

UNIVERSITE DE LIMOGES

FACULTE DE MEDECINE

ANNEE 2011

THESE N°

**FACTEURS DE RISQUE D'ECHEC DE SEVRAGE DE LA
VENTILATION MECANIQUE CHEZ LES PATIENTS A HAUT
RISQUE**

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement le 14 octobre 2011 par

Pauline CHAMPY

Née le 5 mars 1982 à Limoges

Examineurs de la thèse

Madame le Professeur Nathalie NATHAN-DENIZOT – Présidente

Monsieur le Professeur Philippe VIGNON- Juge

Monsieur le Professeur Pierre BEAULIEU- Juge

Monsieur le Docteur Régis FUZIER- Juge



Le 01.09.2011

DOYEN DE LA FACULTE :

Monsieur le Professeur Denis VALLEIX

ASSESEURS :

Monsieur le Professeur Marc LASKAR
Monsieur le Professeur Jean-Jacques MOREAU
Monsieur le Professeur Pierre-Marie PREUX

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS :

ABOYANS Victor	CARDIOLOGIE
ACHARD Jean-Michel	PHYSIOLOGIE
ADENIS Jean-Paul (CS)	OPHTALMOLOGIE
ALAIN Sophie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
ALDIGIER Jean-Claude	NEPHROLOGIE
ARCHAMBEAUD Françoise (CS)	MEDECINE INTERNE
ARNAUD Jean-Paul TRAUMATOLOGIQUE	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET
AUBARD Yves (C.S.)	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
BEDANE Christophe	DERMATOLOGIE-VENEREOLOGIE
BERTIN Philippe (CS)	THERAPEUTIQUE
BESSEDE Jean-Pierre (CS)	O.R.L.
BONNAUD François	PNEUMOLOGIE
BONNETBLANC Jean-Marie (CS)	DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE
BORDESSOULE Dominique (CS)	HEMATOLOGIE
CHARISSOUX Jean-Louis TRAUMATOLOGIQUE	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET

CLAVERE Pierre (CS)	RADIOTHERAPIE
CLEMENT Jean-Pierre (CS)	PSYCHIATRIE D'ADULTES
COGNE Michel (CS)	IMMUNOLOGIE
COLOMBEAU Pierre (SUR. 31.08.2014)	UROLOGIE
CORNU Elisabeth VASCULAIRE	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-
COURATIER Philippe (C.S.)	NEUROLOGIE
DANTOINE Thierry VIEILLISSEMENT	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU
DARDE Marie-Laure (C.S.)	PARASITOLOGIE et MYCOLOGIE
DAVIET Jean-Christophe	MEDECINE PHYSIQUE et de READAPTATION
DESCAZEAUD Aurélien	UROLOGIE
DESSPORT Jean-Claude	NUTRITION
DRUET-CABANAC Michel (CS)	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL
DUMAS Jean-Philippe (C.S.)	UROLOGIE
DUMONT Daniel (SUR. 31.08.2012)	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL
ESSIG Marie	NEPHROLOGIE
FAUCHAIS Anne-Laure	MEDECINE INTERNE
FEISS Pierre (SUR. 31.08.2013)	ANESTHESIOLOGIE- REANIMATION
FEUILLARD Jean (CS)	HEMATOLOGIE
FOURCADE Laurent (CS)	CHIRURGIE INFANTILE
FUNALOT Benoît	BIOCHIMIE et BILOGIE MOLECULAIRE
GAINANT Alain (C.S.)	CHIRURGIE DIGESTIVE
GUIGONIS Vincent	PEDIATRIE
JACCARD Arnaud	HEMATOLOGIE

JAUBERTEAU-MARCHAN M. Odile	IMMUNOLOGIE
LABROUSSE François (CS)	ANATOMIE et CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
LACROIX Philippe	MEDECINE VASCULAIRE
LASKAR Marc VASCULAIRE (C.S.)	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-
LIENHARDT-ROUSSIE Anne (CS)	PEDIATRIE
LOUSTAUD-RATTI Véronique	HEPATOLOGIE
MABIT Christian (CS)	ANATOMIE
MAGY Laurent	NEUROLOGIE
MARQUET Pierre	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE
MATHONNET Muriel	CHIRURGIE DIGESTIVE
MAUBON Antoine (CS)	RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE
MELLONI Boris (CS)	PNEUMOLOGIE
MERLE Louis (CS)	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
MONTEIL Jacques (CS)	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE
MOREAU Jean-Jacques (C.S.)	NEUROCHIRURGIE
MOULIES Dominique (SUR. 31.08.2013)	CHIRURGIE INFANTILE
MOUNAYER Charbel	RADIOLOGIE et IMAGERIE MEDICALE
NATHAN-DENIZOT Nathalie (CS)	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
PARAF François	MEDECINE LEGALE et DROIT de la SANTE
PLOY Marie-Cécile (CS)	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
PREUX Pierre-Marie	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
ROBERT Pierre-Yves	OPHTALMOLOGIE

SALLE Jean-Yves (C.S.)	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
SAUTEREAU Denis (CS)	GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE
STURTZ Franck (CS)	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
TEISSIER-CLEMENT Marie-Pierre	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES
TREVES Richard	RHUMATOLOGIE
TUBIANA-MATHIEU Nicole (CS)	CANCEROLOGIE
VALLAT Jean-Michel (SUR. 31.08.2014)	NEUROLOGIE
VALLEIX Denis	ANATOMIE CHIRURGIE GENERALE
VERGNENEGRE Alain (CS)	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE et PREVENTION
VIDAL Elisabeth (C.S.)	MEDECINE INTERNE
VIGNON Philippe	REANIMATION
VIROT Patrice (CS)	CARDIOLOGIE
WEINBRECK Pierre (C.S)	MALADIES INFECTIEUSES
YARDIN Catherine (C.S)	CYTOLOGIE ET HISTOLOGIE

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AJZENBERG Daniel	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE
ANTONINI Marie-Thérèse (CS)	PHYSIOLOGIE
BOURTHOUMIEU Sylvie	CYTOLOGIE et HISTOLOGIE
BOUTEILLE Bernard	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE
CHABLE Hélène	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
DURAND-FONTANIER Sylvaine	ANATOMIE (CHIRURGIE DIGESTIVE)
ESCLAIRE Françoise	BIOLOGIE CELLULAIRE

FUZIER Régis	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
HANTZ Sébastien	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
LAROCHE Marie-Laure	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
LE GUYADER Alexandre VASCULAIRE	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-
MARIN Benoît	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE de la SANTE et PREVENTION
MOUNIER Marcelle	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE
PICARD Nicolas	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE
QUELVEN-BERTIN Isabelle	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE
TERRO Faraj	BIOLOGIE CELLULAIRE
VERGNE-SALLE Pascale	THERAPEUTIQUE
VINCENT François	PHYSIOLOGIE

PRATICIEN HOSPITALIER UNIVERSITAIRE

CAIRE François	NEUROCHIRURGIE
-----------------------	----------------

P.R.A.G

GAUTIER Sylvie	ANGLAIS
-----------------------	---------

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS

BUCHON Daniel	MEDECINE GENERALE
BUISSON Jean-Gabriel	MEDECINE GENERALE

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS

DUMOITIER Nathalie	MEDECINE GENERALE
MENARD Dominique	MEDECINE GENERALE
PREVOST Martine	MEDECINE GENERALE

Remerciements

A notre Maître et présidente du jury

Madame le Professeur NATHAN-DENIZOT

Professeur des universités d'anesthésiologie et réanimation chirurgicale

Médecin des hôpitaux

Chef de Pôle

Vous nous faites l'honneur de présider notre jury de thèse et de juger notre travail.

Tout au long de mon internat j'ai pu bénéficier de la qualité de votre enseignement, qu'il soit théorique ou pratique. En effet j'ai pu constater au quotidien votre sens clinique et votre investissement dans la prise en charge des patients.

Soyez assurée de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A notre maître et juge

Monsieur le Professeur VIGNON

Professeur des universités de réanimation médicale

Médecin des hôpitaux

Chef de pôle

Je vous remercie d'avoir dirigé cette thèse.

J'ai pu constater votre grande disponibilité et votre sens de la pédagogie. Votre rigueur scientifique et vos remarques toujours pertinentes m'ont permis de mener à bien ce travail.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A notre maître et juge

Monsieur le Professeur BEAULIEU

Professeur des universités d'anesthésiologie et réanimation chirurgicale

Praticien hospitalier

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse, et ce malgré la distance.

Votre passage dans le service fut malheureusement bref mais j'ai pu apprécier votre disponibilité, vos grandes connaissances et votre enthousiasme.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A notre maître et juge

Monsieur le Docteur Régis FUZIER

Maître de conférences des universités

Praticien hospitalier

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse spontanément et ce, juste après votre arrivée dans le service. J'espère que ce travail sera à la hauteur de vos attentes.

A Romain,

Merci pour l'amour que tu m'apportes tous les jours. Tu m'as supporté, dans tous les sens du terme, surtout ces derniers temps. Je t'aime.

A mes parents,

Ce travail marque (enfin !) l'aboutissement d'un long parcours durant lequel vous m'avez toujours soutenu. Merci pour tout.

A Marion, Simon et Violette,

Je vous souhaite que votre bonheur grandisse tous les jours. Mais maintenant ça ne devrait pas être difficile !

A mes grands parents,

Mamie et Grand-père (j'aurais aimé que tu sois là aujourd'hui)

Nanie et Jean

A toute ma famille

A ma belle famille, Brigitte, Dominique, Maxime, Aurélie, Pascal, Malo et Roméo,

Merci pour votre accueil et votre soutien.

A Cécile, Marie, Sophie, Anne Claire, Karine et Cyrielle,

Que de bons souvenirs à vos côtés ! Que de rigolades ! J'espère que la distance n'empêchera pas que nos chemins se croisent le plus souvent possible. Merci pour votre soutien, les soirées bières ... et les après-midi shopping !

A mes cointernes,

En particulier la promo 2006 : Lionel (la bonne conscience), Rémy (mais non tu n'es pas bourré d'angoisse !), Greg (toujours un mot pour rire malgré le stress) et Marie (l'optimisme-probablement dû à ton départ prochain pour des contrées ensoleillées). Ces années passées ensemble furent un bonheur presque au quotidien ! Merci pour la bonne humeur et le soutien.

A tous mes autres cointernes et chefs de clinique du DAR.

Toujours de la cohésion et une bonne ambiance !

Aux secrétaires des services d'anesthésie et de réanimation polyvalente.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ma formation,

L'équipe du service d'anesthésie du CHU de Limoges : médecins, infirmières et IADE, aide soignantes et tous les autres... L'apprentissage à vos côtés fut un plaisir au quotidien !

L'équipe de réanimation de réanimation polyvalente du CHU de Limoges. Vous m'avez permis d'apprendre à forger mon raisonnement clinique.

L'équipe de réanimation du CH de Brive la Gaillarde.

L'équipe de pathologie respiratoire et d'hépatogastro-entérologie du CHU de Limoges qui ont accompagné mes premiers pas d'interne.

Table des matières

1	Introduction	17
2	Généralités	21
2.1	Le sevrage ventilatoire	22
2.1.1	Déroulement du sevrage ventilatoire	22
2.1.2	Définitions du succès et de l'échec du sevrage ventilatoire	24
2.1.3	Epidémiologie et conséquences de l'échec.....	25
2.2	Physiopathologie du sevrage ventilatoire.....	25
2.2.1	Les facteurs respiratoires	26
2.2.2	Les facteurs cardiaques.....	28
2.2.3	Les causes neuromusculaires	30
2.2.4	Les facteurs neuro-psychiques.....	32
2.2.5	Les causes métaboliques.....	33
2.2.6	Les facteurs nutritionnels.....	34
2.2.7	Rôle de la dysfonction diaphragmatique induite par la ventilation et du stress oxydatif .	34
2.3	Sevrage selon le terrain.....	35
2.3.1	Les patients à risque d'échec	35
2.3.2	Classification des patients.....	35
2.4	Les indices prédictifs de sevrage	36
2.4.1	Description des indices prédictifs de sevrage	36
2.4.2	Intérêt des indices prédictifs	39
2.4.3	Eléments non pris en compte par les indices prédictifs.....	40
2.4.4	Utilisation pratique des indices prédictifs.....	43
2.5	L'épreuve de ventilation spontanée	43
2.5.1	Epreuve de ventilation spontanée sur pièce en T.....	44
2.5.2	Epreuve de ventilation spontanée en aide inspiratoire	45
2.5.3	Durée optimale de l'épreuve de ventilation spontanée	47
2.6	Utilisation des protocoles de sevrage	48
2.7	Place des différents modes ventilatoires au cours du sevrage	49
2.7.1	L'Aide Inspiratoire (AI).....	49
2.7.2	La CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)	51

2.7.3	Automatic Tube Compensation (ATC).....	52
2.7.4	La Ventilation Assistée Proportionnelle.....	53
2.7.5	La ventilation à aide adaptative (Adaptative Support Ventilation).....	54
2.7.6	Le Smartcare.....	55
2.7.7	La ventilation contrôlée.....	56
2.8	Place de la ventilation non invasive (VNI) au cours du sevrage.....	57
2.8.1	Mesure alternative en cas d'échec d'un sevrage conventionnel.....	57
2.8.2	Ventilation non invasive comme mesure prophylactique pour les patients à haut risque de réintubation.....	60
2.8.3	La ventilation non invasive comme traitement de la détresse respiratoire post extubation.....	64
3	Buts de l'étude.....	66
4	Patients et méthodes.....	68
4.1	Type d'étude.....	69
4.2	Population étudiée.....	69
4.2.1	Critères d'inclusion.....	69
4.2.2	Critères d'exclusion.....	70
4.3	Méthodes.....	70
4.3.1	Caractéristiques des patients.....	70
4.3.2	Modalités du sevrage ventilatoire.....	76
4.4	Analyse statistique.....	78
5	Résultats.....	79
5.1	Caractéristiques des patients.....	80
5.2	Critère principal de jugement.....	86
5.3	Autres facteurs de risque d'échec d'extubation.....	86
5.4	Analyse du sous-groupe des patients ayant échoué à la première épreuve de ventilation spontanée.....	89
5.5	Analyse selon la pathologie sous-jacente: influence sur le risque d'échec d'extubation....	92
6	Discussion.....	93
6.1	Caractéristiques de la population.....	94
6.2	Influence de la différence entre le poids à l'admission et le poids à l'inclusion sur la possibilité d'extubation.....	97
6.3	Autres facteurs de risque d'échec d'extubation chez les patients à haut risque.....	101
6.4	Analyse des patients ayant échoué à l'épreuve de ventilation n°1.....	102
6.5	Limites de l'étude.....	102

7 Conclusion 104

Liste des abréviations

mmHg : millimètre de mercure

BPCO : bronchopneumopathie chronique obstructive

PEP : pression expiratoire positive

OAP : œdème aigu du poumon

PAP0 : pression artérielle pulmonaire d'occlusion

AI : aide inspiratoire

BMI : body mass index

SaO₂ : saturation artérielle en oxygène

FiO₂ : fraction inspirée en oxygène

Vt : volume courant

VE : ventilation minute

PI max : pression inspiratoire maximum

RSBI : rapid shallow breathing index

CROP: compliance, respiratory rate, oxygenation, PI max

IWI: integrative weaning index

BNP: brain natriuretic peptide

SIMV: synchronized intermittent mandatory ventilation

CPAP: continuous positive airway pressure

ATC: automatic tube compensation

VNI: ventilation non invasive

SpO₂: saturation transcutanée en oxygène

ETT: échographie trans-thoracique

IGS II: indice de gravité simplifié 2^e version

SOFA: sepsis-related organ failure assessment

VC: ventilation contrôlée

VSAI: ventilation spontanée avec aide inspiratoire

Bpm : battements par minute

1 . Introduction

Le sevrage ventilatoire est un élément essentiel de la prise en charge des patients en réanimation. C'est un processus parfois long allant de l'autonomisation respiratoire à l'extubation. Sa durée peut représenter jusqu'à 40% de la durée totale de la ventilation mécanique [1]. Les causes d'échec de sevrage sont le plus souvent multifactorielles, associant dysfonction cardiovasculaire, respiratoire ou des voies aériennes supérieures ainsi que d'autres facteurs moins fréquemment soupçonnés, tels que l'existence d'une défaillance neuromusculaire centrale ou périphérique, d'une neuromyopathie de réanimation ou encore d'une dysfonction diaphragmatique induite par la ventilation mécanique. Le retard ou l'échec de sevrage expose à des complications parfois graves et à une augmentation de la mortalité [2]. D'autre part, le recours à la ventilation non invasive préventive pourrait permettre de limiter la survenue d'une insuffisance respiratoire aiguë post extubation.

Les patients ayant une pathologie cardiaque ou respiratoire chronique sont plus à risque de subir un échec de sevrage ventilatoire. Pour autant, peu d'études prospectives se sont attachées à déterminer les facteurs de risque d'échec de sevrage de la ventilation dans cette population spécifique. En particulier, le rôle du bilan hydrique dans le sevrage du respirateur a peu été évalué chez ces patients à haut risque d'échec [3].

L'objectif du travail que nous présentons est de déterminer si une surcharge hydrique représente un facteur de risque d'échec de sevrage de la ventilation mécanique des patients à haut risque en raison d'une pathologie cardiaque ou respiratoire chronique. Nous tenterons également d'identifier d'autres facteurs de risque d'échec d'extubation chez ces mêmes patients.

2 . Généralités

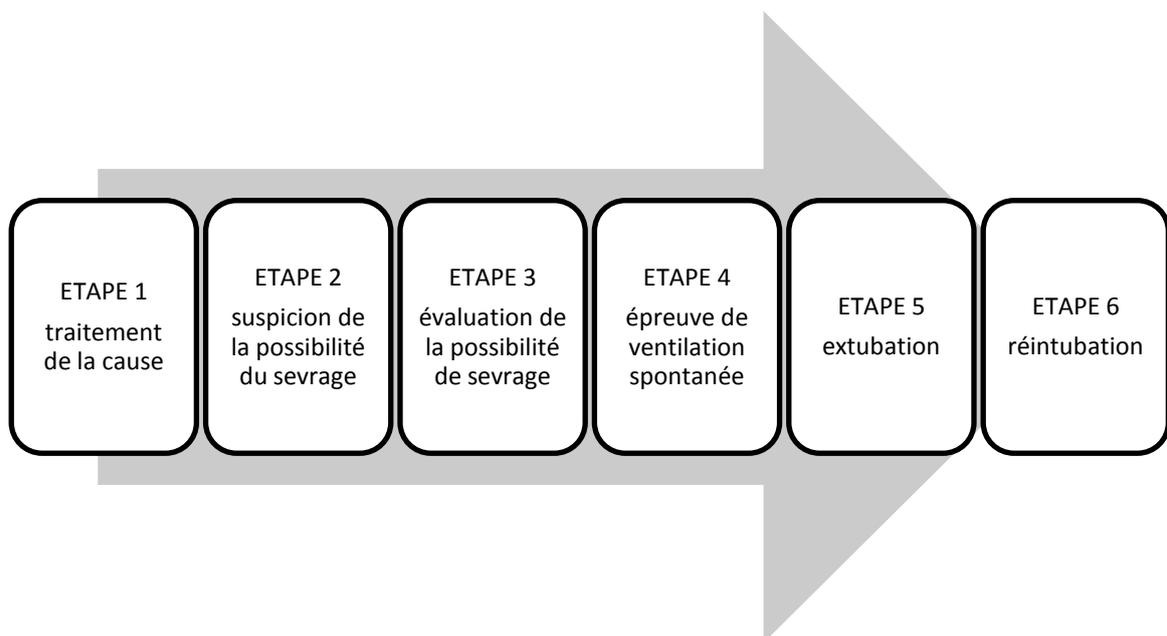
2.1 Le sevrage ventilatoire

2.1.1 Déroutement du sevrage ventilatoire

En 2005, Tobin et al. ont décrit le déroulement du sevrage ventilatoire en six étapes. Ces étapes ont été reprises dans la conférence de consensus européenne sur le sevrage de la ventilation mécanique élaborée en 2007 [1].

Le stade 1 fait suite à l'admission du patient en réanimation. C'est la période consacrée au traitement de l'épisode d'insuffisance respiratoire aiguë qui a conduit à instituer la ventilation mécanique. Le stade 2 débute lorsque le clinicien soupçonne que le sevrage est possible. Le stade 3 consiste ensuite en une évaluation quotidienne de la capacité du patient à respirer spontanément. En pratique, il s'agit d'une série de tests cliniques et physiologiques dont le but est de déterminer la probabilité de succès du sevrage. Le stade 4 débute dès que le patient est considéré comme sevrable. Il est constitué par une épreuve de ventilation spontanée. Si cette dernière est un succès, le patient est extubé (stade 5). En cas d'échec d'extubation, la réintubation trachéale et la reprise de la ventilation mécanique constituent le stade 6.

Figure 1 : Etapes du sevrage de la ventilation mécanique



Le sevrage ventilatoire représente 40 à 50% de la durée totale de la ventilation mécanique [4, 5]. Cependant la durée du sevrage dépend de la pathologie sous-jacente. En effet, dans l'étude d'Esteban et al. [5] la durée du sevrage représentait 59 et 48% du temps total de ventilation mécanique chez les patients atteints de broncho-pneumopathie chronique obstructive et d'insuffisance cardiaque, contre seulement 19 et 26% en post infarctus du myocarde et chez les polytraumatisés.

En pratique, le délai pour atteindre le stade 2 (suspicion de la possibilité de sevrage) puis pour mettre en œuvre le stade 3 (évaluation de la possibilité de sevrage) est souvent long. Il est la cause la plus fréquente de sevrage ventilatoire retardé.

L'allongement de la durée de ventilation mécanique a des conséquences néfastes. Il induit un risque accru de complications, un inconfort et une augmentation de la durée et donc du coût de l'hospitalisation. En 2002, Esteban et al. [2] montraient que la mortalité augmente avec la durée de ventilation, ce que les auteurs attribuent à une incidence plus élevée de complications. Ces dernières sont le plus souvent des pneumopathies acquises sous ventilation mécanique, ou plus rarement des traumatismes des voies aériennes tels que des barotraumatismes ou des volotraumatismes [6].

Certains patients sont maintenus sous respirateur plus longtemps que nécessaire. La fréquence des extubations non programmées (extubations accidentelles et auto-extubations) varie de 3 à 16% selon les séries [7, 8]. La plupart de ces extubations ont lieu durant la phase de sevrage, et la moitié des patients ne sont pas réintubés [7], ce qui montre qu'ils auraient pu être sevrés plus tôt du respirateur. De plus, chez ces patients, ni la durée de séjour ni la mortalité ne sont supérieures à celles des patients extubés de manière programmée.

Tout cela souligne l'importance d'une évaluation quotidienne de la possibilité de sevrage chez tous les patients ventilés afin de débiter le sevrage le plus précocement possible et de minimiser les risques inhérents à la ventilation invasive prolongée.

2.1.2 Définitions du succès et de l'échec du sevrage ventilatoire

En 2007 la conférence de consensus européenne proposait comme définition du succès de sevrage de la ventilation mécanique l'extubation et l'absence de réintubation dans les 48 heures qui suivent [1]. Ce sont en effets les critères qui sont retenus dans la plupart des études sur le sujet.

L'échec du sevrage ventilatoire est défini comme [1] :

- Un échec d'épreuve de ventilation spontanée
- Une réintubation ou la nécessité d'un support ventilatoire dans les 48 heures suivant l'extubation
- Un décès dans les 48 heures.

En cas d'utilisation de la ventilation non invasive dans les 48 heures qui suivent l'extubation, les patients sont considérés comme appartenant à une catégorie à part nommée « sevrage en cours ».

Dans la plupart des études, l'échec d'épreuve de ventilation spontanée est caractérisé par [4, 9] :

- Des critères objectifs :
 - Tachypnée
 - Tachycardie
 - Hyper ou hypotension
 - Hypoxémie
 - Acidose
 - Arythmie
- Des critères subjectifs :
 - Agitation
 - Angoisse
 - Trouble de conscience
 - Diaphorèse
 - Signes de travail respiratoire augmenté.

2.1.3 Epidémiologie et conséquences de l'échec

La fréquence de l'échec d'extubation varie en fonction des populations étudiées et des critères utilisés pour le définir [9, 10]. Dans une méta-analyse de 6 larges essais randomisés réalisée dans le cadre de la conférence de consensus européenne de 2007 [1] qui regroupe une population générale de patients de réanimation, le taux d'échec de sevrage était de 31,2%. L'échec d'extubation est associé à un taux élevé de mortalité. En 1997, Epstein et al. [11] constataient un taux de mortalité multiplié par 7 en cas d'échec d'extubation dans une population de 289 patients de réanimation médicale.

