

Prise en charge d'un patient de réanimation en OHB

Principales indications, spécificités de prise en charge et problèmes rencontrés

Erika Parmentier
Centre hyperbare et Réanimation, Lille

Indications

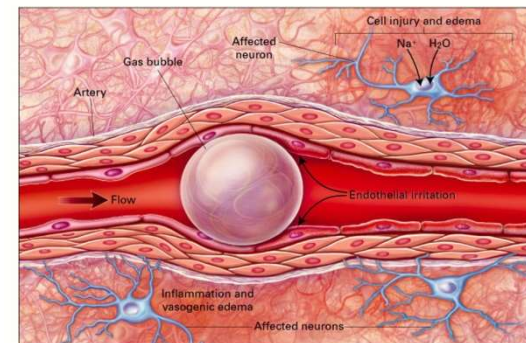
- Nombreuses
- Finalement dépendent:
 - Du plateau technique
 - De la proximité avec un service de réanimation
 - De l'équipe
 - Du degré d'urgence



Réanimation 80km

Les incontournables

- Si intubé-ventilé :
 - Intoxication CO
 - Embolie gazeuse
 - Accident de décompression



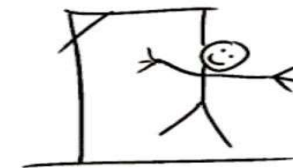
Les essentiels

- Les Crush-Syndrome :
 - Gustilo 3b et 3c
 - les syndromes d'écrasement à risque de nécrose ou d'infection
- Dermo-hypodermite nécrosante



Les dès que possible

- Dermo-hypodermite non nécrosantes
- Ré-implantation de membre
- Syndrome d'ischémie-reperfusion
- Anoxie cérébrale par pendaison



Spécificités de prise en charge

I/V en OHB

- Organisation de sa PEC (patient à l'extérieur de sa chambre 2 x 2h /jour)
 - Optimisation
 - Adaptation
- Transfert, sécurisation, confort

OHB chez un I/V

- Continuité de surveillance
- Continuité respiratoire
- Difficulté à rassurer
- Sécurité du patient
- Risques inhérents à l'OHB : barotraumatismes

Spécificités de prise en charge

- PEC ventilatoire
- PEC hémodynamique

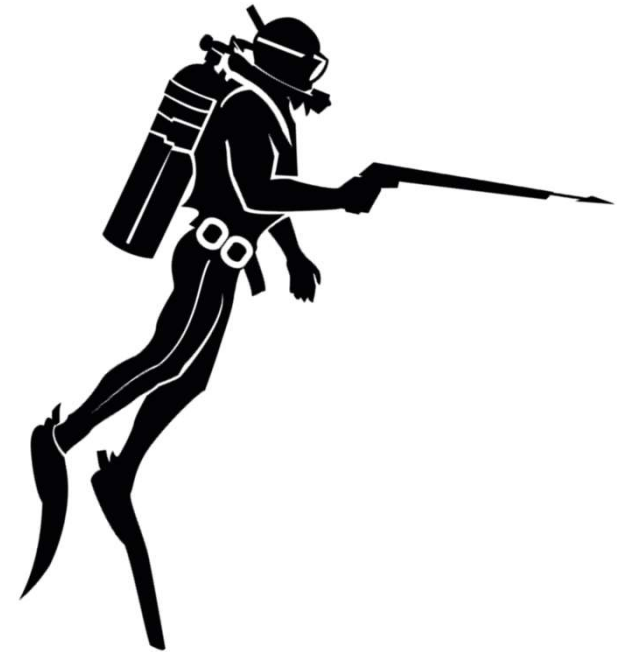
L'OHB modifie l'état du patient
Le statut du patient de réanimation
interfère avec les effets
physiologiques prévus de l'OHB
L'environnement hyperbare
impose des contraintes pour les
soins des patients

OHB chez un I/V

- Continuité de surveillance
- Continuité respiratoire
- Difficulté à rassurer
- Sécurité du patient
- Risques inhérents à l'OHB :
barotraumatismes

Modifications de la mécanique ventilatoire

1. Augmentation de la pression hydrostatique
2. Augmentation de la densité des gaz
3. Augmentation des résistances aériennes
4. Augmentation de l'espace mort (minime)
5. Afflux de sang intrathoracique
6. Diminution de la compliance thoracique
7. Différentiel de pression hydrostatique
8. Modification des rapports ventilation/perfusion



Augmentation des résistances aériennes

$$\Delta P = R \times \text{Débit} + R' \times \text{Débit}^2$$

$$R' = \frac{8 \cdot l \cdot \rho}{\pi \cdot r^4}$$

$$\Delta P = k1.\eta.V + k2.\rho.v^2$$

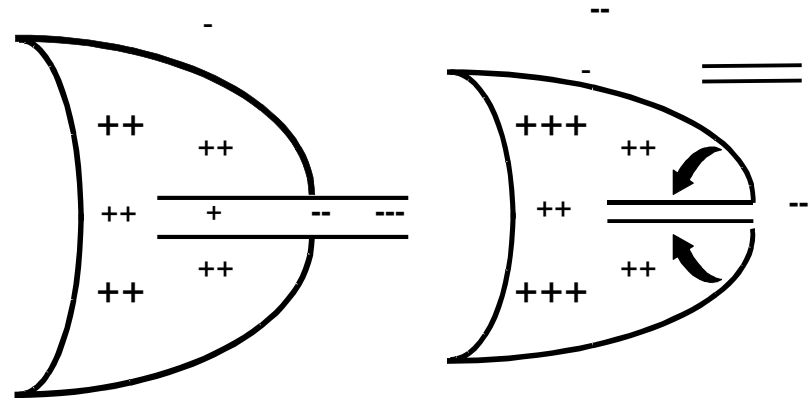
En écoulement laminaire, les pertes de charge dépendent de la viscosité (η) et du débit du gaz. Ce régime d'écoulement est mesuré dans les voies aériennes périphériques (diamètre inférieur à 2 mm).

