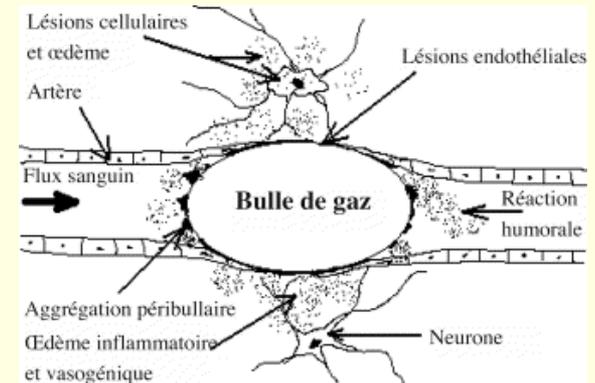


Quid du risque d'embolies gazeuses dans le secteur d'urodigestif?



Dr Gaétan DANGELSER

Cas clinique

♀ **57 ans sans ATCD**

Intervention: coelioscopie d'une promontofixation pour prolapsus utérovaginal

Prise en charge anesthésique sans particularité

pneumopéritoine → ↓ Sp O2



↓ brutale PETCO2 → bradycardie, collapsus vasculaire et ACR



Insufflation interrompue et exploration de la cavité et exsufflation rapide



MCE + vasoactifs + 3 CEE + remplissage vasculaire + adrénaline en continu



**échocardiographie → diagnostic embolie gazeuse
nombreuses images de contraste dans des cavités droites dilatées**



Asystolie survenait en phase de compression et décès

Autopsie H+18 → persistance de gaz dans le VD droit, le cœur ayant été ouvert en ambiance liquidienne

Cas clinique

Enfant 7 ans

Intervention: appendicectomie par cœlioscopie en urgence.

**Prise en charge peropératoire anesthésique sans particularité
SpO2 stable à 98 % et PETCO2 de 52 à 67 mmHg**

Extubation en fin d'intervention → SSPI



SSPI H+1. Changement de position. DLD → DD



Fc 160 b/min, ↓ Fr et coma Glasgow 3 avec mydriase bilatérale aréactive



IOT + ventilation rapide

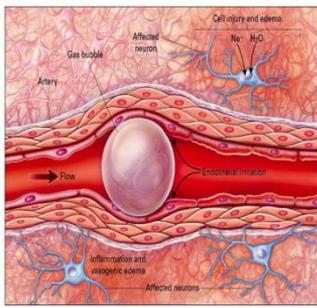


**TDM cérébrale → élimine un AVC hémorragique
TDM thoracoabdominopelvienne → une image au niveau cardiaque (gaz?).**



Décès malgré 3 séances au caisson hyperbare

**Autopsie → ouverture du cœur sous l'eau retrouve 2 bulles de gaz dans
les cavités cardiaques droites**



Épidémiologie

- L'embolie gazeuse est due à la migration suite à une brèche vasculaire, de bulles de gaz dans la circulation sanguine.
 - Le gaz concerné est le plus souvent l'air, mais l'oxygène, le gaz carbonique, l'azote, le protoxyde d'azote, l'argon et l'hélium.
 - Les EG sont le plus souvent iatrogènes, exceptionnellement elles entrent dans le cadre d'un accident ou d'un suicide .
- C.M. Muth . N Engl J Med 2000*
- L'ensemble des disciplines médicales ou chirurgicales peut être confronté à ce type d'accident
 - **Les voies veineuses centrales dominant les causes médicales d'EGV**
 - incidence estimée entre 1/750 et 1/3000
 - les manipulations et surtout les débranchements accidentels représentent 84 % des causes d'EG sur voie centrale

