Pratique clinique

Mise au point sur l'utilisation de l'oxygénothérapie hyperbare en dermatologie

M. BARRÉ[(1)], J. MORIN[(2)], A. VALOIS[(3)], H. LEHOT[(4)], J.-E. BLATTEAU[(5)], J.-J. MORAND[(6)]

(1,3,6) Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne, Service de Dermatologie, Toulon
(2,4,5) Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne, Service de Médecine Hyperbare et d'Expertise Plongée, Toulon

Auteur correspondant : mathilde_barre@hotmail.fr

Open access DOI
10.17184/eac.8054

Reçu
le 5 juin 2022

Accepté
le 10 octobre 2023

Publié
le 5 décembre 2023

Conflit d'intérêt
Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt.

Résumé :
L'oxygénothérapie hyperbare outre ses indications urgentes et reconnues telles que l'intoxication au monoxyde de carbone, les accidents de décompression et les embolies gazeuses, est utilisée aussi comme traitement adjuvant dans les infections nécrosantes des tissus mous, les retards à la cicatrisation.
Les modalités de cette thérapeutique en dermatologie seront détaillées et illustrées dans cette mise au point.

Mots-clés : Oxygénothérapie hyperbare. Dermatologie. Médecine d'armée.

Abstract:
AN OVERVIEW OF THE USE OF HYPERBARIC OXYGEN THERAPY IN DERMATOLOGY
Hyperbaric oxygen therapy in addition to its urgent and recognized indications such as carbon monoxide poisoning, decompression accidents, and gas embolisms, is also used as an adjuvant treatment in necrotizing soft tissue infections and delayed wound healing. The modalities of this therapy in dermatology will be detailed and illustrated in this report.

Keywords: Hyperbaric oxygen therapy. Dermatology. Military medicine.

Introduction

L'Oxygénothérapie hyperbare (OHB) est une méthode d'administration d'oxygène (O_2) par voie respiratoire à une pression supérieure à la pression atmosphérique standard à des fins thérapeutiques.

L'OHB est appliquée par l'intermédiaire d'une chambre hyperbare, communément appelée « caisson ». Les bénéfices thérapeutiques de l'OHB résultent, d'une part, des effets physiques liés à l'augmentation de la pression barométrique et de la pression partielle en O_2 dans les tissus et, d'autre part, des effets biologiques liés à la production d'espèces réactives de l'O_2 et de l'azote. Celles-ci sont susceptibles d'interagir avec de nombreux processus moléculaires responsables des principaux effets anti-ischémiques, pro-cicatrisants et anti-infectieux (1).

Les indications sont nombreuses. Le service médical attendu de l'OHB dans ses différentes indications a été analysé en France par la Haute Autorité de santé en 2007 et une mise à jour européenne a été réalisée lors de la 10^{e} conférence européenne de consensus sur la médecine hyperbare à Lille en 2016 (2).

L'OHB représente un traitement d'urgence dans certaines indications telles que l'intoxication au monoxyde de carbone chez les patients à haut risque, les accidents de décompression et les embolies gazeuses. C'est un traitement adjuvant dans les autres indications, en complément du traitement de référence, et notamment dans certaines indications dermatologiques telles que les infections nécrosantes des tissus mous ou encore les retards à la cicatrisation.

Nous proposons une synthèse des principales indications d'OHB en dermatologie, illustrées de cas cliniques issus du Service de médecine hyperbare et d'expertise plongée (SMHEP) de l'Hôpital d'instruction des armées Sainte-Anne de Toulon.
Nous reprendrons également les modalités de fonctionnement et les contre-indications absolues et relatives.

1 Modalités pratiques

1.1 Mécanisme de fonctionnement

L'OHB implique l'utilisation à des fins thérapeutiques et par voie respiratoire d'oxygène à une pression supérieure à la pression atmosphérique standard. Cette oxygénothérapie sous pression permet d'augmenter la quantité d'oxygène dissoute dans le sang et les tissus, de façon proportionnelle à la pression partielle d'oxygène inhalé. Elle permet ainsi une augmentation significative de l'oxygénation tissulaire, y compris dans les tissus hypoxiques. Elle entraîne une stimulation de l'angiogénèse et de la perfusion tissulaire notamment par la synthèse de facteurs de croissance tels que le VEGF (*Vascular endothelial growth factor*). Enfin, elle permet également un effet bactéricide, notamment sur les bactéries anaérobies.