En écoulement turbulent, les pertes de charge dépendent de la masse volumique ou densité (ρ) et du carré du débit. Ce type d'écoulement est mesuré dans les voies aériennes centrales (trachée, bronches de diamètre supérieur à 2 mm).

↑ Profondeur -> ↑ densité des gaz -> ↑ R turbulentes

Augmentation des résistances aériennes

COMPRESSION DYNAMIQUE DES VOIES AÉRIENNES À L'EXPIRATION



Expiration normale

Expiration forcée

En ambiance hyperbare, la pression intrathoracique tend à écraser les voies aériennes et à réduire le débit expiratoire et seul l'allongement du temps expiratoire permet une vidange pulmonaire complète

Sur les volumes et les débits pulmonaires

1. Syndrome restrictif

→ Diminution de la capacité respiratoire CV et CPT

- déplacement céphalique du diaphragme
- afflux de sang en intra-thoracique

→ Diminution des compliances

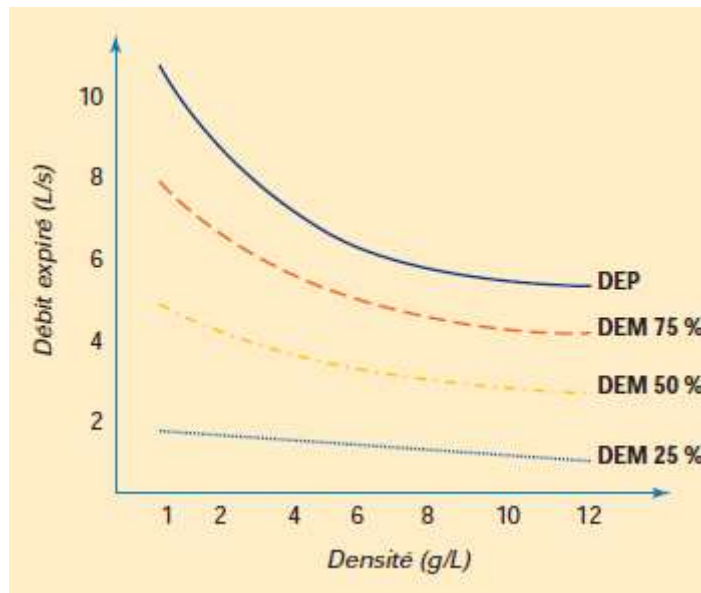
- pulmonaire
- thoracique

=> -10% de capacité vitale à 40m

Sur les volumes et les débits pulmonaires

2. Syndrome obstructif

→ Effet des résistances accrues sur les débits expiratoires



La réduction + importante sur les débits élevés que sur les bas débits

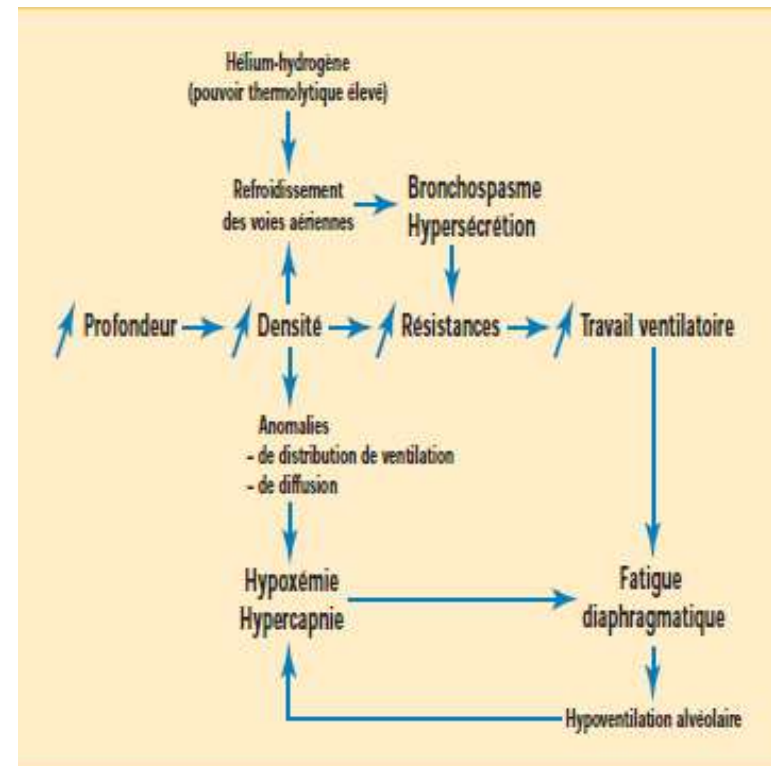
=> -25% de VEMS à 60m pour un plongeur respirant à l'air

Sur les volumes et les débits pulmonaires

- **Le plongeur est un insuffisant respiratoire mixte:**

- Diminution des volumes
- Diminution des débits (++ expiratoires)
- Augmentation des contraintes
- Diminution de la ventilation maximale

⇒ **Limitation ventilatoire à l'effort**



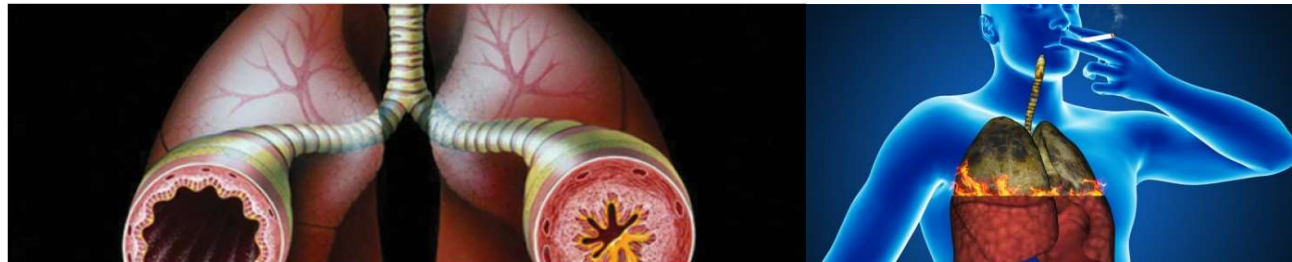
L'hyperbarie est une situation expérimentale de ventilation en charge permanente