Étiologies

Table 1. Surgical Procedures Associated with Vascular Air Embolism

Procedure	References and Known Incidence
Neurosurgical	
Sitting position craniotomies	Harrison <i>et al.</i> ²⁴ (9.3%), Bithal <i>et al.</i> ²⁵ (27.4%), Losasso <i>et al.</i> ²⁶ (43%)
Posterior fossa procedures	Papadopoulos <i>et al.</i> ²⁷ (76%)
Craniosynostosis repair	Faberowski <i>et al.</i> ²⁸ (8%), Tobias <i>et al.</i> ²⁹ (82.6%)
Cervical laminectomy	Lopez <i>et al.</i> ³⁰ (23%)
Spinal fusion	Latson ³¹ (10%)
Peripheral denervation	Girard <i>et al.</i> ³⁵ (2%)
Torticollis corrective surgery	Lobato <i>et al.</i> ³⁶
Deep brain stimulator placement	Moitra <i>et al.</i> , ³⁷ Deogaonkar <i>et al.</i> ³⁸
Neck procedures	
Radical neck dissection	Longenecker ³⁹ (1–2%)
Thyroidectomy	Chang <i>et al.</i> ⁴⁰ (2%)
Ophthalmologic procedures	
Eye surgery	Ledowski <i>et al.</i> ⁴¹
Cardiac surgery	
Coronary air embolism	Abu-Omar <i>et al.</i> ⁴²
Orthopedic procedures	
Total hip arthroplasty	Spiess <i>et al.</i> ^{43–46} (57%)
Arthroscopy	Faure <i>et al.</i> ⁴⁷
Thoracic procedures	
Thoracocentesis	Diamond <i>et al.</i> ⁴⁸
Blast injuries, excessive positive pressure, open chest wounds	Campbell and Kerridge, ⁴⁹ Gotz <i>et al.</i> ⁵⁰
Obstetric–gynecologic procedures	
Cesarean delivery	Lew <i>et al.</i> ^{51–53} (11–97%)
Laparoscopic procedures, Rubin insufflation procedures, vacuum abortion	Bloomstone <i>et al.</i> ⁵⁴ Imasogie <i>et al.</i> ⁵⁵
Urology	
Urology–prostatectomy	Memtsoudis <i>et al.</i> , ⁵⁶ Jolliffe <i>et al.</i> , ⁵⁷ Razvi <i>et al.</i> ⁵⁸
Gastrointestinal surgery	
Laparoscopic cholecystectomy	Derouin <i>et al.</i> ⁵⁹ (69%), Scoletta <i>et al.</i> , ⁶⁰ Bazin <i>et al.</i> ⁶¹
Gastrointestinal endoscopy	Nayagam, ⁶² Green and Tendler ⁶³
Liver transplantation	Souron <i>et al.</i> ⁶⁴