1.2 Déroulement des séances

Déroulement des séances	3 phases 1. Phase de compression (15 minutes) 2. Palier ou phase d'oxygénation (60 minutes) 3. Phase de décompression (15 minutes)
Durée d'une séance	Généralement 90 minutes Durée minimale : 60 minutes
Fréquence des séances	Généralement 1 séance par jour 2 séances par jour dans certains cas (infections des tissus mous)
Nombre de séances	Séries de 10 séances à moduler selon l'indication et le degré d'atteinte • Infections anaérobies : 10 à 20 séances • Pied diabétique : jusqu'à 80 séances
Personnel	• Sous la surveillance d'un médecin ou d'un infirmier hyperbariste • Sortie du personnel en cours de séance possible par l'intermédiaire d'un sas
Prise en charge par l'assurance maladie	• Si réalisé dans un établissement public ou une clinique privée conventionnée : prise en charge par les organismes d'assurance maladie (à 80 %) et les mutuelles (prise en charge des 20 % restants) • Pas de demande d'entente préalable nécessaire

1.3 Contre-indications

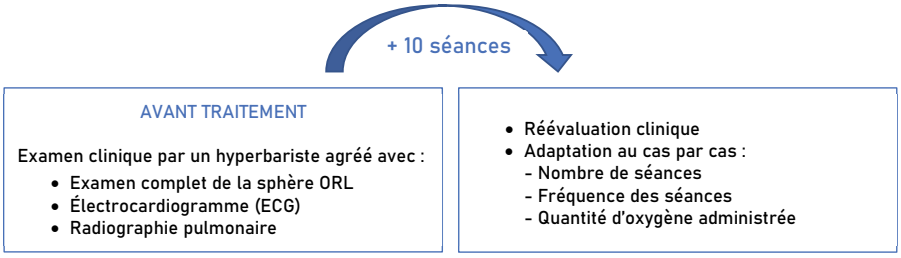
Affection	Niveau d'indication	Risque encouru
Pneumothorax non drainé	Seule contre-indication absolue	Pneumothorax compressif
Grossesse évolutive	Contre-indication relative Indiqué dans certains cas particuliers (indications vitales) tels que l'intoxication au monoxyde de carbone	Faiblement documenté Impact sur le fœtus d'une augmentation potentielle du stress oxydatif par excès d'oxygène inconnu
Claustrophobie	Contre-indication relative	

1.4 Effets indésirables

Dans une étude rétrospective multicentrique menée entre 2012 et 2015 aux États-Unis par Jokinen-Gordon *et al.*, recensant 1,5 million de traitements par OHB, aucun effet secondaire n'était rapporté dans 99,32 % des cas (3). Les principaux effets indésirables et leurs prévalences sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Effet indésirable	Prévalence dans la littérature	Spécificités
Exacerbation de claustrophobie	0,16 % (3) à 4,3 % (4)	
Barotraumatisme de l'oreille moyenne	• 9,2 % dans une étude observationnelle unicentrique rétrospective sur 5 962 patients sur 8 ans entre 2003 et 2010 (5) • 10,04 % dans une étude rétrospective française sur 2610 patients de 2013 à 2017 (6) • Mais seulement 0,37 % dans une étude rétrospective multicentrique de 2012 et 2015 (3)	• Habituellement mineur (de grade 1 sur l'échelle *Wallace-Teed*) • Nécessitant rarement une interruption du traitement • Pouvant être prévenu par une manœuvre d'équilibrage type Valsalva Facteurs de risque : - âge > 55 ans - genre féminin - antécédents ORL (troubles anciens d'équilibration des oreilles aux variations de pression, cancer ORL ou radiothérapie de la sphère ORL, infections ORL récidivantes) - tabagisme - pathologies obstructives respiratoires
Toxicité oculaire	Rarement évaluée en pratique (pas d'examen ophtalmologique systématique avant un traitement par OHB)	Aggravation des pathologies telles : - cataracte - kératocône - DMLA Aggravation ou de développement d'une myopie (réversible dans les 10 semaines)
Toxicité neurologique	0,01 % (3) à 0,023 % (7)	Risque théorique, mais exceptionnellement rapporté de crise convulsive liée à l'hyperoxie lors d'antécédents d'épilepsie
Toxicité pulmonaire	• 1 seul cas décrit sur 1,5 million de traitements par OHB (3) • Pas de différence significative sur les valeurs spirométriques (VEMS, VEMS / CVF / DEM 25-75) chez 94.3 % des patients (83/88). Aucune symptomatologie pulmonaire rapportée (8)	Pouvant aller d'une simple irritation trachéobronchique jusqu'à des lésions de l'interstitium alvéolo-capillaire

1.5 Bilan pré-thérapeutique



2 Indications

2.1 Pied diabétique

Les troubles trophiques du pied chez le diabétique sont polyfactoriels d'origine vasculaire, neurologique, cutané, immunitaire.