Certains facteurs de risque d'échec d'extubation sont bien identifiés [12] :

- Des sécrétions trachéo-bronchiques trop abondantes
- Une PaCO₂ supérieure à 45 mmHg
- Une durée de ventilation mécanique supérieure à 72 heures
- Une dysfonction des voies aériennes supérieures (notamment de la musculature laryngée)
- Un échec d'extubation préalable.

Le taux d'échec de sevrage ventilatoire après une épreuve de ventilation spontanée réussie varie de 26 à 42% [13, 14]. Le taux d'échec de sevrage est également variable en fonction de la population étudiée. Par exemple, la broncho-pneumopathie chronique obstructive paraît être un facteur de risque d'échec de sevrage ventilatoire important. En 1998, Vallverdu et al. [13] rapportaient un taux d'échec qui atteignait 60% chez les patients ayant une broncho-pneumopathie chronique obstructive contre seulement 41% chez ceux atteints de pathologie neurologique.

2.2 Physiopathologie du sevrage ventilatoire

Les mécanismes d'échec du sevrage ventilatoire sont complexes et souvent multifactoriels. L'échec du sevrage de la ventilation mécanique peut résulter de facteurs cardiaques, respiratoires, neurologiques, neuropsychiques, métaboliques ou endocriniens,

plus ou moins associés. Certains de ces facteurs sont réversibles et peuvent être améliorés grâce à l'optimisation des traitements. D'autres en revanche sont définitifs. L'association des différents facteurs aboutit à un déséquilibre entre la charge imposée au système cardio-respiratoire par le passage en ventilation spontanée et les capacités qu'il peut mettre en œuvre. Certains auteurs ont d'ailleurs comparé l'épreuve de ventilation spontanée à une véritable épreuve d'effort [15].

2.2.1 Les facteurs respiratoires

Le succès du sevrage de la ventilation mécanique dépend de la capacité des muscles respiratoires à tolérer la charge qui leur est imposée en ventilation spontanée. Différents facteurs peuvent être à l'origine d'un échec de sevrage de cause respiratoire.

Des réglages inappropriés du respirateur peuvent aboutir à la survenue d'asynchronies patient-respirateur. Il en résulte un travail respiratoire augmenté [16]. Les asynchronies patient-respirateur sont de différents types :

- Délai entre l'effort inspiratoire et le début de l'insufflation
- Effort inspiratoire survenant pendant l'insufflation
- Absence de déclenchement de l'insufflation malgré un effort inspiratoire
- Effort expiratoire survenant avant la fin de l'insufflation.

Une compliance pulmonaire basse peut aussi entraver le sevrage. La réduction de la compliance peut survenir dans des situations variées et fréquentes en réanimation, telles que la pneumopathie acquise ou non sous ventilation mécanique, l'œdème pulmonaire cardiogénique ou lésionnel, voire des lésions de fibrose pulmonaire ou une hémorragie intra-alvéolaire.

En ce qui concerne par exemple la pneumopathie acquise sous ventilation mécanique, son incidence est élevée en réanimation puisqu'elle varie de 9 à 67% [17]. Le risque de réintubation est accru dans ce cas là [18]. Dans certains cas de pneumopathie ou d'un œdème pulmonaire, un traitement adapté peut permettre une amélioration de la

compliance pulmonaire. En revanche, d'autres pathologies telles que la fibrose pulmonaire ou une déformation thoracique majeure ne sont accessibles à aucun traitement.

La bronchoconstriction représente un autre facteur qui peut majorer la charge du système respiratoire. Elle peut induire, notamment chez les patients atteints de broncho-pneumopathie chronique obstructive, une hyperinflation dynamique. Dans ce cas, la charge imposée aux muscles respiratoires est augmentée pour plusieurs raisons. Premièrement, l'obstruction des voies aériennes basses, associée à la diminution de la force de rappel élastique du poumon, conduit à l'allongement du temps expiratoire. Ainsi l'expiration peut ne pas être terminée au moment où commence l'inspiration suivante, ce qui conduit à la persistance d'une pression positive dans les voies aériennes à la fin de l'expiration. C'est la PEP intrinsèque (Pression Expiratoire Positive). Les muscles respiratoires doivent compenser cette pression positive avant que l'inspiration suivante puisse commencer. Deuxièmement, l'hyperinflation dynamique oblige les patients à respirer sur une portion plus raide de la courbe pression- volume et sollicite un effort inspiratoire plus important.

L'hyperinflation dynamique est fréquente chez les patients ayant une broncho-pneumopathie chronique obstructive et peut tenir une place centrale dans l'échec de sevrage ventilatoire. Les moyens pour minimiser la PEP intrinsèque associent un traitement bronchodilatateur, une optimisation des réglages du respirateur afin de privilégier le temps expiratoire et l'adjonction d'une PEP extrinsèque pour contrebalancer le PEP intrinsèque.

Enfin, la résistance des voies aériennes peut aussi être augmentée par un œdème laryngé ou par des sécrétions trachéo-bronchiques excessives [19, 20]. L'incidence de l'œdème laryngé post-extubation varie selon les séries de 2 à 22% [21-27]. Les facteurs de risque d'œdème laryngé sont l'absence de traitement préventif par corticoïdes, le sexe féminin, une cause traumatique comme motif d'admission en réanimation, une durée d'intubation courte (inférieure à 7 jours) et le diamètre de la sonde d'intubation [28].

2.2.2 Les facteurs cardiaques

Le passage de la ventilation mécanique en pression positive à la ventilation spontanée modifie brutalement les interactions cœur-poumon [15]. Lors de ce passage en ventilation spontanée, le système cardio-vasculaire est soumis à plusieurs événements :

- Une augmentation du travail respiratoire souvent majoré par la résistance imposée par la sonde d'intubation
- Une négativation de la pression intra-thoracique à l'inspiration, majorée là encore par la résistance de la sonde d'intubation ou par l'existence d'une éventuelle PEP intrinsèque
- Une augmentation de la pression intra-abdominale
- Une augmentation du tonus sympathique, avec une concentration élevée de catécholamines circulantes.

La mise en ventilation spontanée augmente la précharge et la postcharge du ventricule droit, ce qui induit une augmentation de son volume télé-diastolique et de sa pression télé-diastolique. Si le ventricule droit fonctionne en zone de précharge dépendance, il s'ensuit une augmentation du débit cardiaque droit. Cette augmentation aboutit à une augmentation du retour veineux pulmonaire vers le cœur gauche et donc à une augmentation de la précharge du ventricule gauche.

La mise en ventilation spontanée augmente la postcharge du ventricule gauche avec le passage en pression thoracique négative lors de l'inspiration. L'augmentation du tonus sympathique majore de manière concomitante les résistances vasculaires systémiques.

Une ischémie myocardique peut survenir en raison de la diminution des apports en oxygène au myocarde alors que ses besoins sont au contraire accrus par l'augmentation du travail respiratoire. Cette ischémie peut toucher des patients atteints d'une coronaropathie ou non [29]. Dans l'étude de Hurford et al. [30], les patients ventilés mécaniquement chez qui des signes électriques d'ischémie myocardique étaient enregistrés avaient trois fois plus de risque de demeurer dépendants du respirateur.

Le passage en ventilation spontanée induit une diminution de la compliance du ventricule gauche, à la fois d'origine mécanique et ischémique. En effet, en raison de l'interdépendance ventriculaire, la compliance du ventricule gauche diminue lors de l'augmentation du volume télédiastolique du ventricule droit dans le péricarde inextensible. Celle-ci, en effet, aboutit à une réduction du volume télédiastolique du ventricule gauche, dont la compliance est ainsi réduite. Pour une même pression télédiastolique, le volume télédiastolique sera réduit. De plus, la compliance du ventricule gauche peut aussi être altérée par une éventuelle ischémie myocardique.

L'addition de ces différents phénomènes concourt à une élévation des pressions de remplissage du cœur gauche, ce qui augmente le risque d'œdème aigu pulmonaire (OAP) hydrostatique ou cardiogénique, dit « de sevrage ».

La pression artérielle pulmonaire d'occlusion (PAPO) est utilisée en pratique clinique comme approximation de la pression télédiastolique du ventricule gauche. Ainsi la mesure de la PAPO est utilisée pour confirmer le diagnostic d'OAP de sevrage. Dans l'étude de Lemaire et al. [31], 15 patients atteints de pathologie cardiovasculaire et de broncho-pneumopathie chronique obstructive étaient évalués pendant le sevrage de la ventilation mécanique par un cathéter de Swan Ganz. Chez tous les patients, la PAPO était augmentée après 10 minutes de ventilation spontanée ($8\pm 5\text{mmHg}$ contre $25\pm 13\text{mmHg}$: $p < 0,001$). De manière concomitante, on notait la survenue de signes de détresse respiratoire aiguë imposant la reprise de la ventilation mécanique. De plus chez quatre de ces patients, la pratique d'un cathétérisme ventriculaire gauche a permis de mettre en évidence une bonne corrélation entre la valeur de la PAPO et celle de la pression télédiastolique du ventricule gauche, à la fois pendant la ventilation mécanique en pression positive et pendant les épisodes de ventilation spontanée.

Actuellement le diagnostic d'OAP de sevrage peut également reposer sur l'échocardiographie doppler qui représente une alternative non invasive et de réalisation rapide. En 2009, Lamia et al. [32] étudiaient 39 patients ayant déjà subi deux échecs de ventilation spontanée sur pièce en T. La PAPO et des valeurs échographiques estimant les pressions de remplissage du ventricule gauche (rapport E/A et rapport E/Ea) étaient recueillies à l'issue d'une 3^e épreuve de ventilation spontanée d'une heure au maximum. La

combinaison d'un rapport E/A supérieur à 0,95 et d'un rapport E/Ea supérieur à 8,5 permettait d'identifier une élévation de la PAPO induite par la ventilation spontanée avec une sensibilité et une spécificité de 82% et 91% respectivement.

En 2010, Caille et al. étudiaient 117 patients remplissant les critères de sevrage ventilatoire par une échocardiographie pratiquée avant et immédiatement à l'issue d'une épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T de trente minutes. Les patients ayant échoué à l'épreuve de ventilation spontanée avaient une fraction d'éjection du ventricule gauche plus basse que ceux ayant pu être extubés avec succès (36% contre 51% : $p=0,04$) et un rapport E/E' (représentant la pression de remplissage du ventricule gauche) plus élevé (7 contre 5,6 : $p=0,04$).

2.2.3 Les causes neuromusculaires

L'activité neuromusculaire doit être capable de surmonter la charge de travail imposée par le système respiratoire lors du passage de la ventilation en pression positive à la ventilation spontanée, de satisfaire la demande métabolique de l'organisme et de maintenir l'épuration du CO₂. Cela requiert la production d'un signal approprié par le système nerveux central et des voies de transmission intactes jusqu'aux motoneurones, aux jonctions neuromusculaires puis aux muscles respiratoires. La défaillance de n'importe quelle partie de cette chaîne peut contribuer à l'échec de sevrage ventilatoire.

En l'absence totale de commande centrale, il n'existe aucune activité ventilatoire, même en présence d'une hypercapnie ou d'une hypoxémie. C'est par exemple le cas chez les patients atteints d'encéphalite, de pathologie ischémique ou hémorragique du tronc cérébral.

Ce sont les situations où la commande est présente mais altérée qui sont intéressantes à dépister. Un test d'hypercapnie peut être utilisé mais son efficacité reste mal évaluée en réanimation. La réponse de la commande centrale au dioxyde de carbone peut également être évaluée par un test de pression d'occlusion à 100 millisecondes, qui a été décrit comme prédictif d'un succès de sevrage dans une série de petite taille [33].

La commande centrale peut également être altérée par la présence d'une alcalose métabolique, la ventilation contrôlée elle-même ou par l'utilisation de traitements hypnotiques ou sédatifs. Il existe un lien entre la prise de ces traitements et la durée du sevrage ventilatoire. Il est à présent établi qu'un niveau de sédation optimal et surtout une réévaluation quotidienne influe sur la durée de ventilation mécanique et sur la durée de séjour en réanimation [34].

La commande centrale peut également être augmentée, induisant une défaillance respiratoire par incapacité du système respiratoire à assurer cette surcharge de travail musculaire. Dans le cas d'une obstruction des voies aériennes supérieures, il existe fréquemment un déséquilibre entre la charge mécanique et les capacités des muscles respiratoires, conduisant potentiellement à un échec d'extubation [19]. Cependant dans ce cas, la mortalité relative à la réintubation paraît moins importante que dans les autres étiologies d'insuffisance respiratoire aiguë post-extubation (mortalité de 17,7% contre 52,9% : $p < 0,01$). Les œdèmes laryngés post extubation peuvent être efficacement prévenus par une brève corticothérapie la veille d'une extubation programmée [28].

Les neuropathies périphériques peuvent aussi contribuer à l'échec de sevrage. Les anomalies primaires telles que le syndrome de Guillain Barré et les maladies du motoneurone sont généralement présentes au premier plan dès l'admission, avant que n'apparaissent d'éventuelles difficultés de sevrage. Il en est de même en cas de myasthénie.

Pourtant, la plupart des neuropathies périphériques compliquant le sevrage apparaissent au cours du séjour en réanimation. C'est le cas de la neuromyopathie de réanimation qui est la cause la plus fréquente d'anomalie neuromusculaire rencontrée en réanimation. Elle a été décrite pour la première fois dans les années 80. Sa prévalence varie de 50 à 100% en fonction des études, selon les moyens diagnostiques utilisés. Sa survenue est associée avec la sévérité de la maladie [35], les dysfonctions d'organes, l'exposition aux corticoïdes [36] et l'hyperglycémie.

Le diagnostic de la neuromyopathie de réanimation est d'abord clinique. Elle se présente le plus souvent comme un déficit de la force musculaire bilatérale et symétrique, prédominant aux membres et pouvant aller jusqu'à la tétraplégie. Le score MRC (Medical Research Council) évalué dans un premier temps dans les polyradiculonévrites, permet de

tester la force musculaire. Un score inférieur à 48 sur 60 correspond à une faiblesse musculaire cliniquement significative. L'électromyographie montre une axonopathie sensori-motrice avec des vitesses de conduction préservées et des potentiels d'action à l'amplitude diminuée. Des lésions musculaires peuvent également se surajouter [37].

Trois études ont mis en évidence l'existence d'anomalies électrophysiologiques diaphragmatiques, d'autant plus fréquemment que la faiblesse musculaire des membres était importante [38-40].

Le rôle de la polyneuropathie de réanimation dans la survenue de difficultés de sevrage ventilatoire a été démontré par De Jonghe et al. en 2004 [41] et Garnacho-Montero et al. en 2005 [42]. Ces deux études ont mis en évidence que la neuromyopathie de réanimation était un facteur de risque indépendant d'augmentation de la durée de ventilation mécanique et d'échec de sevrage ventilatoire.

Il n'existe pas de traitement spécifique de la neuromyopathie de réanimation. La dysfonction neuromusculaire peut persister des semaines voire des mois, et entraver de manière prolongée toute tentative de sevrage.

2.2.4 Les facteurs neuro-psychiques

Le délirium ou dysfonction cérébrale aiguë est une perturbation de l'état cognitif ou du niveau de conscience. Chez les patients de réanimation la survenue d'un délirium est associée à un certain nombre de facteurs de risque, pour la plupart corrigeables, comme l'hypoxémie, l'anémie, le sepsis, et la privation de sommeil [43]. Dans certaines études, l'incidence du délirium de réanimation peut s'élever jusqu'à 80% et être associée avec une augmentation de la durée de séjour en réanimation et une mortalité plus élevée [44]. Bien qu'ayant un possible rôle dans la survenue de difficultés de sevrage ventilatoire, aucune étude n'a pu les relier directement.

L'anxiété et la dépression sont également fréquentes en réanimation [45]. Différents facteurs peuvent induire une anxiété : la dyspnée, l'impossibilité de communiquer, les troubles du sommeil. Ces derniers consistent en des périodes d'éveil fréquentes qui

aboutissent à une fragmentation du sommeil. Ils peuvent être en relation avec le mode ventilatoire. Dans l'étude de Parthasarathy et al. [46], le mode Aide Inspiratoire (AI) qui est fréquemment utilisé dans le cadre du sevrage, favorisait les hypocapnies, ce qui peut conduire à la survenue d'apnées centrales et donc à une perturbation du sommeil.

Le syndrome dépressif peut également survenir et se surajouter. En 2010, Jubran et al. [47] conduisaient une étude prospective sur 478 patients. Quarante deux pour cent des patients présentaient des troubles dépressifs. Le taux d'échec de sevrage de la ventilation mécanique était plus élevé chez ces patients.

Certains moyens peuvent être utilisés afin de diminuer la survenue de ces troubles neuropsychiques au cours de la ventilation mécanique :

- Optimisation des paramètres ventilatoires
- Diminution de la lumière et du bruit ambiant ainsi que des interventions infirmières pendant la nuit
- Anxiolyse voire traitement antidépresseur le cas échéant.

2.2.5 Les causes métaboliques

De multiples causes métaboliques et endocriniennes peuvent contribuer à une faiblesse musculaire et ainsi entraver le déroulement du sevrage ventilatoire. On peut citer l'hypophosphorémie, l'hypomagnésémie, l'hypokaliémie et l'hypothyroïdie. Cependant aucune donnée de la littérature ne permet d'évaluer la participation relative de chacune de ces anomalies sur la durée de ventilation mécanique.

Les corticoïdes peuvent participer à la survenue d'une neuromyopathie de réanimation. En 2001, Van Den Berghe et al. [48] rapportaient une réduction de la durée de ventilation mécanique dans une large population de patients de réanimation chirurgicale qui avaient bénéficié d'un contrôle glycémique strict.

2.2.6 Les facteurs nutritionnels

Les effets mécaniques de l'obésité incluent une compliance thoraco-pulmonaire réduite, une augmentation du volume de fermeture alvéolaire et une diminution de la capacité résiduelle fonctionnelle. Il en résulte un travail respiratoire accru, dont on pourrait penser qu'il influe sur la durée de ventilation mécanique. Dans une analyse secondaire des données de l'ARDS Network [49], la durée de ventilation mécanique était similaire pour les patients en surpoids ou obèses et pour les patients ayant un BMI situé entre 18,5 et 24,9 kg/m².

D'autre part, l'incidence de la malnutrition est probablement élevée en réanimation, mais peu de données la relient aux difficultés de sevrage ventilatoire.

2.2.7 Rôle de la dysfonction diaphragmatique induite par la ventilation et du stress oxydatif

La dysfonction diaphragmatique induite par la ventilation mécanique est définie comme l'incapacité du diaphragme à générer une force musculaire. Elle s'associe à une atrophie musculaire avec des anomalies de structure en rapport avec un remodelage des fibres musculaires diaphragmatiques. Le rôle du stress oxydatif a pu être mis en évidence dans des études animales. Sassoon et al [50], faisaient état, sur des diaphragmes de lapins soumis à la ventilation mécanique pendant 72 heures, d'un gonflement mitochondrial, de dommages myofibrillaires et d'une augmentation du nombre des vacuoles lipidiques.

En 2008, Levine et al. [51] retrouvaient chez les patients ventilés une atrophie des fibres musculaires diaphragmatiques au bout de quelques heures seulement de ventilation (18 à 69 heures). L'inactivité musculaire est connue pour générer un stress oxydatif qui majore les lésions musculaires (atrophie et remodelage).

La supplémentation en antioxydants pourrait avoir un rôle chez les patients en état critique, comme le suggèrent Nathens et al. en 2002 [52]. Ils étudiaient 595 patients de réanimation chirurgicale, principalement des polytraumatisés. Les patients étaient randomisés en deux groupes, l'un recevant une supplémentation en alpha tocophérol et en

acide ascorbique, l'autre recevant des soins standards. L'administration de ces antioxydants diminuait la durée de ventilation mécanique et la durée de séjour.

2.3 Sevrage selon le terrain

2.3.1 Les patients à risque d'échec de sevrage de la ventilation mécanique

L'existence d'une BPCO constitue un facteur de risque de sevrage ventilatoire difficile à cause d'un déséquilibre entre la charge imposée au système respiratoire et la capacité des muscles respiratoires. L'hyperinflation dynamique est pour beaucoup dans la survenue de ce déséquilibre.

Chez les patients atteints d'une cardiopathie chronique, le passage de la ventilation mécanique à la ventilation spontanée peut induire une insuffisance cardiaque aiguë. En effet, en inversant le régime de pression intra thoracique, la ventilation spontanée augmente à chaque inspiration le retour veineux. La postcharge du ventricule gauche est également augmentée. De plus la survenue d'une ischémie myocardique majore le risque d'échec de sevrage ventilatoire.

2.3.2 Classification des patients

En 2005, Brochard et al. proposaient lors de la conférence de consensus européenne sur le sevrage ventilatoire une classification des patients en trois groupes selon la longueur et la difficulté du sevrage. Cette classification est reprise dans la conférence de consensus européenne de 2007 [1].

Le groupe « sevrage simple » regroupe les patients extubés avec succès à la suite d'une épreuve de ventilation spontanée réussie. Ce groupe 1 représentait 69% des patients. Le pronostic était bon avec une mortalité en réanimation de 4,6% et une mortalité hospitalière de 12,5% selon Esteban et al. [14].

Le groupe 2 considéré comme « sevrage difficile » incluait les patients qui nécessitaient jusqu'à trois épreuves de ventilation spontanée ou un délai entre la première épreuve de ventilation spontanée et l'extubation pouvant aller jusqu'à 7 jours.

Le groupe 3 ou « sevrage prolongé » rassemblait les patients qui requéraient plus de trois épreuves de ventilation spontanée ou un délai entre la première épreuve de ventilation spontanée et l'extubation supérieur à 7 jours.

Les groupes 2 et 3 représentaient 31% des patients avec une mortalité en réanimation qui s'élevait jusqu'à presque 25% [14]. La moitié des patients du groupe 2 nécessitait encore la ventilation mécanique au 7^e jour de réanimation [10].

En 2009, Funk et al. [53] regroupaient une cohorte de 257 patients de réanimation médicaux et chirurgicaux, classés selon les catégories de la conférence de consensus. Cinquante neuf pour cent des patients appartenaient au groupe 1, 26% au groupe 2 et 14% au groupe 3. La mortalité des patients du groupe 3 était supérieure (32%) à celle des groupes 1 et 2 qui avaient une mortalité comparable (9 et 13 % respectivement). En revanche, la durée d'hospitalisation était supérieure à la fois pour le groupe 2 et le groupe 3, comparativement au premier groupe.

2.4 Les indices prédictifs de sevrage

2.4.1 Description des indices prédictifs de sevrage

2.4.1.1 Indices de sevrage cliniques

Les indices prédictifs de sevrage ventilatoire ont pour but de permettre au clinicien d'évaluer la faisabilité du sevrage de la ventilation mécanique chez un patient donné. Il existe des critères cliniques subjectifs et objectifs et des critères « physiologiques ». La conférence de consensus européenne de 2007 [1] recommande que le patient réunisse un certain nombre de critères prédictifs avant que ne soit entreprise une tentative de sevrage tels que:

- Une toux efficace,
- L'absence de sécrétions trachéo-bronchiques excessives,
- La résolution de l'épisode aigu qui a motivé l'assistance ventilatoire.

Cette évaluation comprend également des critères plus objectifs :

- Une stabilité hémodynamique avec une fréquence cardiaque inférieure à 140 bpm et une pression artérielle systolique comprise entre 90 et 160 mmHg, sans ou sous de très faibles doses de vasopresseurs.
- Une oxygénation adéquate avec une saturation artérielle en oxygène (SaO_2) supérieure à 90% sous une fraction inspirée en oxygène (FiO_2) inférieure ou égale à 0,4, ou un rapport PaO_2/FiO_2 supérieur à 150 avec une PEP inférieure à 8 cmH₂O
- Une fonction respiratoire satisfaisante représentée par :
 - Une fréquence respiratoire inférieure à 35 cycles par minute
 - Une pression inspiratoire maximale inférieure à 20 à 25 cmH₂O
 - Un volume courant (V_t) supérieur à 5 ml/kg
 - Une ventilation minute supérieure à 10 ml/kg [54]
 - Un rapport fréquence respiratoire/ V_t inférieur à 105
 - L'absence d'acidose respiratoire significative
- Un état neurologique compatible
- L'absence de sédation.

Devant la faible valeur prédictive des indices purement cliniques, de nombreux auteurs ont décrit plusieurs indices « physiologiques ».

La ventilation minute (VE) a été décrite en 1973 par Sahn et al. [54] comme un critère prédictif de sevrage. La ventilation minute était mesurée durant une épreuve de ventilation spontanée à l'aide d'un spiromètre. Soixante seize patients avaient une ventilation minute inférieure à 10 L/min et tous ces patients ont pu être extubés.