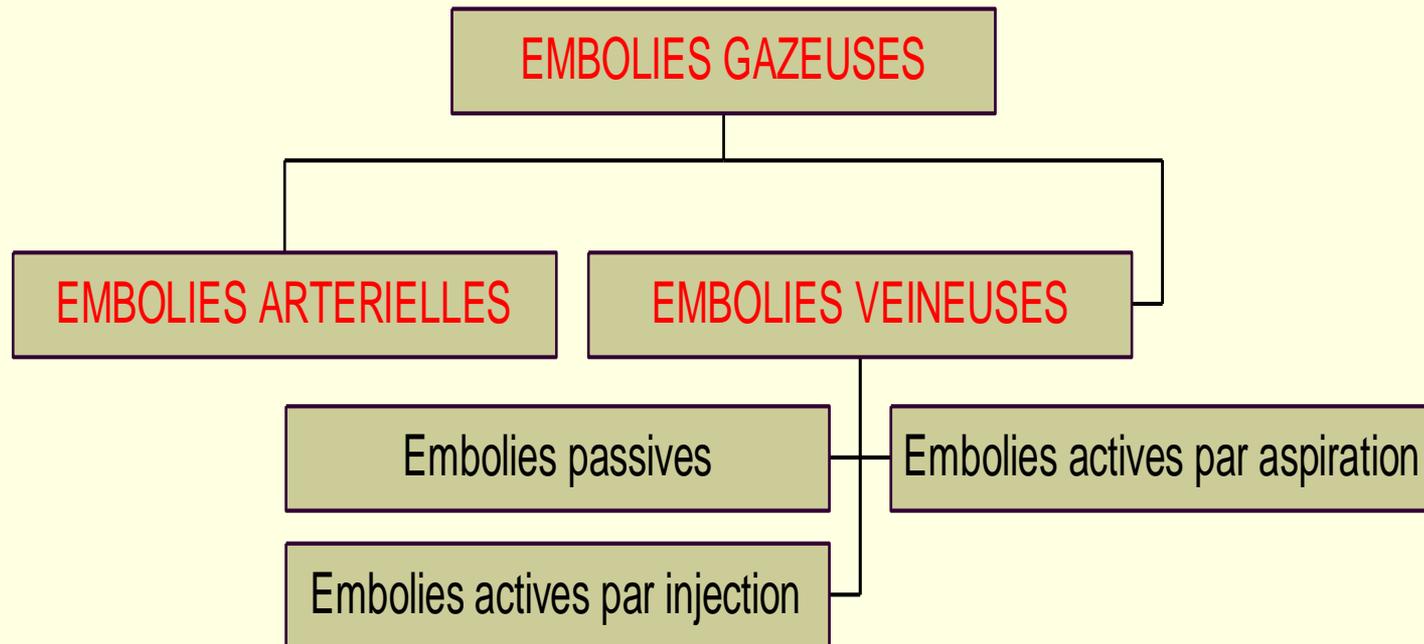
by-pass veino-veineux

Étiologies

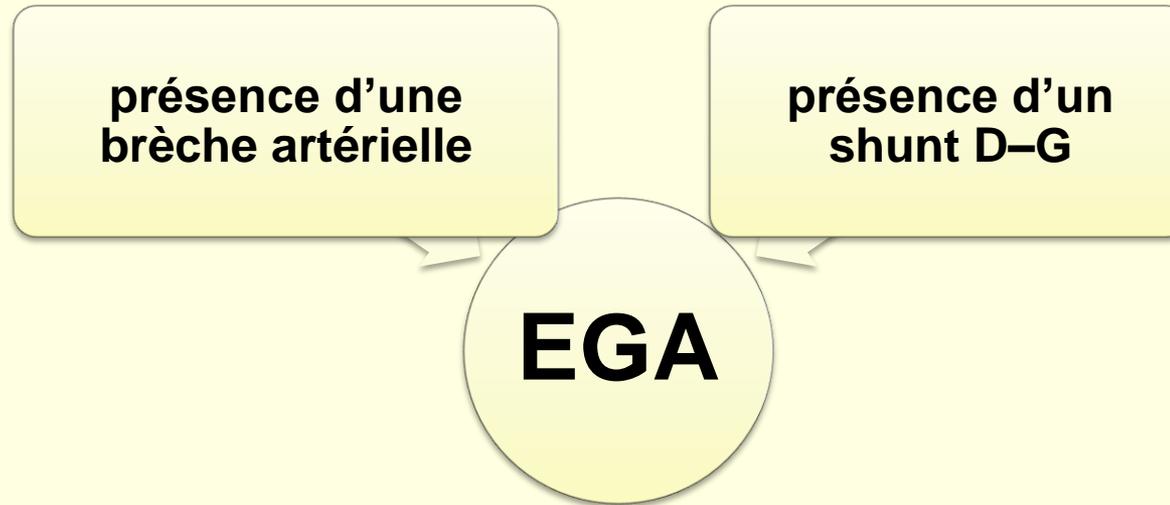
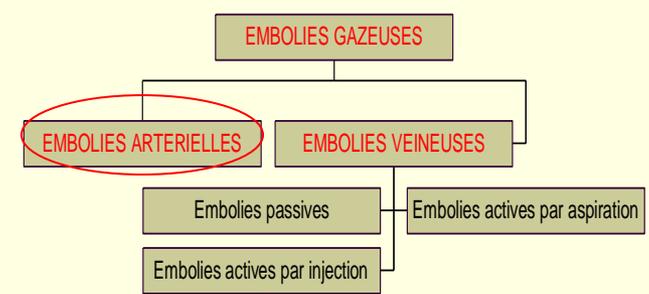
Table 2. Examples of Nonoperative Procedures Associated with Vascular Air Embolism

Procedure	References
Direct vascular	
Central venous access related	Flanagan <i>et al.</i> , ¹⁰ Vesely, ⁶⁵ Ely and Duncan ⁶⁶
Radial artery catheterization	Dube <i>et al.</i> ⁶⁷
Parenteral nutrition therapy	Laskey <i>et al.</i> ⁶⁸
Interventional radiology	Keiden <i>et al.</i> , ⁴⁵ Hetherington and McQuillan ⁴⁶
Pain management procedures	
Epidural catheter placement (loss of resistance to air technique)	Panni <i>et al.</i> , ⁶⁹ MacLean and Bachman ⁷⁰
Diagnostic procedures	
Contrast-enhanced CT	Woodring and Fried ⁷¹
Contrast-enhanced CT chest	Groell <i>et al.</i> ⁷²
Lumbar puncture	Karaosmanglu <i>et al.</i> ⁷³
Thoracentesis	Diamond <i>et al.</i> ⁴⁸
Hemoperfusion	
Intraaortic balloon rupture	Cruz-Flores <i>et al.</i> ⁷⁴
Rapid blood cell infusion systems	Aldridge ⁷⁵
Blood storage container	Yeakel ⁷⁶

Types d'embolies gazeuses



Embolies gazeuses artérielles

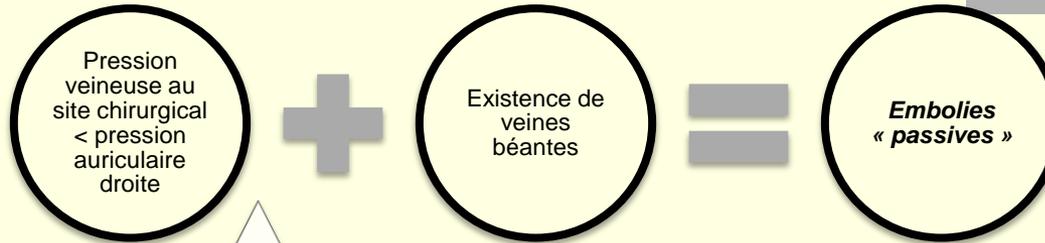
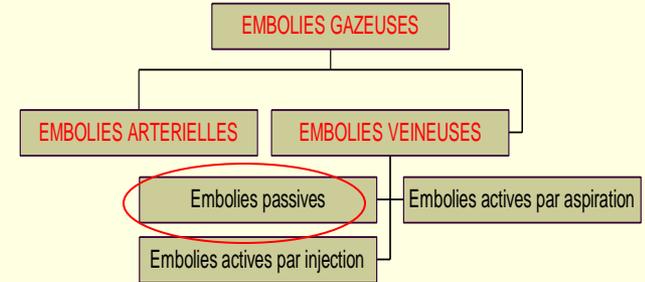


Très souvent iatrogène lors de chirurgie cardiaque

Les signes cliniques massifs sont rares (1/250 à 1/870) et exceptionnellement responsables de décès (1/2500 à 1/8000)