La neuropathie périphérique, sensitivomotrice et autonome est principalement à l'origine du processus, se traduisant par une déformation du pied diabétique (« pied cubique », orteils en griffe) et des hyperkératoses de friction ; l'hypoesthésie et l'artériopathie distale contribuent à la genèse du mal perforant qui, du fait de troubles de la cicatrisation et de l'immunité, s'étend, se surinfecte et favorise la complication majeure qu'est l'ostéite.

Chez les patients diabétiques, l'utilisation d'OHB est recommandée en présence d'une ischémie critique chronique et si les lectures transcutanées de pression d'O_2 ($pTcO_2$) dans des conditions hyperbares (2,5 ATA, 100 % O_2) sont supérieures à 100 mmHg (Indication de type 1, niveau A) et chez les patients artéritiques, si ces mêmes pressions transcutanées d'O_2 sont supérieures à 50 mmHg (type 2, niveau B) (2). Devant les difficultés de mesurer la $pTcO_2$ à 2,5 ATA – FiO_2 100 % notamment d'un point de vue pratique, il est suggéré de traiter par OHB les ulcères du pied diabétique qui n'ont pas répondu aux soins de base après quatre semaines (type 2, niveau B) (2).

Une méta-analyse publiée en janvier 2022 a recensé 20 essais cliniques randomisés et 1 263 essais. L'OHB permettait une augmentation significative du taux de guérison des ulcères du pied diabétique, une diminution du temps de guérison et une diminution du nombre d'amputation majeure (9). Cette méta-analyse corrobore celle publiée en février 2020 par Brouwer *et al.*, sur l'utilisation de l'OHB dans le pied diabétique avec insuffisance artérielle. Celle-ci mettait en évidence une diminution du nombre d'amputation majeure (d'un segment de membre entier) chez ces patients, sans différence significative toutefois sur le nombre d'amputations mineures ou sur la mortalité ou la survie sans amputation (10).

Nous illustrons un cas d'ulcère plantaire diabétique ayant présenté une évolution favorable avec cicatrisation complète après 81 séances d'OHB à 2,5 ATA, cinq jours sur sept, pendant 90 minutes (figure 1).

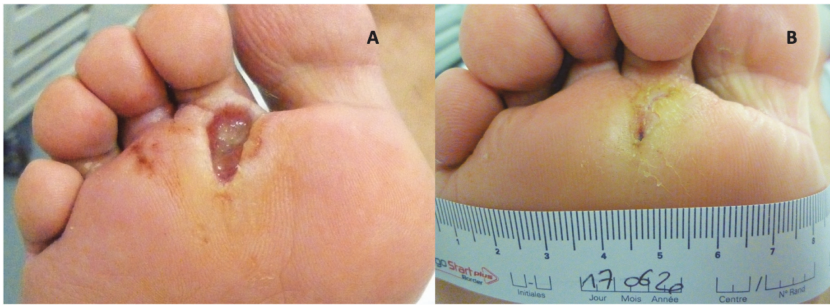


FIG. 1 : Pied diabétique avant et après traitement par OHB - ©Jean Morin-Henri Lehot

2.2 Infection grave des tissus mous (fasciite nécrosante, gangrène gazeuse)

Lorsque l'OHB est appliquée à des bactéries anaérobies, totalement ou partiellement dépourvues de moyens de défenses anti-oxydantes, l'élévation des pressions partielles d'O_2 inhibe les fonctions métaboliques de la bactérie.

L'OHB est également en mesure de bloquer la production et d'inactiver l'effet de certaines endotoxines, comme la toxine alpha dans les infections à *Clostridium perfringens*, principale source de lésions tissulaires. Les effets de l'OHB s'appliquent également aux bactéries aérobies lorsque la pression d'O_2 et la durée d'administration dépassent une valeur seuil variable selon le germe en cause. Les infections bactériennes à germes anaérobies ou mixtes sont une indication reconnue de type 1 de traitement par OHB (Niveau C) (2).

Les Fasciites nécrosantes (FN) sont des infections bactériennes sévères, menaçant souvent le pronostic vital. Deux caractéristiques expliquent l'utilisation de l'oxygénothérapie hyperbare (OHB) : le caractère polymorphe de la flore microbienne causale où prédominent les germes anaérobies, stricts ou aérotolérants, et le caractère nécrosant lié à une obstruction microvasculaire disséminée et extensive au sein du foyer infectieux.

La prise en charge médicale est optimale lorsque le délai est inférieur à 24 h avec réalisation conjointe du geste chirurgical, de l'antibiothérapie intraveineuse adaptée et de la première séance d'OHB. Trois séances d'OHB à 2,5 ATA sont idéalement effectuées pendant les premières 24 h, puis deux par jour pendant une semaine. Des séances de consolidation peuvent être poursuivies pour favoriser la cicatrisation (2).

