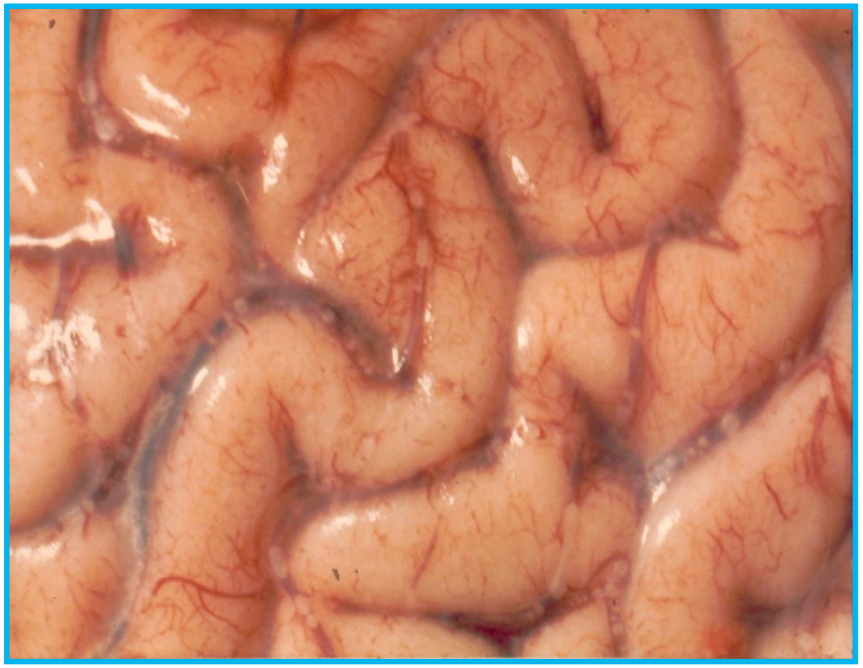
Hospices Civils de Lyon

votre santé,
notre engagement

L'EMBOLIE GAZEUSE (EG)



DIPLOME D'ETUDE SUPERIEURE INTER UNIVERSITAIRE

DIPLÔME INTER UNIVERSITAIRE

CERTIFICAT D'APTITUDE AVANCÉE

DE MEDECINE HYPERBARE & DE MEDECINE DE PLONGEE

AIX MARSEILLE UNIVERSITE
LYON UNIVERSITÉ
HÔPITAUX UNIVERSITAIRES DE GENEVE

Dr Thierry Joffre (HCL)

Cas clinique

Monsieur D. 38 ans est hospitalisé depuis 3 jours en USC en post extubation d'un séjour de 7 jours en réanimation pour choc septique à point de départ urinaire.

En VS sous lunette 3 l/min (SaO2 98 %) - HD stable sans amines. - ablation cathéter artériel – VVC triple lumière en jugulaire droite

Depuis la veille, agressivité verbale modérée (se sent mieux – veut que l'on arrête les « bipbip » du monitoring - veut signer une décharge - veut fumer…).

15h30 : alarme de débranchement des électrodes du monitoring

Le patient est retrouvé demi-assis contre le mur , dyspnéique. Déclare que « *tout est parti quand il s'est levé pour aller au WC* ». Il ne s'est pas alors senti bien (étourdissement – faiblesse jambe gauche – essoufflement avec toux sèche) et s'est donc assis contre le mur. Le pansement de VVC est décollé au niveau du cou.

Le cathéter de VVC est au sol - fixation, le liquide de perfusion s'écoulant . Patches du scope et le saturomètre digital pendent sur le guéridon . Le patient demande à retourner dans son lit.

15h35 : Intervention de l'interne de réa : Glasgow 15 – DTS <0 – FResp 20 en diminution – SaO2 en air 94 % - TA 150/85 – FR 110 sinusal sans extrasystole – EVA <0 – Dextro 8 mmol – T°tympannique 37°9 – doute sur une parésie gauche (patient droitier)

15h40: Avis hyperbare par téléphone (distance 15 km)

Que faites vous ?

Hospices Civils de Lyon

votre santé,
notre engagement

L'EMBOLIE GAZEUSE EXOGÈNE (EG)

Dr Thierry Joffre (HCL)

Définition

Historique

Epidémiologie

Physiopathologie

Clinique

Diagnostic

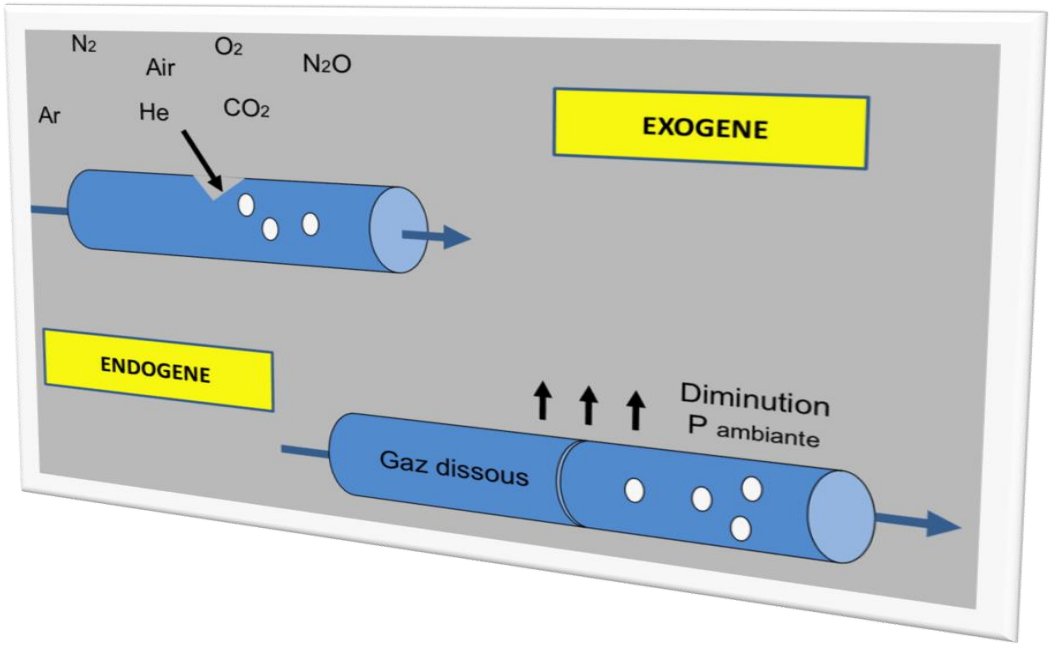
Traitement

Evolution

Prévention

Définition EG exogène

Migration de bulles de gaz dans la circulation sanguine, qu'elles soient symptomatiques ou non.



Historique

- Fin du 19ème siècle : description d'air intra vasculaire en per opératoire

- Avortements clandestins: Première cause EGV jusqu'à la loi Veil en 1975

- PUBMED
  - Février 2020
  - « gas embolism »
  - > 8900 références dont 130 sur les 12 derniers mois

Epidémiologie : Les causes sont nombreuses

Tableau 1
Étiologies des embolies gazeuses

Embolies gazeuses iatrogènes		
Médicales		Chirurgicales
Diagnostiques	*Thérapeutiques*	
cathétérisme cardiaque droit/ gauche/ artériel (angio et artériographie, coronarographie), pression artérielle sanglante, endoscopie gastroduodénale, CPRE, arthroscopie, ponction pleurale, biopsies hépatique/ pulmonaire/pleurale/ transbronchique,	perfusion veineuse (centrale ou périphérique), voie artérielle/veineuse sous pression, dialyse, plasmaphérèse, saignée, transfusion, pose de pace maker, contre pulsion aortique, ventilation mécanique (invasive et non invasive), pneumothorax thérapeutique, mobilisation de drain thoracique, laser, cryochirurgie, lavage de plaie à l'eau oxygénée, anesthésie péridurale.	neurochirurgie, chirurgie cardiaque sous CEC, chirurgie orthopédique (vertébrale, prothèse de hanche), chirurgie thoracique (pleuroscopie, médiastinoscopie, thoracoscopie, pneumonectomie), chirurgie vasculaire (carotides), chirurgie urologique (néphrostomie/lithotripsie percutanée, résection de prostate), chirurgie cervicofaciale, chirurgie obstétricale, hystéroscopie, forceps, implants dentaires, transplantation hépatique, cœlioscopie /cœliochirurgie
Embolies gazeuses non iatrogènes		
Traumatismes thoraciques/vasculaires, surpression pulmonaire (accident de plongée sous-marine, état de mal asthmatique...), infection pulmonaire à staphylocoques/aspergillus, kyste bronchogénique, pneumatocèle, suicide (injection d'air intra vasculaire, absorption d'eau oxygénée...), manœuvres abortives, rapports orogénitaux chez la femme enceinte, maladie de Crohn		

CPRE : cholangiopancréatographie rétrograde endoscopique ; CEC : circulation extracorporelle

- Abords veineux : 40 % des étiologies
- Circulation Extra Corporelle : 20 %

Epidémiologie : Les causes sont nombreuses

TABLE 1 Procedures reported as cause of iatrogenic cerebral gas embolism (ICGE)

Procedure associated with embolization	n
Angiography/contrast injection	13
Arterial catheter	6
Arthroscopy	1
Bronchoscopy	1
Caesarian section	1
Cardiac ablation	5
Cardiac catheterization	5
Cardiac transplantation	1
Carotid endarterectomy	1
Cardiopulmonary bypass	49
Cardiopulmonary resuscitation	1
Chest tube	5
Central venous catheter	58
Endoscopy	9
Endoscopic retrograde cholangiopancreatography	15
Epidural injection	1
Foam sclerotherapy	3
H_2O_2 irrigation	1
Hemodialysis	15
Hysteroscopy	1
Intra-aortic balloon pump	2
Laparoscopy	2
Lumbar laminectomy	1
Lumbar puncture	2
Lung biopsy	27
Mechanical ventilation	14
Nd-YAG laser resection of tumor	2
Neurosurgery, sitting position	1
Opening of arteriovenous fistula with Fogarty catheter	1
Phlebotomy	1
Pulmonary artery catheter	1
Peripheral venous catheter	2
Rhizotomy, sitting position	1
Scalp vein catheter	4
Scoliosis surgery	3
Transesophageal echocardiography, microbubble test	3
Thoracentesis	1
Total	260

Procedures reported as cause of iatrogenic cerebral gas embolism (ICGE). A more detailed list is found in Appendix S2.

Liste de 37 situations génératrice d'aéroembolismes

L'abord veineux central : 22 % des cas

Hatling D, Høgset A, Guttormsen AB, Müller B. Iatrogenic cerebral gas embolism: A systematic review of case reports. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2018;00:1-7.