Sur les volumes et les débits pulmonaires

L'HYPERBARIE est une situation expérimentale de ventilation sous contrainte permanente

-> Augmentation des résistances des voies aériennes, et certainement aussi la capacité résiduelle fonctionnelle

→ Reproduction de la pathologie bronchique obstructive chronique



Modifications physiologiques liées à l'OHB

Ventilation : Augmentation de la densité des gaz

- Augmentation des résistances des voies respiratoires
- Augmentation du travail respiratoire
- Augmentation de la VO₂ des muscles inspiratoires

La VS coûte plus cher : La ventilation assistée/contrôlée doit être introduite plus tôt qu'à pression atmosphérique

Les modes assistés sont basés sur des valves à la demande : Le réglage du trigger pour l'ouverture de la valve et de l'aide inspiratoire doit tenir compte du travail supplémentaire résultant de l'environnement hyperbare

La ventilation contrôlée est souvent le mode préféré en chambre hyperbare: une sédation est souvent nécessaire pour éviter les asynchronies et diminuer le risque barotraumatique

Modifications physiologiques liées à l'OHB

Ventilation : La Ventilation en oxygène pur

- > Diminue la clairance muco-ciliaire
- > Augmente les micros-atélectasies pulmonaires
- > Augmente les shunt intra pulmonaires

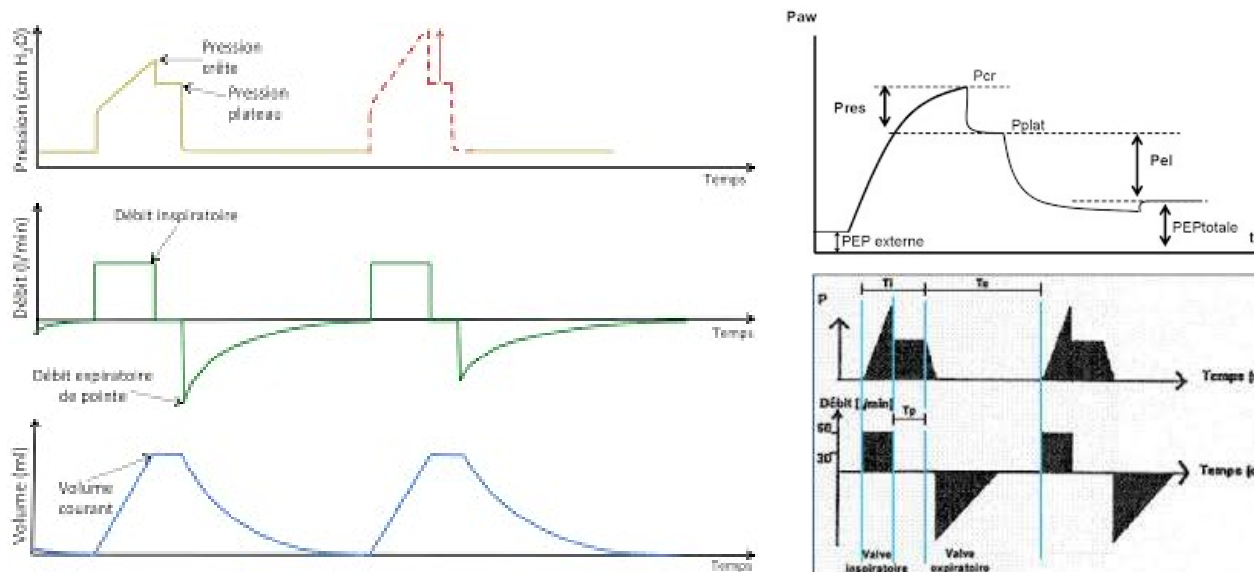
L'oxygène doit être correctement humidifié

De bas niveau de PEEP sont requis

Des manœuvres de recrutement peuvent être utilisées

VAC : Ventilation assistée contrôlée

- La ventilation en volume contrôlé est un mode en volume (en fait en débit)
- La ventilation du patient est contrôlée par le ventilateur



Le Débit inspiratoire (V') =
Vitesse à laquelle le volume
courant est insufflé dans les
poumons du patient (l/min) :

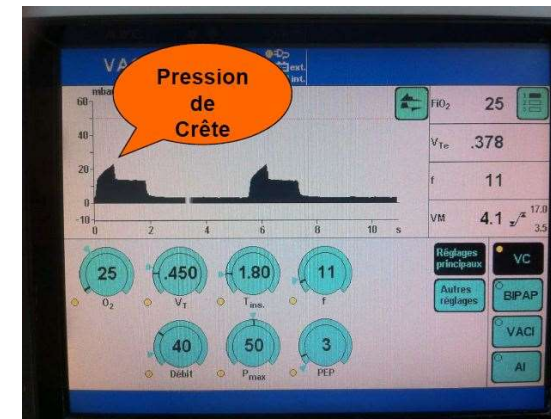
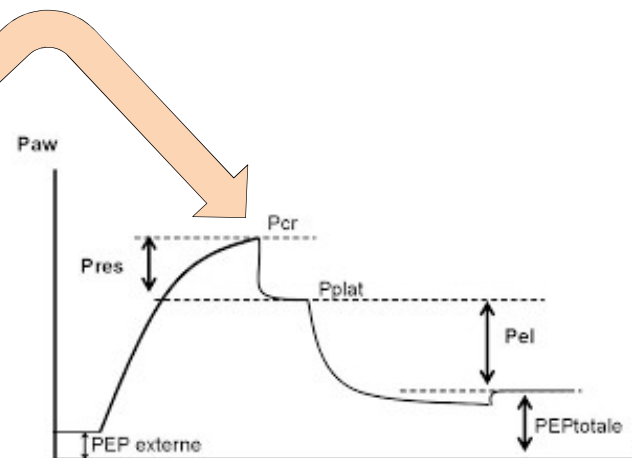
– Un débit inspiratoire bas
remplit lentement les poumons; il
diminue les pressions
respiratoires

