



**Criterios de Extubación  
Ampliados en  
Ventilación Mecánica  
Prolongada**

**TESIS DOCTORAL**

**Eva Benveniste Pérez**

**Universitat Autònoma de Barcelona**

**2015**





**UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

**Unidad Docente Hospital Universitari Germans Trias i Pujol**

**DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA**

**TESIS DOCTORAL**

**Criterios de Extubación Ampliados en  
Ventilación Mecánica Prolongada**

**Memoria para optar al grado de Doctora en Medicina y Cirugía presentada por**

**Eva Benveniste Pérez**

**DIRECTORES**

Prof. Jaume Fernández-Llamazares Rodríguez  
Dr. José Antonio Moreno Molina



**Autora:**

Eva Benveniste Pérez

**Directores:**

Jaume Fernández-Llamazares Rodríguez

José Antonio Moreno Molina





*“El hombre puede creer en lo imposible, pero no creerá nunca en lo improbable”*

**Oscar Wilde**



*A mis padres, Clara y Roberto, a mi tía  
Vicky y a mi hermana Gabriela por  
haberme apoyado y animado siempre.*

*A Toni, por su cariño, y por hacer  
que todo sea más divertido.*



## Agradecimientos

La elaboración de una Tesis Doctoral es una tarea que implica un importante trabajo y esfuerzo individuales, pero también es el resultado de la colaboración y de la ayuda de muchas personas sin las cuales este proyecto no hubiese sido posible.

Quiero agradecer en primer lugar el interés y apoyo constantes del Dr. José Antonio Moreno, codirector de esta Tesis, quien con enorme paciencia y perseverancia ha sabido guiarme en la elaboración del trabajo y ha dedicado innumerables horas a la corrección del mismo.

Gracias también al Dr. Eduard Mesalles, por ayudarme a creer en el proyecto en los momentos difíciles y aportar siempre, de forma desinteresada, su ayuda y una visión original y crítica. En sus consejos y correcciones nunca ha faltado una gran positividad y sentido del humor que han hecho el camino más llevadero.

Hubiese sido imposible llevar a cabo este trabajo sin la inestimable ayuda del Dr. Josep Roca, que ha sabido comprender nuestros objetivos y ha llevado a cabo el análisis estadístico de los datos, mostrándose siempre dispuesto, amable y generoso.

El Prof. Llamazares, director de la Tesis, con su amplia experiencia en el campo docente y de la investigación, me ha enseñado a ser ordenada y metódica, y ha aportado con acierto modificaciones imprescindibles para el correcto desarrollo del trabajo, por lo que siempre estaré agradecida.

No puedo olvidar dar las gracias también a l'Institut de Recerca Germans Trias i Pujol (IGTP) por ofrecerme la posibilidad de disfrutar de una beca de investigación para la realización del proyecto de Tesis Doctoral y al Dr. Jordi Klamburg, jefe de Servicio en momento en que se gestó este proyecto, que siempre nos ha mostrado la importancia de la investigación en Medicina y nos ha animado a participar en ella.

Gracias a mis compañeros de UCI, en especial a la Dra. Maite Misis por su cariñoso interés y apoyo, a la Dra. Ana Campos por sus consejos y por el tiempo dedicado a enseñarme el funcionamiento del programa de recopilación bibliográfica y al Dr. Fernando Arméstar, por mostrarse siempre dispuesto a colaborar; a las Dras. Ana Cabaña, Regina Roig y Aroa Gómez

por ayudarme en la recogida de datos y a todos los demás amigos del servicio y del hospital que de alguna u otra manera me han apoyado durante este período. Agradecer también la colaboración de todo el personal de enfermería y auxiliares de la UCI, por facilitarme la tarea de la recogida de datos y al turno de tarde de la VIC por sus amables consejos en la preparación del diseño del trabajo.

Finalmente, quiero dar las gracias a Ceci, por su eficacia y ayuda en la traducción al inglés y por ser una persona de la cual todos deberíamos aprender. Y a mi familia y a mi pareja, por todo el tiempo que les he robado.

A todos, muchas gracias.