Embolies gazeuses

« passives »



Observations exceptionnelles

cerclage du col utérin
résection endométriale par voie transcervicale
résection transurétrale de prostate
prostatectomie par voie haute

Interventions ou risque de survenue d'une embolie gazeuse précisé par des études prospectives

Césarienne PTH
chirurgie rachis lombaire
laryngectomies

Interventions à haut risque d'embolie gazeuse

Interventions neurochirurgicales en position assise

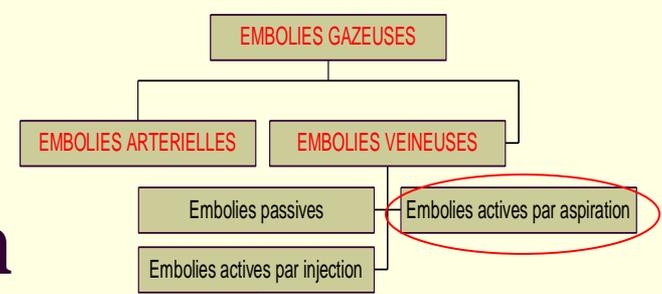
Mitterschiffthaler G. *Anaesthetist* 1989
 Babita G. *Anesth Analg* 2000
 Hofsess DW. *J Urol* 1984
 Albin MS. *Anesth Analg* 1992

Albin MS. *Neurosurgery* 1978
 H. Roman. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 2002
 Lew TW. *Anesth Analg* 1993
 Karuparthy. *Anesth Analg* 1989
 Fong J. *Can J Anaesth* 1991
 Davis FM. *Anaesth Intensive Care* 1990
 Pitto RP. *Arch Orthop Trauma Surg* 2000
 Albin MS. *Anesth Analg* 1991
 Horlocker TT. *Anesth Analg* 1992
 Sutherland RW. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997.
 Graftieaux JP. *Ann Fr Anesth Réanim* 1993
 Rice JH. *J Clin Anesth* 1992

Albin MS. *Neurosurgery* 1978
 Papadopoulos G. *Acta Neurochir* 1994
 Matjasko J. *Neurosurgery* 1985

Embolies gazeuses

« actives » par aspiration



- Il s'agit le plus souvent d'une **complication iatrogène due à la dépression inspiratoire de la pression auriculaire droite.**

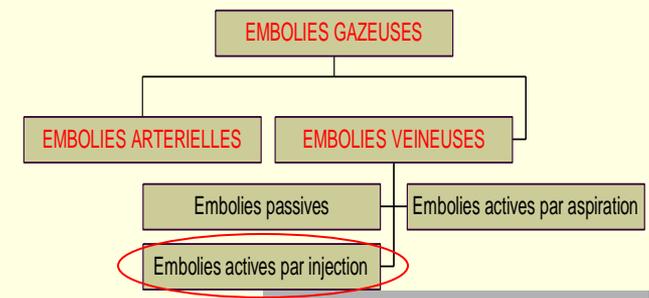


- Si le risque d'embolie gazeuse est « relativement » bien connu lors de la mise en place d'un cathéter veineux central chez un patient en ventilation spontanée, celui-ci existe également au moment de son retrait

Ely EW. Crit Care Med 1999
Pham J. Ann Fr Anesth Réanim 1998

Embolies gazeuses

« actives » par injection



Injection d'air ou d'oxygène

- La recherche de l'espace péridural à l'aide d'un mandrin gazeux peut s'accompagner d'une embolie gazeuse

Jaffe et al Reg Anesth 1995

- Les accidents iatrogènes liés aux accélérateurs de perfusion sont prévenus par l'existence d'un système de détection d'air sur la ligne de perfusion. Mais ce problème persiste avec l'emploi de poches administrées à l'aide de manchette de pression

*Rothenberg F et al. Am J Cardiol 1994
Breen PH. Anesth Analg 2000*

- L'irrigation peropératoire avec de l'eau oxygénée peut créer une embolie gazeuse, 1 mL d'eau oxygénée se transformant en 10 mL d'oxygène

Loeb T et al. Ann Fr Anesth Réanim 2000

Embolies gazeuses

« actives » par injection

Injection de gaz carbonique

- *Gaz employé dans de nombreuses interventions chirurgicales « laparoscopiques »*
- *Incidence élevée mais sans conséquences cliniques sauf quelques observations décrites en chirurgie digestive, urologique et gynécologique par coelioscopie*

- *Derouin M et al. Anesth Analg 1996*
- *Gueugniaud PY et al. Ann Fr Anesth Réanim 1995*
- *Popesco D et al. Ann Fr Anesth Réanim 1997*
- *Phillips J et al. J Reprod Med 1976*
- *Beck DH. Br J Anaesth 1994*
- *Nishiyama T. Can J Anaesth 1999*
- *Brandner P. J Am Assoc Gynecol Laparosc 1999*
- *Fahy BG et al. Anesth Analg 1999*
- *Blaser A. Surg Endosc 1999*

Situations à risque d'embolie gazeuse

Table 3. Relative Risk of Air/Gas Embolism

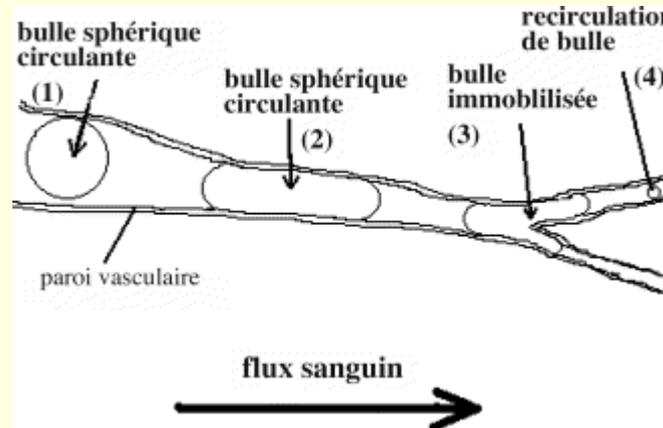
Air/Gas Embolism Risk: Common Procedures	Relative Risk*
Sitting position craniotomy	High
Posterior fossa/neck surgery	High
Laparoscopic procedures	High
Total hip arthroplasty	High
Cesarean delivery	High
Central venous access–placement/removal	High
Craniosynostosis repair	High
Spinal fusion	Medium
Cervical laminectomy	Medium
Prostatectomy	Medium
Gastrointestinal endoscopy	Medium
Contrast radiography	Medium
Blood cell infusion	Medium
Coronary surgery	Medium
Peripheral nerve procedures	Low
Anterior neck surgery	Low
Burr hole neurosurgery	Low
Vaginal procedures	Low
Hepatic surgery	Low

* Approximate expected reported incidences: high, > 25%; medium, 5–25%; low, < 5% (references per tables 1 and 2).

Physiopathologie de l'embolie gazeux

- **L'EGA** migre selon le flux sanguin et d'autant plus facilement que sa taille est petite.
- Tous les territoires peuvent être concernés.
- **Les EGV** migrent jusqu'aux cavités cardiaques.
- Elles peuvent être piégées dans les piliers ou le toit de l'oreillette droite et ainsi constituer une réserve pour des emboles plus tardifs.
- Sinon, elles rejoignent les artères pulmonaires réalisant un équivalent d'embolie pulmonaire parfois massive.
- La division dans le système vasculaire pulmonaire permet l'élimination par diffusion depuis les capillaires vers les alvéoles mais ce phénomène reste limité et dépendant des capacités de diffusion, de la solubilité du gaz et des capacités du filtre pulmonaire.

Trapping et redistribution bullaire



Poussée par la pression artérielle, la bulle initialement sphérique (1) va se déformer pour s'adapter au système vasculaire.

Devenant cylindrique (2), elle se bloque quand le diamètre des vaisseaux devient trop étroit (3).

Une redistribution ultérieure ne sera possible que si le volume de gaz régresse suffisamment, spontanément ou sous l'effet du traitement (4).

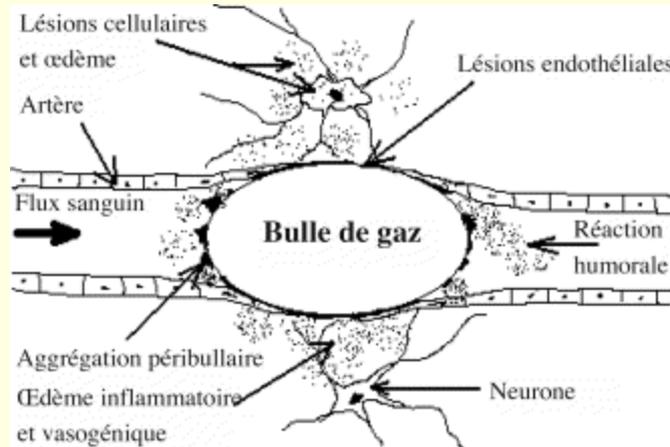
Embolie gazeuse paradoxale (EGP)

- **L'EGP** est une EGV aboutissant à une ischémie artérielle aiguë après passage au travers d'un shunt droit gauche, **FOP**, présent chez **30 % de la population de 20 à 40 ans**.
- **La réouverture du FOP est possible si la pression de l'oreillette droite (POD) dépasse la pression de l'oreillette gauche du fait d'une HTAP.**
- **Elle se produit**
 - dans diverses situations pathologiques: ventilation mécanique, PEEP, EP, ICD, BPCO sévère
 - chez le sujet sain : manœuvres de Valsalva, exercice intense
- **En conséquence n'importe quelle EGV peut potentiellement générer une EGA .**

*J.M. Porter. Br J Anaesth 1999
D. Clarke. Aviat Space Environ Med 2002
N.M. Thackray, P.M. Crit Care Med 1996
C.M. Muth . N Engl J Med 2000*

Conséquences de l'embole gazeux

2 mécanismes président
aux lésions secondaires des emboles



**l'obstruction
vasculaire**

**La réponse
inflammatoire**

Facteurs de gravité

- Les conséquences de l'EGV sont moins graves que celles de l'EGA, grâce au passage par le filtre pulmonaire .
- **Plus que le volume, c'est la vitesse d'embolisation qui conditionne la gravité de l'EG.**
- Quelques millilitres sont asymptomatiques dans une veine (petites bulles d'une perfusion par exemple).
- **La gravité de l'EG est également liée à la nature du gaz, via son coefficient de solubilité.**

S.L. Orebaugh. Crit Care Med 1992

R.E. Moon et al.. Respir Care Clin North Am 1999

**Plus un gaz est soluble dans l'eau et plus la quantité à injecter pour obtenir une même embolie sera importante,
Dans l'ordre du plus soluble au moins soluble : CO₂, O₂, air, NO, He, Ag.
Moins un gaz est soluble, plus longtemps il persiste sous forme de bulle avant d'être éliminé**

Diagnostic

- Le diagnostic repose essentiellement sur l'analyse des circonstances de l'accident
- **En pratique, tout signe neurologique et/ou cardiorespiratoire dans une situation à risque doit être considéré comme une embolie gazeuse jusqu'à preuve du contraire et doit imposer un traitement avant tout autre examen notamment d'imagerie cérébrale.**
- L'évolution est imprévisible.
- Une récupération spontanée est fréquemment décrite mais une rechute clinique peut survenir après une évolution initiale favorable.

Diagnostic

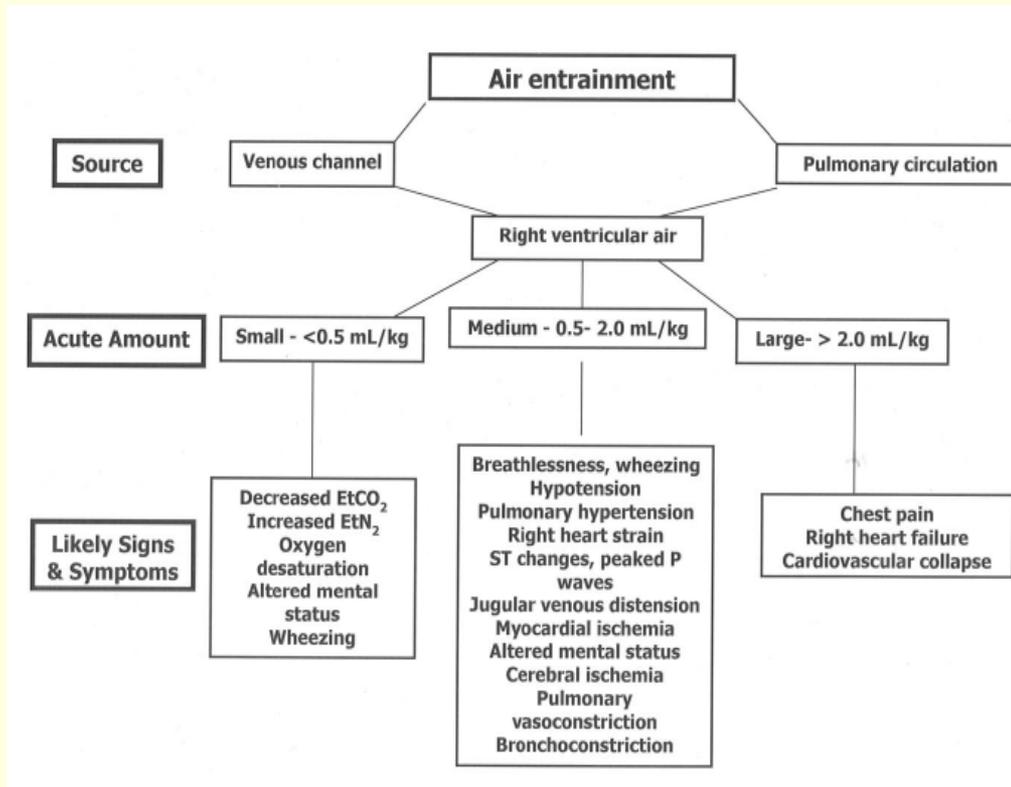


Fig. 1. Adverse sequelae from air embolism are dependent principally on the volume of air, as well as the rate of entrainment. Small acute volumes are often well tolerated, whereas larger volumes have substantial effects predominating on the cardiovascular, pulmonary, and cerebral organ systems. ETco₂ = end-tidal carbon dioxide; ETN₂ = end-tidal nitrogen.

Particularités diagnostiques dans des circonstances chirurgicales

1- L'AG masque les symptômes : troubles hémodynamiques per opératoires ou neurologiques au réveil.

2- L'intérêt du monitoring n'est plus à démontrer dans ces situations

Seuil de sensibilité des divers moyens diagnostiques lors d'une embolie veineuse de CO₂.

	CO ₂ (mL·kg ⁻¹)						
	0,05	0,1	0,25	0,5	1	2	5
FECO ₂	29	29	86	100	100	100	100
PAP	14	29	71	100	100	100	100
ETO	100*	100*	100	100	100	100	100
Stéthoscope	71	86	86	100	100	100	100

Couture P et al. Anesth Analg 1994

Le diagnostic précoce d'embolie de CO₂ repose sur une modification de l'auscultation précordiale, technique la plus sensible avec l'ETO, et sur la variation de la FECO₂

Diagnostics différentiels

- Embolie pulmonaire fibrinocruorique
- Pneumothorax
- OAP cardiogénique
- Bronchospasme
- Accident vasculaire cérébral
- Troubles métaboliques (hypoglycémie...)
- Bas débit cérébral

Principes du traitement d'une embolie gazeuse

Arrêt de la source de gaz

- hémostase vasculaire
- obturation à la cire de la table osseuse
- application de spray isolant sur les pointes de la tête

Symptomatique

- Expansion volémique
- PEEP controversée
- MCE ? pour fragmentation bulle massive
- Décubitus latéral gauche?
- Trendelenburg?
- Aspiration d'air dans les cavités cardiaques droites ?
- N2O à éviter
- Hypothermie?

*E.S. Shank. Int Anesthesiol Clin 2000
C.M. Muth. N Engl J Med 2000*

J.M. Porter. Br J Anaesth 1999

*R.E. Moon. Respir Care Clin North Am 1999
E.S. Shank. Int Anesthesiol Clin 2000.
C.M. Muth. N Engl J Med 2000.
H.J. Geissler. Anesthesiology 1997*

S.L. Orebaugh. Crit Care Med 1992

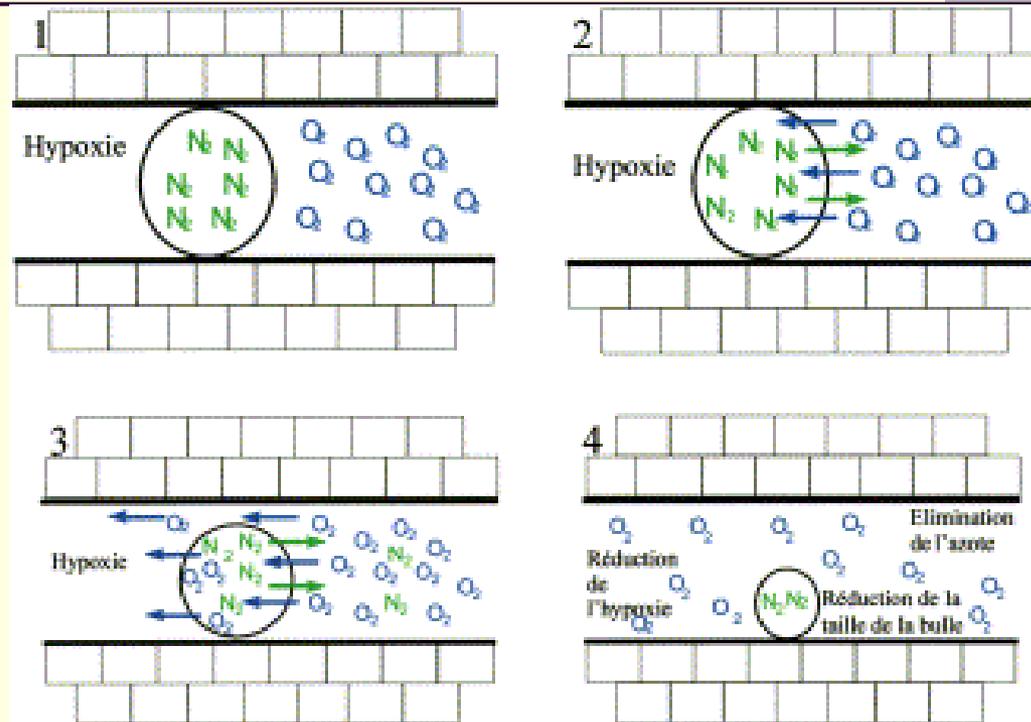
Spécifique

- **OXYGENE!**
- à pression atmosphérique (ONB)
- en hyperbarie (OHB)



H.D. Van Liew., Aviat Space Environ Med 1993

Principe de la dénitrification



Une bulle d'air comporte essentiellement de l'azote. Obstruant la lumière vasculaire, elle fait obstacle à l'apport d'O₂ et est responsable d'une hypoxémie en aval (1).