Un étude monocentrique rétrospective allemande dirigée par Mladenov A. *et al.*, portant sur 192 patients atteints de fasciite nécrosante ou de gangrène de Fournier, souligne que l'OHB pourrait être bénéfique chez les patients souffrant d'infections nécrosantes des tissus mous à risque de mortalité accrue (11). En effet, dans cette étude, le taux de mortalité hospitalier était de 27,6 %, avec une mortalité accrue selon l'analyse multivariée en cas d'âge plus élevé, d'affection de localisations multiples ou de sepsis sévère associé. Le taux de survie était similaire entre les groupes de patients n'ayant pas eu recours à l'OHB ($n = 98$, survie 75,5 %) et ceux traités par OHB ($n = 83$, survie 73,5 %) (75,5 % *vs.* 73,5 %), bien que les patients ayant bénéficié de l'OHB aient souffert d'une infection significativement plus grave, avec davantage de localisations multiples à l'admission, de bactériémie associée.

Il faut tout de même souligner que le protocole expérimental proposé lors de la 10^{e} conférence de consensus sur la médecine hyperbare (2) peut s'avérer rapidement extrêmement lourd, voire incompatible avec la programmation opératoire.

2.3 Ulcères artériels

L'OHB serait efficace dans les retards de cicatrisation cutanée en stimulant la production de facteurs de croissance angiogéniques qui assurent la maturation du néo-réseau vasculaire, en attirant les Cellules progénitrices endothéliales (CPE) circulantes d'origine médullaire et en favorisant leur différenciation.

Une revue *Cochrane* mise à jour en 2015 (12) a évalué les bénéfices et préjudices d'un traitement par OHB en association avec le traitement conventionnel pour les ulcères chroniques des membres inférieurs. Il est recommandé, selon une indication de type 2 (niveau d'agrément simple) de traiter par OHB les ulcères ischémiques avec des lésions artérielles ne nécessitant pas de chirurgie ou après chirurgie vasculaire (1).

Dans un essai de 2003, Abidia *et al.* (13) ont randomisé 18 patients présentant des ulcères ischémiques avec un Index de pression systolique (IPS) $< 0{,}7$ et ont montré une cicatrisation complète dans cinq ulcères sur huit dans le groupe traité par OHB (contre 1/8 dans le groupe ne recevant pas d'OHB), avec une diminution de la surface de l'ulcère de 52 % dans le groupe traité par OHB ($p = 0.027$).

En somme, l'OHB semble reconnue dans l'accélération de la cicatrisation des ulcères ischémiques ne répondant pas aux soins standards, mais n'intervient pas sur le taux d'amputation majeure (un segment de membre entier) et ne doit pas être utilisée comme alternative à la revascularisation et encore moins en cas d'ischémie aiguë de membre inférieur (14). Cependant, et selon les recommandations de l'*Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease* (TASC II) (15), l'OHB pourrait être utilisée chez certains patients sélectionnés n'ayant pas répondu à la revascularisation.

2.4 Autres ulcérations chroniques

2.4.1 Ulcères veineux

Peu d'essais ont été réalisés concernant l'utilisation de l'OHB dans les ulcères veineux seuls. Il s'agit le plus souvent d'ulcères mixtes, soit artério-veineux soit ulcères veineux chez un patient diabétique, et la plupart des essais ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative entre les patients ayant reçu un traitement par OHB et le groupe contrôle, parfois en raison d'une puissance insuffisante. Un ulcère veineux pur n'est, à ce jour, pas une indication reconnue de traitement par OHB.

2.4.2 Angiodermite nécrotique

L'angiodermite nécrotique représente une forme particulière d'ulcère ischémique de jambe survenant sur un terrain d'hypertension artérielle, dont la physiopathologie repose sur les variabilités tensionnelles parfois aggravées par un traitement antihypertenseur. Les lésions vasculaires sous-jacentes concernent les vaisseaux de petit calibre et correspondent à une artériolosclérose avec vasospasmes artériolaires responsables de l'ischémie tissulaire et d'une nécrose cutanée. Les lésions ulcéreuses sont très douloureuses, et souvent difficiles à traiter. Le traitement actuel repose sur la greffe cutanée et la correction des facteurs de risque cardiovasculaires en complément d'une antalgie forte adaptée.

L'utilisation d'OHB seule ou en complément d'autres thérapeutiques n'est pas décrite à ce jour dans la littérature, mais peut s'avérer intéressante au décours d'une greffe cutanée et notamment lorsque la *greffe cutanée est compromise, et ce* dès que possible (2).

2.4.3 Vascularite et autres ulcérations d'origine autoimmune

Certaines vascularites avec ulcérations chroniques pourraient bénéficier d'OHB.