**ÍNDICE GENERAL**

<b>ABREVIATURAS</b>	<b>23</b>
<b>JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO</b>	<b>29</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>35</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN A LA VENTILACIÓN MECÁNICA</b>	<b>35</b>
<b>2. BREVE HISTORIA DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA</b>	<b>36</b>
<b>3. PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA</b>	<b>39</b>
<b>4. FUNCIONAMIENTO DEL RESPIRADOR</b>	<b>42</b>
<b>5. OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA</b>	<b>43</b>
5.1 OBJETIVOS FISIOLÓGICOS	43
5.2 OBJETIVOS CLÍNICOS	43
<b>6. INDICACIONES DE INTUBACIÓN E INICIO DE TRATAMIENTO MEDIANTE VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA</b>	<b>44</b>
<b>7. COMPLICACIONES ASOCIADAS A LA VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA</b>	<b>46</b>
7.1 COMPLICACIONES DERIVADAS DE LA VÍA AÉREA ARTIFICIAL	46
7.2 COMPLICACIONES DERIVADAS DE LA PRESENCIA DEL TUBO ENDOTRAQUEAL EN LA VÍA AÉREA	47
7.3 COMPLICACIONES TRAS LA EXTUBACIÓN	48
7.4 COMPLICACIONES HEMODINÁMICAS	49
7.5 COMPLICACIONES PULMONARES	50
7.6 COMPLICACIONES RENALES	51
7.7 COMPLICACIONES GASTROINTESTINALES	52
7.8 COMPLICACIONES NUTRICIONALES	52
7.9 COMPLICACIONES NEUROLÓGICAS	53
7.10 COMPLICACIONES INFECCIOSAS	53
<b>8. VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA (VMI) Y VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA (VMNI)</b>	<b>56</b>
<b>9. VENTILACIÓN MECÁNICA PROLONGADA (VMP)</b>	<b>58</b>
<b>10. DESTETE O <i>WEANING</i> DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA</b>	<b>59</b>
10.1 PRINCIPIOS DE <i>WEANING</i> DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA	59
10.2 CRITERIOS PARA INICIAR EL PROCESO DE <i>WEANING</i>	62
10.3 CRITERIOS PARA INTERRUMPIR EL PROCESO DE <i>WEANING</i>	63
10.4 OTROS FACTORES QUE CONDICIONAN EL PRONÓSTICO DEL <i>WEANING</i>	64
A. Rapid Shallow Breathing Index (RSBI) o Índice de Tobin	65
B. Hemoglobina	65
C. Polineuropatía y miopatía	66
D. Fuerza de prensión manual	68
E. Balance hídrico negativo	68
F. Disfunción muscular respiratoria, diafragma y ultrasonografía	69

10.5	MÉTODOS DE DESTETE DE LA VMI	72
	A. SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation):	72
	B. PSV (Ventilación con Presión de Soporte)	73
	C. Presión Positiva Continua en la vía Aérea (CPAP)	74
	D. Ventilación Asistida Proporcional (VAP)	74
	E. Compensación de Tubo	75
	F. Tubo en T	77
<b>11.</b>	<b>EXTUBACIÓN</b>	<b>79</b>
11.1	CRITERIOS DE EXTUBACIÓN (CRITERIOS CLÁSICOS)	79
11.2	ÉXITO Y FRACASO DE EXTUBACIÓN	80
11.3	CAUSAS DE FRACASO DE EXTUBACIÓN	81
11.4	OTROS PARÁMETROS PREDICTORES DE ÉXITO/FRACASO DE EXTUBACIÓN	83
	A. Variabilidad de la frecuencia cardiaca	83
	B. Saturación venosa central de oxígeno (SVO <sub>2</sub> )	83
	C. Fracción de espacio muerto (Vd/Vt)	84
	D. Percepción subjetiva del paciente	85
	E. Índice integrado de <i>Weaning</i> (IWI, Integrative Weaning Index)	86
11.5	CRITERIOS DE EXTUBACIÓN AMPLIADOS	87
	A. Protección de vía aérea y secreciones traqueobronquiales	87
	B. Estado neurológico: nivel de conciencia	89
<b>12.</b>	<b>EL PACIENTE NEUROLÓGICO</b>	<b>90</b>
12.1	FRACASO DE EXTUBACIÓN EN EL PACIENTE NEUROLÓGICO	92
<b>13.</b>	<b>TRAQUEOSTOMÍA</b>	<b>97</b>
13.1	GENERALIDADES	97
13.2	INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES	98
13.3	TÉCNICA DE REALIZACIÓN: QUIRÚRGICA O PERCUTÁNEA	99
13.4	COMPLICACIONES RELACIONADAS CON LA TRAQUEOSTOMÍA	99
	A. Complicaciones tempranas:	100
	B. Complicaciones tardías	101
13.5	TRAQUEOSTOMÍA EN EL DESTETE DE LA VMI. VENTAJAS DE LA TRAQUEOSTOMÍA RESPECTO A LA INTUBACIÓN OROTRAQUEAL	101
13.6	¿EN QUÉ MOMENTO ESTÁ INDICADO REALIZAR LA TRAQUEOSTOMÍA?	102
13.7	DECANULACIÓN	103
	<b>HIPÓTESIS DE TRABAJO</b>	<b>107</b>
	<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b>	<b>111</b>
A.	OBJETIVOS PRINCIPALES:	111
B.	OBJETIVOS SECUNDARIOS:	111
	<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>115</b>