– Un débit inspiratoire élevé
remplit rapidement les poumons;
il augmente les pressions
respiratoires

Surveillance des pressions

Pression de crête : reflet des résistances du circuit et des voies aériennes de conduction = Circuit, pression trachéée, bronches souches (majorée en OHB par l'augmentation des Résistances liées à l'augmentation de la viscosité des gaz)

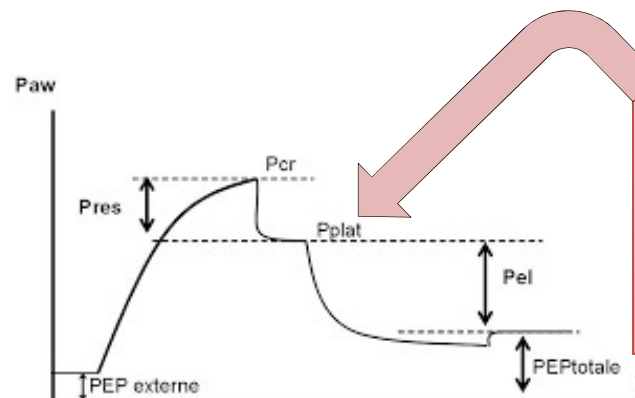
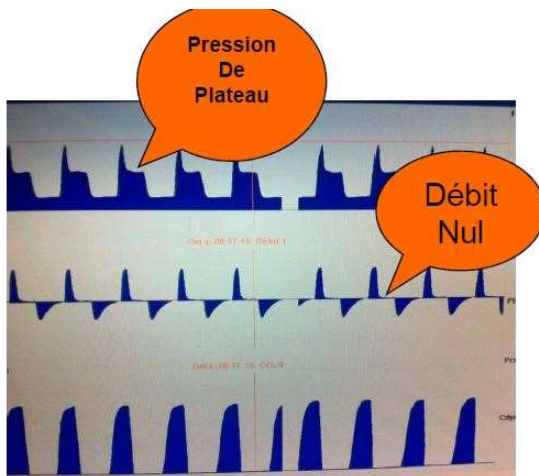
Pression de crête : C'est la pression maximale atteinte pendant la phase d'insufflation active du Ti (fin d'insufflation)



Surveillance des pressions

Pression de crête : reflet des résistances du circuit et des voies aériennes de conduction = Circuit, pression trachée, bronches souches

Pression de plateau : reflet de la compliance pulmonaire = Pression dans alvéoles pulmonaires à l'équilibre



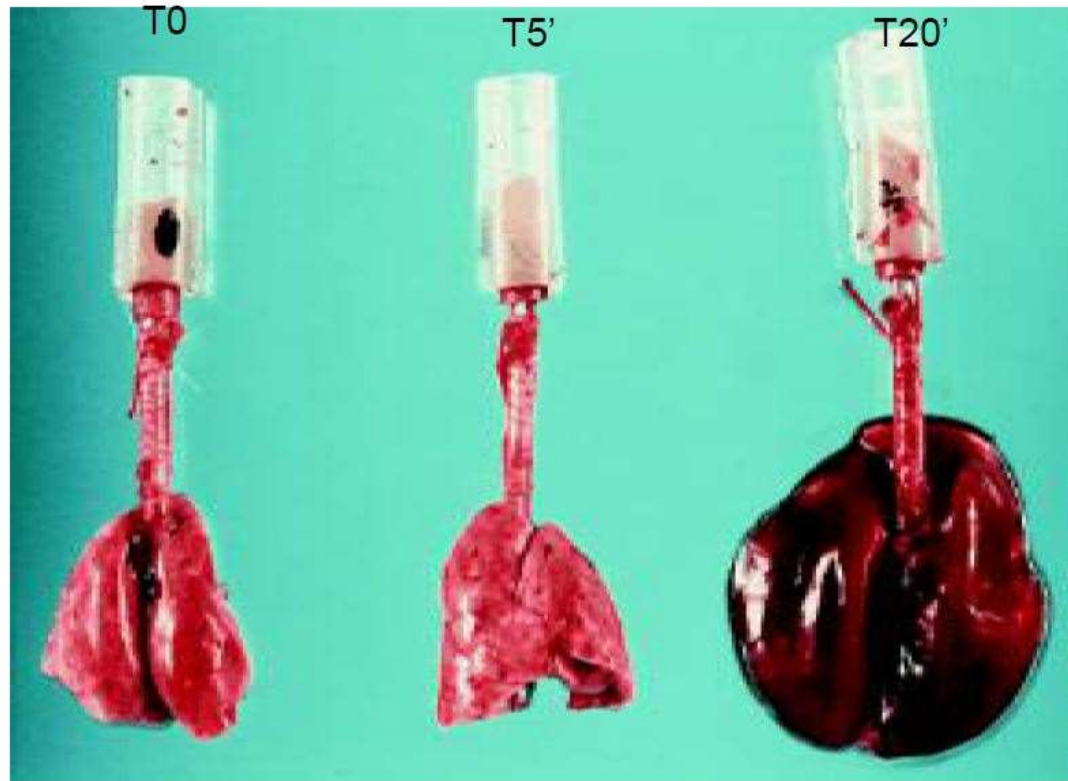
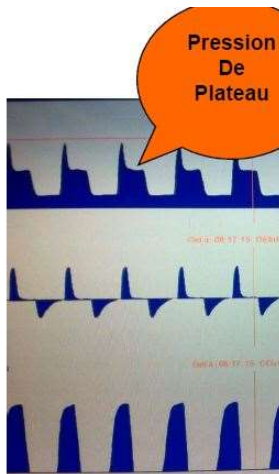
La pression de plateau :
doit être inférieure à 30 cmH₂O pour éviter le barotraumatisme, surtout dans le SDRA. Elle est mesurée après une pause télé-inspiratoire (plateau télé-inspiratoire)