Différents types EG

- **Veineuse (EGV)**

Pénétration du gaz en amont du filtre pulmonaire

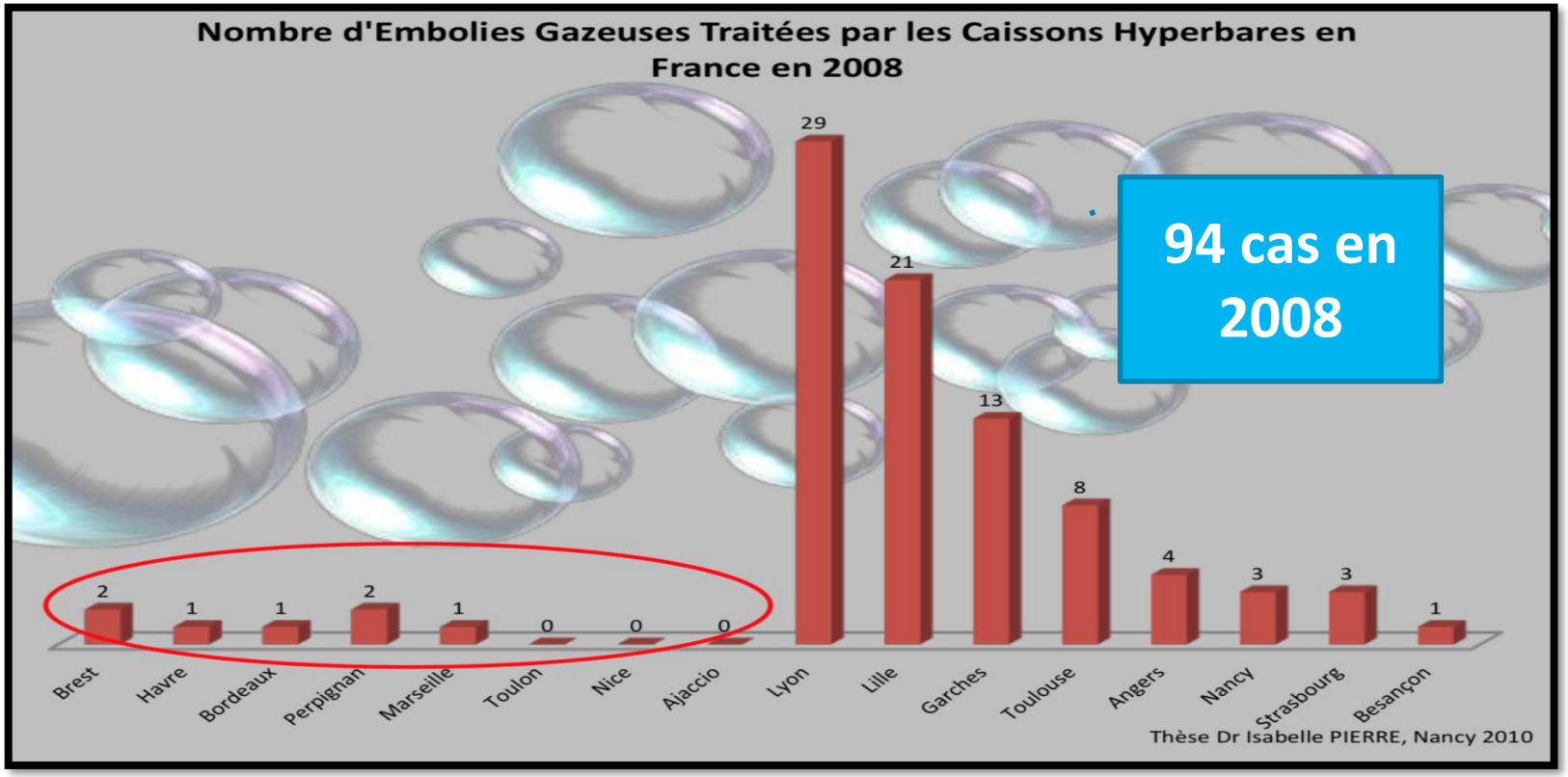
- **Artérielle (EGA)**

Pénétration du gaz en aval du filtre pulmonaire

- **Paradoxale (EGP)**

Existence shunt D/G

Epidémiologie : Combien d'EG ?



En 2019 au CMH LYON : 28 EG traitées
En 2020 au CMH LYON : 20 EG traitées
En 2021 au CMH LYON : 30 EG traitées
En 2022 au CMH LYON : 20 EG traitées

ysiopathologie : Genèse des bulles

Nature du gaz

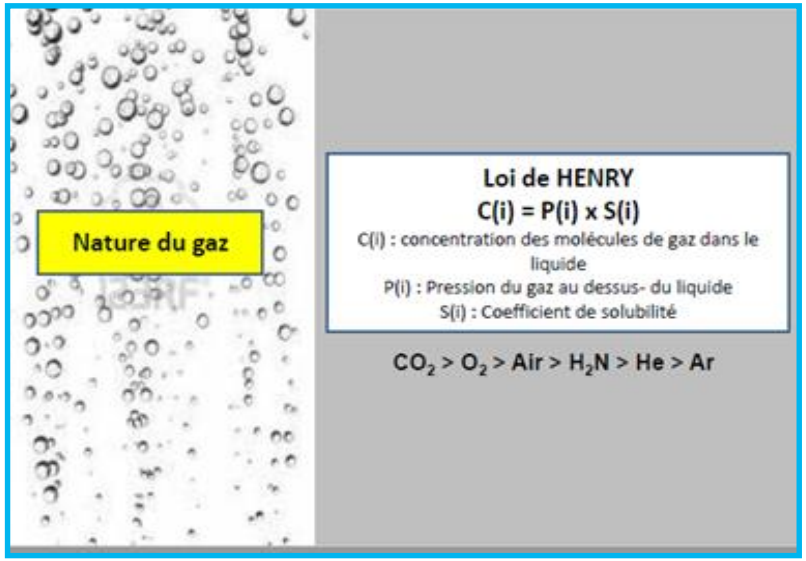
Vitesse de
migration du g

Volume du gaz

Etat hémodynamique
et
position du sujet

Nature du gaz

- **Plus un gaz est soluble dans le sang, plus la quantité doit être importante pour entraîner une présence de bulles**



Gaz carbonique	0,490
Protoxyde d'azote	0,460
Oxygène	0,0230
Azote	0,0137
Hélium	0,0087

Tableau 1. Coefficients de solubilité des gaz dans le sang total (litre de gaz/litre de sang).

- 1 volume d'air = 3 volume d' O2 = 6 volumes de CO2

- Durée ischémie provoquée par obstruction vasculaire sera d'autant plus longue que le gaz sera moins soluble

Traité de médecine Hyperbare Francis Wattel – Daniel Mathieu 2002

Vitesse de migration du gaz en intravasculaire

- **Paramètre (le plus) important avec un risque vital à partir de 70 à 100 ml /s**

- Poumon capable de dissiper dans l'air alvéolaire un certain débit de gaz
  - Chez l'homme débit limite 90 ml/seconde
  - Cathéter 14 Gauge (orange) peut laisser passer environ 100 ml d'air par seconde à une pression négative de - 5 cm H2O d'eau
  - Le débit d'air pénétrant à travers un cathéter est proportionnel :
    1. Gradient de pression existant entre ses deux extrémités
    2. Diamètre du cathéter
    3. Longueur du cathéter

- **Bolus plus symptomatique que perfusion continue**

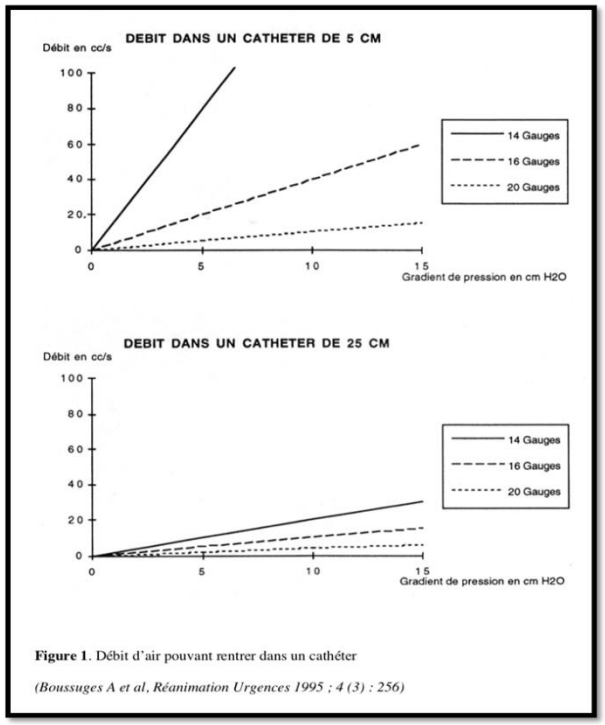


Figure 1. Débit d'air pouvant rentrer dans un cathéter

(Boussuges A et al, Réanimation Urgences 1995 ; 4 (3) : 256)

Crit Care Med. 1992 Aug;20(8):1169-77.

Venous air embolism: clinical and experimental considerations.

Orebaugh SL[1].

Volume de l'embol de gaz

- **Volume létal : 3 à 5 cc/ kg**

- Chez l'animal (chien de 30 kg)
  - 100ml à 300ml = mortel
  - Embol intra coronarien de 0,025ml = ischémie territoire aval
  - Embol intra coronarien de 0,05 ml = ACR

Anesthesiology 2007; 106:164-77 Copyright © 2006, the American Society of Anesthesiologists, Inc. Lippincott Williams & W

Diagnosis and Treatment of Vascular Air Embolism

Marek A. Mirski, M.D., Ph.D.,* Abhijit Vijay Lele, M.D.,† Lunei Fitzsimmons, M.D.,† Thomas J. K. Toung, M.D.‡

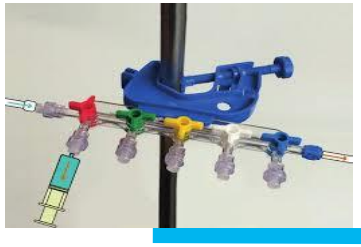
J Appl Physiol (1985). 1985 Aug;59(2):543-7.

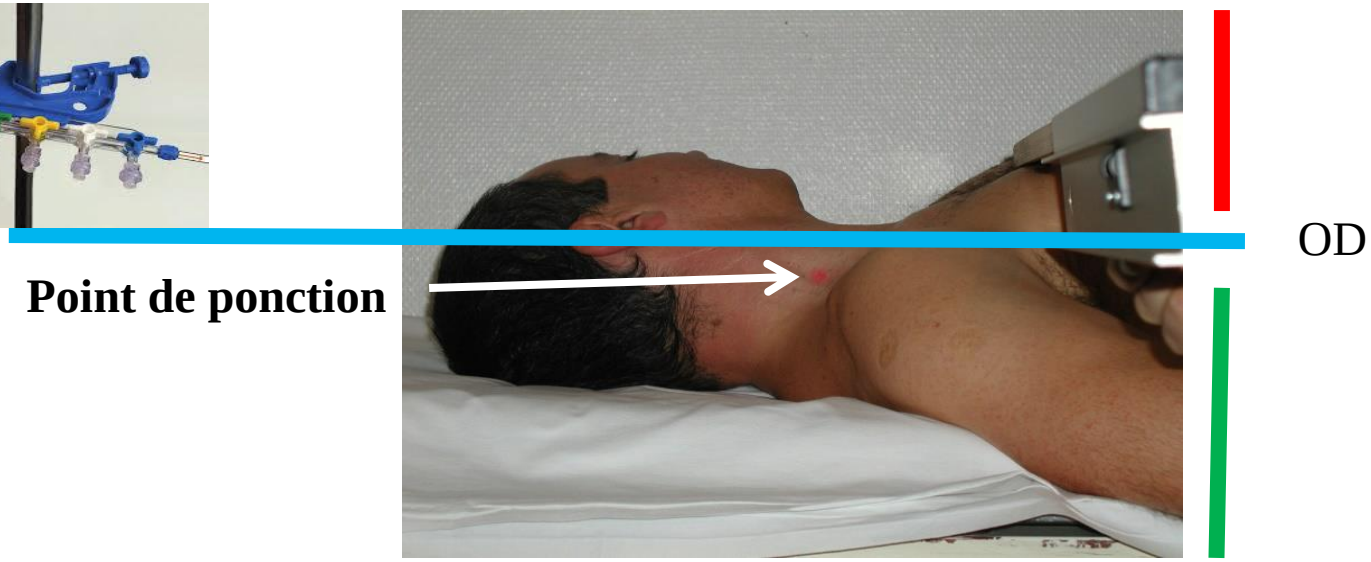
Transpulmonary passage of venous air emboli.