<b>1. UNIDAD DÓNDE SE HA REALIZADO EL ESTUDIO</b>	<b>115</b>
<b>2. DISEÑO DEL ESTUDIO</b>	<b>115</b>
2.1 TIPO DE ESTUDIO, TAMAÑO DE LA MUESTRA Y PERÍODO DE REALIZACIÓN	115
2.2 SELECCIÓN DE PACIENTES	116
Criterios de inclusión	116
Criterios de exclusión	117
<b>3. METODOLOGÍA DE LA RECOGIDA DE INFORMACIÓN</b>	<b>118</b>
3.1 HOJA DE RECOGIDA DE DATOS	118
3.2 MODELO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	118
3.3 DEFINICIÓN DE ÉXITO Y FRACASO DE EXTUBACIÓN	118
3.4 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE EXTUBACIÓN CLÁSICOS Y AMPLIADOS	119
3.4.1 Criterios de extubación clásicos	119
3.4.2 Criterios de extubación ampliados	120
3.5 METODOLOGÍA DE RECOGIDA DE LOS CRITERIOS DE EXTUBACIÓN	121
3.5.1 Criterios de extubación clásicos:	121
3.5.2 Criterios de extubación ampliados	125
3.6 VARIABLES ESTUDIADAS	126
3.7 DIAGRAMA DE TRABAJO	130
3.8 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ESTUDIO	131
<b>4. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA</b>	<b>132</b>
<b>5. MODELO DE HOJA DE RECOGIDA DE DATOS</b>	<b>133</b>
<b>6. MODELO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO</b>	<b>135</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>139</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>141</b>
<b>2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO 1 (PACIENTES EXTUBADOS)</b>	<b>143</b>
2.1 DATOS DEMOGRÁFICOS	143
2.2 CARACTERÍSTICAS EN EL MOMENTO PREVIO A LA EXTUBACIÓN	145
A. Criterios de extubación convencionales	145
B. Criterios de extubación ampliados	146
2.3 DATOS POSTERIORES A LA EXTUBACIÓN	147
2.3.1 Éxito y fracaso de extubación	147
2.3.2 Datos globales de la VM	148
2.4 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL	149
<b>3. COMPARATIVA SEGÚN ÉXITO O FRACASO DE EXTUBACIÓN. ANÁLISIS UNIVARIANTE</b>	<b>150</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ANTECEDENTES PATOLÓGICOS	150
3.2 MOTIVO DE INTUBACIÓN	151
3.3 ÉXITO Y FRACASO DE EXTUBACIÓN SEGÚN PATOLOGÍA DE BASE DE LOS PACIENTES	152
3.4 CARACTERÍSTICAS EN EL MOMENTO PREVIO A LA EXTUBACIÓN	153
A. Criterios de extubación convencionales	153
B. Criterios de extubación ampliados	155
3.5 DATOS POSTERIORES A LA EXTUBACIÓN. DATOS GLOBALES DE VM	158

3.6 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL	160
<b>4. COMPARATIVA SEGÚN ÉXITO Y FRACASO DE EXTUBACIÓN. ANÁLISIS MULTIVARIANTE</b>	<b>162</b>
<b>5. COMPARATIVA SEGÚN PACIENTE NEUROLÓGICO Y NO NEUROLÓGICO. ANÁLISIS UNIVARIANTE</b>	<b>164</b>
5.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ANTECEDENTES PATOLÓGICOS	164
5.2 MOTIVO DE INTUBACIÓN	167
5.3 CARACTERÍSTICAS EN EL MOMENTO PREVIO A LA EXTUBACIÓN	168
A. Criterios de extubación convencionales	168
B. Criterios de extubación ampliados	169
5.4 DATOS POSTERIORES A LA EXTUBACIÓN. DATOS GLOBALES DE VM	171
5.5 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL	172
<b>6. COMPARATIVA SEGÚN PACIENTES NEUROLÓGICOS QUE SE EXTUBAN CON ÉXITO Y PACIENTES NEUROLÓGICOS QUE FRACASAN EN LA EXTUBACIÓN. ANÁLISIS UNIVARIANTE</b>	<b>173</b>
6.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ANTECEDENTES PATOLÓGICOS	173
6.2 CARACTERÍSTICAS EN EL MOMENTO PREVIO A LA EXTUBACIÓN	175
A. Criterios de extubación convencionales	175
B. Criterios de extubación ampliados	176
6.3 DATOS GLOBALES DE VM	178
6.4 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL	180
<b>7. FACTORES PRONÓSTICOS DE EXTUBACIÓN EN EL PACIENTE NEUROLÓGICO Y EN EL PACIENTE NO NEUROLÓGICO. ANÁLISIS MULTIVARIANTE</b>	<b>181</b>
<b>8. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL GRUPO DE PACIENTES DEL GRUPO 2 (GRUPO DE PACIENTES CON TRAQUEOSTOMÍA)</b>	<b>184</b>
8.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ANTECEDENTES PATOLÓGICOS	184
8.2 DATOS GLOBALES DE LA TRAQUEOSTOMÍA	186
8.3 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL	187
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>191</b>
<b>1. POBLACIÓN ESTUDIADA</b>	<b>192</b>
<b>2. FRACASO DE EXTUBACIÓN</b>	<b>193</b>
2.1 FACTORES RELACIONADOS CON EL PRONÓSTICO DE LA EXTUBACIÓN	193
A. Edad	193
B. Sexo	193
C. Antecedentes patológicos: la hipertensión arterial	194
D. Duración de la VMI	194
E. Gravedad al ingreso: APACHE II	195
F. Patología de base: el paciente neurológico	195
2.2 LOS CRITERIOS DE EXTUBACIÓN CLÁSICOS	196
A. Índice de Tobin	197
B. Hemoglobina	198
C. pCO <sub>2</sub>	199
D. El nivel de conciencia de los pacientes valorado mediante la escala GCS	199