La pression inspiratoire maximale ou PI max a été décrite dans la même étude. C'est la pression mesurée durant une inspiration maximale faisant suite à un effort expiratoire maximal. Elle évalue la force des muscles respiratoires et notamment du diaphragme. Pour Sahn et al [54], une PI max inférieure à -30 cmH₂O contribue à prédire le succès de

l'extubation. Cependant, cette méthode nécessite la collaboration du patient. C'est pourquoi Marini et al. [55] décrit en 1992 une technique de mesure indépendante de la participation du patient. L'extrémité de la sonde d'intubation était occluse pendant 20 à 25 secondes au moyen d'une valve unidirectionnelle qui permettait au patient d'expirer mais pas d'inspirer. La pression maximale était mesurée à l'issue de la période d'occlusion.

La fréquence respiratoire a également été proposée comme indice prédictif de sevrage. La tachypnée, définie comme une fréquence respiratoire supérieure à 30 à 35 cycles par minute, est un marqueur sensible de détresse respiratoire. Cependant, son utilisation comme critère unique pour évaluer la possibilité d'extubation présente le risque de prolonger inutilement la ventilation invasive [56].

2.4.1.2 Les indices de sevrage mesurés

Le rapport fréquence respiratoire/volume courant (Fr/Vt) est appelé « Rapid Shallow Breathing Index ». Tobin et al. [57] remarquaient en 1986 que les patients en échec de sevrage développent une ventilation plus rapide et plus ample que ceux qui réussissent leur sevrage. Yang et al. [56] décrivaient cet indice en 1991, qu'ils mesuraient en faisant respirer les patients pendant une minute sur une pièce en T. Ils déterminaient une valeur seuil à 105 en dessous de laquelle la probabilité de sevrage était plus élevée.

Le même auteur décrivait dans la même étude le CROP. C'est un indice qui intègre différentes mesures au sein d'une formule associant la compliance statique, la PI max, le rapport PaO_2/FiO_2 et la fréquence respiratoire (Compliance, Respiratory rate, Oxygenation, PI max). Il cherche à évaluer la relation entre la demande appliquée au système respiratoire et la capacité des muscles respiratoires à la supporter. La valeur seuil est déterminée à 13 ml/respiration/min.

La pression d'occlusion des voies aériennes ou $P_{0.1}$ est la pression mesurée 0,1 seconde après l'occlusion transitoire du circuit inspiratoire [58]. La $P_{0.1}$ est dépendante de l'effort inspiratoire fourni par le patient et elle est dépend étroitement de la commande ventilatoire centrale. En 1995, Capdevila et al. [59] décrivaient le rapport $P_{0.1}/P_{I\max}$ comme un meilleur indice prédictif que chacun des deux indices isolé.

En 2009, Nemer et al. proposaient un nouvel indice de sevrage nommé IWI ou Integrative Weaning Index [60]. C'est une évaluation sous forme d'équation de la mécanique ventilatoire (représentée par la compliance statique), de l'oxygénation (SaO_2), et sur le profil respiratoire (Fr/Vt). L'équation est la suivante : $IWI = \text{compliance} \times SaO_2 / (Fr/Vt)$.

2.4.2 Intérêt des indices mesurés prédictifs de sevrage ventilatoire

Les critères présentés par la conférence de consensus européenne [1] ne doivent pas être considérés comme des recommandations rigides. Nombre de patients ne réunissant pas tous ces critères seront en effet extubés sans difficulté. D'autre part, un échec d'épreuve de ventilation spontanée est probablement moins néfaste qu'un échec d'extubation. En pratique clinique, la valeur prédictive des indices paraît souvent insuffisante.

Les indices proposés dans les années 70, tels que la capacité vitale, la PI max et la ventilation minute ont été évalués par Yang et al. en 1991 [56]. Les auteurs les comparaient aux deux indices qu'il a développé, le RSBI et le CROP. Dans cette étude, le RSBI, avec une valeur seuil à 105, s'est révélé être un meilleur prédicteur du succès de sevrage que les anciens indices, mais aussi que le CROP, avec une aire sous la courbe supérieure (0,89 contre 0,78).

Cependant même le RSBI paraît avoir une précision modeste dans la prédiction du succès de sevrage. Conti et al. [61] évaluaient lors d'une épreuve de ventilation spontanée de deux heures les critères suivants : capacité vitale, volume courant, $P_{0.1}$, ventilation minute, fréquence respiratoire, PI max, RSBI et les rapports $P_{0.1}/PI \text{ max}$ et $P_{0.1}/RSBI$. Les aires sous la courbe de ces différents tests, RSBI compris, montraient qu'aucun n'est capable de distinguer le succès de l'échec d'extubation.

Ces résultats sont confirmés par l'étude de Tanios et al. en 2006 [62], qui utilisaient le RSBI dans le cadre d'un protocole de sevrage ventilatoire au cours d'un essai randomisé contrôlé. Dans le groupe contrôle le RSBI était mesuré mais pas utilisé pour la décision de sevrage. Dans le groupe intervention, un RSBI inférieur à 105 autorisait une épreuve de ventilation spontanée de 2 heures, à l'issue de laquelle le patient était extubé en cas de

bonne tolérance. Il n'a pas été mis en évidence un bénéfice de l'utilisation de cet indice en termes d'échec d'extubation ou de survie.

L'Integrative Weaning Index ou IWI proposé par Nemer et al. en 2009 a été comparé avec le RSBI, avec le rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, la $\text{P}_{0.1}$, le produit $\text{P}_{0.1} \times \text{RSBI}$, la fréquence respiratoire, le volume courant, et la compliance statique. L'IWI avait une meilleure aire sous la courbe sous la courbe ROC que tous ces indices, y compris que le RSBI (0,96 contre 0,78). Cependant l'utilisation de l'IWI paraît malaisée en pratique clinique car il semble difficile de mesurer de manière fiable la compliance chez un patient qui fournit des efforts respiratoires.

2.4.3 Eléments non pris en compte par les indices prédictifs

L'utilisation des indices prédictifs de sevrage ventilatoire présente plusieurs problèmes. En effet, les indices purement cliniques sont souvent imprécis et les indices mesurés, souvent constitués de plusieurs valeurs elles même mesurées voire calculées, ne sont pas d'utilisation facile au lit du patient. En pratique, ils sont rarement utilisés en pratique clinique quotidienne. Il existe d'autre part des facteurs qui ne sont pris en compte dans aucun indice prédictif.

2.4.3.1 Le bilan hydrique

Aucun indice prédictif de sevrage ventilatoire, qu'il soit cité ou non dans la conférence de consensus européenne [1], ne prend en compte le bilan hydrique. L'effet de la balance hydrique a été évoqué comme facteur pronostique chez les patients de réanimation. En 2000, Alsous et al. [63] suggéraient l'hypothèse, à la suite d'une étude rétrospective sur 36 patients, qu'au moins un jour avec un bilan négatif de 500 ml au cours des trois premiers jours du choc septique est un facteur de bon pronostic.

En revanche, dans le cadre plus spécifique du sevrage ventilatoire peu d'études ont évalué l'influence du bilan hydrique. En 2006, Frutos-Vivar et al. [64] réalisaient une étude

descriptive multicentrique portant sur 900 patients médico-chirurgicaux ventilés depuis plus de 48 heures. Treize pour cent d'entre eux ont subi un échec d'extubation. Le bilan hydrique était plus élevé dans le groupe n'ayant pas réussi le sevrage ventilatoire mais de manière non significative. Les patients qui avaient un bilan hydrique positif dans les 24 heures précédant l'extubation étaient plus à risque de réintubation, et le taux de réintubation augmentait avec l'importance de la surcharge hydrique. Cependant, en l'absence de données hémodynamiques invasives ou échocardiographiques, les auteurs ne pouvaient pas corréler la positivité du bilan hydrique avec une éventuelle dysfonction cardiaque gauche.

Des résultats similaires sont retrouvés par Upadya et al. [3] dans une étude regroupant 87 patients de réanimation médicale. Les 39 patients extubés avec succès avaient une balance hydrique significativement négative en comparaison avec ceux ayant échoué. Les patients avec un bilan hydrique cumulé négatif avait deux fois plus de probabilité d'être sevrés avec succès du respirateur que ceux qui avaient un bilan hydrique positif (Risque relatif 2,2 ; intervalle de confiance à 95% : 1,3-3,8). Cependant dans cette étude, le groupe ayant échoué le sevrage ventilatoire comprenait deux fois plus de patients atteints de BPCO que le groupe ayant pu être extubé, ce qui a pu influencer les résultats.

Epstein et al. [65] ont étudié 40 patients de réanimation chirurgicale en phase de sevrage depuis trois jours, l'équilibre hydrique étant monitoré quotidiennement. Les patients sevrés du respirateur avec succès avaient une balance hydrique cumulée plus basse (10753 ml contre 25049 ml : $p=0,02$) et une balance hydrique quotidienne plus basse (-389 ml contre 1904 ml : $p=0,03$) que les patients en échec de sevrage.

Donc peu d'études ont évalué l'influence du bilan hydrique sur le sevrage ventilatoire, en particulier chez les patients à haut risque d'échec d'extubation.

2.4.3.2 Participation d'une cause cardiaque

Aucun des indices proposés par la conférence de consensus n'évalue l'éventuelle participation d'une cause cardiaque à l'origine d'un échec de sevrage ventilatoire. Pourtant, certains indices ont été évoqués pour prédire cette cause d'échec de sevrage.

En 1998, Jubran et al. [66] mesuraient en continu la saturation veineuse centrale mêlée en oxygène chez 19 patients en cours de sevrage ventilatoire au moyen d'un cathéter artériel pulmonaire. Chez les huit patients qui ont échoué à l'épreuve de ventilation spontanée, la saturation en O₂ du sang veineux mêlé a diminué progressivement de manière significative au cours de cette épreuve, tandis qu'elle est restée stable chez les 11 patients extubés avec succès. Dans le groupe de patients ayant réussi l'épreuve de ventilation spontanée, on observait une augmentation significative de l'index cardiaque et du transport artériel en O₂. En revanche, en cas d'échec, le transport en O₂ n'augmentait pas à la différence de l'extraction tissulaire de l'O₂, d'où la baisse résultante de la saturation en O₂ du sang veineux mêlé. Une baisse de la saturation en O₂ du sang veineux mêlé au cours d'une épreuve de ventilation spontanée pourrait donc représenter un facteur prédictif d'échec de sevrage d'origine cardiaque.

De la même façon, Teixeira et al. [67] mesuraient la valeur de la saturation veineuse centrale chez des patients ventilés ayant précédemment échoué à une épreuve de ventilation spontanée. Parmi les 73 patients de l'étude, 31 ont échoué une nouvelle fois. Ces patients avaient une saturation veineuse centrale en O₂ inférieure à celle des patients qui avaient réussi. L'analyse multivariée a mis en évidence que cette valeur de la saturation veineuse centrale en O₂ était un facteur indépendant d'échec de sevrage d'origine cardiaque avec comme valeur seuil une baisse de 4,5%.

Le dosage du BNP ou du NTproBNP a également suscité l'intérêt. Le proBNP est une prohormone sécrétée par les cardiomyocytes en réponse à tout étirement mécanique auriculaire ou ventriculaire. Cette prohormone est alors clivée en BNP (hormone active) et en NTproBNP (fragment actif). Ces deux marqueurs ont été validés dans le diagnostic d'une dyspnée aiguë d'origine cardiaque [68].

Dans l'étude de Mekontso-Dessap et al. [69], regroupant 102 patients consécutifs, la concentration sérique de BNP était mesurée avant la réalisation d'une épreuve de ventilation spontanée d'une heure. Quarante et un pour cent des patients échouaient à cette épreuve. Une concentration élevée de BNP apparaissait en analyse multivariée comme un facteur de risque indépendant d'échec de sevrage. Cependant la différence entre

dysfonction cardiaque pure et surcharge hydro-sodée ne peut être affirmée par le seul dosage du BNP.

Dans l'étude de Grasso et al. [70], la concentration sérique de NTproBNP était mesurée avant et à l'issue d'une épreuve de ventilation spontanée infructueuse de deux heures chez 19 patients. Chez 8 patients une cause cardiaque était retenue pour expliquer l'échec d'épreuve de ventilation spontanée sur des critères cliniques, électrocardiographiques, radiographiques et échocardiographiques. La concentration initiale de NTproBNP et son augmentation à l'issue de l'épreuve de ventilation spontanée était supérieure chez les patients chez qui l'échec avait été attribué à une cause cardiaque que chez les autres. Dans cette étude comme dans la précédente, l'augmentation de NTproBNP pouvait être attribuée à une dysfonction cardiaque ou à une surcharge hydro-sodée isolée.

2.4.4 Utilisation pratique des indices prédictifs

La multiplicité des indices prédictifs de sevrage illustre clairement la difficulté d'obtenir un indice qui soit à la fois relié au mécanisme physiopathologique de l'insuffisance respiratoire aiguë, qui ait une valeur seuil satisfaisante pour discriminer les patients « sevrables » et les patients « non sevrables », et enfin dont la mesure soit facile et reproductible.

2.5 L'épreuve de ventilation spontanée

L'épreuve de ventilation spontanée est un test dont l'objectif est d'évaluer la capacité du patient à respirer sans assistance respiratoire. Six larges essais randomisés [9, 10, 13, 14, 71, 72] démontrent que seulement 13 % des patients qui ont réussi leur épreuve de ventilation spontanée avant d'être extubés seront réintubés. L'épreuve de ventilation spontanée est donc le principal test diagnostique qui détermine si les patients peuvent être extubés avec succès. Elle doit donc reproduire au plus près les conditions réelles dans lesquelles se

retrouvera le patient après l'extubation. Il existe plusieurs types d'épreuves, de différentes durées.

2.5.1 Epreuve de ventilation spontanée sur pièce en T

Elle consiste à débrancher le patient du respirateur et à lui délivrer un débit d'oxygène adapté à ses besoins au moyen d'un dispositif appelé pièce en T ou tube en T placé à l'extrémité de la sonde d'intubation.

Dès lors, le travail respiratoire est augmenté à cause des caractéristiques résistives de la sonde d'intubation, ce d'autant que la sonde est de petit calibre et qu'elle présente une obstruction endoluminale [73]. Pourtant le travail respiratoire n'est pas forcément plus important lors de l'épreuve de ventilation spontanée qu'après l'extubation. En effet les voies aériennes pourraient générer une importante gêne à l'écoulement de l'air.

Sur pièce en T, l'expiration en présence de la sonde d'intubation se fait glotte ouverte, ce qui peut être responsable d'une baisse de la capacité résiduelle fonctionnelle. D'autre part, une augmentation de la ventilation minute ou du volume courant après l'extubation peut induire une hyperinflation dynamique chez les patients atteints de BPCO et donc une augmentation du travail respiratoire.

En 1991, Brochard et al. [74] mesuraient le travail respiratoire chez 11 patients intubés, d'abord en ventilation assistée avec 4 niveaux différents d'aide inspiratoire, puis sur pièce en T et enfin en ventilation spontanée après extubation. Le travail respiratoire, exprimé en $\text{joule}\cdot\text{min}^{-1}$ était significativement plus important de 27% sur pièce en T qu'en ventilation spontanée.

En 1993, Nathan et al. [75] faisaient un travail similaire, où le travail respiratoire était évalué chez 7 patients. Le travail respiratoire était supérieur après extubation qu'en ventilation spontanée sur pièce en T (1,04 contre 0,74 $\text{joule}\cdot\text{L}^{-1}$). Les auteurs attribuent ce résultat à une augmentation des résistances des voies aériennes supérieures. En 1995, ils réalisaient un travail similaire associé à une fibroscopie des voies aériennes afin d'évaluer le rôle d'éventuelles lésions glottiques dans ce résultat. Les mesures du travail respiratoire

aboutissaient aux mêmes conclusions. En revanche le diamètre des voies aériennes n'était pas diminué ni par rapport à la normale, ni par rapport au diamètre de la sonde [76].

En 1998, Straus et al. [73] étudiaient 14 patients afin de comparer le travail respiratoire à l'issue d'une épreuve de ventilation spontanée de 2 heures et après extubation, et d'évaluer la résistance du tube endotrachéal puis des voies aériennes supra-glottiques. Le travail respiratoire était identique sur pièce en T et après extubation. En revanche la résistance des voies aériennes était significativement plus faible que celle de la sonde (0,79 cmH₂O contre 1,43 cmH₂O : p=0,008).

Au total, le travail respiratoire diffère peu sur pièce en T et après extubation. L'augmentation du travail respiratoire constatée après l'extubation chez certains patients n'est pas, dans la plupart des cas, liée à une résistance augmentée des voies aériennes.

2.5.2 Epreuve de ventilation spontanée en aide inspiratoire

L'aide inspiratoire (AI) est un mode de ventilation au cours duquel le patient initie le cycle inspiratoire et contrôle la fréquence respiratoire. L'effort inspiratoire est assisté en proportion du niveau de pression réglée par le clinicien. L'activité diaphragmatique peut persister tout au long de l'inspiration. C'est ce qui a conduit à proposer d'appliquer un faible niveau d'aide inspiratoire pendant l'épreuve de ventilation spontanée pour compenser la charge imposée par le circuit du respirateur et la sonde d'intubation.

Brochard et al. [74] rapportaient l'effet de différents niveaux d'aide inspiratoire sur l'effort respiratoire dans une étude précédemment citée. L'effort respiratoire était mesuré à des niveaux d'aide différents : 0, 4, 8, 12 cmH₂O. Il était également mesuré lors d'une épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T. Ce travail permettait de mettre en évidence qu'un niveau d'AI de 8 cmH₂O était en mesure de compenser le travail respiratoire supplémentaire imposé par le respirateur et la sonde d'intubation. Ce travail entraînait une augmentation de plus de 60% par rapport au travail mesuré en période post extubation, liée à l'effort nécessaire au patient pour ouvrir la valve inspiratoire.

Nathan et al. réalisaient un travail similaire [75], où le niveau d'AI optimal était calculé selon une formule permettant d'estimer le niveau d'aide nécessaire pour vaincre la résistance de l'ensemble du circuit (sonde d'intubation et respirateur). Ce niveau d'aide optimal était estimé à 7 cm H₂O.

Esteban et al. [72] étudiaient 484 patients dans une étude randomisée multicentrique. Ils étaient randomisés en 2 groupes : l'un pour bénéficier d'une épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T de 2 heures, l'autre pour une épreuve de ventilation spontanée en AI à 7 cmH₂O. Le pourcentage de patients extubés à 48 heures n'était pas différent dans les deux groupes, soit 63 % dans le groupe pièce en T et 70 % dans le groupe AI (p=0,14). Ces résultats suggèrent que l'épreuve de ventilation spontanée peut être réalisée de manière comparable sur pièce en T ou en AI à 7 cmH₂O.

En 2010, Cabello et al. [77] proposaient de comparer les réponses respiratoires et cardio-vasculaires à trois types d'épreuve de ventilation spontanée. Quatorze patients, monitorés avec un cathéter de Swan Ganz et ayant échoué à une épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T, étaient soumis à trois épreuves de ventilation spontanée dans un ordre aléatoire : pièce en T, AI à 7 cmH₂O, AI à 7 cmH₂O plus PEP à 5 cmH₂O. Entre chaque test les patients étaient remplacés 20 à 30 minutes en ventilation assistée contrôlée. L'effort respiratoire était significativement plus élevé pendant la pièce en T que pendant l'AI ou l'AI plus PEP. Une dysfonction ventriculaire gauche était observée chez 11 des 14 patients sur pièce en T, ainsi qu'une PAPO et une fréquence respiratoire significativement plus élevée. Ce travail suggère que chez les patients difficiles à sevrer (ayant déjà subi un échec d'épreuve de ventilation spontanée et ventilés en moyenne 16 jours) le comportement respiratoire et cardio-vasculaire est meilleur en AI et en AI avec PEP que sur pièce en T. Cependant les auteurs ne peuvent apporter de réponse quant à l'extubation d'un patient qui tolérerait une épreuve de ventilation spontanée en AI mais pas sur pièce en T.

Plusieurs inconvénients ont été attribués à l'épreuve de ventilation spontanée. Premièrement, la déconnexion des patients du respirateur peut induire une désaturation artérielle en oxygène [78]. Deuxièmement, lors d'une épreuve sur pièce en T il est impossible de monitorer les volumes respiratoires, ce qui alourdit la charge de travail en imposant une surveillance accrue [79]. Pourtant le risque lié au débranchement de la

machine dans le cadre d'une épreuve de ventilation spontanée paraît faible. En effet, Ely et al. [4] a comparé deux groupes de patients en phase de sevrage. L'un était soumis à une épreuve de ventilation spontanée sur tube en T et l'autre non. Le même taux de complication était constaté dans les deux groupes, avec notamment une mortalité similaire.

2.5.3 Durée optimale de l'épreuve de ventilation spontanée

Traditionnellement la durée de l'épreuve de ventilation spontanée était de deux heures [4, 9, 10, 72], mais certains auteurs ont suggéré que la plupart des patients qui tolèrent mal l'épreuve de ventilation spontanée révèlent précocement des signes de mauvaise tolérance [9].

Esteban et al. [14] étudiaient la durée optimale de l'épreuve de ventilation spontanée. Cinq cent vingt six malades étaient randomisés pour passer une épreuve de ventilation spontanée de 30 ou bien de 120 minutes. Aucune différence n'était mise en évidence sur la proportion de patients qui toléraient l'ensemble de l'épreuve (88% toléraient l'épreuve de 30 minutes et 85% celle de 120 minutes). Le taux de réintubation était également identique (13,5% et 13,4%), ainsi que le taux de mortalité en réanimation ou le taux de mortalité hospitalière. Les auteurs concluaient que la durée de l'épreuve de ventilation spontanée peut être réduite à 30 minutes.

Cependant, dans certains cas cette épreuve de 30 minutes pourrait ne pas être suffisante. En effet dans l'étude de Vallverdu et al. [13], il était suggéré que la durée de l'épreuve de ventilation spontanée puisse être de deux heures chez les patients difficiles à sevrer du respirateur. Les auteurs étudiaient 217 patients réunissant les critères de sevrage qu'ils soumettaient à une épreuve de ventilation spontanée de 2 heures. Trente deux pour cent de ces patients échouaient à l'épreuve. Les signes de mauvaise tolérance survenaient dans les 30 premières minutes dans 64% des cas. Donc dans les 36% des cas restants, les patients présentaient des signes de détresse respiratoire dans les 90 dernières minutes de l'épreuve.

La conférence de consensus européenne [1] recommande que l'épreuve de ventilation spontanée dure au moins 30 minutes et soit réalisée sur pièce en T ou bien en aide inspiratoire avec une aide réglée entre 5 et 8 cmH₂O.

2.6 Utilisation des protocoles de sevrage

Les protocoles de sevrage peuvent servir à standardiser le processus de sevrage. En effet les praticiens échouent fréquemment à identifier les patients qui sont prêts à être extubés. Comme nous l'avons vu précédemment, une majorité de patients auto-extubés ou extubés accidentellement durant la phase de sevrage ne nécessite pas de réintubation [7, 8].

En 2011, une méta-analyse regroupait 11 essais randomisés contrôlés de bonne qualité avec un total de 1971 patients [80]. Ces études comparaient une prise en charge du sevrage classique et une prise en charge standardisée selon un protocole, qu'il soit géré par l'équipe infirmière et par les kinésithérapeutes, ou plus récemment par un système automatisé de sevrage. Cette méta-analyse mettait en évidence que l'utilisation de protocoles permettait de réduire de 25% la durée de ventilation mécanique, la durée de sevrage de 78%, ainsi que la durée du séjour en réanimation de 20%. En revanche il n'a pas été mis en évidence d'effet bénéfique sur la mortalité ou sur les effets secondaires comme le taux de réintubation, d'auto-extubation, et de trachéotomie.

Cependant, on s'aperçoit que dans les centres où les standards de soins sont déjà élevés ou ceux où l'équipe médicale et paramédicale sont suffisamment importantes, l'effet d'un protocole de sevrage est moins marqué [81, 82]. D'autre part la plupart des études sont réalisées aux Etats Unis où la prise en charge du sevrage repose fréquemment sur les infirmières et les kinésithérapeutes, ce qui n'est pas souvent le cas en Europe et notamment en France. Les résultats de cette méta-analyse ne sont donc pas entièrement superposables dans tous les pays. Enfin, il faut noter que dans la plupart des études, le protocole de la prise en charge standardisée est peu détaillé.