Une étude de Efrati *et al.* (16) a montré que sur 35 patients présentant des ulcérations vascularitiques chroniques résistantes au traitement immunosuppresseur : 28 ont totalement cicatrisé après un traitement par OHB ; quatre ont obtenu une cicatrisation partielle et trois n'ont pas été améliorés.

De la même façon, Mirasoglu *et al.* (17) ont montré que, dans une série de six patients atteints de sclérodermie systémique avec ulcérations persistantes malgré des traitements systémiques préalables, quatre ont obtenu une réponse complète et deux une réponse partielle.

2.4.4 Artériolopathie urémique calcifiante

L'Artériolopathie urémique calcifiante (AUC) ou calciphylaxie est une pathologie rare mais redoutable pour les patients atteints d'insuffisance rénale chronique dialysés ou non. Le pronostic est sombre avec une mortalité atteignant 60-80 % à un an (18) avec pour cause la plus fréquente : la surinfection des lésions cutanées.

Le traitement n'est pas consensuel et doit être multidisciplinaire. Le débridement chirurgical est controversé. Les alternatives thérapeutiques reposent sur l'équilibration du bilan phosphocalcique et la correction de l'hypercalcémie et/ou de l'hyperparathyroidie par cinacalcet, thiosulfate de sodium, dialyse quotidienne avec bain pauvre en calcium, et l'arrêt des médicaments potentiellement inducteurs (antivitamine K, vitamine D, suppléments calciques, fer).

Il a été mis en évidence une hypoxie tissulaire induite par la calcification des petits vaisseaux avec pression transcutanée en oxygène (Ptc02) de 5-20 mmHg. Or, il a été montré que le processus de cicatrisation est compromis en dessous de 20 mmHg.

L'OHB permettrait de restaurer une Ptc02 normale permettant la prolifération des fibroblastes, la formation de collagène et l'angiogénèse. L'OHB permet également de traiter ou de prévenir la surinfection bactérienne qui complique souvent l'AUC, en restaurant les capacités de phagocytose des polynucléaires neutrophiles et donc de restaurer une activité bactéricide.

Il n'existe pas à ce jour d'essai contrôlé randomisé sur l'utilisation de l'OHB dans le traitement de l'AUC mais plusieurs séries de cas ou études rétrospectives montrent des résultats bénéfiques.

Une étude rétrospective de 2016 de J. An *et al.* (19) a mis en évidence que 58 % de 34 patients sur 46 atteints d'AUC ont obtenu une amélioration clinique des lésions cutanées et que plus de la moitié a obtenu une cicatrisation complète.

En 2020, une revue de la littérature menée par Charaghvandi *et al.* a inclus dix séries de cas rétrospectifs, pour un total de 131 patients atteints de calciphylaxie traités par OHB. Parmi eux, 58 patients (45 %) ont eu une réponse complète sous OHB avec une fermeture complète de la plaie, et 17 patients (13 %) une réponse partielle selon les différents scores de cicatrisation utilisés (20).

2.4.5 Pyoderma gangrenosum

Le *Pyoderma gangrenosum* (PG) est une dermatose neutrophilique inflammatoire caractérisée par des ulcérations cutanées récurrentes ; elle peut révéler ou accompagner une pathologie inflammatoire digestive ou une néoplasie. Les traitements les mieux documentés sont, outre la prise en charge de l'éventuelle maladie associée, la corticothérapie systémique, les immunosuppresseurs et désormais les biothérapies.

Plusieurs séries de cas ont montré l'efficacité de l'OHB en traitement adjuvant du PG en complément de la corticothérapie générale, d'immunosupresseurs ou des biothérapie (21–23). Citons notamment ce cas de rémission complète de PG de la jambe gauche après 60 séances d'OHB, publié en 2022 dans *BMJ case reports*, en association à l'adalimumab hebdomadaire, après échec de l'adalimumab seul (23).

2.4.6 Hidradénite suppurée (maladie de Verneuil)

L'Hidradénite suppurée (HS) ou maladie de Verneuil est une dermatose inflammatoire chronique, associant des nodules hypodermiques récurrents parfois abcédés, des trajets fistuleux, des cicatrices fibreuses en pont et des comédons ouverts, et atteignant typiquement les régions axillaires, mammaires, inguinales, périnéo-fessière. Les mécanismes physiopathologiques sont complexes, associant des facteurs génétiques, immunologiques et environnementaux. Le traitement n'est pas consensuel et dépend de la gravité de l'atteinte. Les antibiotiques sont efficaces sur les lésions débutantes et une antibioprophylaxie au long cours permet de diminuer la fréquence des poussées dans les formes récurrentes. L'incision-drainage des formes abcédées et l'exérèse chirurgicale de la zone de récurrence est parfois nécessaire. L'adalimumab est désormais indiqué dans le traitement de l'HS active, modérée à sévère, chez les patients adultes en cas de réponse insuffisante aux traitements de première ligne.