2.3 LOS CRITERIOS DE EXTUBACIÓN AMPLIADOS: ¿ESTÁN ASOCIADOS A UNA MAYOR PROBABILIDAD DE ÉXITO DE LA EXTUBACIÓN?	200
A. Criterios de valoración neurológica: obedecer 4 órdenes	200
B. Criterios de protección de vía aérea: la tos y las secreciones de vía aérea	202
<b>3. MOTIVO DEL FRACASO DE LA EXTUBACIÓN</b>	<b>203</b>
<b>4. CONSECUENCIAS DEL FRACASO DE EXTUBACIÓN</b>	<b>203</b>
<b>5. RETIRADA DE LA VMI. <i>WEANING</i></b>	<b>204</b>
<b>6. TRAQUEOSTOMÍA</b>	<b>205</b>
<b>7. LÍNEAS DE FUTURO</b>	<b>207</b>
<b><u>LIMITACIONES</u></b>	<b><u>211</u></b>
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>215</u></b>
<b><u>CONCLUSIONS</u></b>	<b><u>217</u></b>
<b><u>RESUMEN</u></b>	<b><u>221</u></b>
<b><u>RESUM</u></b>	<b><u>223</u></b>
<b><u>SUMMARY</u></b>	<b><u>225</u></b>
<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>229</u></b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Principales causas de dependencia de la VMI _____	61
<b>Tabla 2.</b> Factores pronósticos de éxito en el weaning _____	63
<b>Tabla 3.</b> Principales criterios de fracaso del weaning. Criterios para interrumpir el proceso de destete de la VMI _____	64
<b>Tabla 4.</b> Criterios de extubación clásicos _____	79
<b>Tabla 5.</b> Principales causas del fracaso de extubación _____	82
<b>Tabla 6.</b> Principales factores de riesgo del fracaso de extubación _____	82
<b>Tabla 7.</b> Escala del Coma de Glasgow (GCS) _____	92
<b>Tabla 8.</b> Airway Care Score _____	95
<b>Tabla 9.</b> Criterios de extubación clásicos _____	120
<b>Tabla 10.</b> Criterios de extubación ampliados _____	120
<b>Tabla 11.</b> Valoración de la fuerza tusígena _____	126
<b>Tabla 12.</b> Escala APACHE II _____	127
<b>Tabla 13.</b> Variables demográficas y antecedentes patológicos de los pacientes de la muestra _____	143
<b>Tabla 14.</b> Edad, IMC al ingreso y valor de APACHE II en los pacientes del Grupo 1 _____	144
<b>Tabla 15.</b> Motivo de intubación _____	144
<b>Tabla 16.</b> Criterios de extubación convencionales en la muestra de pacientes del Grupo 1 _____	145
<b>Tabla 17.</b> Criterios de extubación ampliados. Valoración neurológica y tos _____	146
<b>Tabla 18.</b> Criterios de extubación ampliados. Número de aspiraciones al día _____	146
<b>Tabla 19.</b> Número absoluto y porcentaje de casos de éxito _____	147
<b>Tabla 20.</b> Motivo de fracaso de extubación _____	147
<b>Tabla 21.</b> Datos globales de VM _____	148
<b>Tabla 22.</b> Utilización de VMNI en los pacientes del Grupo 1 _____	148
<b>Tabla 23.</b> Días de estancia en UCI, en hospital, destino al alta hospitalaria y porcentaje de éxitos en la muestra de pacientes extubados _____	149
<b>Tabla 24.</b> Características demográficas y antecedentes patológicos según éxito/fracaso de extubación _____	150
<b>Tabla 25.</b> Valores de edad, índice de masa corporal (IMC) y puntuación en la escala de gravedad APACHE II según éxito/fracaso de extubación _____	150
<b>Tabla 26.</b> Motivo de intubación, según subgrupo de pacientes que han presentado éxito o fracaso de extubación _____	151
<b>Tabla 27.</b> Resultado de la extubación según pacientes NRL/ NO NRL. Análisis univariante _____	152
<b>Tabla 28.</b> Criterios de extubación convencionales. Comparativa entre pacientes con éxito y con fracaso de extubación. _____	153