L'association d'un protocole de sevrage à un protocole d'arrêt quotidien de la sédation a également montré un intérêt. En 2000, Kress et al. [34] évaluaient l'intérêt d'un protocole de

sédation. Dans un essai randomisé contrôlé regroupant 128 patients, ils mettaient en évidence que l'arrêt quotidien de la sédation permettait une réduction de la durée de ventilation mécanique et de la durée du séjour en réanimation. En 2008, les mêmes auteurs [83] évaluaient donc l'intérêt d'un protocole de sevrage couplé à un protocole d'arrêt de la sédation. Ils réalisaient une étude randomisée contrôlée regroupant 336 patients, avec un groupe « intervention » qui bénéficiait d'un arrêt quotidien de la sédation suivi d'une épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T le cas échéant, et un groupe « contrôle » avec une sédation classique adaptée à l'état de conscience du patient qui était soumis également quotidiennement à une épreuve de ventilation spontanée. Dans le groupe interventionnel, la durée de ventilation mécanique était significativement plus courte (11,6 jours en moyenne contre 14,7 dans le groupe contrôle), et la mortalité était moins importante. Ces résultats semblent suggérer que l'utilisation d'un tel protocole associant arrêt quotidien de la sédation et standardisation du sevrage ventilatoire améliore le pronostic des malades ventilés.

2.7 Place des différents modes ventilatoires au cours du sevrage

L'échec de sevrage a une prévalence de 30% environ [1]. Quand une tentative de sevrage se solde par un échec, le clinicien doit choisir le mode ventilatoire le plus adapté, dans le but de maintenir un équilibre favorable entre la capacité du système respiratoire et la charge qui lui est appliquée, d'éviter l'atrophie diaphragmatique et de favoriser le processus de sevrage.

2.7.1 L'Aide Inspiratoire

Comme cela a été précédemment décrit, l'aide inspiratoire est un mode sous lequel le patient débute le cycle respiratoire et contrôle la fréquence respiratoire. L'effort inspiratoire est complété en fonction du niveau de pression déterminée par le médecin. Outre le fait que ce mode peut être utilisé pour la réalisation d'épreuve de sevrage, c'est également le mode le plus utilisé au cours du sevrage. Cependant en 1994, comme le montre Esteban et al. [2] il

était utilisé comme unique mode ventilatoire au cours du sevrage chez seulement 20,7% des patients. En 2008, la même équipe [84] publiait une nouvelle étude observationnelle prospective portant sur 349 services de réanimation et incluant 4968 patients sur une période de 1 mois. Les auteurs mettaient en évidence une nette augmentation de l'utilisation du mode AI au cours de la ventilation mécanique (55%) en seulement quelque années.

En 1994, Brochard et al. [10] réalisaient une étude randomisée portant sur 456 patients. Un groupe est ventilé en mode AI, l'autre en mode SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation). Ce mode ventilatoire associe des cycles respiratoires contrôlés par le ventilateur (en pression ou en volume) et synchronisés avec les efforts inspiratoires du patient, avec la possibilité de cycles spontanés. Les résultats de cette étude révèlent que la durée du sevrage est inférieure avec l'AI qu'avec la SIMV ($5,7 \pm 3,7$ jours contre $9,9 \pm 8,2$ jours).

En 1995 Esteban et al. [9] mettaient en évidence des résultats différents. Il comparait quatre techniques de sevrage chez 130 patients ayant échoué à une épreuve de ventilation spontanée de 2 heures. Les techniques de ventilation étaient assignées par randomisation : SIMV pour 29 patients, AI pour 37 patients, épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T intermittentes au moins 2 fois par jour pour 33 patients et épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T une fois par jour pour 31 patients. La durée moyenne du sevrage était de 5 jours pour la SIMV, 4 jours pour l'AI et 3 jours pour les 2 groupes en ventilation spontanée sur pièce en T.

Il semble toutefois que chez des patients difficiles à sevrer l'utilisation de l'AI comme mode de sevrage permette de diminuer la durée de la ventilation mécanique. Vitacca et al. [85] étudiaient 52 patients atteints de BPCO ayant échoué à une épreuve de ventilation spontanée. Ils comparaient le sevrage réalisé en AI ou au moyen d'une épreuve de ventilation spontanée dans une étude randomisée. En comparaison avec une cohorte rétrospective « historique » de 62 patients, le taux de succès était plus important avec l'AI (87% contre 70%) et la durée de ventilation mécanique était plus courte (103 contre 170 heures).

La conférence de consensus européenne de 2007 [1] recommande donc l'utilisation du mode AI comme mode de sevrage chez les patients ayant déjà échoué à une épreuve de

ventilation spontanée. Ce mode peut également être utile dans la prise en charge du sevrage prolongé. En revanche l'utilisation de la SIMV n'est pas recommandée. Par ailleurs il faut noter que l'utilisation de ce mode ventilatoire est en nette diminution au profit de l'AI [84]. Cette évolution révèle qu'il existe une importante concordance entre les résultats des essais cliniques et les pratiques des cliniciens en matière de ventilation mécanique.

2.7.2 La CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)

C'est l'application d'une pression positive en continu dans les voies aériennes. Elle permet d'améliorer l'oxygénation et de diminuer le travail respiratoire. Il est donc tentant d'utiliser ce mode de ventilation dans le cadre du sevrage de la ventilation mécanique.

En 1975, Feeley et al. [86] montraient une nette diminution de la différence alvéolo-artérielle en oxygène quand une pression positive est utilisée au cours du sevrage. De plus ils retrouvaient une amélioration de la capacité vitale et de la pression inspiratoire maximale. Les auteurs concluaient que la CPAP peut être utile chez les patients en échec de sevrage à cause d'une hypoxémie.

Plus récemment Squadrone et al. [87] observaient, au cours d'un essai randomisé portant sur une cohorte de 209 patients en post opératoire d'une chirurgie abdominale majeure, que l'utilisation de la CPAP permettait de réduire de manière significative le taux de réintubation par rapport à un traitement par oxygénothérapie standard.

Il manque d'essai randomisé contrôlé évaluant la CPAP dans la population des patients difficiles à sevrer. La conférence de consensus européenne conclut que l'utilisation de la CPAP comme mode de sevrage ventilatoire est possible chez les patients qui appartiennent à priori au groupe 1, mais que son application aux patients des groupes 2 et 3 est insuffisamment évaluée [1].

2.7.3 Automatic Tube Compensation (ATC)

C'est un système récemment développé qui, en théorie, compense le travail respiratoire induit par la résistance de la sonde d'intubation à l'écoulement des gaz. Tout au long du cycle respiratoire, une pression proportionnelle à la résistance de la sonde d'intubation est appliquée par le respirateur. L'ATC est donc plus un système qui peut être combiné à un autre mode ventilatoire qu'un nouveau mode à part entière. L'ATC peut donc être utilisé pour la réalisation de l'épreuve de ventilation spontanée.

En 2002, Haberthur et al. [88] comparaient l'épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T, l'épreuve réalisée en AI à 5 cm H₂O et enfin réalisée avec l'ATC. Quarante vingt dix patients étaient inclus (30 patients dans chaque bras) et des paramètres cliniques et biologiques étaient recueillis pour chacun : fréquence respiratoire, volume courant, rapport fréquence respiratoire sur volume courant, ventilation minute, PaO₂ et PaCO₂. Aucune différence n'était trouvée entre les groupes en termes de succès d'extubation. Cependant les résultats de cette étude sont à modérer du fait du faible effectif.

L'objectif de l'épreuve de ventilation spontanée est d'évaluer les capacités du patient à respirer sans l'aide du respirateur. Il faut donc que cette épreuve reproduise au mieux les conditions dans lesquelles le patient se retrouvera après extubation. L'ATC pourrait donc induire une surestimation des capacités du patient.

En 2009 Cohen et al. [89] publiaient une étude randomisée contrôlée qui comparait l'ATC dans le cadre de l'épreuve de ventilation spontanée avec l'AI à 7 cmH₂O associée à une PEP à 5 cmH₂O. Dans le groupe « aide inspiratoire » 14% des patients échouaient à l'épreuve de ventilation spontanée (13 sur 93 patients) contre 6% dans le groupe « ATC », ce qui représentait une différence non significative (p=0,12). Il n'y avait pas de différence non plus entre les 2 groupes en termes de réintubation. Cependant on sait que l'adjonction d'une PEP lors de l'épreuve de ventilation spontanée risque de sur-assister le patient. Or dans cette étude, il existe une tendance à un taux de succès supérieur avec l'ATC qu'avec l'AI plus PEP.

La conférence de consensus européenne [1] propose que l'ATC puisse être utilisé en cas d'échec à l'épreuve de ventilation spontanée à cause d'une sonde de particulièrement petit

calibre. En revanche chez les patients difficiles à sevrer, la place de l'ATC demeure imprécise en l'absence d'étude portant sur ces malades.

2.7.4 La Ventilation Assistée Proportionnelle

C'est un mode ventilatoire régulé en pression, dont le but est de s'adapter le plus parfaitement possible aux besoins ventilatoires du patient. Le niveau d'aide est proportionnel à l'effort inspiratoire fourni par le patient, et ce durant tout le cycle respiratoire. Cela confère à ce mode des avantages théoriques que sont le synchronisme entre patient et respirateur, et un confort accru.

La réponse physiologique à la ventilation assistée proportionnelle a été étudiée chez des patients atteints de BPCO et dépendants de la ventilation mécanique. En association avec la CPAP, elle permettait sur un faible effectif de 8 patients d'améliorer les paramètres de ventilation, de réduire la commande ventilatoire et de diminuer le travail des muscles respiratoires [90].

Les réglages de ce mode ventilatoire peuvent être difficiles. En effet, l'effort inspiratoire exprimé par la pression générée par les muscles respiratoires pour une résistance et une élastance donnée, est proportionnel au volume courant et au débit inspiratoire du patient. Les paramètres que l'on peut régler concernent l'élastance (assistance en volume ou en pression) et la résistance (assistance en débit) du système thoraco-pulmonaire, ainsi que le pourcentage d'assistance voulu (de 0 à 100%) pour vaincre le travail élastique et/ou résistif, dans le but de générer le volume et le débit nécessaire. Pour régler cette assistance en volume et débit il faut donc mesurer l'élastance et la résistance du système. Le risque est de sur-assister le patient. Trop d'assistance en débit occasionne un pic de débit initial et trop d'assistance en volume se traduit par un pic de pression en fin d'inspiration et un excès de volume délivré. Cette sur-assistance peut être à l'origine d'une mauvaise tolérance de la ventilation et d'un emballement du système.

La conférence de consensus européenne juge pour ces raisons l'utilisation de la ventilation assistée proportionnelle difficile à appliquer dans le cadre du sevrage, peu d'études ayant évalué ce mode de sevrage [1].

2.7.5 La ventilation à aide adaptative (Adaptative Support Ventilation)

Ce mode utilise la pression contrôlée ou l'aide inspiratoire et une boucle d'asservissement élaborée [91]. Les travaux d'Otis et al. [92] datant des années 50 mettaient en évidence que les patients adoptaient spontanément une façon de respirer optimale, avec une fréquence respiratoire et un volume courant imposant le travail respiratoire le plus faible. Une équation liait la fréquence respiratoire optimale en fonction de la ventilation minute, de l'espace mort anatomique (estimé à 2,2 ml par kilo de poids), de la constante de temps expiratoire et d'une constante liée à la forme du débit d'insufflation.

Les réglages du respirateur nécessitent de connaître le poids idéal, le pourcentage de ventilation minute qui est souhaité (100% correspond à 100 ml/kg/min) et la limite supérieure de pression. Le praticien doit aussi régler le niveau de PEP et la fraction délivrée d'oxygène (FiO_2). Le ventilateur délivre 5 cycles test et mesure ensuite la compliance dynamique, la fréquence respiratoire, le volume courant et la constante de temps expiratoire. Le programme génère alors une fréquence respiratoire, un rapport I/E et un niveau de pression pour atteindre le volume souhaité. Quand le patient n'a pas d'activité respiratoire, les cycles sont délivrés en pression contrôlée. Dès qu'un effort respiratoire survient, ils sont délivrés en aide inspiratoire.

Ce nouveau mode ventilatoire a peu été évalué au cours du sevrage. En 2001 Sulzer et al. [93] l'évaluaient en comparaison avec la SIMV en post-opératoire de chirurgie cardiaque programmée non compliquée. Quarante neuf patients ayant bénéficié d'un pontage aorto-coronarien étaient inclus. Ils étaient randomisés soit pour être sevrés avec la ventilation à aide adaptative, soit avec la SIMV. Seuls 36 patients ont été inclus dans l'analyse. La durée de ventilation mécanique était plus courte de manière significative dans le groupe ventilation à aide adaptative (3,2 heures contre 4,1 heures : $p < 0,02$).

La même équipe réalisait un nouvel essai randomisé, dans la même population et selon le même protocole. Trente quatre patients ont été inclus, 18 dans le groupe ventilation à aide adaptative et 16 dans le groupe SIMV. L'analyse n'a pas permis de mettre évidence de différence en ce qui concerne la durée de ventilation mécanique et la durée de séjour en réanimation. Dans le groupe ventilation à aide adaptative, on notait seulement une diminution du pic de pression initiale, un nombre moins important de modifications des réglages du respirateur et également d'alarme de pression. Les résultats de cette étude ne permettent donc pas de tirer de conclusions fermes.

D'autre part, ces deux études ont utilisé la SIMV qui est considérée comme le plus mauvais mode de sevrage [9]. Actuellement ce mode est en passe d'être abandonné. En effet, Esteban et al. décrivent que son utilisation chute drastiquement entre 1998 et 2004 [84]. Enfin, ces études s'intéressaient à des patients chirurgicaux qui ne font pas partie à priori des patients dont le sevrage est difficile.

La conférence de consensus européenne ne recommande donc pas l'utilisation de la ventilation à aide adaptative avant que des études cliniques ne l'aient comparée à des modes ventilatoires de sevrage plus satisfaisants, et dans des populations à haut risque d'échec de sevrage ventilatoire [1].

2.7.6 Le Smartcare

C'est un mode ventilatoire où l'aide inspiratoire est modulée par une boucle de régulation multi-paramétrique qui prend en compte [94, 95] :

- Des données issues du respirateur
- Un système expert de 142 règles regroupées en plusieurs algorithmes, afin d'essayer de reproduire le comportement du clinicien
- L'état du malade (à partir de données comme la fréquence respiratoire ou les pressions).

Ce système a pour but d'adapter en temps réel le niveau de pression afin de maintenir le patient dans une zone de confort. Cette zone de confort est définie par :

- Une fréquence respiratoire entre 15 et 30 cycles/min
- Un volume courant supérieur à 250 ml si le poids est inférieur à 55 kg ou 350 ml si le poids est supérieur à 55 kg
- Une pression partielle en CO₂ en fin d'inspiration (PetCO₂) inférieur à 55 mmHg, ou 65 mmHg si le patient est atteint de BPCO.

Pour atteindre ces objectifs, le niveau d'aide inspiratoire est adapté par paliers de 2 à 4 cmH₂O toutes les 2 à 4 minutes en fonction des paramètres qui sont mesurés toutes les 10 secondes. Dans un second temps, le système inclut un algorithme de décroissance progressive de l'aide inspiratoire jusqu'à atteindre un faible niveau d'aide inspiratoire correspondant à une épreuve de ventilation spontanée. Le système indique alors que le patient pourrait être extubé.

Si certaines études pratiquées par l'équipe qui a conçu le système ont validé les algorithmes, l'utilité du Smartcare dans le cas particulier du sevrage difficile nécessite d'être évaluée par des études supplémentaires.

2.7.7 La ventilation contrôlée

Les études les plus anciennes sur le sevrage suggèrent chez les patients ventilés sur de longues durées une fatigabilité voire une dysfonction diaphragmatique. Dans cette logique, on pourrait penser que l'utilisation de la ventilation contrôlée va soulager le diaphragme.

En 2003 Laghi et al. [96] montraient que les patients en échec de sevrage, s'ils ne semblent pas présenter de fatigabilité diaphragmatique particulière, sont en revanche fréquemment atteints par une diminution de la force musculaire du diaphragme.

Comme nous l'avons précédemment évoqué, nombre d'études animales confirment l'existence d'une dysfonction diaphragmatique induite par la ventilation mécanique. En 2009 Powers et al. [97] réalisaient une revue de la littérature. L'amyotrophie diaphragmatique peut être précoce (dès la 18^e heure). La ventilation mécanique est également associée avec une dysfonction contractile du diaphragmatique. L'amyotrophie diaphragmatique serait due à une dégradation accrue des protéines diaphragmatiques et à une synthèse protéique

diminuée. Récemment, certaines protéases telles que la calpaine, la caspase 3 et l'ubiquitine proteasome système ont été identifiées comme responsables de la protéolyse diaphragmatique, sous l'effet du stress oxydatif. Les dommages occasionnés sont plus importants en ventilation contrôlée qu'en mode AI.

C'est pourquoi la conférence de consensus européenne ne recommande pas l'utilisation d'un mode contrôlé au cours du sevrage de la ventilation mécanique [1].

2.8 Place de la ventilation non invasive au cours du sevrage

La ventilation non invasive (VNI) a une place de plus en plus importante dans la prise en charge des patients de réanimation. Au cours du sevrage, elle peut être utilisée dans trois indications différentes. Premièrement, elle peut être employée comme mode de sevrage alternatif en cas d'intolérance de l'épreuve de ventilation spontanée. Deuxièmement, elle peut constituer un traitement de la détresse respiratoire post-extubation. Enfin, elle peut être utilisée comme mesure prophylactique en post-extubation chez les patients à haut risque de réintubation.

2.8.1 Mesure alternative en cas d'échec d'un sevrage conventionnel

Il a été suggéré dans certaines études physiologiques que le niveau de support ventilatoire est comparable en ventilation invasive en AI et en ventilation non invasive chez les patients porteurs de BPCO [1].

Plusieurs études ont proposé que la VNI puisse servir de technique de transition entre ventilation invasive et ventilation spontanée autonome chez les patients ayant échoué à l'épreuve de ventilation spontanée.

En 1998 Nava et al. [98] réalisaient un essai randomisé multicentrique incluant 50 patients atteints de BPCO ou en défaillance respiratoire hypercapnique, ventilés durant 24 à 36 heures. A l'issue de cette période de ventilation mécanique, une épreuve de ventilation spontanée sur pièce en T était réalisée. En cas d'échec, les patients étaient inclus dans

l'étude et randomisés en 2 groupes : un groupe « VNI » où ils étaient extubés et placés sous ventilation non invasive au moyen d'un masque facial pendant 20 à 22 heures par jour ; et un groupe ventilation invasive où les patients étaient laissés sous ventilation. Dans le bras « VNI », le sevrage était effectué en diminuant le niveau d'AI de 2 à 4 cmH₂O par jour en fonction de la tolérance, avec au moins deux épreuves de ventilation spontanée par jour au moins, de durée croissante. Dans le groupe ventilation invasive, le niveau d'aide inspiratoire était également diminué graduellement et deux épreuve de ventilation spontanée étaient réalisées, soit sur pièce en T soit en AI avec une PEP de 5 cmH₂O. Les deux groupes avaient des caractéristiques similaires. On peut noter que 35 patients sur 50 avaient de l'oxygénothérapie de longue durée. Le taux de succès de sevrage à J60 était plus élevé dans le groupe VNI que dans le groupe ventilation invasive (88% contre 68%). La durée de ventilation mécanique était également significativement moins élevée (10,2±6,8 jours contre 16,6±11,8 jours : p=0,021). De la même façon la durée sans ventilation mécanique était plus longue, la durée de séjour en réanimation était plus courte et la survie supérieure dans le groupe VNI.

En 1999, Girault et al. [99] publiaient une étude similaire où ils comparaient deux groupes de patients insuffisants respiratoires chroniques sous ventilation mécanique pour insuffisance respiratoire aiguë. C'était un essai randomisé contrôlé. Les patients en échec d'épreuve de ventilation spontanée étaient soit extubés et placés sous VNI de manière intermittente par période de 2 à 4 heures, soit placé en AI avec une diminution progressive du niveau d'aide inspiratoire par pallier de 3 à 5 cmH₂O. Les deux critères principaux d'évaluation étaient la durée d'intubation avant l'épreuve de ventilation spontanée et le taux de succès de sevrage (défini ici comme une absence de réintubation dans les 5 jours suivant l'extubation). Trente trois patients ont été inclus, 16 dans le groupe VNI et 17 dans le groupe ventilation mécanique. La durée d'intubation avant l'épreuve de ventilation spontanée était plus courte dans le groupe VNI (4,56±1,85 jours contre 7,69±3,79 jours : p=0,004). Le nombre de complications en revanche n'était pas significativement différent dans les deux groupes, ni la durée d'hospitalisation ou la survie à 3 mois qui étaient des critères de jugement secondaires.

Les auteurs concluaient donc que l'utilisation de la VNI permet une extubation précoce, sans augmentation du nombre de complications et notamment sans augmenter le risque

d'échec de sevrage [99]. Il faut cependant souligner que la population de cette étude est particulière. Elle est en effet composée d'insuffisants respiratoires sévères (avec un VEMS à 30% de la théorique dans le groupe ventilation invasive et à 38% dans le groupe VNI) et 10 patients sur les 33 étaient sous oxygénothérapie de longue durée (4 dans le groupe ventilation invasive et 6 dans le groupe VNI). Les résultats de cette étude ne peuvent donc probablement pas être transposés à une population générale de réanimation.

En 2003, Ferrer et al. [100] évaluaient la VNI dans cette même indication. Ils étudiaient 43 patients dans un essai randomisé contrôlé multicentrique. Les patients avaient tous échoué trois jours consécutifs à une épreuve de ventilation spontanée. Comme dans les deux études précédemment décrites, les patients étaient soit extubés et placés sous VNI, soit maintenus sous ventilation invasive et sevrés selon une stratégie conventionnelle (non détaillée). Un calcul d'effectif a priori avait déterminé la nécessité d'inclure 42 patients dans chaque groupe pour mettre en évidence une diminution de 6 jours de durée de ventilation invasive. Une analyse intermédiaire après inclusion de 50% de l'effectif a mis en évidence une diminution de la durée de ventilation invasive de 11 jours ($p=0,003$), de la durée du support ventilatoire de 9 jours ($p=0,002$) et de la durée d'hospitalisation de 13 jours ($p=0,026$) dans le groupe VNI. Il n'y avait pas de différence entre les deux groupes en ce concerne le taux de réintubation. D'autre part, le taux de complication était plus élevé dans le groupe sevrage conventionnel ($p=0,004$), avec notamment plus de pneumopathies acquises sous ventilation mécanique. Enfin la survie était meilleure dans le groupe VNI ($p=0,045$).

Au vu de ces résultats, l'étude a donc été stoppée à 50% des inclusions. Cependant, les auteurs soulignent que les patients du groupe ventilation invasive avaient tendance à recevoir plus de sédatifs même si les doses n'ont pas été colligées par le recueil de données. Cela peut donc constituer un biais. Il faut également noter que la plupart des patients participant à l'étude étaient porteurs soit d'une pathologie respiratoire ou cardiaque chronique.

En 2008, Trevisan et al. [101] publiaient une étude comparable concernant 65 patients ayant échoué à une épreuve de ventilation spontanée, qui ont été randomisés soit pour recevoir une VNI, soit pour être maintenus sous ventilation mécanique invasive. Il s'agissait

de patients médico-chirurgicaux avec un tiers de décompensation de BPCO dans chaque bras. Le pourcentage de complications était significativement plus bas dans le groupe VNI (28,8% contre 75,7% : $p < 0,001$). Cependant, la durée de séjour en réanimation et la mortalité était similaire dans les deux groupes. Les auteurs concluaient donc que la VNI dans cette population est une alternative sûre et utile car elle permettait de diminuer l'incidence des complications liées à la ventilation mécanique.

Une méta-analyse publiée la même année regroupait les 12 études ayant trait à l'utilisation de la VNI post-extubation avec un total de 530 patients, pour la plupart porteurs d'une BPCO [102]. L'extubation suivie de VNI comme stratégie de sevrage était associée à une réduction de la mortalité (Risque relatif : 0,55, intervalle de confiance à 95% : 0,38 à 0,79), à une réduction de l'incidence des pneumopathies acquises sous ventilation mécanique (Risque relatif : 0,38, intervalle de confiance à 95% : 0,19 à 0,45), à une réduction du séjour en réanimation (en moyenne de 6,27 jours) et du séjour hospitalier (en moyenne de 7,19 jours) ainsi qu'une réduction de la durée totale de ventilation mécanique. Les bénéfices en termes de mortalité et de réduction de l'échec de sevrage étaient plus importants dans les études incluant exclusivement des patients atteints de BPCO que dans des populations hétérogènes, sans toutefois atteindre le seuil de significativité.

La conférence de consensus européenne ne recommande pas l'usage de la VNI comme moyen systématique de sevrage chez les patients ayant subi un échec à l'épreuve de ventilation spontanée [1]. Elle rappelle également que les patients extubés d'une telle manière ne doivent pas être considérés comme des succès de sevrage avant l'arrêt complet de tout support ventilatoire [1].