Butler BD, Hills BA.

Position du sujet

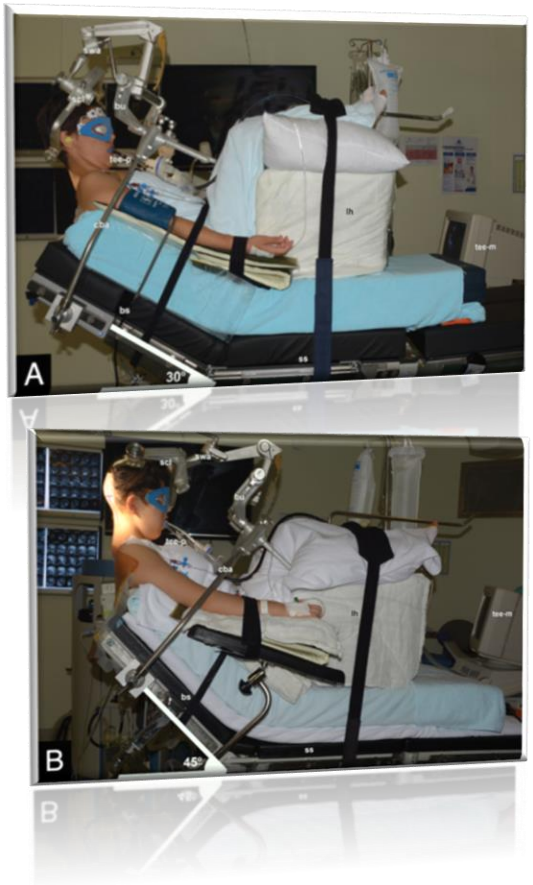
Toute plaie ou abord veineux situés à une altitude supérieure à celle de l'oreillette droite est susceptible d'entraîner une embolie gazeuse





Position du sujet : exemple

Interventions neurochirurgicales en position semi-assise



Effect of the degree of head elevation on the incidence and severity of venous air embolism in cranial neurosurgical procedures with patients in the semisitting position

Hatice Türe, MD,[1] M. Volkan Harput, MD,[2] Nural Bekiroğlu, PhD,[3] Özgül Keskin, MD,[1] Özge Köner, MD,[1] and Uğur Türe, MD[2]

Departments of [1]Anesthesiology and Intensive Care and [2]Neurosurgery, Yeditepe University School of Medicine, Istanbul; and [3]Department of Biostatistics, Marmara University School of Medicine, Istanbul, Turkey

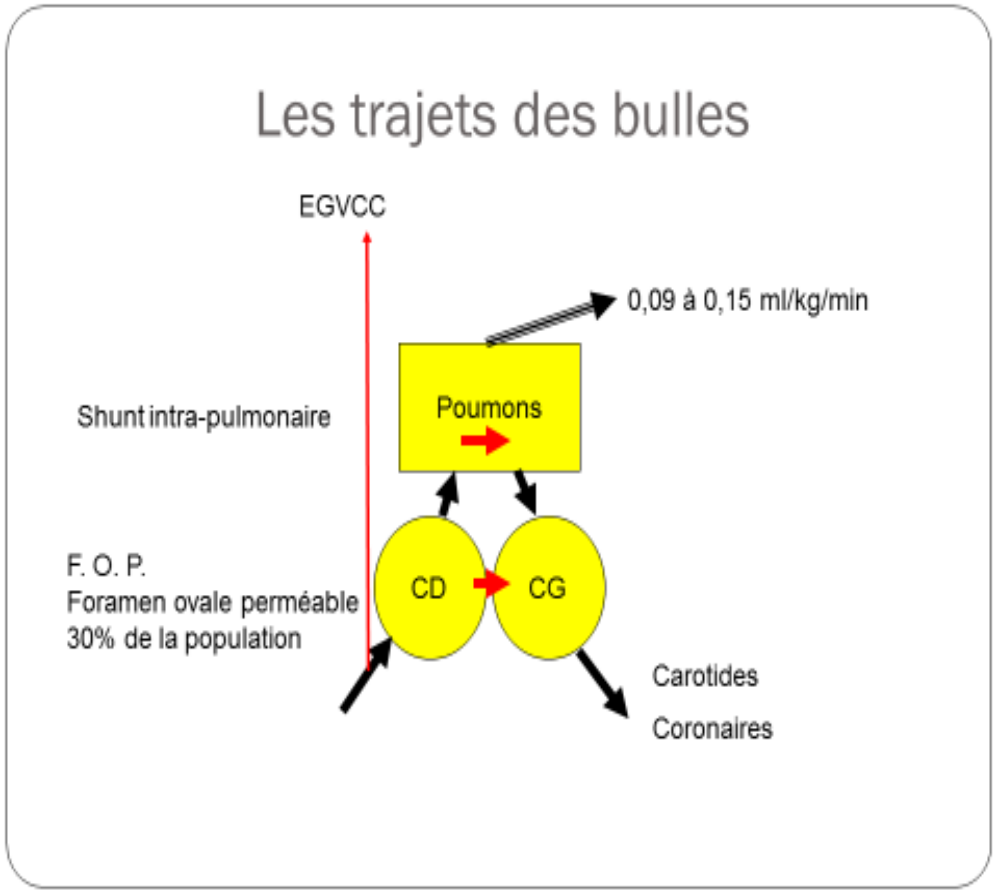
TABLE 3. Comparison of the rates and severity of VAE between groups

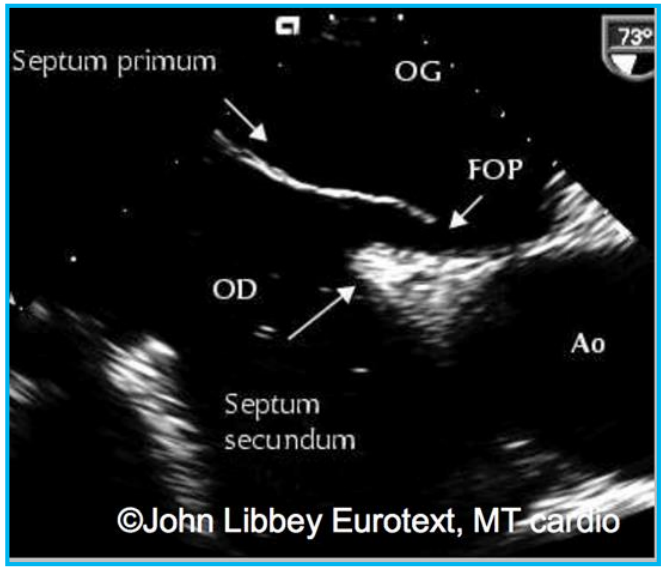
Severity	Percentage (no.) of Patients: Group 1 (n = 50)	Percentage (no.) of Patients: Group 2 (n = 48)	OR	95% CI	p Value
Grade					
0	78.0 (39)	37.5 (18)	5.90	2.43–14.36	0.0001*
1	14.0 (7)	12.5 (6)	1.14	0.35–3.67	0.99
2	8.0 (4)	45.8 (22)	0.10	0.031–0.33	0.0001*
3	0 (0)	4.2 (2)	0.18	0.00–3.94	0.23
4	0 (0)	0 (0)			1
Clinically important VAE†	8.0 (4)	50.0 (24)	0.08	0.02–0.27	0.0001*
Total VAEs	22.0 (11)	62.5 (30)	0.16	0.06–0.41	0.0002‡

* Statistically significant difference between groups ($p < 0.0001$).
† Severity of the VAE was Grade 2 or higher.
‡ Statistically significant difference between groups ($p < 0.001$).

CONCLUSIONS For patients in the semisitting position, an increase in the degree of head elevation is related directly to a higher rate of venous air embolism. With a 30° head elevation and our standardized technique of positioning, the semi-sitting position can be used safely in neurosurgical practice.

Physiopathologie : Trajet d'une bulle





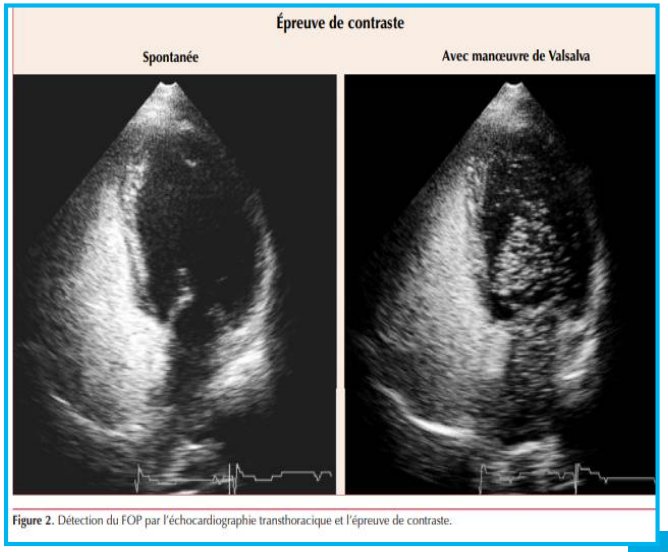
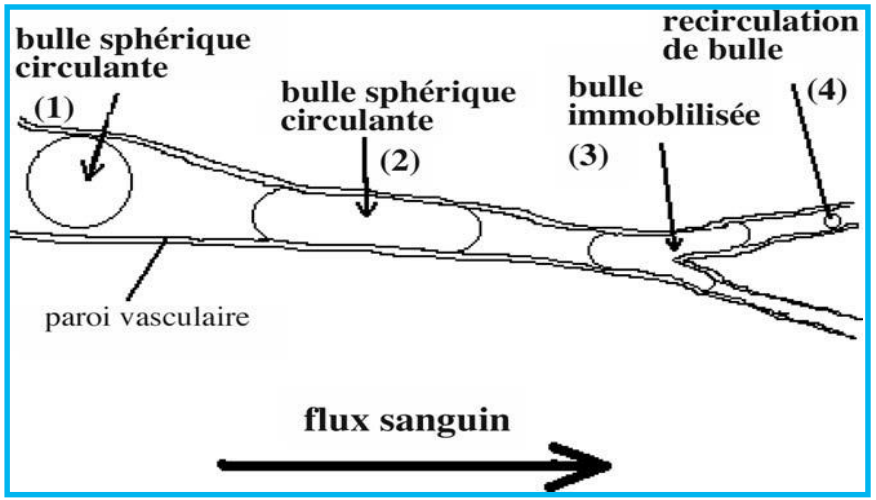


Figure 2. Détection du FOP par l'échocardiographie transthoracique et l'épreuve de contraste.