<b>Tabla 29.</b> Criterios de extubación ampliados que evalúan funciones neurológicas (abrir los ojos, sacar la lengua, apretar la mano, seguir con la mirada) y fuerza tusígena según grupo éxito/fracaso de extubación _____	155
<b>Tabla 30.</b> Resumen del cumplimiento de la orden “seguir con la mirada” en los subgrupos éxito y fracaso de extubación _____	156
<b>Tabla 31.</b> Número de aspiraciones al día según grupo éxito/fracaso de extubación _____	157
<b>Tabla 32.</b> Uso de VMNI según pacientes con éxito o con fracaso de extubación _____	158
<b>Tabla 33.</b> Días totales de intubación, de VMI, de weaning; días que transcurren desde la intubación hasta el inicio del weaning y número de horas de VMNI según grupo éxito/fracaso de extubación _____	159
<b>Tabla 34.</b> Días de estancia en UCI y hospitalaria según pacientes que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación _____	160
<b>Tabla 35.</b> Destino al alta hospitalaria según pacientes que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación _____	161
<b>Tabla 36.</b> Análisis multivariante de los factores implicados en la extubación según éxito o fracaso de la misma _____	162
<b>Tabla 37.</b> Características demográficas y antecedentes patológicos según paciente NRL/NO NRL ____	164
<b>Tabla 38.</b> Valores de edad, índice de masa corporal (IMC) y puntuación en la escala de gravedad APACHE II según pacientes NRL y NO NRL _____	165
<b>Tabla 39.</b> Motivo de intubación según paciente NRL/NO NRL _____	167
<b>Tabla 40.</b> Criterios de extubación convencionales. Comparativa entre pacientes NRL y NO NRL. _____	168
<b>Tabla 41.</b> Criterios de extubación ampliados que evalúan funciones neurológicas (abrir ojos, sacar lengua, apretar la mano, seguir con la mirada) y fuerza tusígena según grupo de pacientes NRL y NO NRL _____	169
<b>Tabla 42.</b> Porcentaje de cumplimiento de los criterios de extubación ampliados según pacientes NRL y NO NRL _____	170
<b>Tabla 43.</b> Uso de VMNI según grupo de pacientes NRL y NO NRL _____	171
<b>Tabla 44.</b> Días totales de intubación, de VMI, de weaning; días que transcurren desde la intubación hasta el inicio del weaning y número de horas de VMNI según grupo de pacientes NRL y NO NRL _____	171
<b>Tabla 45.</b> Días de estancia en UCI y hospitalaria, destino al alta del hospital y mortalidad hospitalaria según grupo de pacientes NRL y NO NRL _____	172
<b>Tabla 46.</b> Características demográficas y antecedentes patológicos según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación _____	173
<b>Tabla 47.</b> Valores medianos de edad, IMC y APACHE II al ingreso según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación _____	174
<b>Tabla 48.</b> Valores medianos de los criterios de extubación convencionales según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación. _____	175

<b>Tabla 49.</b> Valores medianos de los criterios de extubación convencionales según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.	176
<b>Tabla 50.</b> Análisis detallado del parámetro “seguir con la mirada” en el paciente Neurológico, según éxito o fracaso de la extubación	177
<b>Tabla 51.</b> Número de aspiraciones al día según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.	178
<b>Tabla 52.</b> Uso de VMNI según grupo de pacientes neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.	178
<b>Tabla 53.</b> Horas de VMNI, días totales de IOT, de VMI y de weaning, días que transcurren desde la IOT hasta el inicio del weaning según grupo de pacientes neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.	179
<b>Tabla 54.</b> Días de estancia en UCI y hospitalaria según grupo de pacientes neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación	180
<b>Tabla 55.</b> Análisis multivariante. Resumen de los factores que condicionan de forma independiente el pronóstico de la extubación en el paciente NO NRL.	181
<b>Tabla 56.</b> Análisis multivariante. Resumen de los factores que condicionan de forma independiente el pronóstico de la extubación en el paciente NRL.	182
<b>Tabla 57.</b> Edad, IMC y APACHE II	184
<b>Tabla 58.</b> Características demográficas	184
<b>Tabla 59.</b> Motivo de realización de la traqueostomía	186
<b>Tabla 60.</b> Día en que se realiza la traqueostomía, días de weaning y de VMI en los pacientes portadores de traqueostomía	186
<b>Tabla 61.</b> Resumen de los destinos al alta de UCI y del hospital de los pacientes que han precisado traqueostomía	187
<b>Tabla 62.</b> Días de estancia en UCI y hospitalaria de los pacientes que han precisado traqueostomía	188