2.8.2 Ventilation non invasive comme mesure prophylactique pour les patients à haut risque de réintubation

L'utilisation de la VNI prophylactique a été décrite initialement dans des populations de patients chirurgicaux. Deux études de 2002 rapportent l'utilisation de la CPAP pour prévenir la réintubation. Squadrone et al. [87] étudiaient 209 patients ayant développé une hypoxémie sévère (définie ici par un rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ inférieur à 300) en post-opératoire

de chirurgie abdominale majeure. Les patients étaient randomisés en deux groupes : 104 patients recevaient une oxygénothérapie standard et 105 recevaient une CPAP à 7,5 cmH₂O avec une FiO₂ à 0,5. Les patients du groupe CPAP avaient un taux de réintubation et de complications (pneumopathie acquise sous ventilation mécanique) inférieur.

Bohner et al. [103] réalisaient une étude similaire chez 204 patients en post-opératoire d'une chirurgie vasculaire majeure. Les résultats étaient comparables, avec une diminution du nombre de patients hypoxiques, mais pas de diminution du taux de complications, de mortalité ou de durée de séjour. Il semble donc que l'usage de la VNI, sous forme de CPAP, soit bénéfique chez les patients chirurgicaux appartenant au groupe 1. D'autres études plus récentes se sont intéressées à la VNI prophylactique dans le cadre d'un sevrage présumé difficile.

En 2005, Nava et al. [104] étudiaient 97 patients dans un essai randomisé multicentrique. Les patients étaient ventilés depuis plus de 48 heures et considérés comme à risque d'échec de sevrage ventilatoire. Les critères d'inclusion comprenaient l'hypercapnie, l'insuffisance cardiaque congestive, la toux inefficace et les sécrétions trachéo-bronchiques excessives, l'existence d'un échec à l'épreuve de ventilation spontanée ou une obstruction des voies aériennes. Après un succès à l'épreuve de ventilation spontanée, 48 patients étaient randomisés pour recevoir de la VNI pendant 8 heures par jour au moins pendant les 48 premières heures et 49 patients pour recevoir un traitement médical standard. Les patients du groupe VNI avaient un taux plus bas de réintubation que dans le groupe traitement médical standard (4,8% contre 12,24% : p=0,027). La réintubation était par ailleurs associée à un risque plus élevé de mortalité. Les auteurs concluaient donc que la VNI est plus efficace qu'un traitement médical standard pour prévenir la réintubation chez les patients à risque.

Une autre étude randomisée a été conduite en 2006 par Ferrer et al. [105]. Elle comprenait 162 patients ventilés depuis au moins 48 heures et qui toléraient une épreuve de ventilation spontanée. Ils étaient considérés comme à risque de détresse respiratoire post-extubation sur l'existence d'au moins un des critères suivants : âge supérieur à 65 ans, défaillance cardiaque à l'origine de l'intubation ou gravité de la pathologie définie par un score APACHE II supérieur à 12 le jour de l'extubation. Soixante dix neuf patients ont été randomisés pour recevoir en post extubation une VNI continue pendant 24 heures et 83 ont

été pris en charge de manière conventionnelle. On note que plus de la moitié des patients soit 51% étaient atteints de BPCO. La survenue d'une défaillance respiratoire post-extubation était moins fréquente dans le groupe VNI que dans le groupe traitement conventionnel (13,16% contre 27,33% : $p=0,029$). Les patients des deux groupes qui étaient victimes d'une détresse respiratoire post-extubation et qui n'avaient pas de critères de réintubation immédiate pouvaient bénéficier d'une VNI de sauvetage. La VNI de sauvetage a permis d'éviter la réintubation pour les 4 malades du groupe VNI qui ont dû y avoir recours et pour 9 des 19 patients du groupe contrôle qui ont en bénéficié. C'est pourquoi le taux de réintubation n'était pas significativement plus bas dans le groupe VNI. La mortalité dans le groupe VNI était plus basse que dans le groupe contrôle (2,3% contre 12,14% : $p=0,015$), mais la survie à 90 jours était comparable dans les deux groupes [105].

D'autre part, les auteurs ont réalisé une analyse en séparant les patients avec ou sans hypercapnie (définie comme une PaCO_2 supérieure à 45 mmHg) durant l'épreuve de ventilation spontanée. Dans le groupe des patients hypercapniques, la mortalité en réanimation, la mortalité hospitalière et la survie à 90 jours étaient meilleures. Enfin, il faut souligner que sur les 49 patients hypercapniques à l'issue de l'épreuve de ventilation spontanée, 48 étaient porteurs de pathologies respiratoires chroniques [105].

Cela a conduit la même équipe à évaluer le bénéfice de la VNI post-extubation dans cette population spécifique. Cent six patients étaient inclus dans cette étude randomisée contrôlée et multicentrique [106]. Les patients éligibles étaient ventilés depuis au moins 48 heures, atteints de pathologies respiratoires chroniques et hypercapniques (PaCO_2 supérieure à 45 mmHg) à l'issue d'une épreuve de ventilation spontanée de 30 à 120 minutes. Ces patients étaient randomisés en deux groupes. Un recevait une VNI post-extubation, l'autre une prise en charge conventionnelle. La VNI était délivrée au moyen d'un masque facial et réglée de manière à obtenir une fréquence respiratoire inférieure à 25 par minute et une SpO_2 supérieure à 92%. Elle était délivrée au maximum 24 heures après l'extubation. Dans le groupe contrôle, les patients recevaient une oxygénothérapie classique avec un objectif de SpO_2 supérieure à 92%.

De la même manière que dans l'étude précédente, les patients qui présentaient une détresse respiratoire sans nécessiter d'être immédiatement réintubés bénéficiaient d'une

VNI de sauvetage. Les résultats mettent en évidence une diminution des cas de détresse respiratoire dans le groupe VNI par rapport au groupe contrôle (15% contre 48% : $p=0,0001$). La VNI de sauvetage a permis d'éviter la réintubation chez 17 des 27 patients qui ont développé une détresse respiratoire post-extubation (7 dans le groupe VNI et 20 dans le groupe contrôle). La VNI constituait donc un facteur de risque indépendant de diminution de la survenue d'une détresse respiratoire post-extubation avec un risque relatif à 0,17 (intervalle de confiance à 95% : 0,06 à 0,44 : $p<0,0001$). La mortalité à 90 jours était également inférieure dans le groupe VNI ($p=0,0146$). Les auteurs concluaient donc que la VNI paraît être une prise en charge efficace pour éviter la survenue d'une détresse respiratoire post-extubation.

La conférence de consensus européenne ne fait pas de recommandation quant à cette pratique [1]. Cependant les études récentes permettent d'envisager son usage, notamment dans des groupes de patients particuliers comme ceux atteints d'une pathologie respiratoire chronique et hypercapniques à l'issue de l'épreuve de ventilation spontanée.

Une étude randomisée multicentrique vient d'avoir lieu, dont les résultats pourront peut-être confirmer l'utilisation de la VNI dans cette indication. En se basant sur le fait que l'hypercapnie à l'issue de l'épreuve de ventilation spontanée pourrait constituer un signe d'alarme devant inciter le clinicien à instituer la VNI de manière précoce en post-extubation. D'autre part, dans cette étude, contrairement à l'étude de Ferrer et al. où la VNI était faite en continu pendant 24 heures [106], la VNI était réalisée de manière séquentielle et pendant les 48 premières heures suivant l'extubation. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'efficacité de la VNI sur l'incidence de la détresse respiratoire en post-extubation chez les patients porteurs d'une pathologie respiratoire chronique et/ou hypercapniques à l'issue de l'épreuve de ventilation spontanée. Les objectifs secondaires étaient d'évaluer le pourcentage de réintubation, la durée de séjour en réanimation, la mortalité en réanimation et la mortalité hospitalière et/ou à 28 jours.

2.8.3 La ventilation non invasive comme traitement de la détresse respiratoire post - extubation

La détresse respiratoire post-extubation est définie par la conférence de consensus comme suit [1] :

- Fréquence respiratoire supérieure à 25 cycles/min depuis deux heures
- Fréquence cardiaque supérieure à 140 bpm ou augmentée de plus de 20%
- Signes cliniques de fatigue des muscles respiratoires ou de travail respiratoire accru
- SaO₂ inférieure à 90% ou PaO₂ inférieure à 80 mmHg sous FiO₂ supérieure à 0,5
- Hypercapnie (PaCO₂ supérieure à 45 mmHg ou augmentée de plus de 20% avec un pH inférieur à 7,33).

La VNI pour le traitement de l'insuffisance respiratoire aiguë post-extubation a été évaluée dans deux larges essais randomisés contrôlés et multicentriques. En 2002, Keenan et al. [107] étudiaient 81 patients atteints de pathologies cardiaques ou respiratoires préexistantes, ventilés pendant plus de deux jours et développant une insuffisance respiratoire dans les 48 heures suivant l'extubation. Les patients recevaient de manière aléatoire soit un traitement médical standard avec une oxygénothérapie (n=42), soit une ventilation non invasive (n=39). Il n'y avait pas de différence entre les deux groupes concernant le taux de réintubation (72% contre 69% ; risque relatif à 1,04) et la mortalité hospitalière (31% dans les deux groupes, soit un risque relatif à 0,99). Les auteurs concluaient que la VNI n'améliore pas le pronostic des patients non sélectionnés qui développent une insuffisance respiratoire aiguë en post-extubation. Cependant, ils soulignaient le fait que l'équipe avait peu d'expérience en matière de VNI, ce qui constitue un biais certain à leurs résultats.

En 2004, Esteban et al. [108] publiaient un large essai randomisé multicentrique visant à évaluer l'effet de la VNI comme traitement de l'insuffisance respiratoire aiguë post-extubation sur la mortalité. Etaient concernés les patients extubés après au moins 48 heures de ventilation et qui développaient une insuffisance respiratoire aiguë dans les 48 heures

suivant l'extubation. Ces patients étaient randomisés pour recevoir une VNI (n=114) ou un traitement médical conventionnel (n=107). Aucune différence n'a été mise en évidence entre les deux groupes en ce qui concernait le taux de réintubation (48% dans les deux groupes). En revanche le taux de mortalité était plus important dans le groupe VNI que dans le groupe traitement standard (25% contre 14% ; risque relatif à 1,78 ; Intervalle de confiance à 95% : 1,03 à 3,2 : p=0,048) et le délai moyen pour la réintubation était significativement plus long (12 heures contre 2h30 : p=0,02). Le nombre de patients avait été calculé a priori pour cette étude à 194 patients dans chaque groupe. Une analyse intermédiaire était prévue après le 200^e patient. Au vu des résultats, l'étude a été stoppée en raison d'une augmentation de mortalité dans le groupe VNI. On peut noter que les patients souffraient en majorité d'une insuffisance respiratoire modérée (pH=7,39, PaO₂=73, SpO₂=93%). D'autre part le cross-over des patients du groupe contrôle vers un traitement par VNI n'était pas détaillé. En fin, les patients atteints de BPCO étaient peu nombreux (10%), or on sait que chez eux que les bénéfices de la VNI sont les plus nets. Une analyse en sous-groupe a mis en évidence un taux de réintubation moindre dans ce groupe de patients (7 sur 14 dans le groupe VNI soit 50% et 6 sur 9 dans le groupe contrôle soit 67%, p=0,67) malgré un effectif de patient insuffisant pour tirer des conclusions.

La conférence de consensus européenne ne recommande donc pas l'usage de la VNI comme traitement de l'insuffisance respiratoire aiguë post extubation en l'état actuel des connaissances [1].

3 . Buts de l'étude

L'objectif principal de cette étude est de déterminer si la surcharge hydrique est un facteur de risque d'échec de sevrage de la ventilation mécanique chez les patients à haut risque d'échec de sevrage ventilatoire (pathologie cardiaque ou respiratoire chronique). Le critère principal de jugement sera la différence de poids entre l'admission et l'épreuve de ventilation spontanée (reflet du bilan hydrique cumulé).

L'objectif secondaire de cette étude est d'identifier d'autres facteurs de risque potentiels d'échec d'extubation dans cette population particulière.

4 . Patients et méthodes

4.1 Type d'étude

Nous présentons une étude observationnelle prospective, descriptive et monocentrique réalisée dans le service de réanimation polyvalente du CHU de Limoges. Les patients éligibles sont atteints d'une pathologie respiratoire chronique ou d'une cardiopathie avec dysfonction systolique du ventricule gauche.

4.2 Population étudiée

4.2.1 Critères d'inclusion

Les patients hommes ou femmes âgés d'au moins 18 ans et présentant l'ensemble des critères suivants étaient éligibles :

- Antécédent de pathologie respiratoire chronique de tout type et/ou présentant une hypercapnie définie par une PaCO₂ supérieure à 45 mmHg à l'issue d'une épreuve de ventilation spontanée
- Antécédent de cardiopathie avec dysfonction systolique du ventricule gauche définie par une fraction d'éjection inférieure à 40%, documentée par une échographie trans thoracique récente
- Patients sous ventilation mécanique depuis au moins 48 heures
- Critères d'aptitude à l'épreuve de ventilation spontanée tous réunis :
 - Résolution de la cause de mise sous ventilation mécanique
 - Température corporelle inférieure 39°C
 - Absence de sécrétions bronchiques excessives et toux adéquate
 - Etat hémodynamique stable : fréquence cardiaque inférieure à 140 bpm et pression artérielle systolique entre 90 et 160 mmHg
 - Gaz du sang compatibles : SaO₂ supérieure à 90% ou PaO₂/FiO₂ supérieure à 150, avec une PEP inférieure à 8 cmH₂O, pas d'acidose respiratoire pertinente
 - Etat neurologique compatible et absence de sédation

- Hémoglobine supérieure à 7 g/dl (non indispensable).

4.2.2 Critères d'exclusion

Les patients trachéotomisés n'étaient pas étudiés.

4.3 Méthode

4.3.1 Caractéristiques des patients

L'ensemble des données suivantes étaient colligées à l'admission dans le service de réanimation pour chacun des patients :

- Date et heure d'admission
- Poids mesuré, taille, âge, sexe et surface corporelle
- Motif d'admission en réanimation
- Type de pathologie cardiaque :
 - Ischémique
 - Dilatée
 - Valvulaire
 - Hypertrophique
 - Infiltrante
- Type de pathologie respiratoire :
 - BPCO
 - Asthme
 - Obésité
 - Déformation thoracique
 - Dilatation des bronches
 - Séquelles de tuberculose
- Score de gravité IGS II
- Score de défaillance d'organes SOFA

- Volume courant, niveau de PEP, FiO₂
- Gaz du sang artériel

A l'inclusion (juste avant l'épreuve de ventilation spontanée), les données suivantes étaient colligées pour chaque patient :

- Durée de ventilation en heure
- Poids mesuré du jour
- Bilan hydrique cumulé depuis l'admission (fourni par les données du système informatique Carevue®)
- Données hémodynamiques :
 - Pression artérielle systolique, diastolique et moyenne
 - Fréquence cardiaque
 - Pression veineuse centrale (facultatif)
- Mode ventilatoire avant la mise en ventilation spontanée : ventilation contrôlée (VC) ou ventilation spontanée avec aide inspiratoire (VSAI)
- Données respiratoires :
 - Patients en VC : fréquence respiratoire, volume courant, niveau de PEP, pression de crête et de plateau, SpO₂
 - Patients en VSAI : fréquence respiratoire, niveau d'aide inspiratoire, volume courant, niveau de PEP, SpO₂
- Données biologiques : pH, PaO₂, PaCO₂, bicarbonates, SaO₂, PaO₂/FiO₂, FiO₂, hémoglobine
- Traitements à visée cardiologique et pulmonaire en cours :
 - Bronchodilatateurs
 - Corticoïdes
 - Furosémide
 - Dérivés nitrés
 - Vasodilatateurs artériels
 - Catécholamines (nature et dose)

A l'issue de l'épreuve de ventilation spontanée d'une durée de 30 à 120 minutes, les données suivantes étaient recueillies :

- Durée de l'épreuve de ventilation spontanée (avec heure de début et de fin)
- Succès ou échec de l'épreuve
- Extubation ou non
- Données hémodynamiques : pression artérielle systolique, diastolique et moyenne, fréquence cardiaque, pression veineuse centrale (non indispensable)
- Données respiratoires : débit d'O₂, SpO₂, fréquence respiratoire
- Critères cliniques de mauvaise tolérance de l'épreuve :
 - Troubles de la conscience
 - Anxiété /agitation
 - Cyanose
 - SpO₂ inférieure à 90% ou baisse de SpO₂ supérieure à 5%
 - Fréquence respiratoire supérieure à 35 cycles/min ou augmentation de fréquence respiratoire supérieure à 50%
 - Fréquence cardiaque supérieure à 150 bpm ou augmentation de fréquence cardiaque supérieure à 20 %
 - Trouble du rythme
 - Pression artérielle systolique supérieure à 180 mmHg ou augmentation de pression artérielle systolique supérieure à 20 %
 - Pression artérielle systolique inférieure à 90 mmHg
 - Signes évocateurs de fatigue musculaire respiratoire et/ou de travail accru de la respiration.

En cas d'échec de la première épreuve de ventilation spontanée, une seconde épreuve était réalisée dès que les critères étaient à nouveau réunis. Les données suivantes étaient alors colligées pour chaque patient avant la seconde épreuve :

- Critères de sevrage réunis :
 - Résolution de la cause de mise sous ventilation mécanique
 - Température corporelle inférieure à 39°C
 - Absence de sécrétions bronchiques excessives et toux adéquate
 - Hémodynamique stable : fréquence cardiaque inférieure à 140 bpm et pression artérielle systolique entre 90 et 160 mmHg

- Etat respiratoire compatible : SaO₂ supérieure à 90% sous FiO₂ inférieure à 0,4 ou PaO₂/FiO₂ supérieure à 150, PEP inférieure à 8 cmH₂O, pas d'acidose respiratoire pertinente
- Etat neurologique compatible et absence de sédation
- Hémoglobine > 7 g/dl.
- Données hémodynamiques :
 - Pression artérielle systolique, diastolique et moyenne
 - Fréquence cardiaque
 - Pression veineuse centrale (non indispensable).
- Mode ventilatoire :
 - VSAI
 - VC.
- Pour les patients en VSAI : fréquence respiratoire, niveau d'aide inspiratoire et de PEP, volume courant et SpO₂
- Pour les patients en VC : fréquence respiratoire, volume courant, niveau de PEP, pression de crête et de plateau et SpO₂
- Durée de ventilation mécanique entre les deux épreuves en heures
- Poids réel mesuré du jour
- Bilan hydrique entre les deux essais (tels que fourni par le système informatique Carevue®)
- Modifications thérapeutiques entre les deux essais (traitements introduits, poursuivis ou interrompu) : bronchodilatateurs, corticoïdes, furosémide, dérivés nitrés, vasodilatateurs artériels, catécholamines (nature et dose)
- Derniers gaz du sang avant la seconde épreuve de ventilation spontanée
- Hémoglobine (dernier bilan avant l'épreuve).

A l'issue de la seconde épreuve de ventilation spontanée, les données suivantes étaient recueillies :

- Durée de l'épreuve en minutes
- Succès ou échec de l'épreuve
- Extubation ou non

- Etat hémodynamique :
 - Pression artérielle systolique, diastolique et moyenne
 - Fréquence cardiaque
 - Pression veineuse centrale (non indispensable)
- Données respiratoires :
 - Débit d'O₂
 - SpO₂
 - Fréquence respiratoire
- Données cliniques de mauvaise tolérance de l'épreuve de ventilation spontanée :
 - Troubles de la conscience
 - Anxiété/agitation
 - Cyanose
 - SpO₂ inférieure à 90% ou une baisse de 5%
 - Fréquence respiratoire supérieure à 35 cycles/min ou une augmentation supérieure à 50%
 - Fréquence cardiaque supérieure à 150 bpm ou augmentation supérieure à 20%
 - Trouble du rythme
 - Pression artérielle systolique supérieure à 180 mmHg ou augmentation supérieure à 20%
 - Pression artérielle systolique inférieure à 90 mmHg
 - Signes cliniques évocateurs de fatigue musculaire respiratoire et/ou de travail respiratoire accru.

Chaque patient était évalué 48 heures après l'extubation. Les données suivantes étaient alors colligées :

- Réalisation ou non de ventilation non invasive préventive systématique post-extubation
- Réalisation ou non de ventilation non invasive de sauvetage
- En cas de réalisation de VNI de sauvetage :
 - Date et heure de mise en place

- Durée de ventilation spontanée avant VNI en heures
- Cause de l'insuffisance respiratoire aiguë : insuffisance cardiaque congestive ou OAP de sevrage, œdème laryngé post extubation, excès de sécrétions bronchiques, encéphalopathie ou autre (à préciser)
- Derniers gaz du sang avant VNI : pH, PaO₂, PaCO₂, bicarbonates, SaO₂, PaO₂/FiO₂
- Réintubation ou non
- En cas de réintubation :
 - Date et heure de réintubation
 - Durée de ventilation spontanée avant réintubation en heures
 - Cause de l'insuffisance respiratoire aiguë : insuffisance cardiaque congestive/OAP de sevrage, œdème laryngé post extubation, excès de sécrétions bronchiques, encéphalopathie ou autres (à préciser)
 - Derniers gaz du sang avant réintubation : pH, PaO₂, PaCO₂, bicarbonates, SaO₂, PaO₂/FiO₂
 - Critères majeurs de réintubation ou non :
 - Arrêt respiratoire
 - Pausés respiratoires avec altération de la conscience
 - Instabilité hémodynamique avec pression artérielle systolique inférieure à 70 mmHg
 - Arrêt cardiaque
 - Troubles du rythme ou de la conduction mal tolérés
 - Critères mineurs de réintubation ou non :
 - Inefficacité ventilatoire en raison d'une agitation et/ou de fuites majeures sous VNI
 - Survenue d'une détresse respiratoire avec fréquence respiratoire supérieure à 35 cycles/min ou s'aggravant sous VNI
 - Hypoxémie sévère (PaO₂/FiO₂ inférieur à 120) malgré la VNI
 - Survenue de trouble de conscience ou aggravation des signes d'encéphalopathie respiratoire sous VNI
 - Apparition ou aggravation d'un encombrement bronchique
 - Survenue d'une défaillance autre que respiratoire.

A la sortie du service de réanimation les données suivantes étaient colligées dans le cadre de l'évaluation finale :

- Date de sortie du service
- Mode de sortie : vivant ou décédé
- Extubation possible ou non
- Durée totale du sevrage ventilatoire en jours
- Durée totale de la ventilation mécanique en jours
- Durée totale de l'hospitalisation en réanimation.

4.3.2 Modalités du sevrage ventilatoire

Chaque patient était évalué quotidiennement, selon les recommandations actuelles [1], afin de dépister le moment de l'extubation. Dès que cette dernière était programmée, le patient recevait un traitement prophylactique de l'œdème laryngé par corticoïdes [28]. L'épreuve de ventilation spontanée consistait soit en une épreuve de ventilation spontanée avec oxygénothérapie délivrée par l'intermédiaire d'une sonde nasale, soit en un test de ventilation spontanée en aide inspiratoire à 7 cmH₂O.

La durée de l'épreuve de ventilation spontanée était d'au moins 30 minutes et pouvait aller jusqu'à 120 minutes. Les paramètres cliniques et biologiques étaient recueillis juste avant et immédiatement après l'épreuve. L'échec du test de ventilation spontanée était défini par l'apparition de signes de mauvaise tolérance clinique :

- une polypnée avec fréquence respiratoire supérieure à 35 cycles/min ou une augmentation de plus de 50%
- une désaturation avec une saturation inférieure à 90% ou une baisse de plus de 50%
- une fréquence cardiaque supérieure à 140 bpm ou une augmentation supérieure de 20%
- une pression artérielle systolique supérieure à 180 ou inférieure à 90 mmHg ou une variation de plus de 20%

- une agitation ou une anxiété
- une altération de l'état de conscience
- une cyanose
- des signes d'augmentation du travail respiratoire comme la mise en jeu des muscles respiratoires accessoires, un balancement thoraco-abdominal ou un battement des ailes du nez.

En cas d'échec, le patient était replacé sous ventilation contrôlée pour une durée d'au moins 24 heures. Une seconde tentative de ventilation spontanée était réalisée dès l'obtention des critères de sevrage, selon les mêmes modalités que précédemment décrit. Les traitements à visée cardio-pulmonaire pouvaient être modifiés à discrétion du clinicien entre les deux épreuves de ventilation spontanée.

En cas de succès de l'épreuve de ventilation spontanée, le patient était extubé. Des séances de ventilation non invasive pouvaient être réalisées en prévention de la survenue d'une insuffisance respiratoire aiguë post extubation sur décision du praticien en charge du patient. La VNI était appliquée au moyen d'un masque facial en mode ventilation spontanée avec aide inspiratoire. Les réglages d'AI et de PEP devaient permettre d'obtenir un volume courant d'au moins 5 ml/kg et la FiO₂ une SpO₂ d'au moins 90%. Les données cliniques et biologiques étaient colligées avant l'institution de cette VNI préventive.