EGV : Ouverture des Shunt D-G

- **HTAP**
- **VM-PEEP**

Physiopathologie



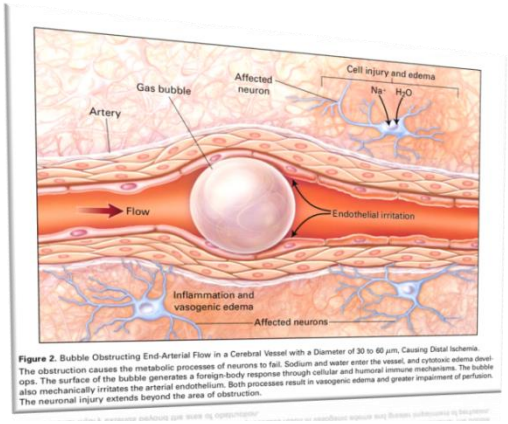
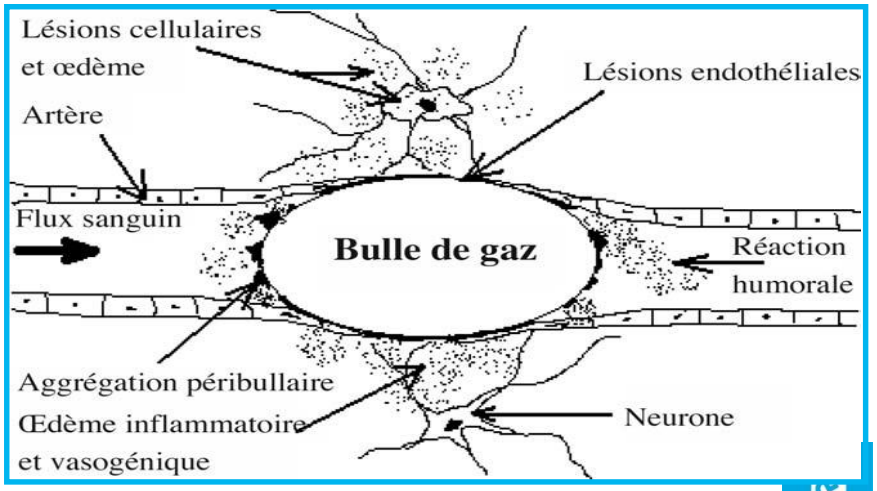


Figure 2. Bubble Obstructing End-Arterial Flow in a Cerebral Vessel with a Diameter of 30 to 60 μm, Causing Distal Ischemia. The obstruction causes the metabolic processes of neurons to fail. Sodium and water enter the vessel, and cytotoxic edema develops. The surface of the bubble generates a foreign-body response through cellular and humoral immune mechanisms. The bubble also mechanically irritates the arterial endothelium. Both processes result in vasogenic edema and greater impairment of perfusion. The neuronal injury extends beyond the area of obstruction.

N Engl J Med. 2000 Feb 17;342(7):476-82.
Gas embolism.
Muth CM[1], Shank ES.

Blocage de la micro-circulation par un chapelet de bulles : Effet Jamin

- **Obstruction vasculaire avec ischémie d'aval**
- **Réactions immunitaires et agrégats plaquettaires (bulle = corps étranger)**
- **Destruction de l'endothélium vasculaire**
- **Œdème extravasculaire**
- **Réponse inflammatoire**



Diagnostic clinique des EG :

Les symptômes ne sont pas spécifiques

- **EGV**:
  - **Prédominance signe cardio-respiratoire**
  - Embolie pulmonaire gazeuse
  - HTAP, Cœur pulmonaire aigu, ACR
  - Signes neurologiques conséquence bas débit

- **EGA et EGP** :
  - **Signes neurologiques en premier plan**
  - En fonction territoire embolisé
  - Manifestations cliniques multi focales
  - Embolie coronarienne = Tableau SCA ST+

Diagnostic clinique des EG

*Take home message

L'embolie gazeuse doit être évoquée devant un terrain à risques ET l'existence de symptômes neurologiques, cardiaques ou respiratoires.

La clinique est labile et il existe des formes tardives (changement de position)

- **Signes respiratoires**
  - Toux sèche
  - Dyspnée type œdème pulmonaire
  - Chute de la SaO2

- **Signes cardiaques** :
  - Collapsus transitoire jusqu'au cœur pulmonaire aigu
  - Troubles du rythme de tout type
  - Arrêt cardio-circulatoire

- **Signes neurologiques**
  - Trouble de conscience 80 %
  - Déficits moteurs 70 %
  - Crises convulsives 30 %
  - Troubles visuels (10 %)

Chez un patient sédaté

- **Signes cardio-respiratoire (EG sévère)**
  - Collapsus hémodynamique
  - Cyanose et turgescence des jugulaires
  - Chute de l'EtCO2
  - Chute monitoring per op BIS ou Entropy
  - Arrêt cardio-circulatoire

- **Signes neurologiques (tardifs)**
  - Retard au réveil +++
  - Crises convulsives ++
  - Déficits moteurs
  - Anisocorie

Les diagnostics différentiels sont nombreux

De multiples diagnostics différentiels peuvent parfois se discuter : embolie pulmonaire fibrinocruorique, pneumothorax, OAP cardiogénique, bronchospasme en cas de signes cardiorespiratoires et accident vasculaire cérébral, troubles métaboliques (hypoglycémie...), bas débit cérébral en cas de signes neurologiques …..

Diagnostic clinique des EG

Symptoms	All patients ($N = 119$)	Venous gas embolism ($N = 92$)	Arterial gas embolism ($N = 27$)	P value
Neurological symptoms				
Motor deficit (%)	54 (45%)	44 (48%)	10 (37%)	0.32
Seizure (%)	36 (30%)	26 (28%)	10 (37%)	0.38
Babinski sign (%)	46 (39%)	39 (42%)	7 (26%)	0.12
Visual field abnormalities (%)	16 (13%)	13 (14%)	3 (11%)	0.68
Other cranial nerves abnormalities (%)	35 (29%)	27 (29%)	8 (30%)	0.98
Cardiac symptoms				
Cardiac arrest (%)	21 (18%)	18 (20%)	3 (11%)	0.32
Chest pain (%)	6 (5%)	6 (7%)	0	0.14
Shock (%)	33 (28%)	25 (27%)	8 (30%)	0.53
Acute myocardial infarction (%)	16 (13%)	9 (10%)	7 (26%)	0.03
Respiratory symptoms				
Dyspnea (%)	50 (42%)	40 (43%)	10 (37%)	0.48
Cardiogenic pulmonary edema (%)	14 (12%)	10 (11%)	4 (15%)	0.57
Acute lung injury/ARDS	7 (6%)	6 (7%)	1 (4%)	0.58
Others symptoms				
Acute renal failure (%)	15 (13%)	11 (12%)	4 (15%)	0.69
Disseminated intravascular coagulopathy (%)	11 (9%)	9 (10%)	2 (7%)	0.80

Intensive Care Med. 2010 Jul;36(7):1180-7. doi: 10.1007/s00134-010-1821-9. Epub 2010 Mar 11.

Long-term outcome of iatrogenic gas embolism.

Bessereau J[1], Genotelle N, Chabbaut C, Huon A, Tabah A, Aboab J, Chevret S, Annane D.

EG: Examens diagnostiques

	Seuil de détection
Echographie cardiaque (ETO > ETT)	**0,02 ml/kg de gaz**
Doppler précordial	**0,05 ml/kg**
Sonde de Swan-Ganz	**0,25 ml/kg**
$ETCO_2$	**0,5 ml/kg**
Monitoring cardiaque	**1,25 ml/kg**
Doppler transcrânien	
SaO_2	
Visualisation directe	
EEG : non spécifique (signes multifocaux)	

Un examen normal n'élimine pas l'EG.

Un complémentaire ne doit jamais retarder le traitement

Table 4. Comparison of Methods of Detection of Vascular Air Embolism

Method of Detection	Sensitivity (ml/kg)	Availability	Invasiveness	Limitations
TEE	High (0.02)	Low	High	Expertise required, expensive, invasive
Precordial Doppler	High (0.05)	Moderate	None	Obese patients
PA catheter	High (0.25)	Moderate	High	Fixed distance, small orifice
TCD	High	Moderate	None	Expertise required
ETN_2	Moderate (0.5)	Low	None	N_2O, hypotension
$ETco_2$	Moderate (0.5)	Moderate	None	Pulmonary disease
Oxygen saturation	Low	High	None	Late changes
Direct visualization	Low	High	None	No physiologic data
Esophageal stethoscope	Low (1.5)	High	Low	Late changes
Electrocardiogram	Low (1.25)	High	Low	Late changes

$ETco_2$ = end-tidal carbon dioxide gas; ETN_2 = end-tidal nitrogen gas; N_2O = nitrous oxide; PA = pulmonary artery; TCD = transcranial Doppler; TEE = transesophageal echo.

Anesthesiology, V 106, No 1, Jan 2007

Copyright © by the American Society of Anesthesiologists. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

Anesthesiology 2007; 106:164–77 Copyright © 2006, the American Society of Anesthesiologists, Inc. Lippincott Williams & W

Diagnosis and Treatment of Vascular Air Embolism

Marek A. Mirski, M.D., Ph.D., Abhijit Vijay Lele, M.D.,† Lunei Fitzsimmons, M.D.,† Thomas J. K. Toung, M.D.‡*

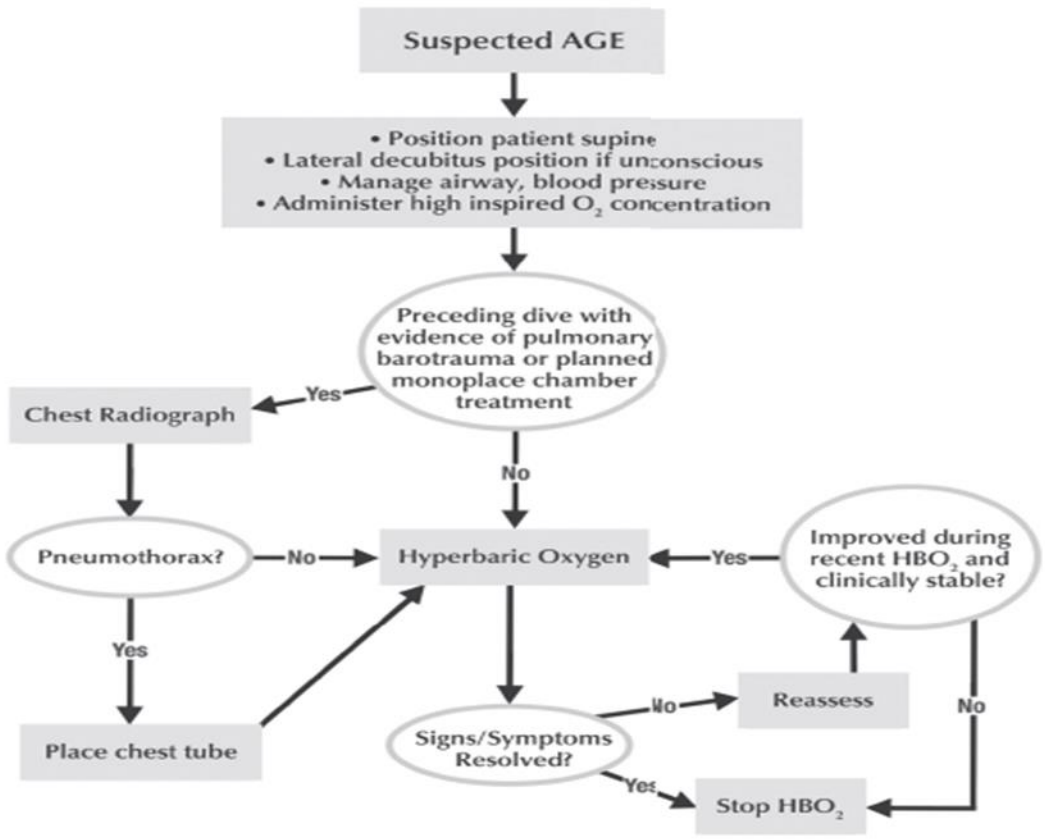
UHM 2019, VOL. 46 NO. 5 – HYPERBARIC TREATMENT FOR AIR OR GAS EMBOLISM

FROM THE HBO_2 INDICATIONS MANUAL14TH EDITION:
CHAPTER 1

Hyperbaric treatment of air or gas embolism: current recommendations

UHM 2019, VOL. 46 NO. 5 – HYPERBARIC TREATMENT FOR AIR OR GAS EMBOLISM

Figure 1. Flowchart for Management of Arterial Gas Embolism
Details of management are described in the text.