**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> El “Spirophore” de Woillez _____	36
<b>Figura 2.</b> El “pulmón de acero” _____	37
<b>Figura 3.</b> Paciente conectada mediante traqueostomía a un respirador _____	38
<b>Figura 4.</b> Tubo orotraqueal con balón o neumotaponamiento _____	39
<b>Figura 5.</b> Curvas de presión (Paw) y de flujo (V) en vías aéreas durante un ciclo respiratorio en ventilación mecánica. Ppico: presión pico; Ppausa: presión meseta o de pausa inspiratoria; PEEP: presión positiva al final de la espiración _____	40
<b>Figura 6.</b> Tubo orotraqueal con dispositivo de aspiración subglótica _____	55
<b>Figura 7.</b> Modelo de mascarilla nasobucal para VMNI _____	57
<b>Figura 8.</b> Paciente conectada a Tubo en T _____	77
<b>Figura 9.</b> Probabilidad de fracaso de extubación en función del cociente Vd/Vt obtenida en los enfermos analizados _____	85
<b>Figura 10.</b> Cánula de traqueostomía en la vía aérea (esquema) _____	97
<b>Figura 11.</b> Fotografía de la pantalla del respirador Puritan Bennet P840. La flecha indica el control de FiO2 _____	121
<b>Figura 12.</b> Fotografía de la pantalla del respirador Puritan Bennet P840. La flecha indica el control de PEEP _____	122
<b>Figura 13.</b> Fotografía de la pantalla del respirador Puritan Bennet P840. La flecha indica el indicador de Volumen tidal (Vt) _____	122
<b>Figura 14.</b> Fotografía de la pantalla del respirador Puritan Bennet P840. La flecha indica el indicador del trigger inspiratorio, que puede variar entre 0 y -20 cmH <sub>2</sub> O _____	123
<b>Figura 15.</b> Escala del Coma de Glasgow _____	124
<b>Figura 16.</b> Diagrama de trabajo _____	130
<b>Figura 17.</b> Diagrama de flujo del proceso de selección de la muestra _____	142
<b>Figura 18.</b> Distribución de los destinos de los pacientes del Grupo 1 al alta hospitalaria _____	149
<b>Figura 19.</b> Diagrama de cajas: distribución de edad según éxito y fracaso de extubación _____	151
<b>Figura 20.</b> Diagrama de cajas: distribución del Índice de Tobin según éxito y fracaso de extubación _____	154
<b>Figura 21.</b> Diagrama de cajas: distribución de la Hemoglobina según éxito y fracaso de extubación _____	154
<b>Figura 22.</b> Porcentaje de pacientes que siguen con la mirada entre los pacientes con éxito de extubación _____	156
<b>Figura 23.</b> Criterios ampliados de valoración neurológica según éxito y fracaso de extubación _____	157
<b>Figura 24.</b> Número de aspiraciones al día en los pacientes con éxito y con fracaso de extubación _____	158
<b>Figura 25.</b> Días de estancia en UCI y <b>Figura 26.</b> Días de estancia hospitalaria _____	160
<b>Figura 27.</b> Antecedentes patológicos en el grupo de pacientes NRL Y NO NRL _____	165

<b>Figura 28.</b> Diagrama de cajas: distribución de edad según pacientes NRL y NO NRL _____	166
<b>Figura 29.</b> Diagrama de cajas: distribución de puntuación en la escala APACHE II al ingreso según pacientes NRL y NO NRL _____	166
<b>Figura 30.</b> Porcentaje de cumplimiento de los criterios de extubación ampliados según pacientes NRL y NO NRL _____	170
<b>Figura 31.</b> Porcentaje de pacientes neurológicos que siguen con la mirada según éxito o fracaso de Extubación _____	177
<b>Figura 32.</b> Días de VMI según grupo de pacientes neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación. _____	179
<b>Figura 33.</b> Días de estancia en UCI y <b>Figura 34.</b> Días de estancia hospitalaria _____	180
<b>Figura 35.</b> Traqueostomías: distribución según sexo _____	185
<b>Figura 36.</b> Traqueostomías: distribución según tipo de paciente _____	185
<b>Figura 37.</b> Distribución de los pacientes al alta hospitalaria _____	188