En cas de survenue d'une détresse respiratoire dans les 48 heures suivant l'extubation, et en l'absence de critère de réintubation, une VNI de sauvetage était instituée sur décision du clinicien, selon les mêmes modalités que décrites pour la VNI préventive. Les données cliniques et biologiques étaient recueillies préalablement au début du traitement.

L'échec d'extubation était défini par la nécessité d'une réintubation dans les 48 heures suivant l'extubation. Les critères mineurs de réintubation étaient la survenue d'une inefficacité ventilatoire en raison d'une agitation et/ou de fuites majeures sous VNI, d'une détresse respiratoire avec une fréquence respiratoire supérieure à 35 cycles/minute ou s'aggravant sous VNI, d'une hypoxémie sévère avec PaO₂/FiO₂ inférieur à 120 malgré la VNI, de troubles de conscience ou d'aggravation de signes d'encéphalopathie sous VNI, d'un encombrement bronchique ou son aggravation sous VNI, ou enfin d'une défaillance autre

que respiratoire. Les critères majeurs de réintubation étaient la survenue d'un arrêt respiratoire, de pauses respiratoires avec altération de la conscience, d'une instabilité hémodynamique avec pression artérielle systolique inférieure à 70 mmHg, d'un arrêt cardiaque, ou enfin de troubles du rythme ou de la conduction mal tolérés.

La durée de sevrage était définie comme le délai entre la première épreuve de ventilation spontanée et le succès d'extubation. En cas de décès du patient la cause était précisée.

4.4 Analyse statistique

Si les variables suivaient une loi normale un test de Student était réalisé. Une vérification était effectuée avec un test de Shapiro-Wilk. Un test de Mann-Whitney était utilisé si les variables ne suivaient pas une loi normale. En cas de variable qualitative un test de Chi 2 était effectué si les effectifs théoriques étaient supérieurs à 5. Dans le cas contraire les résultats du test exact de Fisher étaient interprétés.

Une régression logistique a également été utilisée en incluant toutes les variables dont la valeur de p en analyse univariée était inférieure à 0,2. Une sélection de variables était ensuite faite pour obtenir le meilleur modèle.

Afin de comparer les variables à l'issue de la première épreuve de ventilation spontanée avec celles de la seconde pour les patients ayant échoué, un test de Mac Nemar sur données appariées était réalisé si les variables étaient qualitatives. Si les variables étaient quantitatives un test de Wilcoxon était réalisé.

5 . Résultats

5.1 Caractéristiques des patients

A l'admission, on distinguait deux catégories de patients, qu'ils soient porteurs d'une pathologie cardiaque chronique ou d'une pathologie respiratoire chronique. Trois quarts des patients faisaient partie du groupe « cardiaque ». Dans la majorité des cas ils étaient porteurs d'une cardiopathie ischémique (64%). Le reste des patients, soit 25%, avaient une pathologie respiratoire au premier plan, dans tous les cas ils étaient porteurs d'une BPCO. Aucun patient n'était porteur d'asthme, de déformation thoracique, de dilatation de bronche ou de séquelle de tuberculose. Il faut noter cependant que certains patients du groupe « cardiaque » étaient également porteurs d'une BPCO, même si la pathologie cardiaque était au premier plan (17 patients soit 30% avaient une pathologie mixte cardiaque et respiratoire).

Tableau 1 : Caractéristiques des patients à l'admission en réanimation

Caractéristiques (n=59)	
Pathologie cardiaque*	44 (75%)
Pathologie respiratoire*	15 (25%)
Sexe masculin	39 (66%)
Cardiopathie ischémique*	21 (64%)
Cardiopathie dilatée*	11 (19%)
Cardiopathie hypertrophique*	6 (10%)
Cardiopathie valvulaire*	8 (14%)
Broncho-pneumopathie chronique obstructive*	20 (34%)
Obésité	13 (22%)
Age (années)	61±15 [17-86]
Taille (cm)	169±7 [155-188]
Poids (kg)	78,7±18,4 [45-141]
Surface corporelle (m²)	1,93±0,26 [1,34-2,73]
IGS 2	41±15 [15-79]
SOFA	6±3 [0-14]
FiO₂	89±22 [30-100]
Volume courant Vt (ml)	477±41 [360-560]
PEEP (cmH₂O)	7±2 [3-13]
pH	7,28±0,15 [6,95-7,54]
PaO₂ (mmHg)	172±104 [51-407]
PaCO₂ (mmHg)	50±23 [22-123]
SaO₂ (%)	96±5 [77,5-100]
Bicarbonates (mmol/L)	22±7 [10,8-38]

* un patient pouvait avoir plusieurs pathologies

Résultats exprimés en moyennes plus ou moins écart type [valeurs extrêmes] et en nombre de patients (pourcentages)

Les motifs d'admission en réanimation sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2 : motifs d'admission en réanimation

Motif d'admission (n=59)	
OAP	13 (22%)
Post opératoire chirurgie cardiaque	10 (17%)
Décompensation de BPCO	5 (9%)
Insuffisance respiratoire aiguë	4 (7%)
Choc cardiogénique sur infarctus	4 (7%)
ACR sur infarctus	3 (5%)
ACR sur trouble du rythme	2 (3%)
Choc cardiogénique autre cause	2 (3%)
Pneumopathie hypoxémiante	2 (3%)
ACR (autre étiologie)	2 (3%)
AVC	2 (3%)
Acidocétose diabétique	1 (2%)
Choc anaphylactique	1 (2%)
Choc cardiogénique sur trouble du rythme	1 (2%)
Choc septique	1 (2%)
Coma hypercapnique	1 (2%)
Complication chirurgie abdominale majeure	1 (2%)
Perforation gastrique traumatique	1 (2%)
Complication post opératoire césarienne	1 (2%)
Post opératoire splénectomie	1 (2%)

Les résultats sont exprimés en nombre de patients (pourcentages)

Lors de l'inclusion, c'est-à-dire juste avant l'épreuve de ventilation spontanée, 49 patients (soit 83%) étaient en ventilation spontanée avec aide inspiratoire et 10 étaient en ventilation contrôlée (soit 17%).

Tableau 3 : caractéristiques des patients lors de la première épreuve de ventilation spontanée

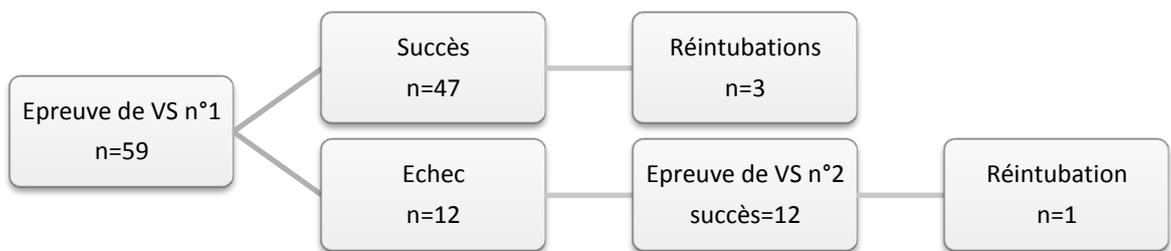
Données à l'issue de l'épreuve de pièce en T	
Succès de l'épreuve (%)	47 (80%)
Durée de l'épreuve (minutes)	39±21 [14-120]
Extubation	47 (80%)
Paramètres vitaux	
Pression artérielle systolique (mmHg)	142±20 [90-195]
Pression artérielle diastolique (mmHg)	82±16 [56-120]
Pression artérielle moyenne (mmHg)	102±15 [70-138]
Fréquence cardiaque (bpm)	104±21 [65-155]
Débit d'O₂ (L/min)	4±2 [1-13]
SpO₂ (%)	95±5 [78-100]
Fréquence respiratoire	24±8 [12-55]
Signes d'intolérance de l'épreuve de VS	
Troubles de conscience	3 (5%)
Anxiété, agitation	12 (20%)
SpO₂<90% ou baisse>5%	9 (15%)
Fréquence respiratoire>35 ou augmentation>50%	9 (15%)
Fréquence cardiaque>150 ou augmentation>20%	3 (5%)
Trouble du rythme auriculaire	1 (2%)
Pression artérielle systolique>180 mmHg ou augmentation>20%	3 (5%)
Pression artérielle systolique<90 mmHg	2 (3%)
Signes de fatigue des muscles respiratoires	7 (12%)

Les résultats sont exprimés en moyenne plus ou moins écart type et en nombre de patients (pourcentages)

La durée moyenne de ventilation était de 7,7±7,4 jours et la durée d'hospitalisation en réanimation de 9,5±6,8 jours. Quarante vingt pour cent des patients, soit 47 patients ont réussi l'épreuve de ventilation spontanée et ont été extubés. Les 12 patients restants ont présenté des signes de mauvaise tolérance clinique qui sont détaillés dans le tableau 3. Ces patients constituent le groupe « échec » car ils n'ont pas été extubés. Ils ont réalisé une seconde épreuve de ventilation spontanée dès que les conditions de sevrage respiratoire ont été

réunies. L'ensemble des patients a réussi la seconde épreuve de ventilation spontanée et ont pu être extubés avec succès. Pour les patients ayant échoué à la première épreuve de ventilation spontanée, la durée moyenne de ventilation entre les 2 épreuves était de $1,2 \pm 3,3$ jours. Quatre patients (soit 7%) ont été réintubés dans les 48 heures suivant leur extubation. Trois patients ont été réintubés après un succès à la première épreuve de ventilation spontanée, un seul a été réintubé après la seconde épreuve de ventilation spontanée (figure 2).

Figure 2 : Réintubations en fonction du succès aux épreuves de ventilation spontanée



Neuf patients (soit 15%) ont bénéficié d'une VNI préventive systématique en post-extubation. Parmi eux, 2 patients ont dû être réintubés. Trois patients (soit 5%) ont eu une VNI de sauvetage dans les 48 heures suivant l'extubation. Parmi eux, 2 ont été réintubés. Les critères cliniques et biologiques ayant conduit à la mise en œuvre de la VNI de sauvetage et à la réintubation sont décrits dans le tableau 4.

Tableau 4 : évaluation finale des patients

Evaluation finale	
Succès d'extubation	56 (95%)
VNI préventive systématique après extubation	9 (15%)
VNI de sauvetage dans les 48 heures	3(5%)
Insuffisance cardiaque congestive, OAP de sevrage	2 (67%)*
Œdème laryngé post extubation	1 (33%)*
Encéphalopathie hypercapnique	1(33%)*
Durée de la ventilation spontanée avant VNI (heures)	15±13 [0,75-24]
Réintubation dans les 48 heures	4 (7%)
Insuffisance cardiaque congestive, OAP de sevrage	3 (75%)*
Oedème laryngée post extubation	1 (25%)*
Excès de sécrétions bronchiques	2 (50%)*
Encéphalopathie hypercapnique	1 (25%)*
Critères mineurs de réintubation	4 (100%)
Critères majeurs de réintubation	0%
Durée de ventilation spontanée avant réintubation (heures)	28±24 [3-60]
Durée totale de VS avant 2^{ème} épreuve (jours)	1,2±3,3 [0-22]
Durée totale de ventilation mécanique (jours)	7,7±7,4 [1-41]
Durée d'hospitalisation en réanimation (jours)	9,5±6,8 [2-39]
Décès	4 (7%)
Sortie vivant	55 (93%)

Les résultats sont exprimés en moyenne plus ou moins écart type et en nombre de patients (pourcentages) ;

* un patient pouvait avoir plusieurs pathologies

Tous les patients réintubés l'ont été à la suite d'apparition de critères mineurs de réintubation qui sont détaillés dans le tableau 4. Aucun ne l'a été à cause de critères majeurs de réintubation. La durée moyenne entre l'extubation et la réintubation était de 28±24 heures. Les gaz du sang avant la réintubation mettent en évidence un pH à 7,34±0,09 ainsi qu'une hypoxémie (PaO₂ à 56±24 mmHg) sans hypercapnie (35±14 mmHg). La saturation artérielle en oxygène était à 88±10%.

Quatre patients sont décédés lors de l'étude, soit 7% de la population. Dans tous les cas, ces décès font suite à une limitation ou un arrêt des thérapeutiques actives (LATA), que soit une décision de ne pas réintuber (3 patients) ou une impossibilité d'extubation (1 patient).

5.2 Critère principal de jugement

On met en évidence une différence significative concernant la différence de poids à l'admission et à l'inclusion (juste avant l'épreuve de ventilation spontanée) entre les patients ayant réussi et ceux ayant échoué à l'épreuve de ventilation spontanée ($-2,5 \pm 5,3$ contre $0,6 \pm 5,6$: $p=0,04$). De plus on constate que chez les patients ayant réussi l'épreuve de ventilation spontanée cette différence de poids était négative, tandis qu'elle était positive chez les patients ayant échoué.

En revanche, le poids à l'admission et le poids à l'inclusion pris isolément étaient similaires ($80,2 \pm 17,9$ contre $72,5 \pm 19,2$: $p=0,23$ et $77,8 \pm 16,5$ contre $73,1 \pm 19,1$: $p=0,40$ respectivement).

5.3 Autres facteurs de risque d'échec d'épreuve de ventilation spontanée

Les caractéristiques de patients qui ont réussi et échoué la première épreuve de ventilation spontanée étaient similaires concernant l'âge, le poids, le sexe et les scores de gravité. De la même façon les paramètres ventilatoires étaient comparables ainsi que les différents paramètres des gaz du sang artériels (tableau 6).

Tableau 6 : caractéristiques des patients à l'admission en réanimation en fonction du succès ou de l'échec d'épreuve de ventilation spontanée

Variable	Total des patients n=59	Succès n=47	Echec n=12	p-value
Age (années)	61±15	62±14	58±15	0,38
Taille (cm)	170±8	170±8	169±7	0,85
Sexe masculin	39 (66%)	29 (62%)	10 (83%)	0,19
Surface corporelle (m ²)	1,93±0,30	1,96±0,25	1,83±0,24	0,14
Poids (kg)	78,7±18,3	80,2±17,9	72,5±19,7	0,23
IGS 2	41±15	41±15	38±18	0,53
SOFA	6±3	6±3	7±3	0,60
Cardiopathie ischémique	38 (64%)	30 (64%)	8(67%)	1,00
Cardiopathie dilatée	11 (19%)	6 (13%)	5 (42%)	0,036
Cardiopathie hypertrophique	6 (10%)	6 (13%)	0	0,33
Cardiopathie valvulaire	8 (14%)	6 (13%)	2 (17%)	0,66
BPCO	20 (34%)	16 (34%)	4 (33%)	1,00
obésité	13 (22%)	10 (21%)	3 (25%)	0,71
FiO ₂	89±22	90±22	86±26	0,66
Volume courant Vt (mL)	477±41	478±43	472±37	0,66
PEEP (cmH ₂ O)	7±3	7±2	7±2	0,68
pH	7,33±0,10	7,34±0,24	7,31±0,22	0,24
PaO ₂ (mmHg)	172±104	178±108	148±84	0,49
PaCO ₂ (mmHg)	50±23	51±21	46±30	0,14
SaO ₂ (%)	96±5	96±5	96±5	0,41
Bicarbonates (mmol/L)	22±7	23±7	22±8	0,59

Les résultats sont exprimés en moyenne plus ou moins écart type et en nombre de patients (pourcentages)

A l'inclusion, les groupes « succès » et « échec » avaient une durée de ventilation similaire. Il n'existait pas de différence significative dans les traitements administrés, les valeurs des gaz du sang artériels et les paramètres ventilatoires (tableau 7).

Tableau 7 : variables à l'inclusion

Variables	Population totale n=59	Succès n=47	Echec n=12	p-value
Durée de ventilation (h)	142±110	137±114	159±96	0,31
Poids de jour (kg)	76,8±16,9	77,8±16,5	73,1±19,1	0,40
Bilan hydrique cumulé (mL)	-1356±4430	-1514±3847	-761,4±6340	0,68
Patients en VSAI	49 (83%)	40 (85%)	9 (75%)	0,41
Patients en ventilation contrôlée	10 (17%)	7 (15%)	3 (25%)	
Bronchodilatateurs	9 (15%)	7 (15%)	2 (17%)	1
Corticoïdes	8 (14%)	6 (13%)	2 (17%)	0,66
furosémide	25 (43%)	19 (40%)	6 (50%)	0,55
Dérivés nitrés	1 (2%)	1(2%)	0%	1
Vasodilatateurs artériels	7 (12%)	6 (13%)	1 (8%)	1
Catécholamines	17 (29%)	12 (26%)	5 (42%)	0,30
PAS (mmHg)	140±19	142±18	132±21	0,09
PAD (mmHg)	79±13	79±13	80±13	0,78
PAM (mmHg)	98±14	99±13	96±17	0,54
Fréquence cardiaque (bpm)	96±20	92±17	113±20	0,0008
Fréquence respiratoire	20±5	19±4	22±6	0,20
Volume courant (ml)	535±127	540±128	518±127	0,47
PEEP (cmH ₂ O)	7±3	7±3	8±2	0,29
SpO ₂ (%)	99±2	98±1	99±2	0,93
pH	7,45±0,10	7,42±0,05	7,50±0,04	0,14
PaO ₂ (mmHg)	99±22	99±22	97±23	0,74
FiO ₂	34±7	34±7	33±5	0,57
Hémoglobine (g/dL)	11,6±1,9	11,6±1,8	11,4±2,3	0,76

Les résultats sont exprimés en moyennes plus ou moins écart type et en nombre de patients (pourcentage)

En analyse univariée, parmi les variables recensées à l'admission en réanimation et lors de l'inclusion, les deux seules susceptibles d'être des facteurs de risque d'échec d'extubation étaient la présence d'une cardiopathie dilatée lors de l'admission (tableau 6) et la fréquence cardiaque lors de l'inclusion (tableau 7).

Les variables qui ont une valeur de p inférieure à 0,2 en analyse univariée ont été incluses dans un modèle de régression logistique. Le modèle contenait 6 variables : la variation de poids entre l'admission et l'inclusion, la surface corporelle, la PaCO₂ à l'admission, la pression artérielle systolique à l'inclusion, la fréquence cardiaque à l'inclusion et l'existence d'une cardiopathie dilatée. Après une sélection des variables, seules 2 variables sont gardées dans le modèle final, la variation de poids entre l'admission et l'inclusion et la cardiopathie dilatée.

Un patient porteur d'une cardiopathie dilatée a donc un risque d'échec à l'épreuve de ventilation spontanée 5,76 fois supérieur à un patient sans cardiopathie (risque relatif : 5,76 ; intervalle de confiance à 95% : [10,04-31,66]). En revanche la variation de poids entre l'admission et l'inclusion n'était pas un facteur indépendant d'échec d'épreuve de ventilation spontanée (risque relatif : 1,08 ; intervalle de confiance à 95% : [0,90-1,29]).

5.4 Analyse du sous-groupe des patients ayant échoué à la première épreuve de ventilation spontanée

Douze patients ont échoué à l'épreuve de ventilation spontanée et ont de nouveau été soumis à une nouvelle épreuve dès que les critères cliniques et biologiques étaient remplis. Dix patients étaient en VSAI et deux en ventilation contrôlée. On dénombrait 9 patients atteints de cardiopathie et 3 de pathologies respiratoires.

Tableau 8 : caractéristiques des patients avant la seconde épreuve de ventilation spontanée

Caractéristiques de patients avant la seconde épreuve de VS	
Durée de ventilation mécanique entre les 2 épreuves (h)	101±123 [24-456]
Poids (kg)	65,3±1,37 [39-89]
Bilan hydrique (mL)	-5062±2427 [-9602- -1382]
Pression artérielle systolique (mmHg)	141±21 [108-174]
Pression artérielle diastolique (mmHg)	84±14 [67-118]
Pression artérielle moyenne (mmHg)	102±14 [84-124]
Fréquence cardiaque (bpm)	103±14 [81-123]
Fréquence respiratoire	19±4 [10-23]
PEEP (cmH₂O)	9±3 [3-12]
Niveau d'aide inspiratoire (cmH₂O)	12±2 [10-14]
SpO₂ (%)	99±2 [95-100]
pH	7,50±0,10 [7,41-7,54]
PaCO₂ (mmHg)	37±6 [27,3-47,3]
Bicarbonates (mmol/L)	27±4 [20-32]
SaO₂ (%)	98±2 [94-99]
PaO₂/FiO₂	343±106 [211-520]
FiO₂	32±5 [25-40]

Les résultats sont exprimés en moyennes plus ou moins écart type et en nombre de patients (pourcentage)

La durée de la seconde épreuve était de 41±10 minutes. Tous les patients ont réussi cette épreuve et ont pu être extubés.

Il existait une différence significative de fréquence cardiaque et de saturation artérielle en oxygène entre la première et la seconde épreuve de ventilation spontanée. La fréquence cardiaque était significativement plus basse lors de la seconde épreuve (103±14 contre 129±18 bpm : p=0,004) et la saturation artérielle en oxygène plus haute (98±3 contre 88±7 : p=0,004).

On mettait également une différence significative de poids entre la première et la seconde épreuve de ventilation spontanée. En effet le poids lors de la seconde épreuve de

ventilation spontanée était plus bas que lors de la première (65,3±17,3 contre 72,8±20 : p=0,001). En revanche il n'existait de différence en ce qui concernait le bilan hydrique (tableau 9).

Tableau 9 : Caractéristiques des patients ayant échoué lors de la première épreuve de VS mais ayant réussi la seconde

	Epreuve n°1	Epreuve n°2	P value
Pression artérielle systolique (mmHg)	142±20	141±22	0,90
Pression artérielle diastolique (mmHg)	86±21	84±14	0,75
Pression artérielle moyenne (mmHg)	102±21	102±14	0,99
Fréquence cardiaque (Bpm)	129±18	103±14	0,004
SpO₂ (%)	88±7	98±3	0,004
Bronchodilatateurs	2 (17%)	2 (17%)	1
Corticoïdes	2 (17%)	2 (17%)	1
Furosémide	6 (50%)	10 (83%)	0,19
Dérivés nitrés	0	2 (17%)	0,48
Vasodilatateur artériel	1 (8%)	3 (25%)	0,49
Catécholamines	5 (42%)	8 (67%)	0,41
Poids réel (kg)	72,8±20	65,3±17,3	0,001
Bilan hydrique (mL)	-1081±6548	-5062±2427	0,12
Hémoglobine (g/dL)	11±2	11±2	0,60
pH	7,50±0,05	7,40±0,05	0,24
PaO₂/FiO₂	302±84	343±106	0,52
Bicarbonates (mmol/L)	26±4	27±4	1

Les résultats sont exprimés en moyennes plus ou moins écart type et en nombre de patients (pourcentages)

Parmi les variables qualitatives de mauvaise tolérance de l'épreuve de ventilation spontanée, seule la présence d'anxiété ou d'agitation était significativement différente entre les 2 épreuves (p=0,0078). En effet, 9 patients sur les 12 étaient agités à l'issue de la première épreuve contre seulement un seul lors de l'épreuve n°2.

5.5 Analyse selon la pathologie sous-jacente: influence sur le risque d'échec d'extubation

Douze patients ont donc échoué à la première épreuve de ventilation spontanée. Sept d'entre eux (soit 54%) avaient une insuffisance cardiaque, un (soit 17%) une pathologie respiratoire et 4 (soit 29%) une insuffisance mixte.

Dans le groupe des patients ayant échoué à l'épreuve de ventilation spontanée on retrouvait 12% de pathologie cardiaque, 2% de pathologie respiratoire et 7% de pathologie mixte. Dans le groupe des patients ayant réussi, il y avait 41% d'insuffisants cardiaques, 16% d'insuffisants respiratoires et 22% de porteurs d'une pathologie mixte. La présence d'une insuffisance cardiaque ou d'une pathologie respiratoire n'influe pas sur le sevrage de la ventilation mécanique ($p=0,82$).

6 . Discussion

6.1 Caractéristiques de la population

L'âge moyen de notre population est d'environ 60 ans avec une majorité d'hommes. Ces constatations sont en accord avec les données de la littérature. En effet en 2002 Esteban et al. [2] étudiaient 5183 patients recevant une ventilation mécanique dans une étude prospective réalisée dans 36 réanimations à travers le monde. L'âge moyen dans cette étude était de 59 ans avec une proportion d'homme à 61%.

La répartition des patients entre les insuffisants cardiaques et ceux souffrant d'une pathologie respiratoire chronique est inégale puisque trois quarts étaient porteurs d'une cardiopathie chronique avec une fraction d'éjection du ventricule gauche inférieur à 40 %. Dans les cinq études randomisées multicentriques concernant le sevrage de la ventilation mécanique, la proportion de patients porteurs de BPCO varie de 25 à 48%. Cependant aucune de ces études ne comprenait comme dans notre travail une majorité de patients insuffisants cardiaques [9, 10, 13, 14, 72]

Les scores de gravité sont concordants avec ceux rapportés par l'étude d'Esteban et al.[2] précédemment citée où l'IGS II est en moyenne à 44 et avec celle de Frutos-Vivar et al. [64] où l'IGS II moyen est à 38.