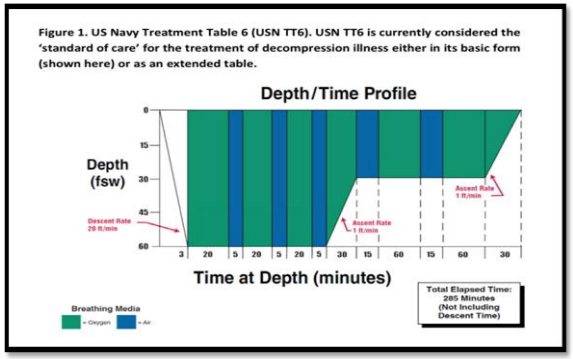


Table recommandée 2,8 ATA type USN 6
Nombre de table 1 à 2 en principe jusqu'à 5 si nécessaire en fonction de l'évolution clinique.

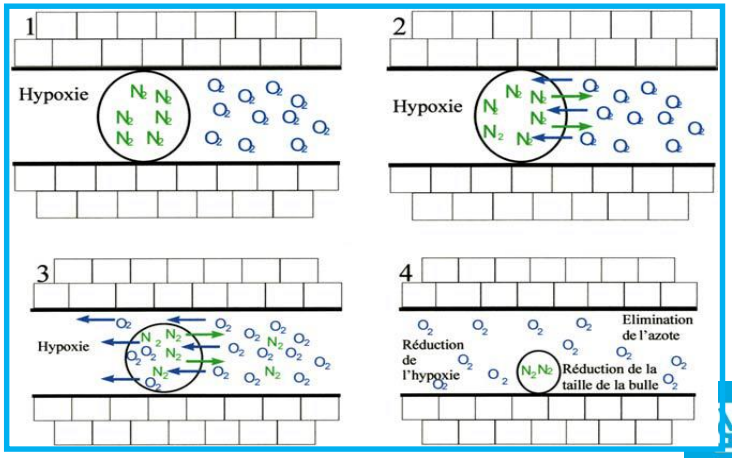
Traitement immédiat de l'EG

- **Position de Trendelenburg** +++ pendant 10 minutes puis **Décubitus dorsal**
- **Mise sous oxygène pur** (masque à haute concentration) pour DENITROGENATION +++ (EG avec symptômes cliniques)

- Aspiration du gaz dans le cathéter ++ (si VVC déconnectée)
- Obturation de la plaie (compression **30 minutes** puis pansement occlusif) (si VVC arrachée)

Prescription médicale:

- Maintien de l'état hémodynamique
- Prise en charge de l'état ventilatoire
- Prévention du risque comitial



Avis Hyperbare

- Indication de séances hyperbares pour les formes symptomatiques cardio-respiratoires ou neurologiques

Crit Care Med. 1992 Aug;20(8):1169-77.
Venous air embolism: clinical and experimental considerations.
Orebaugh SL[1].

Prise en charge de l'embolie gazeuse au bloc opératoire

- Côté chirurgie
  - Inonder le champ opératoire
  - Hémostase des plaies veineuses
  - Interrompre/écourter la chirurgie (insufflation cœlio)

- Côté anesthésie
  - Comprimer les jugulaires si position assise
  - Trendelenbourg (ou Durant) si position couchée
  - Aspirer l'air de l'OD et du VD avec une VVC
  - Oxygène pur

Traitement de l'EG

- **Mesures symptomatiques**
  - Expansion volémique
    - ↑PVC → évite l'entrée Air dans la circulation veineuse
    - ↑ PAM et DC → maintien perfusion cérébrale
    - ↓ Hémoconcentration
  - Management VAS
  - PEC trouble neurologique
    - IOT / VAC
    - convulsions

V. Souday et al. / Réanimation 12 (2003) 482–490

- oxygen administered as a first aid measure (class I, level C);
- lidocaine (class IIa, level B);
- aspirin, NSAIDs (class IIb, level C);
- anticoagulants (class IIb, level C);
- corticosteroids (class III, level C);
- intravenous fluids (D5W class III, level C;
- isotonic crystalloid, colloid class IIb, level C).

Hyperbaric oxygen treatment for air or gas embolism

R.E. Moon, M.D.

Department of Anesthesiology, Duke University Medical Center, Durham. N.C. USA

EMAIL: Dr. Richard E. Moon – *richard.moon@duke.edu*

EG et OHB

24 Diving and Hyperbaric Medicine Volume 47 No. 1 March 2017

Consensus Conference

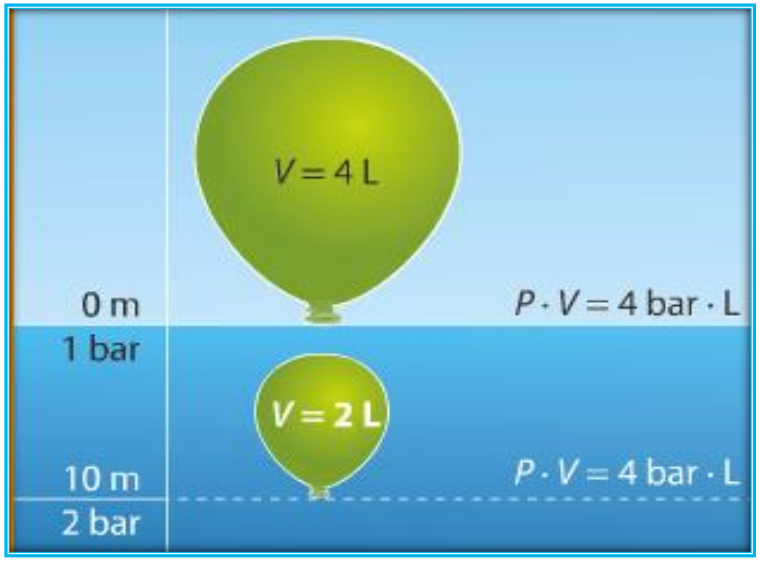
Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment

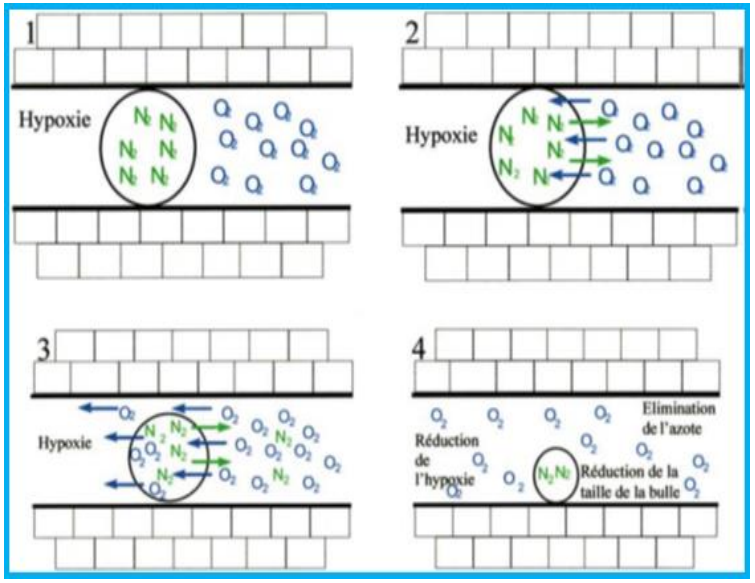
Daniel Mathieu, Alessandro Marroni and Jacek Kot

Recommendations on the indications accepted for HBOT

Condition	Level of evidence			Agreement level
	A	B	C	
Type 1	B	C		
CO poisoning	X			Strong agreement
Open fractures with crush injury	X			Strong agreement
Prevention of osteoradionecrosis after dental extraction	X			Strong agreement
Osteoradionecrosis (mandible)	X			Strong agreement
Soft tissue radionecrosis (cystitis, proctitis)	X			Strong agreement
Decompression illness		X		Strong agreement
Gas embolism		X		Strong agreement
Anaerobic or mixed bacterial infections		X		Strong agreement
Sudden deafness	X			Strong agreement
Type 2				

Mécanismes d'actions de l'OHB





- Loi de Boyle Mariotte :
  - Réduction volume des bulles
  - Restauration flux sanguin
- Loi de Henry et loi de Fick
  - Accélération dénitrogénation par création gradient de pression entre la PpN2 de la bulle et celle de la circulation sanguine.
- Hyperoxygénation des tissus hypoxiques
- Réduction HTIC et œdème cérébral

Quel type de recommandations en OHB ?

- Table de recompression

Profondeur
Durée
Gaz
Nombre de Séances

Quel type de recommandations en OHB ?

- **Toute EG avec <u>présence de signes cliniques</u>**
  (+/- radiologiques ou biologiques)
  respiratoires, neurologiques et / ou cardiaques.

- EG avec régression des symptômes sous ONB

- Délai :
  - Le plus tôt possible
  - Pronostic significativement meilleur avant 6 heures
  - Pas de délai maximum

Evolution des recommandations hyperbares dans l'EG

ECHM (7ème CCHM) **2004**

Pathologies	Pression	Durée de la séance	Nombre habituel de séances	Espacement des séances	Mesures de la $P_{TC}O_2$ sous OHB	Population-cible (nombre de patients/an)*
Embolie gazeuse	4 à 6 ATA	Jusqu'à 7 h	1 ou plus	Dépend de l'évolution clinique	Non	90

HAS **2007**

HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

OXYGÉNOTHÉRAPIE HYPERBARE

JANVIER 2007

ECHM (10ème CCHM) **2017**

24 Diving and Hyperbaric Medicine Volume 47 No. 1 March 2017

Consensus Conference

Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment

Daniel Mathieu, Alessandro Marroni and Jacek Kot

We do not recommend high pressure treatment tables (>405 kPa) because of lack of good evidence.