Un essai prospectif contrôlé randomisé monocentrique a évalué l'efficacité d'un traitement adjuvant par OHB chez 44 patients, en complément d'une biantibiothérapie par rifampicine et dalacine chez les patients souffrant d'une HS modérée à sévère (24). Il a été mis en évidence une amélioration significative à quatre semaines (S4), puis à dix semaines des scores cliniques HSSI (*Hydradenitis Suppurativa Severity Index*, $p = 0.009$), du score de Sartorius ($p = 0.021$) et du DLQI (*Dermatology Life Quality Index*, $p = 0.044$ à S4 et $p = 0.009$ à S10), chez les patients ayant reçu un traitement combiné par rifampicine et dalacine et 20 séances d'OHB (une séance par jour, cinq jours sur sept pendant quatre semaines à 2.4 ATA [Atmosphère absolue] pendant 90 minutes), par rapport à ceux ayant reçu un traitement par biantibiothérapie seule.

De la même façon, certains auteurs suggèrent l'utilisation d'OHB en complément d'un traitement par adalimumab (25). Uzun *et al.* suggèrent l'utilisation d'OHB en complément de la chirurgie (26).

En somme, si l'OHB n'a pas d'indication seule, il peut être utile en complément d'une antibiothérapie, d'une biothérapie ou encore d'une chirurgie.

2.4.7 Greffe cutanée et lambeaux

Conformément à la 10^{e} conférence européenne de consensus sur la médecine hyperbare, les greffes cutanées et/ou les lambeaux compromis sont désormais une indication

de type 2 d'OHB (niveau C) (2), laquelle doit être réalisée le plus tôt possible dès la mise en évidence du caractère compromis de la greffe cutanée, de préférence à une pression de 2 à 2.5 ATA au moins 60 minutes par session (idéalement 90-120 min), deux à trois fois par jour le premier jour, puis une à deux fois par jour jusqu'à reprise du caractère viable du tissu, ou au contraire jusqu'au constat d'une nécrose tissulaire complète. En cas de risque prévisible de greffe cutanée et/ou de lambeaux compromis (tissu irradié, infecté, patient immunodéprimé), l'OHB peut être utilisée en pré-opératoire (habituellement 20 sessions d'OHB une à deux fois par jour) et en post-opératoire (sur évaluation clinique, habituellement dix sessions réparties une à deux fois par jour).

La figure 2 illustre un cas de greffe cutanée compromise, en cours de nécrose, chez un patient ayant présenté un important délabrement cutané après un accident de la voie publique, avec une évolution favorable après 40 séances d'OHB à 2,5 ATA, cinq jours sur sept, pendant 90 minutes.



Fig. 2 : Greffe cutanée compromise, en cours de nécrose avant et après OHB - ©Jean Morin - Henri Lehot

2.4.8 Radiodermites

Les radiodermites sont des lésions cutanées induites par les radiations ionisantes.
Les lésions radio-induites des tissus mous (autres que cystite et rectite) sont reconnues comme des indications de type 2 de traitement par OHB (niveau C) (1). L'OHB est utilisée dans la prise en charge des radiodermites en rétablissant une néovascularisation au sein des tissus irradiés, permettant non seulement une ré-epithélialisation partielle, mais également une diminution de la douleur, de l'œdème, de l'érythème, une amélioration des lymphoedèmes séquellaires, et donc une amélioration significative de la qualité de vie (27), sans effet notable toutefois sur les lésions fibreuses ou télangiectasiques.

La figure 3 illustre un cas de radiodermite secondaire à une radiothérapie pour cancer du sein, avec une cicatrisation quasi complète après 19 séances d'OHB à 2,5 ATA, cinq jours sur sept, pendant 90 minutes.

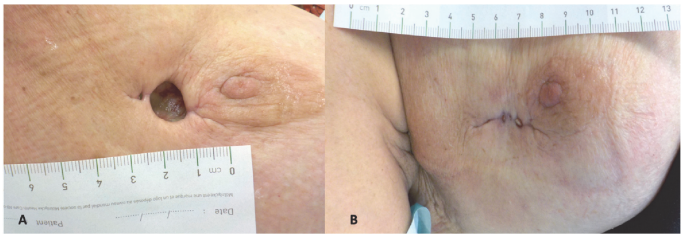


FIG. 3 : Radiodermite du sein droit avant et après OHB - ©Jean Morin-Henri Lehot

3 Synthèse et arbre décisionnel

Les indications de l'OHB sont nombreuses, *via* ses effets anti-ischémiques, pro-cicatrisants et anti-infectieux. C'est un traitement adjuvant reconnu notamment dans certaines indications dermatologiques telles que les infections nécrosantes des tissus mous ou encore les retards à la cicatrisation et plus particulièrement le pied diabétique, les ulcères d'origine ischémique, les greffes cutanées et lambeaux compromis et les radiodermites. Son efficacité a été montrée pour plusieurs observations de *pyoderma gangrenosum* et d'hidrosadénite suppurée, en association aux traitements de référence. Les effets indésirables sont rares.