Le taux de succès à la première épreuve de ventilation spontanée est de 80%, soit 20% d'échec d'extubation à la première tentative. Cette valeur est comparable avec les données de la littérature. Dans les cinq études multicentriques concernant le sevrage de la ventilation mécanique, le taux d'échec d'extubation varie de 14 à 32% [9, 10, 13, 14, 72] .

Le taux de réintubation parmi nos patients est bas à 7%. Dans les cinq études précédemment citées, il varie de 3 à 19%. La principale cause ayant conduit à la réintubation de nos patients est l'insuffisance cardiaque congestive, ce qui reflète la proportion importante de patients insuffisants cardiaques dans la population étudiée. A l'admission, la présence d'une cardiopathie dilatée était un facteur de risque d'échec d'extubation en analyse multivariée.

Tableau 10 : comparaison des taux d'échec à l'épreuve de ventilation spontané et de réintubation

Auteur	Nombre de patients	Echec épreuve de VS	Réintubations
Brochard (1994)	456	109 (24%)	8 (3%)
Esteban (1995)	546	130 (24%)	58 (14%)
Esteban (1997)	484	87 (18%)	74 (19%)
Vallverdu (1998)	217	69 (32%)	23 (16%)
Esteban (1999)	526	73 (14%)	61 (13%)
TOTAL	2486	524 (21%)	252 (13%)
Notre étude	59	12 (20%)	4 (7%)

En 2010 l'étude de Funk et al. [53] analysent une population de 257 patients en cours de sevrage ventilatoire. Ils les classent selon les catégories de la conférence de consensus européenne : « sevrage simple », « sevrage difficile » et « sevrage prolongé » [1]. Bien que la répartition des patients soit un peu différente dans notre étude -en effet aucun de nos patients n'appartenait à la catégorie « sevrage prolongé »- on remarque que de la même façon que dans l'étude de Funk et al. le taux de réintubation est plus élevé dans le groupe « sevrage simple », bien que ce soit de manière non significative ($p=0,18$).

Tableau 11 : comparaison du taux de réintubation en fonction des groupes de sevrage

	Sevrage simple	Sevrage difficile	Sevrage prolongé	Réintubation sevrage simple	Réintubation Sevrage difficile	Réintubation Sevrage prolongé
Funk (2010)	152 (59%)	68 (25%)	37 (14%)	19 (13%)	5 (7%)	2 (5)
Notre étude	47 (79,7%)	12 (20,3%)	0	3 (5,1%)	1 (1,7%)	0

Dans notre étude, la durée moyenne de ventilation mécanique était de 7,7 jours. Dans l'étude d'Esteban et al. [2], réalisant une description des caractéristiques de plus de 5000 patients non sélectionnés de réanimation sous ventilation mécanique, la durée était de 5,9 jours. Dans l'étude de Frutos-Vivar et al. [64], elle était de 5 jours. La durée de ventilation plus longue peut être expliquée par les caractéristiques particulières de notre population constituée de patients considérés comme à risque de sevrage ventilatoire difficile.

En revanche la durée entre les deux épreuves de ventilation spontanée semble plus courte dans notre étude que dans celle d'Esteban et al. (1,2 contre 4,2 jours) [2], sans qu'une explication puisse être avancée.

Dans notre étude l'utilisation de la VNI s'est faite de deux façons distinctes. Premièrement elle pouvait être initiée de manière préventive chez les patients paraissant les plus fragiles. Il n'existait pas de critères précis conduisant à l'institution de ce traitement, la décision étant laissée à l'appréciation du médecin en charge du patient. Deuxièmement la VNI pouvait être débutée devant l'apparition de signes de détresse respiratoire (VNI de sauvetage), là encore selon le jugement du clinicien.

Deux des neuf patients qui ont bénéficié de VNI préventive systématique ont été réintubés. En effet l'utilisation de la VNI dans cette indication a été majorée depuis l'étude de Ferrer et al. en 2009 [106]. Cette étude évalue l'utilisation de la VNI prophylactique post extubation chez les patients hypercapniques à l'issue de l'épreuve de ventilation spontanée. Cependant, si une diminution de la mortalité en mise en évidence, les auteurs relèvent un taux de réintubation similaire dans les deux groupes.

D'autre part, les 2 autres patients réintubés l'ont été à la suite d'une tentative de VNI de sauvetage. L'utilisation de la VNI comme traitement de l'insuffisance respiratoire aiguë post-extubation est discutée depuis l'étude d'Esteban et al. en 2004 [108] où les auteurs rapportaient une augmentation de la mortalité dans le groupe ayant reçu ce traitement par rapport au groupe contrôle, sans différence de taux de réintubation. Ces résultats soulevaient la possibilité d'un retard préjudiciable à la réintubation chez les patients placés sous VNI pour une insuffisance respiratoire aiguë post-extubation. Dans notre étude la VNI de sauvetage n'a permis d'éviter la réintubation que pour un patient sur trois, ce qui est peu élevé par rapport à l'étude d'Esteban et al. [108], où la moitié des patients n'étaient pas

réintubés. De la même façon, dans l'étude de Ferrer et al. [106], deux tiers des patients ayant eu de la VNI de sauvetage n'étaient pas réintubés. Ces résultats peuvent être expliqués par notre population particulière de patients à haut risque d'échec d'extubation.

6.2 Influence de la différence entre le poids à l'admission et le poids à l'inclusion sur la possibilité d'extubation

L'analyse univariée met en évidence une différence de poids entre l'admission et l'inclusion significativement plus élevée chez les patients ayant échoué à l'épreuve de ventilation spontanée. On remarque également que cette différence est négative chez les patients ayant réussi l'épreuve et positive chez ceux ayant échoué.

Cette différence entre le poids à l'admission et le poids à l'inclusion a été choisie pour représenter le bilan hydrique cumulé. En effet la valeur du bilan hydrique cumulé est un calcul réalisé par l'équipe infirmière en fonction du bilan d'entrée et de sortie des patients. Il est donc teinté d'inexactitude et en particulier il ne prend pas en compte les pertes insensibles. Le choix de la différence entre le poids à l'admission et le poids à l'inclusion a donc été fait dans le but de minimiser les risques d'erreur.

Curieusement l'influence du bilan hydrique d'un patient sur les possibilités de sevrage de la ventilation mécanique chez les patients à haut risque d'échec d'extubation n'a fait l'objet que de peu d'études. Les deux premières études publiées sur le sujet sont rétrospectives. En 1995, Clochesy et al. [109] conduit une analyse portant sur 174 patients dépendant de la ventilation mécanique de manière prolongée. Parmi d'autres facteurs de risque, le bilan hydrique des 24 heures précédant l'extubation était associé avec la durée de ventilation mécanique. En 1999, Engoren et al. [110] regroupaient une série de 1000 patients en cours de sevrage de la ventilation mécanique en post-opératoire de chirurgie cardiaque. Les bilans hydriques per-opératoire des patients extubés avec succès étaient significativement inférieurs à ceux des patients n'ayant pas pu être extubés. Ces deux études présentent des limites : analyse rétrospective, notion de bilan hydrique des 24 heures reflétant mal la surcharge hydrique accumulée [109], tout comme le bilan hydrique per-opératoire [110], avec une population très particulière de patients en post- opératoire de chirurgie cardiaque.

En 2005, Randolph et al. [111] publient cette fois une étude prospective et multicentrique mais portant sur une population pédiatrique (dont environ 20% de patients néonataux) de 301 enfants ventilés (d'âge néonatal -10% de la population environ- à 18 ans). Le sevrage de la ventilation mécanique était guidé par un protocole. Les auteurs n'ont pas retrouvé de relation entre le bilan hydrique cumulé pendant l'hospitalisation et le succès d'extubation dans les cas où le protocole de sevrage était appliqué. En revanche, quand le protocole n'était pas appliqué, il existait une relation entre le bilan hydrique cumulé et l'extubation.

La même année, Upadya et al. [3] publiaient la première étude prospective démontrant la relation entre le bilan hydrique cumulé au cours de l'hospitalisation et le sevrage de la ventilation mécanique. Cette étude regroupait 87 patients de réanimation médicale en cours de sevrage dont 69% de patients atteints d'insuffisance ventriculaire gauche (contre 75% dans notre étude) et 40% porteur de BPCO (contre 34% dans notre étude). La durée de ventilation mécanique était en moyenne de 3 jours soit une durée plus courte que dans notre étude (7,7 jours en moyenne). A l'issue d'une épreuve de ventilation spontanée, 38 patients soit 44% étaient extubés (contre 80% chez nos patients). L'épreuve de ventilation spontanée était réalisée soit par une épreuve de ventilation spontanée soit par une épreuve en VSAI avec une aide inspiratoire à 7 cmH₂O, tout comme dans notre étude. En revanche la durée de l'épreuve n'était pas précisée. On constate donc que si la durée de ventilation de nos patients était plus longue, une plus grande proportion de patients pouvait être extubés. Dans l'étude d'Upadya et al [3], les patients extubés avec succès avaient un bilan hydrique des 24 heures, des 48 heures et cumulé au cours de l'hospitalisation significativement négatif par rapport aux patients ayant échoué. L'utilisation de diurétiques le jour de l'épreuve de ventilation spontanée était rapportée, sans différence entre les deux groupes (62% dans le groupe « succès » et 51% dans le groupe « échec » ; p=0,2), ce qui est comparable avec notre étude. Le bilan hydrique cumulé négatif avait dans l'étude d'Upadya et al. [3] une sensibilité de 69% et une spécificité de 65% pour prédire le succès d'extubation.

Par la suite, en 2006, deux travaux s'intéressent au rôle du bilan hydrique au cours du sevrage. L'étude d'Epstein et al. [65] regroupait de manière prospective 40 patients de réanimation chirurgicale, âgés de plus de 60 ans. Elle mettait en évidence une association

entre le bilan hydrique journalier et cumulé négatif au cours de l'hospitalisation et le succès du sevrage. L'utilisation de diurétiques n'était pas colligée dans ce travail. L'étude de Frutos-Vivar et al. [64] portait sur 900 patients ayant réussi une épreuve de ventilation spontanée. Cent vingt et un d'entre eux, soit 13% étaient réintubés. Parmi les différents facteurs de risque d'échec mis en évidence par l'analyse de régression logistique, un bilan hydrique positif avait un risque relatif de 1,70 (intervalle de confiance à 95% : 1,15-2,53).

Nos résultats sont donc en concordance avec les données de la littérature. Cependant seule l'étude d'Upadya [3] s'était précédemment intéressée à une population de patients potentiellement difficile à sevrer, comme c'est le cas de notre étude.

Tableau 12 : études sur l'influence du bilan hydrique sur le sevrage de la ventilation

Auteur	Type d'étude	Patients	Résultats
Clochesy et al. 1995	Rétrospective	n=174 ventilation de longue durée	Bilan hydrique des 24 heures=relation avec durée de ventilation
Engoren et al. 1999	Rétrospective	n=1000 sevrage simple post opératoire de chirurgie cardiaque	Bilan hydrique per opératoire=influence sur le sevrage de la ventilation
Randolph et al ; 2005	Prospective multicentrique	n=301 population pédiatrique comprenant une partie néonatale	Bilan hydrique cumulé=relation avec succès d'extubation (seulement en l'absence du protocole de sevrage)
Upadya et al. 2006	Prospective	n=87 69% cardiaques 40% BPCO	Bilan hydrique cumulé négatif=succès extubation
Epstein et al. 2006	Prospective	n=40 réanimation chirurgicale âge>60 ans	Bilan hydrique cumulé négatif=succès du sevrage de la ventilation
Frutos-Vivar 2006	Prospective	n=900 patients extubés après succès d'une épreuve de ventilation spontanée	Bilan hydrique positif=facteur de risque de réintubation (OR=1,70)

L'absence de significativité de la variation de poids entre l'admission et l'épreuve de ventilation spontanée en analyse multivariée est probablement due au faible effectif de notre population.

6.3 Autres facteurs de risque potentiels d'échec d'extubation chez les patients à haut risque

Les autres facteurs de risque d'échec à l'épreuve de ventilation spontanée chez les patients à risque de notre étude sont la présence d'une cardiopathie dilatée et la fréquence cardiaque avant l'épreuve de ventilation spontanée. Cependant il peut sembler évident que la présence d'une cardiopathie dilatée avec une fraction d'éjection du ventricule gauche inférieure à 40% (selon les critères d'inclusion de notre étude) puisse, surtout dans un contexte de surcharge hydrique, expliquer un échec à l'épreuve de ventilation spontanée de cause cardiaque. Ce d'autant que nos résultats mettent évidence que la principale cause de réintubation dans notre population est l'apparition d'insuffisance cardiaque congestive.

En ce qui concerne la fréquence cardiaque comme facteur de risque d'échec d'épreuve de ventilation spontanée, il semble cependant difficile d'utiliser ce seul critère comme un facteur de risque à part entière, étant donné sa fréquence et la multiplicité des causes de tachycardie en réanimation.

Parmi les quatre études prospectives multicentriques recherchant des facteurs de risque d'échec d'extubation [13, 14, 64, 72] on retrouve :

- Dans les deux études d'Esteban et al.[14, 72], la fréquence respiratoire, la fréquence cardiaque, la pression artérielle systolique et la saturation artérielle en oxygène durant l'épreuve de ventilation spontanée étaient des facteurs de risque d'échec à l'épreuve de ventilation spontanée. En revanche ces variables n'étaient pas différentes entre le groupe des patients extubés avec succès et ceux ayant dû être réintubés.
- Frutos-Vivar et al.[64] mettait en évidence des facteurs de risque de réintubation que sont le RSBI (fréquence respiratoire/volume courant) avec un Odds ratio à 1,009 [1,003-1,015], le bilan hydrique cumulé (comme précédemment cité) et la pneumopathie comme cause d'intubation avec un Odds ratio à 1,77 [1,10-2,84].
- Vallverdù et al.[13] retrouvait les facteurs de risque de réintubation suivants : durée de ventilation mécanique avant l'épreuve de ventilation spontanée,

RSBI, pression inspiratoire maximale, pression d'occlusion des voies aériennes, pression expiratoire maximale et capacité vitale.

Les facteurs de risques retrouvés par notre étude ne sont donc pas retrouvés dans la littérature mais aucune des études précédemment cités ne regroupe une proportion aussi importante de patients insuffisants cardiaques.

6.4 Analyse des patients ayant échoué à l'épreuve de ventilation n°1

Nous avons comparé les caractéristiques des patients ayant échoué lors de l'épreuve 1 et lors de l'épreuve 2. La SpO₂ est significativement plus élevée lors de la seconde épreuve et la fréquence cardiaque significativement plus basse. Cela témoigne de manière évidente d'un état clinique plus propice à l'extubation et de la meilleure tolérance de la ventilation spontanée. En effet 9 patients sur les 12 étaient agités et/ou anxieux lors de la 1^{ère} épreuve contre seulement 1 lors de la seconde (p=0,0078).

Il existe également une différence significative entre le poids lors de la 1^{ère} et la seconde épreuve (72,8±20 lors de la première épreuve contre 65,3±17,3 lors de la seconde : p=0,001). En effet on constate que le poids des patients est plus bas lors de la seconde épreuve (où tous les patients ont réussi) que lors de la 1^{ère} épreuve de ventilation spontanée. Cela peut être expliqué par une administration plus large de diurétiques, bien que ce soit de manière non significativement différente (chez 50% des patients à l'épreuve 1 contre 83% à l'épreuve 2), dans une population de patients en grande majorité porteur d'une cardiopathie avec altération de la fonction ventriculaire gauche (9 patients soit 75% de la population des patients ayant échoué à l'épreuve 1).

6.5 Limites de l'étude

Premièrement, nous présentons une étude comprenant un faible effectif de patients, avec une proportion inégale de patients cardiaques (75% de la population) et de patients porteurs d'une pathologie respiratoire chronique. Cette plus grande proportion de patients

insuffisants cardiaques explique probablement que la perte de poids entre les deux épreuves permette le succès dans 100% des cas à la seconde épreuve.

Deuxièmement, nous avons fait le choix de ne prendre en compte dans l'analyse des « échecs » les seuls échecs d'épreuve de ventilation spontanée, sans comptabiliser comme tels les patients réintubés dans les 48 heures suivantes. Ce choix a été fait pour plusieurs raisons. Tout d'abord, on sait qu'une grande majorité des patients qui ont passé avec succès une épreuve de ventilation spontanée ne seront pas réintubés [9, 10, 13, 14, 71, 72]. Egalement, le poids pouvait être mesuré de manière préalable à la seconde épreuve de ventilation spontanée de manière fiable, ce qui n'était pas vrai en cas de réintubation pratiquée par définition de manière non programmée. D'autre part les délais pour définir l'échec d'extubation sont variables de deux à trois jours dans la littérature [9, 106], même si la conférence de consensus européenne retient plutôt un délai de 48 heures. Enfin, le choix de s'intéresser à la population de patients ayant échoué à la première épreuve de ventilation spontanée a permis de comparer ce sous-groupe lors de la première et de la seconde épreuve de ventilation spontanée.

Troisièmement, l'étiologie cardiaque de l'échec ne peut être affirmée avec certitude en l'absence d'évaluation échocardiographique pendant l'épreuve de ventilation spontanée.

7 . Conclusion

Le sevrage de la ventilation mécanique représente une part importante de la durée totale de la ventilation mécanique. Les causes d'échec d'extubation sont souvent multifactorielles. Les patients les plus à risque d'échec sont les patients insuffisants cardiaques et insuffisants respiratoires. Chez ces patients certains facteurs de risque d'échec d'extubation, comme le bilan hydrique cumulé au de l'hospitalisation, sont peu étudiés.

Notre étude s'est attachée à évaluer l'influence de ce bilan hydrique, représenté par la différence de poids entre l'admission et la première épreuve de ventilation spontanée, sur le sevrage de la ventilation mécanique dans une population sélectionnée de patients à haut risque d'échec d'extubation. Ce travail a mis en évidence que la différence de poids entre l'admission et l'inclusion représente un facteur de risque d'échec d'extubation.

Les autres facteurs de risque mis en évidence sont la présence d'une cardiopathie dilatée et la fréquence cardiaque au début de l'épreuve de ventilation spontanée. L'analyse multivariée retrouve la cardiopathie dilatée comme facteur de risque avec un risque relatif de 5,76. En revanche, la variation de poids entre l'admission et l'épreuve de ventilation spontanée n'apparaît pas être un facteur de risque indépendant d'échec d'extubation.

Tous les patients ayant échoué à la première épreuve de ventilation spontanée ont réussi la seconde. Or on mettait en évidence une différence de poids significative entre la première et la seconde épreuve de ventilation spontanée.

Le bilan hydrique paraît donc avoir une importance particulière chez les patients à haut risque d'échec d'extubation, principalement chez les insuffisants cardiaques, qui représentaient la majeure partie de la population étudiée. Le bilan hydrique représente un facteur facile à monitorer et à corriger. Un effectif plus important aurait peut-être permis de considérer le bilan hydrique comme facteur de risque indépendant.

Annexes

Fiche de recueil de données

ECHO ET EPREUVE SUR PIECE EN T CHEZ LES PATIENTS A RISQUE

<i>Etiquette</i>

Date :

Heure :

Investigateur :

A. ELIGIBILITE

1. Vérifier les **critères d'inclusion**

- Patient VHYPER.....oui non
- Patient atteint de cardiopathie (FEVG \leq 40 %)oui non
- Ventilation mécanique \geq 48 heures.....oui non
- Critères de mise en pièce en T : ensemble des critères suivants (*évaluation quotidienne*)
 - résolution de la cause de mise sous ventilation mécaniqueoui non
 - température $<$ 39°Coui non
 - absence de sécrétions bronchiques excessives et toux adéquate..oui non
 - hémodynamique stable
 - FC \leq 140 bpmoui non
 - PAS entre 90 et 160 mmHgoui non
 - GDS compatibles
 - SaO₂ $>$ 90 % sous FiO₂ \leq 0,4 ou PaO₂/FiO₂ \geq 150oui non
 - PEEP \leq 8 cmH₂O (non indispensable).....oui non
 - Pas d'acidose respiratoire pertinenteoui non
 - état neurologique compatible et absence de sédation.....oui non
 - Hb \geq 7 g/dl (non indispensable)oui non

2. Absence de **critère d'exclusion** (si présent, remplir le registre des exclus)

- patient trachéotomisé.....oui non
- arythmie ou électro-entraîné.....oui non
- ETT techniquement impossible* (agitation, pas d'image...)oui non

* Si oui : préciser

B. DONNEES A L'ADMISSION EN REANIMATION

- Date d'admission : Heure d'admission :
- Poids réel : Taille : Surface corporelle :
- Motif d'admission :

➤ Pathologie cardiaque :

- Ischémiqueoui non
- Dilatée.....oui non
- Hypertrophique.....oui non
- Valvulaireoui non
- Infiltranteoui non

➤ Pathologie respiratoire :

- BPCOoui non
- Asthme.....oui non
- Obésité.....oui non
- Déformation thoracique.....oui non
- DDBoui non
- Séquelles de tuberculoseoui non

- IGS 2 : SOFA :
- FiO2 : VT : PEEP :

➤ GDS à l'admission (pires valeurs) :

- pH : PaO2 : PaCO2 : SaO2 : Bicar :

C. DONNEES A L'INCLUSION (JUSTE AVANT PIECE EN T)

- Durée de ventilation (heures) :
- Poids réel du jour :
- Bilan hydrique cumulé depuis l'admission :

- Données hémodynamiques :

- PAS/PAD/PAM :
- PVC (non indispensable) :
- FC :

- Mode ventilatoire avant mise sur tube

- VSAIoui non
- VCoui non

Données respiratoires :

Patient en VC	Patient en VSAI
- Fr : /min	- Fr : /min
- VT : ml	- AI : cmH2O
- PEEP : cmH2O	- VT : ml
- P crête : cmH2O	- PEEP : cmH2O
- Pplat : cmH2O	- SpO2 : %
- SpO2 : %	

- Derniers GDS avant pièce en T :

- pH :
- PaO2 : mmHg
- PaCO2 : mmHg
- Bicarbonates : mmol/l
- SaO2 : %
- PaO2/FiO2 : (FiO2 =)

} Bilan du matin

- Hémoglobine : g/dl (dernière disponible)

- Traitements à visée pulmonaire et cardiologique avant pièce en T :

- Bronchodilatateuroui non
- Corticoïdesoui non
- Furosémideoui non
- Dérivés nitrésoui non
- Vasodilatateurs artérielsoui non
- Catécholaminesoui non

Nature :

Dose :

D. DONNEES A L'ISSUE DE LA PIECE EN T (A 30 MIN OU AVANT REBRANCHEMENT)

- Succès de l'épreuve sur pièce en T*oui non
- Heure de début de la pièce en T :
- Heure de fin de la pièce en T :
- Durée de la pièce en T : min
- Extubationoui non
- Données hémodynamiques :
 - PAS/PAD/PAM :
 - PVC (non indispensable) :
 - FC :
- Données respiratoires :

* L'épreuve sur pièce en T est considérée comme un échec lorsqu'il a été nécessaire de rebrancher le malade au respirateur avant 30 minutes.