## ABREVIATURAS

- ACS, escala:** escala del cuidado de la vía aérea (en inglés, *Airway Care Score*)
- ALI:** daño pulmonar agudo (en inglés, *Acute Lung Injury*)
- APACHE II, escala de:** en Inglés, *Acute Physiology Chronic Health Evaluation*
- ATC:** Compensación Automática de Tubo
- CCS:** Centro Sociosanitario
- CIM:** Miopatía del Paciente crítico (en inglés, *Critical Illness Myopathy*)
- CIP:** Polineuropatía del Paciente Crítico (en inglés, *Critical Illness Polyneuropathy*)
- CO<sub>2</sub>:** Dióxido de Carbono
- CPAP:** Presión Positiva Continua en vía aérea (en inglés, *Continuous Positive Airway Pressure*)
- CPF:** Flujo pico de tos (en inglés, *Cough Peak Flow*)
- CRF:** Capacidad Residual Funcional
- EPOC:** Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
- FC:** Frecuencia Cardíaca
- FiO<sub>2</sub>:** Fracción inspirada de Oxígeno
- FR:** Frecuencia Respiratoria
- FSR:** Flujo Sanguíneo Renal
- GC:** Gasto Cardíaco
- GCS, escala de:** escala del Coma de Glasgow (en inglés, *Glasgow Coma Scale*)
- Hb:** Hemoglobina
- HRV:** Variabilidad de la frecuencia cardíaca (en inglés, *Heart Rate Variability*)
- HSA:** Hemorragia Subaracnoidea
- Hto:** Hematocrito
- IMC:** Índice de Masa Corporal
- IRA:** Insuficiencia Respiratoria Aguda
- IWI:** Índice Integrado de *Weaning* (en inglés, *Integrative Weaning Index*)
- LCR:** Líquido cefalorraquídeo
- LTSV:** Limitación de Tratamientos de Soporte Vital
- NAVM:** Neumonía Asociada a la Ventilación Mecánica
- NIHSS:** del inglés, *National Institute of Health Stroke Scale*, escala de valoración del ictus
- NRL:** Neurológico

- O<sub>2</sub>**: Oxígeno
- PAm**: Presión Arterial media
- PAs**: Presión Arterial sistólica
- PEEP**: Presión positiva al final de la Espiración (en inglés, *Positive End Expiratory Pressure*)
- P<sub>i</sub> max**: Presión Inspiratoria Máxima
- PIA**: Presión Intraabdominal
- PIC**: Presión Intracraneal
- PIT**: Presión Intratorácica
- PPC**: Presión de Perfusión Cerebral
- PSV**: Ventilación con Presión de Soporte
- PVC**: Presión Venosa Central
- RHB**: Rehabilitación
- RSBI**: en inglés, *Rapid Shallow Breathing Index* o Índice de Yang y Tobin
- SAHS**: Síndrome Apnea-Hipoventilación del Sueño
- Sat O<sub>2</sub>**: saturación de oxígeno
- SBT**: prueba de respiración espontánea (en Inglés, *Spontaneous Breathing Trial*)
- SDRA**: Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo
- SIMV**: Ventilación Mandatoria Sincronizada Intermitente (en Inglés, *Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation*)
- SNC**: Sistema Nervioso Central
- SNG**: Sonda Nasogástrica
- SVO<sub>2</sub>**: Saturación Venosa Central de Oxígeno
- TA**: Tensión arterial
- Tax**: Temperatura axilar
- TC**: Tomografía computerizada
- TCDER**: Técnicas Continuas de Depuración Extrarrenal
- TCE**: Traumatismo Craneoencefálico
- TEP**: Tromboembolismo Pulmonar
- TET**: Tubo Endotraqueal
- TOT**: Tubo Orotraqueal
- T-T**: Tubo en T
- UCI**: Unidad de Cuidados Intensivos

**VALI:** Lesión pulmonar asociada a la ventilación (en Inglés, *Ventilation Associated Lung Injury*)

**VAP:** Ventilación Asistida Proporcional

**Vc:** Volumen Corriente

**VD:** Ventrículo Derecho

**VI:** Ventrículo Izquierdo

**VM:** Ventilación mecánica

**VMI:** Ventilación Mecánica Invasiva

**Vmin:** Volumen Minuto

**VMNI:** Ventilación Mecánica No Invasiva

**VMP:** Ventilación Mecánica Prolongada

**VPP:** Ventilación con Presión Positiva

**Vt:** Volumen *tidal*, sinónimo de Volumen Corriente



## **JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**



## JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Como demuestran múltiples estudios publicados en la literatura<sup>1,2</sup>, en numerosas ocasiones los criterios de extubación convencionales no son suficientemente precisos para distinguir a aquellos pacientes que se podrán desconectar de la Ventilación Mecánica Invasiva (VMI) con éxito de aquellos que fracasarán en la extubación.