Nous proposons un arbre décisionnel des indications de l'OHB, à partir d'une revue de la littérature et des dernières conférences de consensus (figure 4).

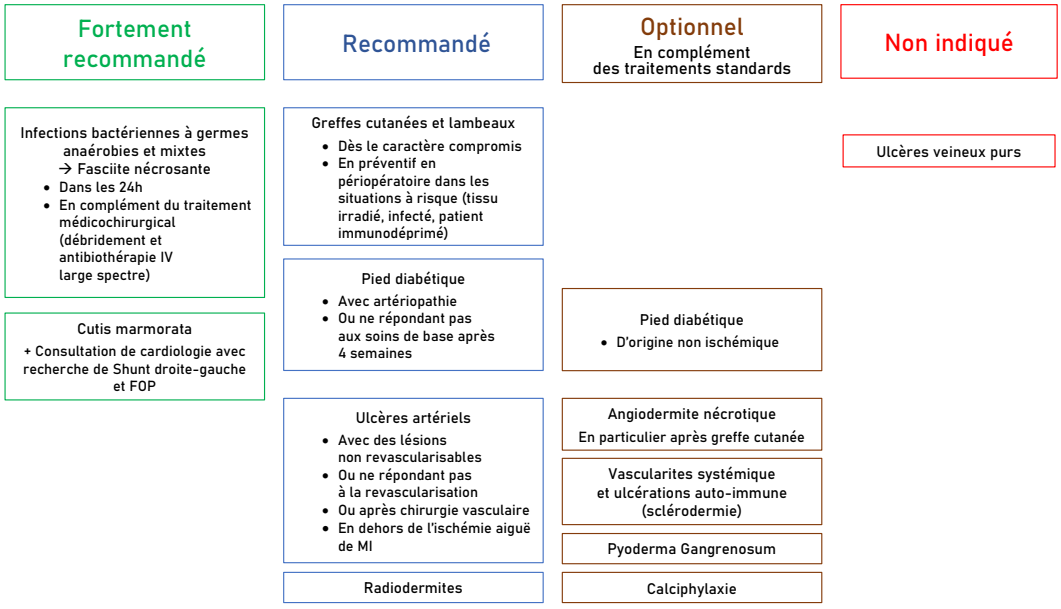


FIG. 4 : Synthèse des principales indications d'oxygénothérapie hyperbare en dermatologie

Remerciements au linguiste relecteur : Mathias Fayolle-Fonseca.

Références bibliographiques

1. Blatteau, Jean-Eric. Oxygénothérapie hyperbare, principes et indications. EMC - Anesthésie-Réanimation. 2019 ;16 :1-17.

2. Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine : recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. Diving Hyperb Med. 2017 ;47(1) :24-32.

3. Jokinen-Gordon H, Barry RC, Watson B, Covington DS. A Retrospective Analysis of Adverse Events in Hyperbaric Oxygen Therapy (2012-2015) : Lessons Learned From 1.5 Million Treatments. Adv Skin Wound Care. 2017 ;30(3) :125-9.

4. Kranke P, Bennett MH, Martyn-St James M, Schnabel A, Debus SE, Weibel S. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. Cochrane Database Syst Rev. 2015 ;(6) :CD004123.

5. Nasole E, Zanon V, Marcolin P, Bosco G. Middle ear barotrauma during hyperbaric oxygen therapy ; a review of occurrences in 5,962 patients. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. 2019 ;46(2) :101-6.

6. Edinguele WFOP, Barberon B, Poussard J, Thomas E, Reynier JC, Coulange M. Middle-ear barotrauma after hyperbaric oxygen therapy : a five-year retrospective analysis on 2,610 patients. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. 2020 Second Quarter ;47(2) :217-28.

7. Costa DA, Ganilha JS, Barata PC, Guerreiro FG. Seizure frequency in more than 180,000 treatment sessions with hyperbaric oxygen therapy – a single centre 20-year analysis. Diving Hyperb Med. 2019 ;49(3) :167-74.

8. Hadanny A, Zubari T, Tamir-Adler L, Bechor Y, Fishlev G, Lang E, *et al.* Hyperbaric oxygen therapy effects on pulmonary functions : a prospective cohort study. BMC Pulm Med [Internet]. 2019 [cited 2021 May 17] ;19. Available from : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6693142/.