- Débit O2 (pièce en T) :
 - SpO2 :
 - Fréquence respiratoire : /min
- Données cliniques de mauvaise tolérance de l'épreuve sur pièce en T :
- Troubles de la conscienceoui non
 - Anxiété/agitationoui non
 - Cyanoseoui non
 - SpO2 < 90 % ou baisse SpO2 > 5 %oui non
 - FR > 35/min ou augmentation > 50 %oui non
 - FC > 150 bpm ou augmentation ≥ 20%oui non
 - Trouble du rythme*oui non
 - PAS > 180 mmHg ou augmentation ≥ 20 %oui non
 - PAS < 90 mmHgoui non
 - Signes cliniques évocateurs de fatigue musculaire
respiratoire et/ou de travail accru de la respirationoui non

* Si OUI, préciser la nature du trouble du rythme

EPREUVE SUR PIECE EN T n° 2

- Date d'épreuve sur pièce en T n° 2 :

Heure :

A. CRITERES DE SEVRAGE

➤ Ensemble des critères suivants (*évaluation quotidienne*)

- résolution de la cause de mise sous ventilation mécaniqueoui non
- température < 39°Coui non
- absence de sécrétions bronchiques excessives et toux adéquateoui non
- hémodynamique stable
 - FC ≤ 140 bpmoui non
 - PAS entre 90 et 160 mmHg.....oui non
- GDS compatibles
 - SaO₂ > 90 % sous FiO₂ ≤ 0,4 ou PaO₂/FiO₂ ≥ 150.....oui non
 - PEEP ≤ 8 cmH₂O (non indispensable.....oui non
 - Pas d'acidose respiratoire pertinenteoui non
- Etat neurologique compatible et absence de sédation.....oui non
- Hb ≥ 7 g/dl (non indispensableoui non
- Données hémodynamiques :
 - PAS/PAD/PAM :
 - PVC :
 - FC :
- Mode ventilatoire avant mise sur tube
 - VSAIoui non
 - VCoui non

B. TRAITEMENT DEPUIS LA 1^{ère} PIECE EN T

- Durée de ventilation mécanique entre les 2 essais : heures
- Poids réel du jour :
- Bilan hydrique entre les 2 essais :
- Modifications thérapeutiques entre les 2 essais :

➤ Bronchodilatateurs :

- introduitsoui non

C. DONNEES JUSTE AVANT LA PIECE EN T N°2

➤ Données respiratoires :

Patient en VC	Patient en VSAI
- Fr : /min	- Fr : /min
- VT : /ml	- AI : cmH2O
- PEEP : cmH2O	- VT : /ml
- P crête : cmH2O	- PEEP : cmH2O
- Plat : cmH2O	- SpO2 : %
- SpO2 : %	

- Derniers GDS avant pièce en T :

- | | | |
|------------------|-----------|------------------|
| ▪ pH : | | } Bilan du matin |
| ▪ PaO2 : | mmHg | |
| ▪ PaCO2 : | mmHg | |
| ▪ Bicarbonates : | mmol/l | |
| ▪ SaO2 : | % | |
| ▪ PaO2/FiO2 : | (FiO2 =) | |

- Hémoglobine : g/dl (dernière disponible)

D. DONNEES A L'ISSUE DE L'ESSAI N° 2 (A 30 MIN OU AVANT REBRANCHEMENT)

- Succès de l'épreuve sur pièce en T*oui non
- Heure de début de la pièce en T :
- Heure de fin de la pièce en T :
- Durée de la pièce en T : min
- Extubation.....oui non
- Données hémodynamiques :
 - PAS/PAD/PAM :
 - PVC (non indispensable) :
 - FC :
- Données respiratoires :
 - Débit O2 (pièce en T) :
 - SpO2 :
 - Fréquence respiratoire : /min

- Données cliniques de mauvaise tolérance de l'épreuve de pièce en T :
 - Troubles de la conscienceoui non
 - Anxiété/agitation.....oui non
 - Cyanoseoui non
 - SpO2 < 90 % ou baisse SpO2 > 5 %oui non
 - FR > 35/min ou augmentation > 50 %oui non
 - FC > 150 bpm ou augmentation ≥ 20%oui non
 - Trouble du rythme**oui non
 - PAS > 180 mmHg ou augmentation ≥ 20 %oui non
 - PAS < 90 mmHgoui non
 - Signes cliniques évocateurs de fatigue musculaire respiratoire
et/ou de travail respiratoire accruoui non

** Si OUI, préciser la nature du trouble du rythme

* L'épreuve sur pièce en T est considérée comme un échec lorsqu'il a été nécessaire de rebrancher le malade au respirateur avant 30 minutes.

EVALUATION FINALE

A. EVALUATION APRES EXTUBATION (48 H)

- Date : _____ Heure : _____
- VNI préventive systématique après l'extubationoui non
- VNI de sauvetage dans les 48 heures suivant l'extubationoui non

Si VNI de sauvetage :

- Date et heure de VNI :
- Durée de ventilation spontanée avant VNI (heures) :
- Cause de de l'insuffisance respiratoire aiguë :
 - Insuffisance cardiaque congestive/ OAP de sevrageoui non
 - Œdème laryngé post-extubationoui non
 - Excès de sécrétions bronchiquesoui non
 - Encéphalopathieoui non
 - Autre (détailler) :
- Derniers gaz du sang avant VNI de sauvetage :
 - pH :
 - PaO₂ : _____ mmHg
 - PaCO₂ : _____ mmHg
 - Bicarbonates : _____ mmol/l
 - SaO₂ : _____ %
 - PaO₂/FiO₂ : _____ (FiO₂ = _____)
- Réintubation dans les 48 heures suivant l'extubationoui non

➤ Si réintubation :

- Date et heure de réintubation :
- Durée de ventilation spontanée avant réintubation (heures) :
- Cause de l'insuffisance respiratoire aiguë :
 - Insuffisance cardiaque congestive/ OAP de sevrageoui non
 - Œdème laryngé post-extubationoui non
 - Excès de sécrétions bronchiquesoui non
 - Encéphalopathieoui non
 - Autre (détailler)

- Derniers gaz du sang avant réintubation :
 - pH :
 - PaO₂ : mmHg
 - PaCO₂ : mmHg
 - Bicarbonates : mmol/l
 - SaO₂ : %
 - PaO₂/FiO₂ : (FiO₂ =)

- Critères majeurs de réintubation :
 - Arrêt respiratoire
 - Pausés respiratoires avec altération de la conscience
 - Instabilité hémodynamique avec pression artérielle systolique < 70 mmHg
 - Arrêt cardiaque
 - Troubles du rythme ou de la conduction cardiaque mal tolérés

- Critères mineurs de réintubation :
 - Inefficacité ventilatoire en raison d'une agitation et/ou de fuites majeures sous VNI
 - Survenue d'une détresse respiratoire avec une fréquence respiratoire > 35/min ou s'aggravant sous VNI
 - Hypoxémie sévère (PaO₂/FiO₂ < 120) malgré la VNI
 - Survenue de troubles de conscience ou aggravation des signes d'encéphalopathie respiratoire (score d'encéphalopathie ≥ 3) sous VNI
 - Apparition ou aggravation d'un encombrement bronchique sous VNI
 - Survenue d'une défaillance autre que respiratoire

B. EVALUATION A LA SORTIE DU SERVICE DE REANIMATION

- Date de sortie (JJ/MM/AAAA) :
- Mode de sortie vivant décédé

Si décès, cause* :

- Extubation possibleoui non

Si oui, durée totale du sevrage (jour) :

durée totale de la ventilation mécanique (jour) :

- Durée de l'hospitalisation en Réanimation (jour) :

* Précisez explicitement si limitation de soins et la raison

Bibliographie

1. Boles, J.M., et al., *Weaning from mechanical ventilation*. Eur Respir J, 2007. **29**(5): p. 1033-56.
2. Esteban, A., et al., *Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study*. JAMA, 2002. **287**(3): p. 345-55.
3. Upadya, A., et al., *Fluid balance and weaning outcomes*. Intensive Care Med, 2005. **31**(12): p. 1643-7.
4. Ely, E.W., et al., *Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously*. N Engl J Med, 1996. **335**(25): p. 1864-9.
5. Esteban, A., et al., *Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. The Spanish Lung Failure Collaborative Group*. Chest, 1994. **106**(4): p. 1188-93.
6. Tobin, M.J., *Mechanical ventilation*. N Engl J Med, 1994. **330**(15): p. 1056-61.
7. Epstein, S.K., M.L. Nevins, and J. Chung, *Effect of unplanned extubation on outcome of mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 2000. **161**(6): p. 1912-6.
8. Boulain, T., *Unplanned extubations in the adult intensive care unit: a prospective multicenter study. Association des Reanimateurs du Centre-Ouest*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **157**(4 Pt 1): p. 1131-7.
9. Esteban, A., et al., *A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group*. N Engl J Med, 1995. **332**(6): p. 345-50.
10. Brochard, L., et al., *Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 1994. **150**(4): p. 896-903.
11. Epstein, S.K., R.L. Ciubotaru, and J.B. Wong, *Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation*. Chest, 1997. **112**(1): p. 186-92.
12. Carlucci, A., et al., *Noninvasive versus conventional mechanical ventilation. An epidemiologic survey*. Am J Respir Crit Care Med, 2001. **163**(4): p. 874-80.
13. Vallverdu, I., et al., *Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **158**(6): p. 1855-62.
14. Esteban, A., et al., *Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group*. Am J Respir Crit Care Med, 1999. **159**(2): p. 512-8.
15. Pinsky, M.R., *Breathing as exercise: the cardiovascular response to weaning from mechanical ventilation*. Intensive Care Med, 2000. **26**(9): p. 1164-6.
16. Leung, P., A. Jubran, and M.J. Tobin, *Comparison of assisted ventilator modes on triggering, patient effort, and dyspnea*. Am J Respir Crit Care Med, 1997. **155**(6): p. 1940-8.
17. Chastre, J. and J.Y. Fagon, *Ventilator-associated pneumonia*. Am J Respir Crit Care Med, 2002. **165**(7): p. 867-903.
18. Torres, A., et al., *Re-intubation increases the risk of nosocomial pneumonia in patients needing mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 1995. **152**(1): p. 137-41.
19. Epstein, S.K. and R.L. Ciubotaru, *Independent effects of etiology of failure and time to reintubation on outcome for patients failing extubation*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **158**(2): p. 489-93.
20. Salam, A., et al., *Neurologic status, cough, secretions and extubation outcomes*. Intensive Care Med, 2004. **30**(7): p. 1334-9.

21. Stauffer, J.L., D.E. Olson, and T.L. Petty, *Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy. A prospective study of 150 critically ill adult patients.* Am J Med, 1981. **70**(1): p. 65-76.
22. Ho, L.I., et al., *Postextubation laryngeal edema in adults. Risk factor evaluation and prevention by hydrocortisone.* Intensive Care Med, 1996. **22**(9): p. 933-6.
23. Darmon, J.Y., et al., *Evaluation of risk factors for laryngeal edema after tracheal extubation in adults and its prevention by dexamethasone. A placebo-controlled, double-blind, multicenter study.* Anesthesiology, 1992. **77**(2): p. 245-51.
24. Gaussorgues, P., et al., *[Laryngeal edema after extubation. Do corticosteroids play a role in its prevention?].* Presse Med, 1987. **16**(31): p. 1531-2.
25. Miller, R.L. and R.P. Cole, *Association between reduced cuff leak volume and postextubation stridor.* Chest, 1996. **110**(4): p. 1035-40.
26. Jaber, S., et al., *Post-extubation stridor in intensive care unit patients. Risk factors evaluation and importance of the cuff-leak test.* Intensive Care Med, 2003. **29**(1): p. 69-74.
27. Rashkin, M.C. and T. Davis, *Acute complications of endotracheal intubation. Relationship to reintubation, route, urgency, and duration.* Chest, 1986. **89**(2): p. 165-7.
28. Francois, B., et al., *12-h pretreatment with methylprednisolone versus placebo for prevention of postextubation laryngeal oedema: a randomised double-blind trial.* Lancet, 2007. **369**(9567): p. 1083-9.
29. Chatila, W., et al., *Cardiac ischemia during weaning from mechanical ventilation.* Chest, 1996. **109**(6): p. 1577-83.
30. Hurford, W.E. and F. Favorito, *Association of myocardial ischemia with failure to wean from mechanical ventilation.* Crit Care Med, 1995. **23**(9): p. 1475-80.
31. Lemaire, F., et al., *Acute left ventricular dysfunction during unsuccessful weaning from mechanical ventilation.* Anesthesiology, 1988. **69**(2): p. 171-9.
32. Lamia, B., et al., *Echocardiographic diagnosis of pulmonary artery occlusion pressure elevation during weaning from mechanical ventilation.* Crit Care Med, 2009. **37**(5): p. 1696-701.
33. Montgomery, A.B., et al., *Prediction of successful ventilator weaning using airway occlusion pressure and hypercapnic challenge.* Chest, 1987. **91**(4): p. 496-9.
34. Kress, J.P., et al., *Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation.* N Engl J Med, 2000. **342**(20): p. 1471-7.
35. Garnacho-Montero, J., et al., *Critical illness polyneuropathy: risk factors and clinical consequences. A cohort study in septic patients.* Intensive Care Med, 2001. **27**(8): p. 1288-96.
36. De Jonghe, B., et al., *Paresis acquired in the intensive care unit: a prospective multicenter study.* JAMA, 2002. **288**(22): p. 2859-67.
37. Bednarik, J., Z. Lukas, and P. Vondracek, *Critical illness polyneuromyopathy: the electrophysiological components of a complex entity.* Intensive Care Med, 2003. **29**(9): p. 1505-14.
38. Witt, N.J., et al., *Peripheral nerve function in sepsis and multiple organ failure.* Chest, 1991. **99**(1): p. 176-84.
39. Maher, J., et al., *Neuromuscular disorders associated with failure to wean from the ventilator.* Intensive Care Med, 1995. **21**(9): p. 737-43.
40. Zifko, U.A., H.T. Zipko, and C.F. Bolton, *Clinical and electrophysiological findings in critical illness polyneuropathy.* J Neurol Sci, 1998. **159**(2): p. 186-93.
41. De Jonghe, B., et al., *Does ICU-acquired paresis lengthen weaning from mechanical ventilation?* Intensive Care Med, 2004. **30**(6): p. 1117-21.
42. Garnacho-Montero, J., et al., *Effect of critical illness polyneuropathy on the withdrawal from mechanical ventilation and the length of stay in septic patients.* Crit Care Med, 2005. **33**(2): p. 349-54.
43. Inouye, S.K., et al., *A multicomponent intervention to prevent delirium in hospitalized older patients.* N Engl J Med, 1999. **340**(9): p. 669-76.

44. Ely, E.W., et al., *Delirium as a predictor of mortality in mechanically ventilated patients in the intensive care unit*. JAMA, 2004. **291**(14): p. 1753-62.
45. Chlan, L.L., *Description of anxiety levels by individual differences and clinical factors in patients receiving mechanical ventilatory support*. Heart Lung, 2003. **32**(4): p. 275-82.
46. Parthasarathy, S. and M.J. Tobin, *Effect of ventilator mode on sleep quality in critically ill patients*. Am J Respir Crit Care Med, 2002. **166**(11): p. 1423-9.
47. Jubran, A., et al., *Depressive disorders during weaning from prolonged mechanical ventilation*. Intensive Care Med, 2010. **36**(5): p. 828-35.
48. van den Berghe, G., et al., *Intensive insulin therapy in the critically ill patients*. N Engl J Med, 2001. **345**(19): p. 1359-67.
49. O'Brien, J.M., Jr., et al., *Excess body weight is not independently associated with outcome in mechanically ventilated patients with acute lung injury*. Ann Intern Med, 2004. **140**(5): p. 338-45.
50. Sassoon, C.S., et al., *Altered diaphragm contractile properties with controlled mechanical ventilation*. J Appl Physiol, 2002. **92**(6): p. 2585-95.
51. Levine, S., et al., *Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans*. N Engl J Med, 2008. **358**(13): p. 1327-35.
52. Nathens, A.B., et al., *Randomized, prospective trial of antioxidant supplementation in critically ill surgical patients*. Ann Surg, 2002. **236**(6): p. 814-22.
53. Funk, G.C., et al., *Incidence and outcome of weaning from mechanical ventilation according to new categories*. Eur Respir J, 2010. **35**(1): p. 88-94.
54. Sahn, S.A. and S. Lakshminarayan, *Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation*. Chest, 1973. **63**(6): p. 1002-5.
55. Marini, J.J. and S.A. Ravenscraft, *Mean airway pressure: physiologic determinants and clinical importance--Part 1: Physiologic determinants and measurements*. Crit Care Med, 1992. **20**(10): p. 1461-72.
56. Yang, K.L. and M.J. Tobin, *A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation*. N Engl J Med, 1991. **324**(21): p. 1445-50.
57. Tobin, M.J., et al., *The pattern of breathing during successful and unsuccessful trials of weaning from mechanical ventilation*. Am Rev Respir Dis, 1986. **134**(6): p. 1111-8.
58. Sassoon, C.S., et al., *Airway occlusion pressure. An important indicator for successful weaning in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Am Rev Respir Dis, 1987. **135**(1): p. 107-13.
59. Capdevila, X.J., et al., *Occlusion pressure and its ratio to maximum inspiratory pressure are useful predictors for successful extubation following T-piece weaning trial*. Chest, 1995. **108**(2): p. 482-9.
60. Nemer, S.N., et al., *A new integrative weaning index of discontinuation from mechanical ventilation*. Crit Care, 2009. **13**(5): p. R152.
61. Conti, G., et al., *A prospective, blinded evaluation of indexes proposed to predict weaning from mechanical ventilation*. Intensive Care Med, 2004. **30**(5): p. 830-6.
62. Taniot, M.A., et al., *A randomized, controlled trial of the role of weaning predictors in clinical decision making*. Crit Care Med, 2006. **34**(10): p. 2530-5.
63. Alsous, F., et al., *Negative fluid balance predicts survival in patients with septic shock: a retrospective pilot study*. Chest, 2000. **117**(6): p. 1749-54.
64. Frutos-Vivar, F., et al., *Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial*. Chest, 2006. **130**(6): p. 1664-71.
65. Epstein, C.D. and J.R. Peerless, *Weaning readiness and fluid balance in older critically ill surgical patients*. Am J Crit Care, 2006. **15**(1): p. 54-64.
66. Jubran, A., et al., *Continuous recordings of mixed venous oxygen saturation during weaning from mechanical ventilation and the ramifications thereof*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **158**(6): p. 1763-9.

67. Teixeira, C., et al., *Central venous saturation is a predictor of reintubation in difficult-to-wean patients*. Crit Care Med, 2010. **38**(2): p. 491-6.
68. Maisel, A.S., et al., *Rapid measurement of B-type natriuretic peptide in the emergency diagnosis of heart failure*. N Engl J Med, 2002. **347**(3): p. 161-7.
69. Mekontso-Dessap, A., et al., *B-type natriuretic peptide and weaning from mechanical ventilation*. Intensive Care Med, 2006. **32**(10): p. 1529-36.
70. Grasso, S., et al., *Use of N-terminal pro-brain natriuretic peptide to detect acute cardiac dysfunction during weaning failure in difficult-to-wean patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Crit Care Med, 2007. **35**(1): p. 96-105.
71. Farias, J.A., et al., *A comparison of two methods to perform a breathing trial before extubation in pediatric intensive care patients*. Intensive Care Med, 2001. **27**(10): p. 1649-54.
72. Esteban, A., et al., *Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group*. Am J Respir Crit Care Med, 1997. **156**(2 Pt 1): p. 459-65.
73. Straus, C., et al., *Contribution of the endotracheal tube and the upper airway to breathing workload*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **157**(1): p. 23-30.
74. Brochard, L., et al., *Inspiratory pressure support compensates for the additional work of breathing caused by the endotracheal tube*. Anesthesiology, 1991. **75**(5): p. 739-45.
75. Nathan, S.D., et al., *Prediction of minimal pressure support during weaning from mechanical ventilation*. Chest, 1993. **103**(4): p. 1215-9.
76. Ishaaya, A.M., S.D. Nathan, and M.J. Belman, *Work of breathing after extubation*. Chest, 1995. **107**(1): p. 204-9.
77. Cabello, B., et al., *Physiological comparison of three spontaneous breathing trials in difficult-to-wean patients*. Intensive Care Med, 2010. **36**(7): p. 1171-9.
78. Annet, S.J., et al., *Detrimental effects of removing end-expiratory pressure prior to endotracheal extubation*. Ann Surg, 1980. **191**(5): p. 539-45.
79. Ely, E.W., et al., *Large scale implementation of a respiratory therapist-driven protocol for ventilator weaning*. Am J Respir Crit Care Med, 1999. **159**(2): p. 439-46.
80. Blackwood, B., et al., *Use of weaning protocols for reducing duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients: Cochrane systematic review and meta-analysis*. BMJ, 2011. **342**: p. c7237.
81. Krishnan, J.A., et al., *A prospective, controlled trial of a protocol-based strategy to discontinue mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 2004. **169**(6): p. 673-8.
82. Rose, L., et al., *A randomised, controlled trial of conventional versus automated weaning from mechanical ventilation using SmartCare/PS*. Intensive Care Med, 2008. **34**(10): p. 1788-95.
83. Girard, T.D., et al., *Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial*. Lancet, 2008. **371**(9607): p. 126-34.
84. Esteban, A., et al., *Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research*. Am J Respir Crit Care Med, 2008. **177**(2): p. 170-7.
85. Vitacca, M., et al., *Comparison of two methods for weaning patients with chronic obstructive pulmonary disease requiring mechanical ventilation for more than 15 days*. Am J Respir Crit Care Med, 2001. **164**(2): p. 225-30.
86. Feeley, T.W. and J. Hedley-Whyte, *Weaning from controlled ventilation and supplemental oxygen*. N Engl J Med, 1975. **292**(17): p. 903-6.
87. Squadrone, V., et al., *Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial*. JAMA, 2005. **293**(5): p. 589-95.
88. Haberthur, C., et al., *Extubation after breathing trials with automatic tube compensation, T-tube, or pressure support ventilation*. Acta Anaesthesiol Scand, 2002. **46**(8): p. 973-9.
89. Cohen, J., et al., *Prediction of extubation outcome: a randomised, controlled trial with automatic tube compensation vs. pressure support ventilation*. Crit Care, 2009. **13**(1): p. R21.

90. Appendini, L., et al., *Physiologic response of ventilator-dependent patients with chronic obstructive pulmonary disease to proportional assist ventilation and continuous positive airway pressure*. Am J Respir Crit Care Med, 1999. **159**(5 Pt 1): p. 1510-7.
91. Campbell, R.S., R.D. Branson, and J.A. Johannigman, *Adaptive support ventilation*. Respir Care Clin N Am, 2001. **7**(3): p. 425-40, ix.
92. Otis, A.B., W.O. Fenn, and H. Rahn, *Mechanics of breathing in man*. J Appl Physiol, 1950. **2**(11): p. 592-607.
93. Sulzer, C.F., et al., *Adaptive support ventilation for fast tracheal extubation after cardiac surgery: a randomized controlled study*. Anesthesiology, 2001. **95**(6): p. 1339-45.
94. Dojat, M., et al., *NeoGanesh: a working system for the automated control of assisted ventilation in ICUs*. Artif Intell Med, 1997. **11**(2): p. 97-117.
95. Dojat, M., et al., *A knowledge-based system for assisted ventilation of patients in intensive care units*. Int J Clin Monit Comput, 1992. **9**(4): p. 239-50.
96. Laghi, F., et al., *Is weaning failure caused by low-frequency fatigue of the diaphragm?* Am J Respir Crit Care Med, 2003. **167**(2): p. 120-7.
97. Powers, S.K., A.N. Kavazis, and S. Levine, *Prolonged mechanical ventilation alters diaphragmatic structure and function*. Crit Care Med, 2009. **37**(10 Suppl): p. S347-53.
98. Nava, S., et al., *Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease. A randomized, controlled trial*. Ann Intern Med, 1998. **128**(9): p. 721-8.
99. Girault, C., et al., *Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute-on-chronic respiratory failure: a prospective, randomized controlled study*. Am J Respir Crit Care Med, 1999. **160**(1): p. 86-92.
100. Ferrer, M., et al., *Noninvasive ventilation during persistent weaning failure: a randomized controlled trial*. Am J Respir Crit Care Med, 2003. **168**(1): p. 70-6.
101. Trevisan, C.E. and S.R. Vieira, *Noninvasive mechanical ventilation may be useful in treating patients who fail weaning from invasive mechanical ventilation: a randomized clinical trial*. Crit Care, 2008. **12**(2): p. R51.
102. Burns, K.E., et al., *Use of non-invasive ventilation to wean critically ill adults off invasive ventilation: meta-analysis and systematic review*. BMJ, 2009. **338**: p. b1574.
103. Bohner, H., et al., *Prophylactic nasal continuous positive airway pressure after major vascular surgery: results of a prospective randomized trial*. Langenbecks Arch Surg, 2002. **387**(1): p. 21-6.
104. Nava, S., et al., *Noninvasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high-risk patients*. Crit Care Med, 2005. **33**(11): p. 2465-70.
105. Ferrer, M., et al., *Early noninvasive ventilation averts extubation failure in patients at risk: a randomized trial*. Am J Respir Crit Care Med, 2006. **173**(2): p. 164-70.
106. Ferrer, M., et al., *Non-invasive ventilation after extubation in hypercapnic patients with chronic respiratory disorders: randomised controlled trial*. Lancet, 2009. **374**(9695): p. 1082-8.
107. Keenan, S.P., et al., *Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress: a randomized controlled trial*. JAMA, 2002. **287**(24): p. 3238-44.
108. Esteban, A., et al., *Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation*. N Engl J Med, 2004. **350**(24): p. 2452-60.
109. Clochesy, J.M., B.J. Daly, and H.D. Montenegro, *Weaning chronically critically ill adults from mechanical ventilatory support: a descriptive study*. Am J Crit Care, 1995. **4**(2): p. 93-9.
110. Engoren, M., et al., *Variables predicting reintubation after cardiac surgical procedures*. Ann Thorac Surg, 1999. **67**(3): p. 661-5.
111. Randolph, A.G., et al., *Cumulative fluid intake minus output is not associated with ventilator weaning duration or extubation outcomes in children*. Pediatr Crit Care Med, 2005. **6**(6): p. 642-7.

Serment d'Hippocrate

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire