2016.
- E. Hexdall, R. Brave, K. Kraft & J. Siewers,
Diving deep into oxygen therapy, 2016.
- F. Kiwanuka, Y. Alemayehu, M. Muhamaddi, M. Imanipour & S. A. Rad,
Hyperbaric Oxygen Therapy: Indications, Benefits and Nursing Management, 2019.
- H. Irawan, I. N. Semadi & I.G. Raka Widiana,
A Pilot Study of Short-Duration Hyperbaric Oxygen Therapy to Improve HbA1c, Leukocyte, and Serum Creatinine in Patients with Diabetic Foot Ulcer Wagner 3-4, 2018.
- J. A. Columbo, J. A. Ptak, J. C. Buckey & D. B. Walsh
Hyperbaric oxygen for patients with above-knee amputations, persistent ischemia, and nonreconstructable vascular disease, 2016.
- J. Glik, A. Cholewka, A. Stanek, B. Englisz, K. Sieroń, K. Mikuś-Zagórska, G. Knefel, M. Nowak & M. Kawecki,
Thermal imaging and planimetry evaluation of the results of chronic wounds treatment with hyperbaric oxygen therapy, 2019.
- Karadurmus, Sahin, Tasci, Naharci, Ozturk, Ilbasimis, Dulkadir, Sen & Saglam, .
Potential benefits of hyperbaric oxygen therapy on atherosclerosis and glycemic control in patients with diabetic foot, 2010.

- Kranke, Bennett, Martyn-St James, Schnabel, Debus & Weibel, *Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds (Review)*, 2015.
- M. Jira, N. El Omri, Y. Sekkach, F. Mekouar & T. Amezyane, *Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of diabeticfoot: experience in the management of 80 cases at a department of internal medicine*, 2018.
- M. Kaweckil, J. Pasek, G. Cieślak, A. Sieroń, G. Kniefel, M. Nowak & Justyna Glik, *Computerized planimetry evaluation of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of diabetic foot*, 2018.
- M. Löndahl, P. Katzman, A. Nilsson & C. Hammarlund, *Hyperbaric Oxygen Therapy Facilitates Healing of Chronic Foot Ulcers in Patients With Diabetes*, 2010.
- N. Paez & J. R. Wilcox, *Hyperbaric Nursing*, 2013.
- P. Dauwe, B. Pulikkottil, L. Lavery, J. Stuzin & R. Rohrich, *Does Hyperbaric Oxygen Therapy Work in Facilitating Acute Wound Healing: A Systematic Review*, 2014.
- Sabrina Meireles de Andradea & Isabel Cristina Ramos Vieira Santos *Hyperbaric oxygen therapy for wound care*, 2016.
- Società italiana di medicina subacquea ed iperbarica, *Linea guida Ossigenoterapia iperbarica (OTI): controindicazioni ed effetti collaterali*, 2018. Disponibile da: www.simsi.it
- Stoekenbroek, Santema, Legemate, Ubbink, Van Den Brink & Koelemay, *Hyperbaric oxygen for the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review*. 2014.
- Takashi Ueno, Tokuya Omi, Eiji Uchida, Hiroyuki Yokota & Seiji Kawana, *Evaluation of Hyperbaric Oxygen Therapy for Chronic Wounds*, 2014.
- Y. Feldman-Idov, Y. Melamed & L. Ore, *Improvement of ischemic non-Healing Wounds Following Hyperoxygenation: the experience at rambam-elisha Hyperbaric center in israel, 1998–2007*, 2011.