9. Zhang Z, Zhang W, Xu Y, Liu D. Efficacy of hyperbaric oxygen therapy for diabetic foot ulcers : An updated systematic review and meta-analysis. Asian J Surg. 2022 ;45(1) :68–78.

10. Brouwer RJ, Lalieu RC, Hoencamp R, van Hulst RA, Ubbink DT. A systematic review and meta-analysis of hyperbaric oxygen therapy for diabetic foot ulcers with arterial insufficiency. J Vasc Surg. 2020 ;71(2) :682-92.e1.

11. Mladenov A, Diehl K, Müller O, von Heymann C, Kopp S, Peitsch WK. Outcome of necrotizing fasciitis and Fournier's gangrene with and without hyperbaric oxygen therapy : a retrospective analysis over 10 years. World J Emerg Surg WJES. 2022 ;17(1) :43.

12. Kranke P, Bennett MH, Martyn-St James M, Schnabel A, Debus SE, Weibel S. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. Cochrane Database Syst Rev. 2015 ;(6) :CD004123.

13. Abidia A, Laden G, Kuhan G, Johnson BF, Wilkinson AR, Renwick PM, *et al.* The role of hyperbaric oxygen therapy in ischaemic diabetic lower extremity ulcers : a double-blind randomised-controlled trial. Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg. 2003 ;25(6) :513-8.

14. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, White JV, Dick F, Fitridge R, *et al.* Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. J Vasc Surg. 2019 ;69(6S) :3S-125S.e40.

15. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FGR, *et al.* Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). J Vasc Surg. 2007 ;45 Suppl S :S5-67.

16. Efrati S, Bergan J, Fishlev G, Tishler M, Golik A, Gall N. Hyperbaric oxygen therapy for nonhealing vasculitic ulcers. Clin Exp Dermatol. 2007 ;32(1) :12-7.

17. Mirasoglu B, Bagli BS, Aktas S. Hyperbaric oxygen therapy for chronic ulcers in systemic sclerosis – case series. Int J Dermatol. 2017 ;56(6) :636-40.

18. Nigwekar SU, Kroshinsky D, Nazarian RM, Goverman J, Malhotra R, Jackson VA, *et al.* Calciphylaxis : risk factors, diagnosis, and treatment. Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found. 2015 ;66(1) :133-46.

19. An J, Devaney B, Ooi KY, Ford S, Frawley G, Menahem S. Hyperbaric oxygen in the treatment of calciphylaxis : A case series and literature review. Nephrol Carlton Vic. 2015 ;20(7) :444-50.

20. Charaghvandi DA, Teguh DN, van Hulst RA. Hyperbaric oxygen therapy in patients suffering from wounds in calciphylaxis : a narrative review. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. 2020 ;47(1) :111-23.

21. Vieira WA, Barbosa LR, Martin LMM. Hyperbaric oxygen therapy as an adjuvant treatment for pyoderma gangrenosum. An Bras Dermatol. 2011 ;86(6) :1193-6.

22. Altunay I, Kucukunal A, Sarikaya S, Tukenmez Demirci G. A favourable response to surgical intervention and hyperbaric oxygen therapy in pyoderma gangrenosum. Int Wound J. 2014 ;11(4) :350-3.

23. de Sousa Magalhães R, Moreira MJ, Rosa B, Cotter J. Hyperbaric oxygen therapy for refractory pyoderma gangrenosum : a salvage treatment. BMJ Case Rep. 2021 ;14(2) :e238638.

24. Yildiz H, Senol L, Ercan E, Bilgili ME, Karabudak Abuaf O. A prospective randomized controlled trial assessing the efficacy of adjunctive hyperbaric oxygen therapy in the treatment of hidradenitis suppurativa. Int J Dermatol. 2016 ;55(2) :232-7.

25. Marasca C, Vivona G, Annunziata MC, Cacciapuoti S, Capasso E, Ciotola A, *et al.* Hyperbaric oxygen therapy (HBOT)can improve the effectiveness of adalimumab in hidradenitis suppurativa. G Ital Dermatol E Venereol Organo Uff Soc Ital Dermatol E Sifilogr. 2020 ;155(2) :234-5.

26. Uzun G, Özdemir Y, Mutluoğlu M, Güleç B. Hyperbaric Oxygen Therapy as an Adjunct to Surgical Treatment of Extensive Hidradenitis Suppurativa. World J Surg. 2010 ;34(4) :861-2.

27. Teguh DN, Bol Raap R, Struikmans H, Verhoef C, Koppert LB, Koole A, *et al.* Hyperbaric oxygen therapy for late radiation-induced tissue toxicity : prospectively patient-reported outcome measures in breast cancer patients. Radiat Oncol Lond Engl. 2016 ;11(1) :130.