UHMS **2019**

UHM 2019, VOL. 46 NO. 5 – HYPERBARIC TREATMENT FOR AIR OR GAS EMBOLISM

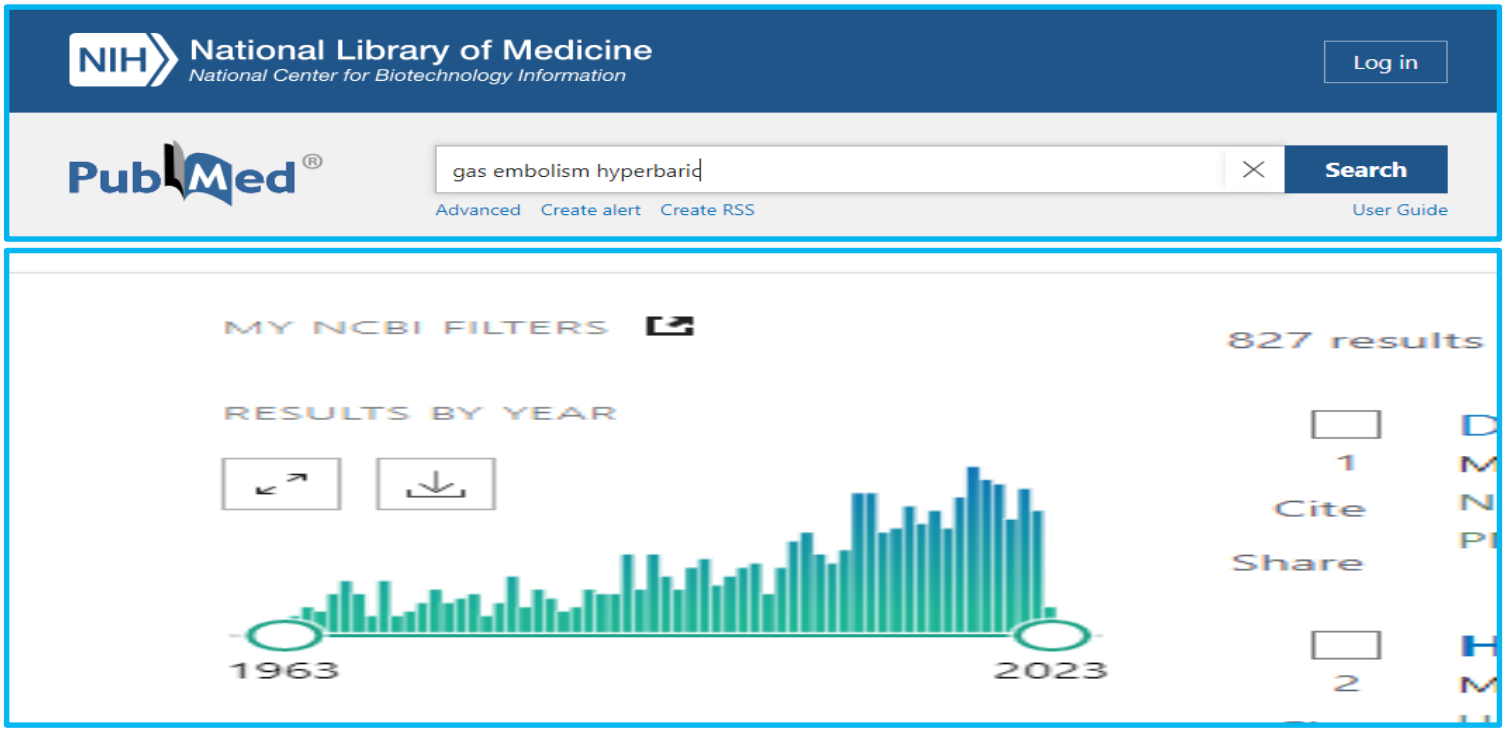
FROM THE HBO_2 INDICATIONS MANUAL14TH EDITION:
CHAPTER 1

Hyperbaric treatment of air or gas embolism: current recommendations

Table recommandée en 1ere intention : 2,8 ATA

Nombre de séances: 1 à 2 en principe jusqu'à 5-10 si nécessaire en fonction de l'évolution clinique.

Revue bibliographique



De 2016 à 2021 inclus

Uniquement EG iatrogènes

→ 21 articles exploitables pour les 3 critères (Incursion maximale – Durée de la séance et Nombre de séances OHB)

Revue bibliographique : Résultats

Prédominance des articles nord-américains et asiatiques

Cohorte de 38 patients :

- **45 % des patients : 1 seule séance**
  - **2.8 ATA (11)**
  - 3 ATA (2)
  - 2,0 ATA (2)
  - 2,5 ATA (1)
  - 4 ATA (1)

- 42 % des patients : 2 séances
  - **2.8 ATA**
  - 2,5 ATA

- 13 % des patients : 3 et + séances
  - 2.8 ATA
  - **2,5 ATA**

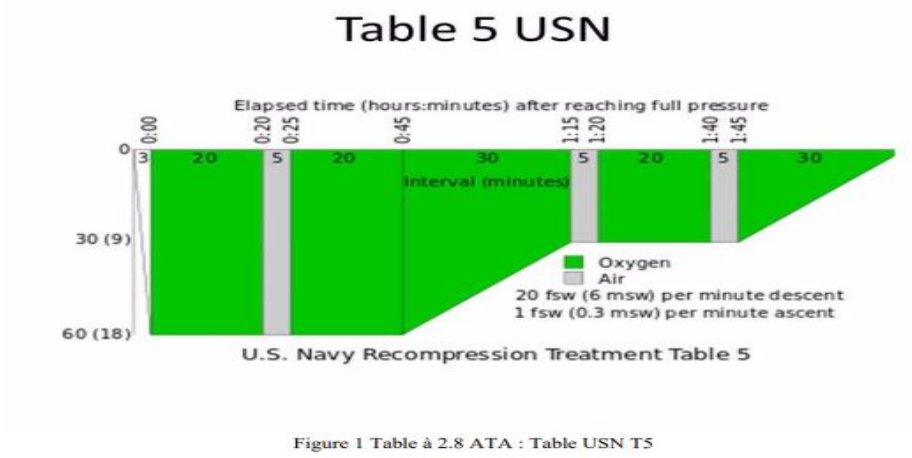
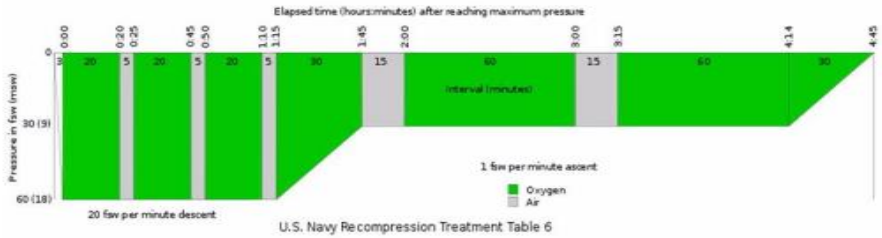


Figure 1 Table à 2.8 ATA : Table USN T5



Durée des séances (64 séances)

- **> 180 min (de 3h50 à 8h05) (40)** -**Table la plus citée : USN 6**
- < 150 min (21) - **Table la plus citée USN 5**
- 160 à 180 min : 3

Analyse des pratiques dans les centres francophones

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU

DIPLOME D'ETUDE SUPERIEURE INTER UNIVERSITAIRE
DE MEDECINE HYPERBARE & DE MEDECINE DE PLONGEE
HYPERBARIC AND DIVING MEDICINE
AIX MARSEILLE UNIVERSITE – FACULTE DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES
ANNEE 2021-2022

Coordinateurs : Dr M Coulange, Dr J Poussard & Pr M Gainnier

État des lieux de la prise en charge des embolies gazeuses iatrogènes dans les centres hyperbares francophones de 2019 à 2021

Par

Dr Gauthier JEANNOT et Dr Jean-Marc LAYE

Le 16 septembre 2022

Superviseur

Dr Thierry JOFFRE

Chef de service du Centre de médecine hyperbare de Lyon

1

Matériel et Méthode : Etude observationnelle, rétrospective multicentrique, via un questionnaire Google form, ouvert de juin à juillet 2022 et transmis à 26 centres hyperbares, membres de l'ICHF, en vue d'analyser leur prise en charge dans l'EG durant la période 2019 à 2021.

Résultats : Nous avons obtenu 18 réponses, réalisant un total de 386 embolies gazeuses

Résultats : Le protocole OHB

- **15 % des patients : 1 seule séance**
  - **4 ATA (74 % des tables européennes)**
  - **2,8 ATA (100 % tables canadiennes)**
  - 2,5 ATA (5 % des tables)

- **60 % des patients : 2 séances**
  - **2.8 ATA (100 % des tables canadiennes)**
  - **2,5 ATA (68 % des tables européennes)**
  - **4 ATA** (11 % des tables)

-25 % des patients : 3 et + séances
  -**2,5 ATA (72 % des tables)**
  -2.8 ATA

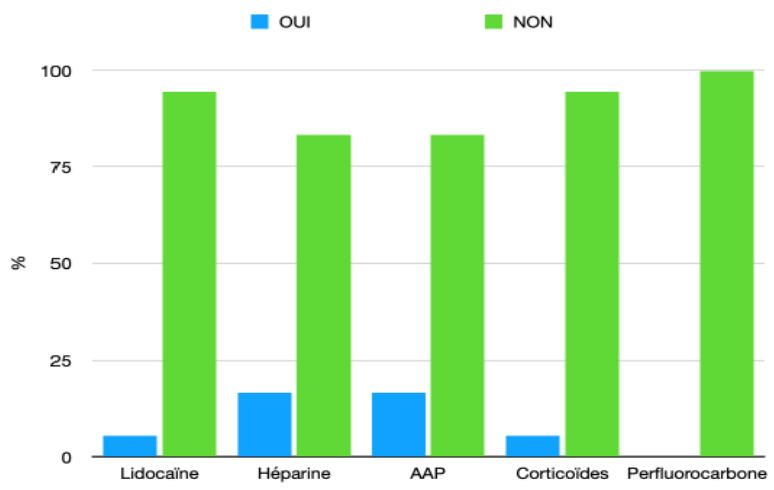
	S1	S2	S3
2,5 ATA -100 minutes	18	109	66
2,8 ATA - <150 min	42	87	18
2,8 ATA - 300	91	2	7
4 ATA - <150	37	0	0
4 ATA > 150	181	25	1
	369	223	92

Durée des séances (684 séances)

- > 180 min (de 3h50 à 8h05) (100) - Table la plus citée : USN 6
- de 160 à 180 min (207) : 4 ATA
- **< 150 min (377) : ATA 2,8 et ATA 2,5**

Résultats : Les traitements complémentaires à l'OHB

17 % des CMH utilisent des thérapeutiques complémentaires



Graphique 6 : Utilisation des thérapeutiques adjuvantes dans l'EG

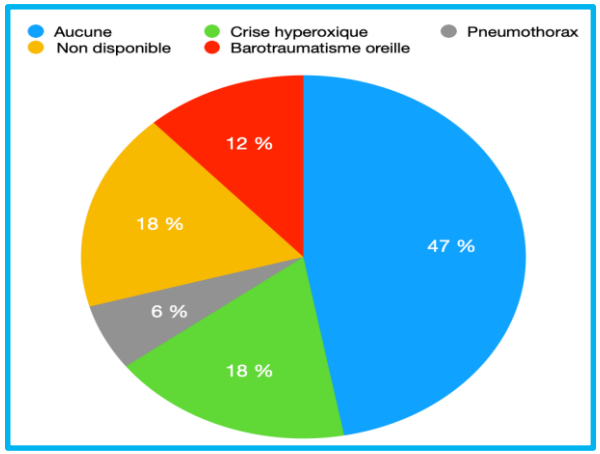
- oxygen administered as a first aid measure (class I, level C);
- lidocaine (class IIa, level B);
- aspirin, NSAIDs (class IIb, level C);
- anticoagulants (class IIb, level C);
- corticosteroids (class III, level C);
- intravenous fluids (D5W class III, level C;
- isotonic crystalloid, colloid class IIb, level C).

Hyperbaric oxygen treatment for air or gas embolism

R.E. Moon, M.D.

Department of Anesthesiology, Duke University Medical Center, Durham. N.C. USA

EMAIL: Dr. Richard E. Moon – *richard.moon@duke.edu*

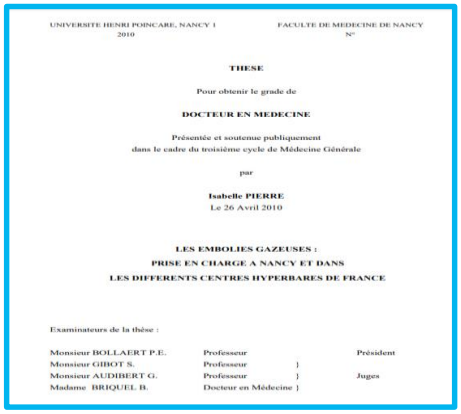


Quelle place pour un traitement anti-épileptique préventif ?