Surveillance des pressions

Conséquences des pressions élevées sur les poumons

Pression
aérienne
souche

Pression
Pression

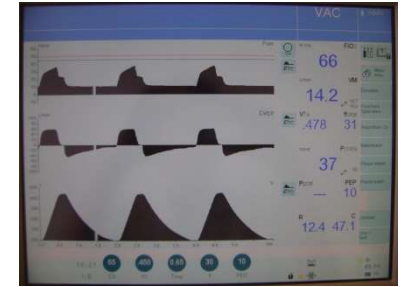


voies
ches

mH2O pour
, surtout dans
après une
ateau télé-

Didier Dreyfuss 1998

Le respirateur idéal



Caractéristiques	Applicable à l'environnement hyperbare
Plusieurs modes ventilatoires	Pour s'adapter au patient de réanimation
Pneumatique	Pour éviter le risque d'incendie
Fonctionnement stable	Pour maintenir tous les paramètres ventilatoires quel que soit le niveau de compression
Compact	Pour conserver de l'espace
Balayage	Pour assurer l'évacuation des gaz utilisés
Gaz spécifique	Les changements de gaz durant une table hyperbare ne doivent pas modifier le fonctionnement du ventilateur
Portable	Pour permettre le transport des patients vers et depuis la chambre hyperbare

Les respirateurs hyperbares compatibles

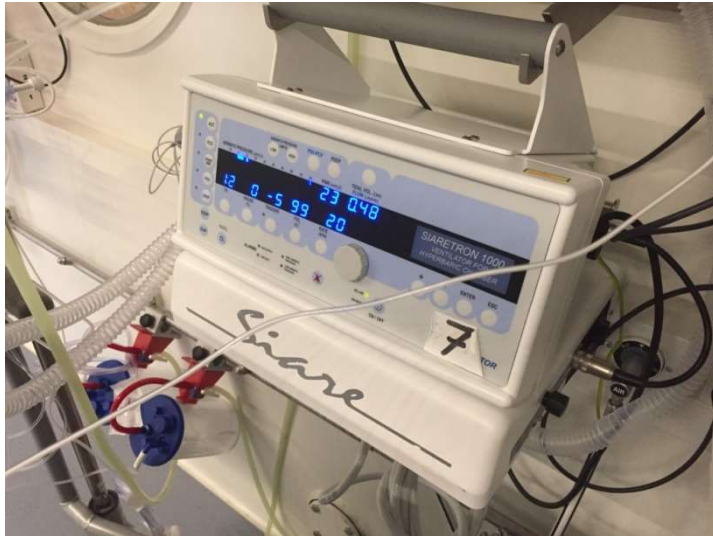
Newport HT50
Newport HT70



- CE non hyperbare
- Alimentation électrique adaptable (12-24-220V) avec batterie interne
- Mode de ventilation en volume et pression avec possibilité d'assistance
- Réglage fin des paramètres ventilatoires
- Réglage d'alarmes possible
- Limites en volume ou pression automatiques et réglables
- Contrôle pré-utilisation et calibration du circuit patient
- Perte environ 20 % en volume à 15 mètres (besoin d'un spiromètre a coté)
- Bruyant du fait de son compresseur intégré et demande une alimentation en gaz détendue dans la chambre hyperbare (détendeur de plongée)



Les respirateurs hyperbares : Siaretron



- CE hyperbare
- Alimentation électrique (24V) et batteries compatibles hyperbare
- Mode de ventilation en volume et pression.
- Mode en ventilation assistée peu fiable.
- Réglage fin des paramètres ventilatoires
- Réglage d'alarmes possible
- Limites en volume ou pression automatiques et réglables
- **Visualisation des valeurs ventilatoires succinctes**
- Pas de contrôle du respirateur, ni contrôle et calibration du circuit
- Perte environ 30 % en volume à 15 mètres. (nécessité d'un spiromètre à côté)

Les respirateurs hyperbares : Siaretron



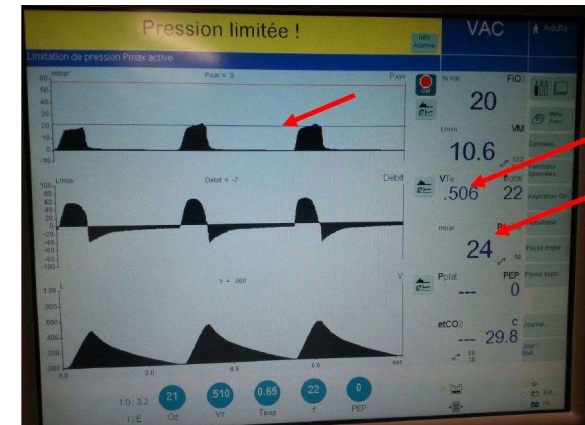
- CE hyperbare
- Alimentation électrique (24V) et batteries compatibles hyperbare
- Mode de ventilation en volume et pression.
- Mode en ventilation assistée peu fiable.
- Réglage fin des paramètres ventilatoires
- Réglage d'alarmes possible
- Limites en volume ou pression automatiques et réglables
- **Visualisation des valeurs ventilatoires grâce à des courbes**
- Pas de contrôle du respirateur, ni contrôle et calibration du circuit

Les respirateurs hyperbares : Maquet

- CE hyperbare
- Alimentation électrique (24 V externe avec besoin mini 7A)
- Aucune batterie compatible => alimentation Ondulée obligatoire
- Mode de ventilation en volume et pression avec possibilité d'un mode en AI
- **Réglage fin des paramètres ventilatoires**
- Réglage d'alarmes possible
- Limites en volume ou pression automatiques et réglables
- **Affichage complet des paramètres ventilatoires avec courbes**
- Contrôle pré-utilisation et calibration du circuit patient
- Encombrant dans sa version sur roulette, une version murale existe plus compact
- Inertage de l'écran recommandé mais non indispensable
- Limité à 20 mètres (3 ATA) sinon bug de mesure



Ce dont il faut se méfier : Pmax



- C'est la pression d'insufflation résultante maximale qui ne doit pas être dépassée lors de la délivrance du VT
- Selon le ventilateur, lorsque la Pmax est atteinte,
 - soit le débit diminue (écrêtage) ►► Dräger
 - soit l'insufflation se termine brutalement ►► Maquet

Dräger		Maquet	
A régler	Entraine	A régler	Entraine
Débit	I/E	Volume courant	Débit asservi
Volume courant	Temps de plateau	Fréquence respiratoire	
Fréquence respiratoire		Temps de plateau	
Temps inspiratoire		I/E ou temps inspiratoire	
PEP		PEP	
Pmax		Pmax	

Ce dont il faut se méfier : PEP

- Au-delà de 10/12 de PEP les turbines des respirateurs s'affolent
- Augmentation des pressions de plateau de manière catastrophique

1ATA

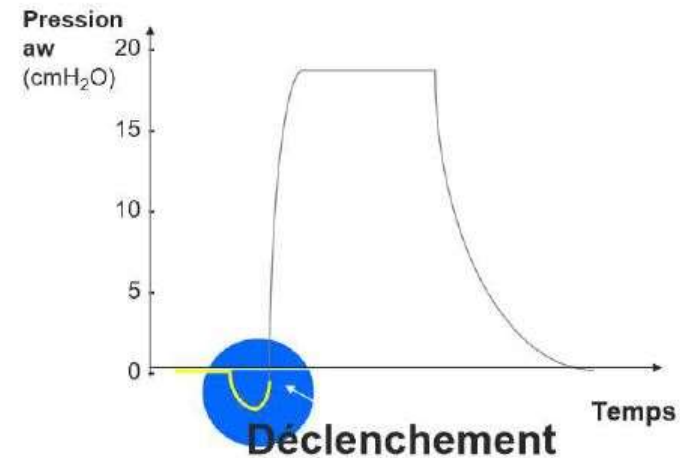


2,5ATA



VS-AI

- Association d'une ventilation spontanée (VS), d'une aide inspiratoire (AI) et d'une pression expiratoire positive (PEP)
- Mode de sevrage par excellence



- Il a l'intérêt de préserver l'activité des muscles respiratoires

VS-AI

Paramètres réglés

- Niveau d'aide (PAI)
- PEP
- Trigger
- Pente
- Réglage de la ventilation d'apnée
- Pas de réglage de la FR

Surveillance

- Volume courant
- Volume minute +++
- Fréquence respiratoire

VS-AI : La ventilation d'apnée

- DOIT être activée en mode VS-AI.
- Elle est destinée à prendre le relais si le malade fait une apnée

MAIS

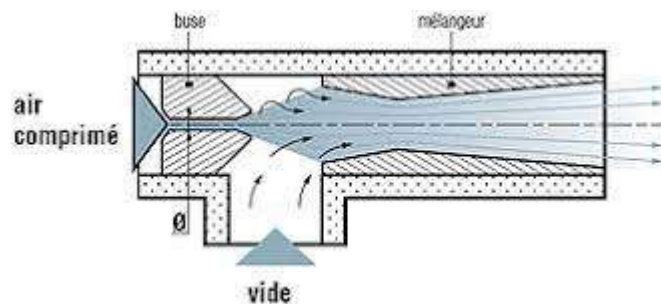
- C'est une VPC sur Maquet = nul (mode en pression contrôlé)
- Il faut repasser en VAC mais paramètres à régler

Drainage et aspirations

La pression d'aspiration doit être réglée avant la session d'OHB et rester constante tout au long de la séance

Utiliser la différence de pression entre la chambre et l'atmosphère, même avec un régulateur de vide, est dangereux

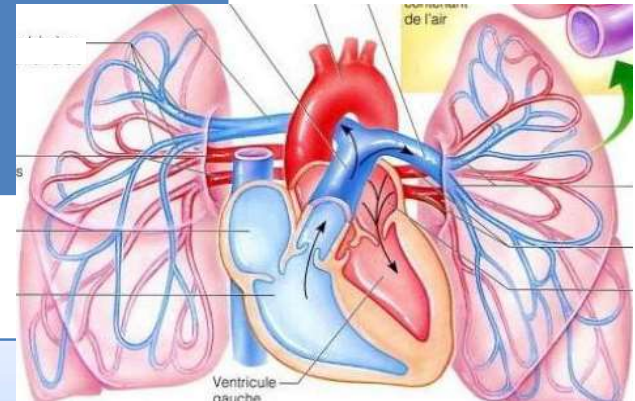
Le meilleur système est la création d'un vide par un système Venturi et de le réguler dans un second temps



Modifications physiologiques liées à l'OHB

Circulation:

- Augmentation de la pression intra-thoracique
- Augmentation de la post-charge VD
- Diminution du retour veineux VD



Haut risque de défaillance VD

Un remplissage est souvent nécessaire au début d'une séance d'OHB

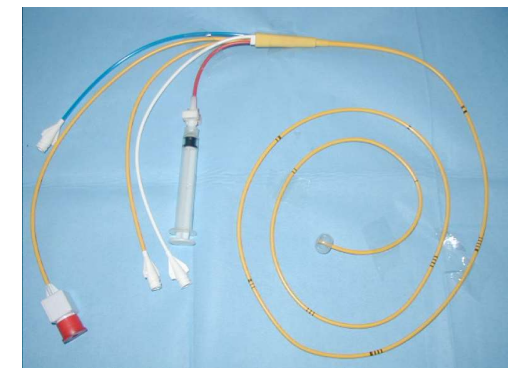
Un support par inotropes peut être nécessaire

Modifications physiologiques liées à l'OHB

Circulation

Paramètres hémodynamiques en normo et hyperbarie (10 patients)

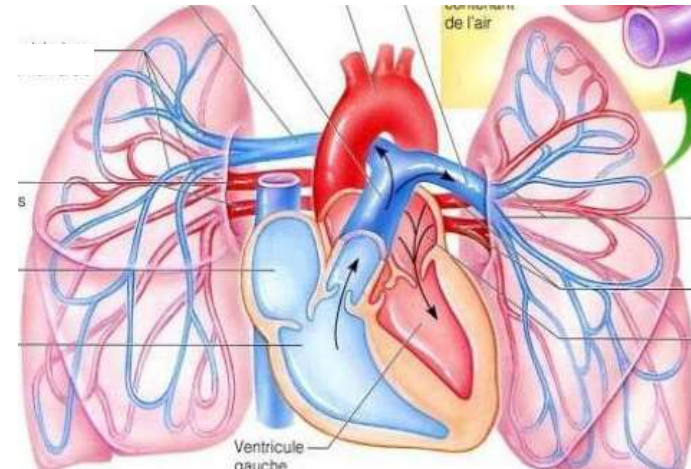
	1 ATA	2,5 ATA	1 ATA
FC	123 ± 16,8	110 ± 17,7	123 ± 17
PAM	87,8 ± 26,6	101,9 ± 26,6 *	91,2 ± 25,7
PAP M	19,2 ± 4,2	24,2 ± 6,1 *	19,6 ± 5,8
PAR M	4,9 ± 1,9	6,9 ± 2,4*	4,8 ± 2,0
PCP M	9,5 ± 2,7	12,0 ± 3,2*	10,2 ± 4,3
IC	3,03 ± 0,49	2,96 ± 0,65	3,12 ± 0,49
IRVS	2229 ± 742	2607 ± 752*	2219 ± 606
IRVP	263 ± 134	353 ± 219*	250 ± 144
ISWVG	29,5 ± 9,1	37,4 ± 11,4*	32,1 ± 10,7



Modifications physiologiques liées à l'OHB

Circulation: Hyperoxie

- Vasoconstriction artérielle
- Augmentation des RVS
- Augmentation de la précharge VG



Haut risque de défaillance VG

Les conditions hémodynamiques doivent être stabilisées avant OHB

Si instabilité hémodynamique, un monitoring invasif est requis

Il faut du remplissage et un support inotrope

Spécificités de prise en charge

Le patient choqué

- Surveillance adéquate

Les moyens de monitoring, les protocoles médicamenteux et les autres procédures de soins employés dans une unité de réanimation doivent être poursuivis lorsque le patient est placé dans une chambre hyperbare

- Une évaluation en continu et en temps réel de l'efficacité de l'OHB doit être assurée



Spécificités de prise en charge

Le patient choqué

- L'OHB ne doit pas constituer un risque supplémentaire pour les patients instables
- L'OHB ne doit pas interrompre ou retarder la réanimation
- Les thérapeutiques doivent être adaptées durant la séance d'OHB
- Très différent si première séance I/V du patient ou si plusieurs séances après stabilisation (exemple de la cellulite cervicale)



Spécificités de prise en charge

Le patient agité

- Nécessite une sédation minimale mais appropriée
- Ne doit pas mettre le patient en danger ni les autres patients ni l'accompagnant
- Est signe d'une souffrance neurologique dans les anoxies cérébrales par pendaison donc nécessite une séance d'OHB



Matériels

- Doivent supporter la pression (exemple du pace-maker externe)
- La chambre hyperbare doit ressembler à une chambre de réanimation.



Perfusion

- Par gravité
 - Compression :
 - Risque de baisse du débit de la perfusion
 - Risque d'aspiration sanguine
 - Décompression
 - Risque de perfusion incontrôlée
 - Risque de embolie gazeuse
- Par seringue auto-pulsée
 - Le plus sécure



Surveillance spécifique

Documents disponibles	☐ Surveillance caisson	4.06 Surveillance caisson														15/02/2021											
	☐ Ventilation	[Validation auto toutes 1 h]														16:15		16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45
	☐ Drainage	FC																76	72	69	73	72	73	70	77	75	
	☐ Réas	PA																140 / 67 (91)	121 / 63 (82)	114 / 59 (77)	112 / 56 (75)	110 / 57 (74)	106 / 54 (71)	101 / 50 (67)	106 / 54 (71)	102 / 54 (70)	
	☐ SAP	PB																									
	☐ IV, PO, SC etc	Chryémie (pH)																					1.27				
	☒ 4.01 Surveillance	☐ Remplissage et PSL	PtCO2																95	783	846	817	778	711	582	452	201
	☒ 4.02 Pansements Appareillages	☐ Urgence	ExO2																800	2000	2011	2006	2008	2006	2008	1941	1002
	☒ 4.03 Aide-soignant	☐ Transmissions	Coupure d'air																Non								
			Radio Thorax vu par																								
	☒ 4.06 Surveillance caisson		Incident en séance																								
	☒ 4.07 Graphiques		Intervention sur le patient																Debut séance OHB 16:37:...	Palier 15 m 16:52:...	Remplissag e en cours	Remplissag e en cours		Remplissag e en cours			Sortie 18.37
	5. PRESCRIPTIONS		N° lit																	Amphitrite lit 2							
6. PLANIFICATION		Séance de caisson; Cellulite																	Démarrer								
7. LABO																											



Evaluation en continu et en temps réel de l'efficacité de l'OHB



Contraintes liées à la chambre hyperbare

La chambre hyperbare est souvent étroite comparée à une chambre de réanimation (recommandée à 26 m²)

- L'accessibilité au patient est réduite augmentant la difficulté de prise en charge pour les soignants
- Bruits, T°, confinement : Ambiance de travail déplaisante
- Pression élevée d'azote : Narcose du personnel

⇒ Augmentation du stress des soignants



Problématique du lieu

- Décompression en urgence
- Déchocage possible rapide
- Transfert simple vers la réanimation ou un service de soins intensifs



Qui plonge ?

- Médecin ?
- Infirmier de réanimation hyperbariste ?

Dépend :

- des habitudes de service,
- du nombre d'intubés-ventilés/séances/patient/an dans le centre

Spécificités de prise en charge

I/V en OHB

- Transfert, sécurisation, confort
- Organisation de sa PEC (patient à l'extérieur de sa chambre 2 x 2h /jour)
 - Optimisation
 - Adaptation

Transfert



Transfert : dans la chambre de réanimation



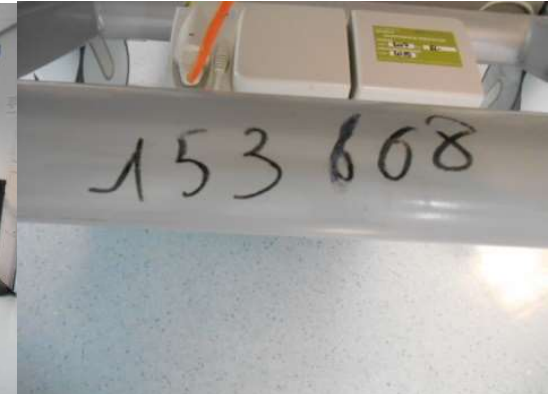
Transfert : gestion ventilatoire



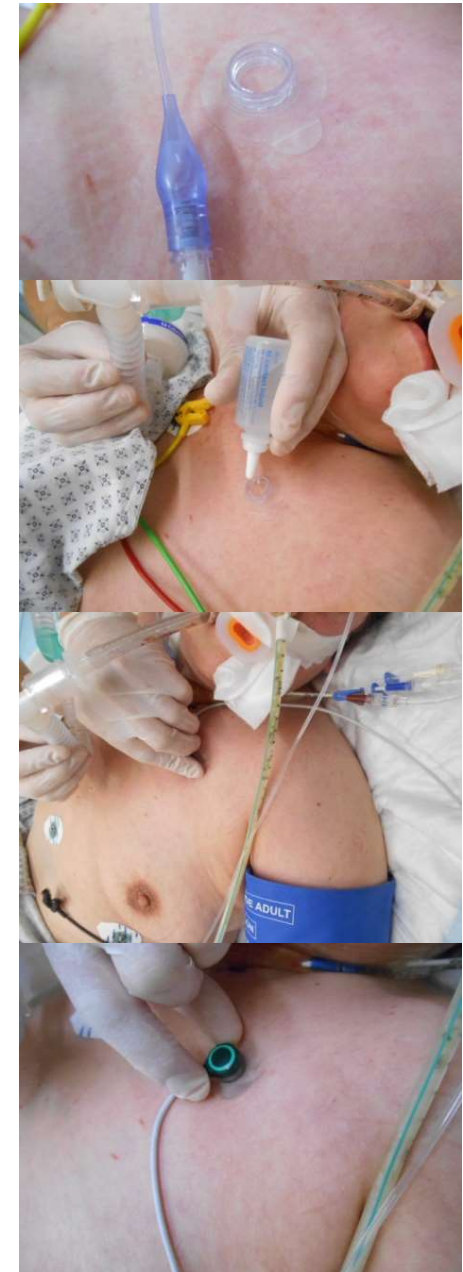
Transfert



Transfert



Transfert : ventilation en chambre hyperbare



Transfert



Transfert



Transfert



Spécificités de prise en charge

I/V en OHB

- Transfert, sécurisation, confort
 - Organisation de sa PEC (patient à l'extérieur de sa chambre 2 x 2h /jour)
 - Optimisation
 - Adaptation
- Examens complémentaires
 - Chirurgie
 - Pansements complexes
 - Gestion de l'alimentation
 - Levée de sédation
 - Extubation
 - EER
 - Famille

Exemple du centre de Lille

Année	2016	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Séances IV	1219 (3,3/j)	992 (2,7/j)	887 (2,4/j)	701 (1,9/j)	1031 (2,8/j)	1086 (3,0/j)	922 (2,5/j)
Patients	226	202	213	155	172	233	198
Nombre de séances /patients	5,4	4,9	4,2	4,5	6	4,7	4,7
Incidents	26	25	23	21	12	6	5
Types d'EI							
ACR	3 (1 DC)	2 (1 DC)	1 (DC)	0	0	0	0
Crises d'hyperoxie	14	10	12	6	5	2	5
Barotrauma oreille	1 (soignant)	2	2	3	0	1	0
Matériels	2 (1 TA, 1 respi)				1 changement respi (siaré)		0
Autres		1 désadaptation respi 1 hypercapnie 1 saignement	4 COVID 1 hypercapnie 1 malaise cardiaque 1 vomissement	2 clonies 1 perte contact 9 COVID	1 COVID 1 clonies	1 COVID 1 clonies	0
Non détaillés	6	8	1		4	1	0

Indications du centre de Lille

Indications	2023	2024
ADD	2 (0,2%)	5 (0,5%)
Anoxie cérébrale par pendaison	237 (23%)	155 (17%)
Brûlure	14 (1,3%)	11 (1,2%)
Délabrement/Fracture ouverte	45 (4%)	35 (4%)
Dermohypodermite	649 (62%)	570 (32%)
Embolie gazeuse	43 (4%)	67 (7%)
Intoxication CO	20 (2%)	28 (3%)
Autres	35 (3%)	50 (5%)

Conclusion

Une Chambre hyperbare spécialement conçue pour le patient de réanimation doit être :

- entièrement équipée pour permettre la poursuite de la surveillance et du traitement du patient
- située dans ou à proximité immédiate d'un service de réanimation ou d'un déchocage
- managée par une équipe suffisante et bien formée (médecins, infirmières, opérateurs hyperbares, techniciens)
- fournies de dispositifs évalués, testés et reconnus comme étant sécurisés dans un environnement hyperbare

Toutes les procédures (standard et d'urgence) doivent être testées et écrites avant mises en place