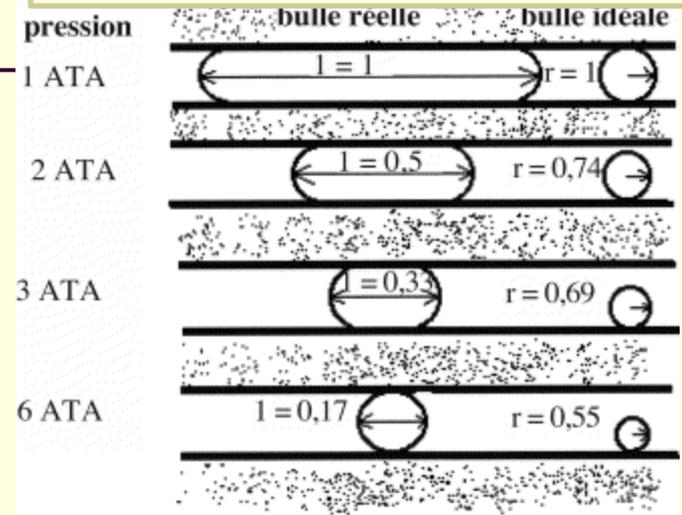
Dans un deuxième temps, les gradients de pressions en O₂ et en N₂ ainsi créés sont responsables d'une diffusion de l'O₂ dans la bulle et de la sortie de N₂ de celle-ci (2) permettant d'amorcer une réduction de volume de la bulle et la diffusion de l'O₂ vers l'aval du vaisseau sanguin (3).

L'azote étant éliminé de l'organisme par l'émonctoire pulmonaire et l'O₂ consommé, la bulle disparaît peu à peu alors que l'hypoxémie se corrige (4).

Avantages de l'OHB

loi de Boyle Mariotte

Volume et diamètre d'une bulle en fonction de la pression ambiante



Pressions partielles à différents couples FiO_2 /pressions de compression et efficacité sur la dénitrogénéation

Pression partielle (mmHg)	$FiO_2 = 0,21$ 1 ATA		$FiO_2 = 1$ à 1 ATA		$FiO_2 = 1$ à 3 ATA		$FiO_2 = 0,21$ à 6 ATA		50 % O_2 /50 % He à 6 ATA	
	artère	veine	artère	veine	artère	veine	artère	veine	artère	veine
PO_2	100	40	673	40	2193	293	957	40	2193	293
PCO_2	40	46	40	46	40	46	40	46	40	46
PN_2	573	573	0	0	0	0	3516	3516	0	0
PH_2O	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
PHe	0	0	0	0	0	0	0	0	2280	2280
Total	760	706	760	133	2280	386	4560	3649	4560	2666
Gradient de dénitrogénéation	54		627		1894		911		1894	

SYNTHESE

Surgery or Invasive Vascular Procedure			
VAE RISK	Low	Medium	High
EXAMPLES	Peripheral nerve surgery Anterior neck surgery Burr hole neurosurgery Vaginal procedures Hepatic surgery Regional anesthesia Ophthalmologic surgery	Spinal fusion Cervical laminectomy Prostatectomy Gastric endoscopy Contrast radiography Rapid blood transfusion Coronary surgery	Sitting craniotomy Posterior fossa/neck Laparoscopic surgery Total hip arthroplasty Cesarean section Central line placement Craniostomy
PREVENTION & MONITORS	Standard: Patient position Hydration Visual inspection Hemodynamic monitoring Oxygen saturation, EtN ₂ & EtCO ₂	Standard: Patient positioning Hydration Visual inspection Hemodynamic monitoring Oxygen saturation, EtN ₂ & EtCO ₂ Consider in appropriate circumstances: Avoidance N ₂ O Esophageal stethoscope Precordial Doppler Transcranial Doppler	Standard: Patient positioning Hydration Visual inspection Hemodynamic monitoring Oxygen saturation, EtN ₂ & EtCO ₂ Avoidance N ₂ O As appropriate: Esophageal stethoscope Precordial Doppler Transcranial Doppler Consider in special circumstances: Transesophageal echocardiography
MANAGEMENT	Standard: Stop entrainment Increased inspiratory oxygen Hemodynamic support – dobutamine, norepinephrine, isoproterenol If Able & Appropriate: Central venous catheter aspiration Hyperbaric oxygen If Necessary: Chest compressions & cardiopulmonary resuscitation		

Fig. 2. Preventive measures, patient monitoring, and therapeutic management of vascular air embolism (VAE). ETco₂ = end-tidal carbon dioxide; ETN₂ = end-tidal nitrogen; N₂O = nitrous oxide.

SYNTHESE

- **En cas d'embolie gazeuse sévère, outre l'arrêt de la source du gaz, les manœuvres de réanimation doivent être focalisées sur la volémie, l'adrénaline et le massage cardiaque pour fractionner les bulles au maximum et forcer le passage pulmonaire.**
- Il n'y a pas de temps à sacrifier pour un repositionnement dont l'efficacité n'a pas pu être démontrée de façon constante.

CONCLUSION

- L'EG est un **accident redoutable essentiellement iatrogène.**
- Il **doit être évoqué grâce aux circonstances de survenue** car la symptomatologie clinique neurologique et/ou cardiorespiratoire est aspécifique.
- Sa reconnaissance rapide doit permettre la mise en route la plus précoce possible d'un traitement adapté comprenant une oxygénothérapie et des manœuvres symptomatiques parfois de réanimation.
- **L'OHB est indispensable dans les EGA.**
- Dans les EGV, quelques difficultés de mise en œuvre ne doivent pas retarder son application quand elle est possible dans des conditions raisonnables.
- **Des efforts restent à faire dans le cadre de la prévention des EG.**