Résultats : Evolution des EG

	GUERISON	SEQUELLES	DECES
251 patients	171	57	23
	67 %	**23 %**	**10 %**

Pas de différence significative sur les taux de guérison et décès en utilisant une 4 ATA en 1ere séance (mais Test Chi2 et biais ++)



UNIVERSITE HENRI POINCARE, NANCY 1 — FACULTE DE MEDECINE DE NANCY
2010 — N°

THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Générale

par

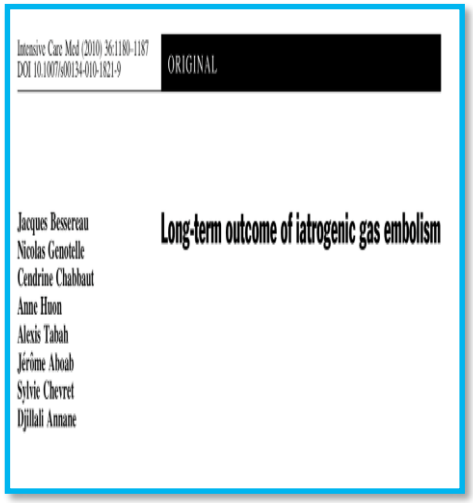
Isabelle PIERRE
Le 26 Avril 2010

LES EMBOLIES GAZEUSES :
PRISE EN CHARGE A NANCY ET DANS
LES DIFFERENTS CENTRES HYPERBARES DE FRANCE

Examinateurs de la thèse :

Monsieur BOLLAERT P.E.	Professeur	Président
Monsieur GIBOT S.	Professeur }	
Monsieur AUDIBERT G.	Professeur }	Juges
Madame BRIQUEL B.	Docteur en Médecine }	

Etude Rétrospective	GUERISON	SEQUELLES	DECES
90 patients	65 %	26 %	9 %



Intensive Care Med (2010) 36:1180–1187
DOI 10.1007/s00134-010-1821-9

ORIGINAL

Jacques Bessereau
Nicolas Genotelle
Cendrine Chabbaut
Anne Huon
Alexis Tabah
Jérôme Aboab
Sylvie Chevret
Djillali Annane

Long-term outcome of iatrogenic gas embolism

Etude Prospective	GUERISON	SEQUELLES	DECES
4 ATA + 12 heures ONB			12 % « short term »
119 patients	37 % à 1 an	38 %	25 % à 1 an

Evolution des EG

- 25% des patients DCD à 1 an
- 25% des patients avec séquelles neurologiques à 1 an
- Délai EG – OHB de **7 h ou moins réduit le risque de mortalité et de séquelles neurologiques.**

Intensive Care Med (2010) 36:1180–1187
DOI 10.1007/s00134-010-1821-9

ORIGINAL

Jacques Bessereau
Nicolas Genotelle
Cendrine Chabbaut
Anne Huon
Alexis Tabah
Jérôme Aboab
Sylvie Chevret
Djillali Annane

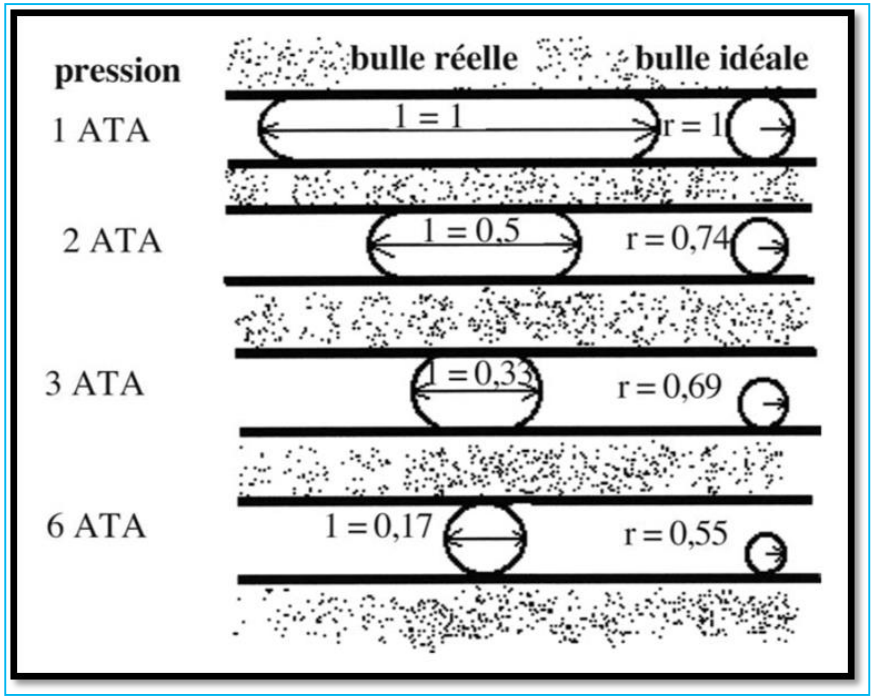
Long-term outcome of iatrogenic gas embolism

Quel type de recommandations en OHB ?

Les arguments retrouvés dans la littérature sont systématiquement les mêmes…..

Fig. 4. Volume et diamètre d'une bulle en fonction de la pression ambiante. Selon le principe de la loi de Boyle Mariotte, une bulle sphérique (r = rayon), théorique, subit entre 1 et 6 ATA, une réduction de volume de 83 % alors que le diamètre ne diminue que de 45 %.

En pratique, la bulle n'est pas sphérique mais cylindrique (l = longueur) limitant l'impact de l'effet pression isolé et confirmant l'intérêt d'une oxygénation optimale. Conjugué à la toxicité des gaz inhalés, cela explique le débat au sujet de la pression idéale de compression : une table de compression à 2,8 ATA en oxygène pur étant probablement aussi efficace qu'une table à 6 ATA à l'air.



V. Souday et al. / Réanimation 12 (2003) 482–490

Evolution des EG

Facteur pronostic = Le TEMPS

Table 4

Previous case series of ≥ 10 patients with cerebral gas embolism with details of treatment tables, delay to therapy and outcome
CAGE – cerebral arterial gas embolism; CNS – central nervous system; CVC – central venous catheter; CVGE – cerebral venous g
mbolism; HBOT – hyperbaric oxygen treatment; RN 62 – Royal Navy treatment table 62; USN 6 – United States Navy treatment table
VAE – venous air embolism; other hyperbaric treatment tables specific to the treating unit with maximum pressures of 304, 406 and 608 kI

Author	Patients	HBOT table	Delay to treatment (h)	Neurological outcome	Mortality	Comments
Boussuges[30]	113	608 kPa with neurology; 203 kPa without	Not recorded	69% (78) recovery	6 (5%)	71% (80) venous origin (CVC or dialysis)
Bacha[34]	Not reported	608 kPa then 304 kPa	< 12	21% sequelae	14%	Lower mortality with < 12 h delay to treatment
Ziser[35]	17	USN 6A	9.6 (mean)	8 recovery	3	Good outcome if Rx< 4 h
Blanc[28]	86	608 kPa 10 min then 203 kPa 60 min	3–8	58% (50) recovery	7	63 CVGE
Benson[36]	19	USN 6A or USN 6	8.9 (mean)	5 resolved 11 improved	5	9 CVGE
Trytko[19]	26	280 kPa	Divers 2–44; Non divers 0.75–14	2 severely affected	0	18 diving-related
Bessereau[22]	125	406 kPa then 253 kPa then 203 kPa	6 (mean)	43% (54) CNS sequelae	15 (12%)	32% (40) CVGE
Gibson[2]	12	RN 62	18 (4–48)	1 CNS sequelae	1	6 treated > 24 h post event
Tekle[29]	36	USN 6	19 patients < 6	26 "*favourable*"	1	24 VAE

Prévention de l'EG

- **Vérification « des purges » des seringues et lignes d'injection** :
  - Exploration cardiaque, coronarienne, vasculaire, carotidienne et radiologique

- **Abord veineux centraux**
  - Pose VVC
    - Trendelenburg (annulation gradient pression point de ponction et cœur)
    - Occlusion aiguille de ponction avant insertion guide
    - Introduction guide au cours expiration
  - Manipulation
    - Minimum de connections (rampe++)
    - Surveillance lors manipulation
  - Ablation :
    - Position Trendelenburg 15 min

      Puis décubitus 1 heure (2 h si anticoagulant)
    - Trajet massage appuyé (tunnelisation)
    - Pansement occlusif 24 heures
    - Si besoin Pansement compressif : 30 minutes

Prévention de l'EG

- **Chirurgie à risque**
  - Monitorage ETO
  - Recherche FOP (si + CI position assise)
  - Si possible champ opératoire « inondé »

- **Informations patient**

  - **Nécessité d'informer le patient sur le risque d'embolie gazeuse :**

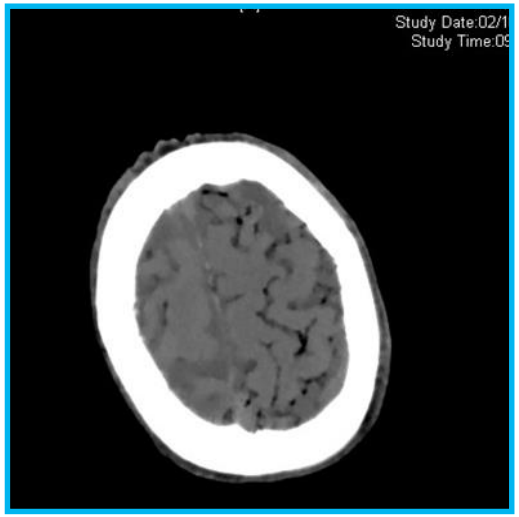
  Limiter les déplacements qui augmentent les risques d'accrochage, de tension sur la tubulure, d'arrachement (veiller à la boucle de sécurité)

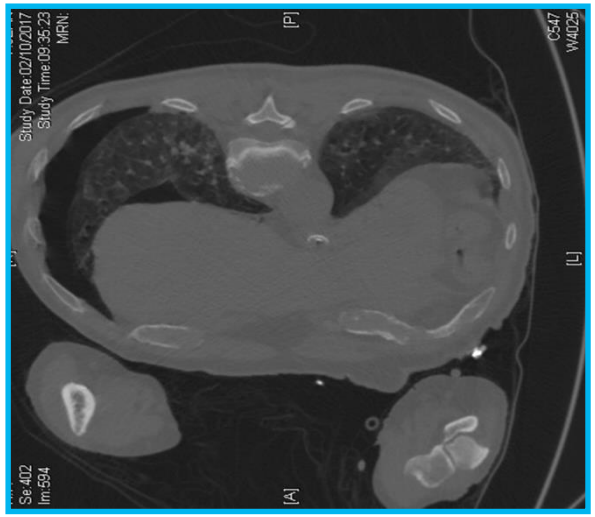
  - **Et lui indiquer la conduite à tenir en cas d'arrachement :**

  S 'allonger à plat sans oreiller, comprimer le point de ponction et alerter

Cas clinique 1

- **Mr P. 76A**
  - Dans le cadre d'un suivi de KC ORL, découverte au TDM d'un nodule parenchymateux droit
  - Indication de Fibroscopie bronchique avec ponction trans-bronchique droite à l'aiguille sous TDM le 02 octobre 2017.
- Pendant le geste (9h00) :
  - Trouble de conscience, Glasgow 3
  - Pupilles intermédiaires et réactives
  - Respiration stercoreuse





Cas clinique 1

- Arrivée au CMH à H+6
- VAC / IOT
- Drain thoracique en Aspiration

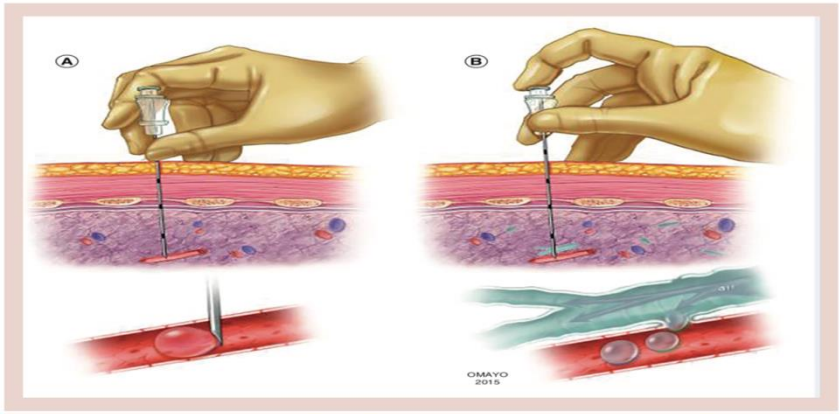


Figure 3. Main mechanisms of air embolism during percutaneous lung biopsy. (A) Introduction of air into the pulmonary vein from a biopsy needle lodged in a pulmonary vein when the inner stylet is removed. **(B)** Formation of a bronchovenous fistula between an air-containing space and an adjacent pulmonary vein. In this instance, air will enter the vein when the alveolar air pressure is greater than the pulmonary venous pressure, such as during coughing.
Used with permission from © Mayo Foundation for Medical Education and Research. All rights reserved.

- Tables :
  - B30 : 4 ATA Héliox (2 séances)
  - 2,8 ATA O2 (2 séances)
  - 2,5 ATA O2 (1 séance)

- Absence d'évolution, DCD le 07 octobre

Cas clinique 2

Surpression pulmonaire hors plongée

Annals of the American Thoracic Society

Home > Annals of the American Thoracic Society > List of Issues > Volume 11, Issue 4

In-Flight Air Embolism in a Child

432 1

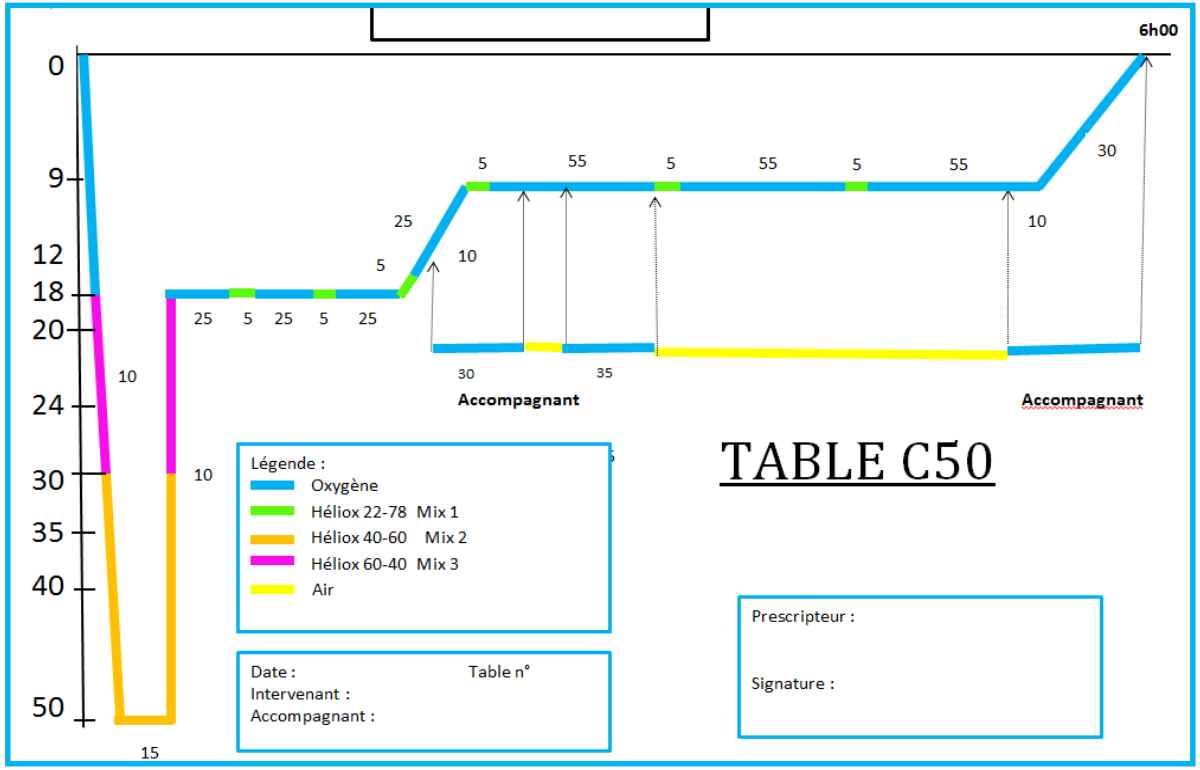
Benjamin J. Blaise [1], , Bruno Massenavette [1], , Etienne Javouhey [1], , and Bertrand Delafosse [2],
+ Author Affiliations
https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201401-016LE PubMed: 24828809

- Enfant 3 ans sans antécédent particulier.
- Trajet aérien Nice – Paris le 22 décembre sans problème
- Séjour à Paris du 22 au 29 décembre: Traitement symptomatique pour rhino-pharyngite
- Retour Airbus A320 Paris-Nice le 29 décembre:
  - 17h20 : fin d'ascension pour l'Airbus en trajectoire de palier
  - Malaise brutal avec sudation puis PC et raidissement hypertonique hémicorps droit
  - Médecin à bord – présence d'un pouls – DSA non fonctionnel.
  - Airbus dérouté en mayday sur Lyon St Exupéry (descente rapide).
  - 19h15 : arrivée déchocage pédiatrique.
    - Amélioration du glasgow depuis atterrissage qui reste fluctuant (10-14).
    - Hypertonie MID et BBK + au MIG

Cas clinique 2

RxP: kyste aérique pulmonaire
TDM cérébrale injectée (29/12) : normale
Intubation et drainage de la cavité kystique

1ere séance d'OHB le 30/12 à 15h30
6 ATA héliox
2 épisodes comitiaux pendant la séance



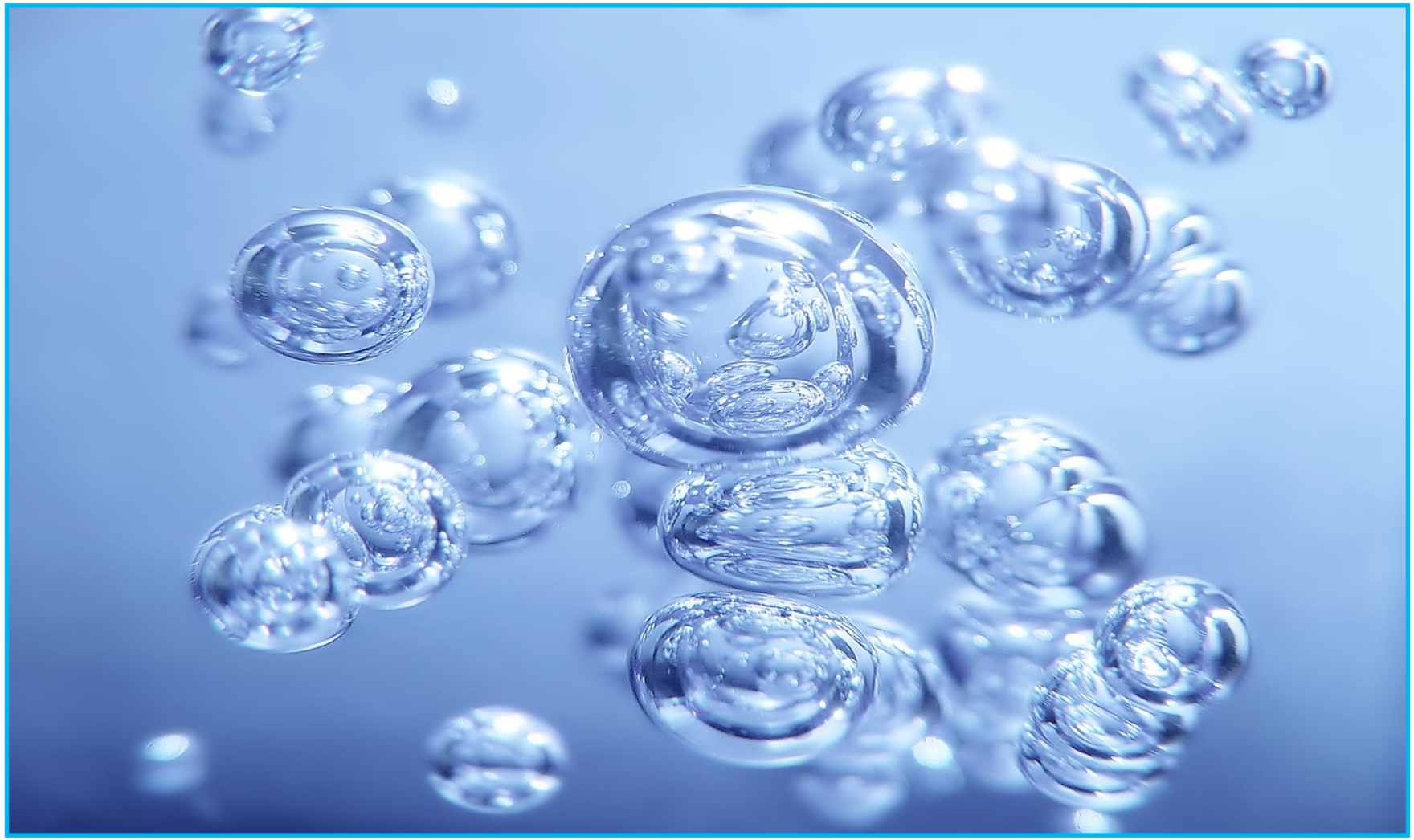
Cas clinique 2

- **IRM du 04/01: lésions multifocales bilatérales**
  - Large atteinte ischémique de la substance blanche sus-tentorielle prédominant nettement en pariétal droit et occipital-bilatéral avec atteinte du ruban cortical en occipital gauche associé.
  - Importante lésion ischémique du corps calleux.

- **Protocole hyperbare**
  - 30/12 - 6 ATA (8h00)
  - 31/12 - 6 ATA (8h00)
  - 01/01 – 2,8 ATA type USN6 (4h50)
  - 02/01 – 2,8 ATA type USN 6 (4h50)
  - 03/01 extubation puis 2,5 ATA (2h00) – monoplégie MSG et monoparésie MIG
  - 04/01 2,5 ATA (2h00) – Glasgow 15

  - Fin janvier : ablation du kyste et récupération motrice droite en cours
  - Scolarisée sans problème en 2015

- **Conclusion: EG neurologique par surpression kyste pulmonaire**
  - Kyste fermé d'une bronchopneumopathie virale
  - Pression cabine AIRBUS équivalent à 7200 pieds (2200 m) = 580 mm Hg
  - Pression du kyste trappé = pression atmosphérique = 760 mm Hg
  - Delta de pression (180 mm Hg) est au moins 2 fois supérieure à la tension limite pulmonaire (80 mm Hg) → diffusion d'air kystique vers les vaisseaux bronchiques et veines pulmonaires



Thierry.joffre@chu-lyon.fr