El fracaso de la extubación se presenta particularmente en aquellos pacientes que reciben tratamiento con VMI durante un período de tiempo prolongado<sup>2-6</sup> y así se constata en la práctica clínica habitual, en la que, y a pesar de varias décadas de historia y experiencia en ventilación mecánica, la decisión final de proceder a la extubación de los pacientes recae en forma no despreciable en el criterio subjetivo del médico responsable<sup>7</sup>.

Los criterios de extubación clásicos hacen hincapié sobre todo en la capacidad de oxigenación y ventilación de los pacientes, pero no evalúan la capacidad de protección de la vía aérea o la capacidad de eliminar las secreciones traqueobronquiales; por otra parte dichos criterios aceptan un nivel de conciencia mínimo (puntuación en la escala de Glasgow  $\geq 8$  puntos) que quizás sea insuficiente para asegurar la respiración a largo plazo.

Estudios como el de Huang y colaboradores<sup>2</sup> han demostrado que los parámetros de extubación convencionales pueden no ser buenos predictores de éxito de extubación en pacientes que se someten a períodos prolongados de VMI; Ko y colaboradores<sup>8</sup> evidencian, así mismo, que dichos parámetros tampoco son suficientemente discriminatorios cuando se trata de extubar a pacientes con patología de base neurológica o neuroquirúrgica. Se han llevado a cabo trabajos para intentar averiguar otros parámetros que puedan ser buenos predictores de éxito de extubación: King y colaboradores<sup>1</sup> demuestran en su estudio que los pacientes que son capaces de obedecer cuatro órdenes sencillas en el momento previo a la extubación tienen más probabilidad de éxito de extubación que aquellos pacientes que no son capaces de obedecerlas; Beuret<sup>9</sup>, Khamiees<sup>10</sup> o Smina<sup>11</sup> argumentan en sus trabajos la importancia de los como capacidad de protección de la vía aérea como parámetro fundamental de éxito de extubación; Salam<sup>12</sup> incluye la calidad y la cantidad de las secreciones de la vía aérea como otros factores predictores de éxito de extubación.

Estos son algunos ejemplos de los trabajos que han abordado la problemática del fracaso de extubación de los pacientes en las Unidades de Cuidados Intensivos y en ellos hemos basado el trabajo que hemos realizado. Nuestro propósito ha sido averiguar si, ampliando los criterios de extubación convencionales con *seis nuevos criterios*, que hemos denominado "*criterios de extubación ampliados*", logramos discriminar de una forma más precisa aquellos pacientes que tendrán una alta probabilidad de presentar fracaso de extubación y de esta forma reducir su aparición.

Los criterios que proponemos se pueden clasificar en 2 grupos, según si valoran el estado neurológico y el nivel de conciencia de los pacientes o la protección y permeabilidad de la vía aérea. Los describimos a continuación:

**A. Estado Neurológico - Nivel de Conciencia del paciente**

Evaluaremos el nivel de conciencia de los pacientes no únicamente con la escala de Glasgow como sugieren los criterios de extubación convencionales, sino comprobando además si son capaces de obedecer las siguientes cuatro órdenes:

1. **Abrir los ojos**
2. **Sacar la lengua**
3. **Apretar la mano**
4. **Seguir (un objeto o una persona) con la mirada**

**B. Protección y permeabilidad de la vía aérea del paciente:**

5. **Tos**

La tos es el reflejo directo de la capacidad de proteger la vía aérea; es un acto reflejo, que también puede ser provocado voluntariamente y provoca la salida de aire a gran velocidad y presión, arrastrando el exceso de moco o cualquier materia extraña o partícula depositada en los bronquios o tráquea, manteniendo así la vía aérea libre. El mecanismo de la tos está regulado en el bulbo raquídeo y se desarrolla en tres fases:

1. Inspiración o carga: se efectúa una inspiración profunda y se cierra la glotis.
2. Compresión: se contraen los músculos respiratorios y el diafragma (encargados de expulsar el aire durante la respiración), manteniéndose la glotis cerrada; de este modo, se aumenta la presión del aire contenido en los pulmones.
3. Expulsión: la glotis se abre bruscamente, produciendo un sonido característico por la expulsión a gran velocidad de aire, que arrastra al exterior el contenido de las vías respiratorias (secreciones de la mucosa bronquial, sangre, humo, polvo, cuerpos extraños inhalados...).

Comprobaremos si la presencia de tos y la intensidad de la misma, juegan un papel importante en el pronóstico de extubación de los pacientes.

#### **6. Cantidad de secreciones traqueobronquiales**

Son reflejo de la permeabilidad de la vía aérea. Cuantificaremos las secreciones traqueobronquiales mediante el número de aspiraciones artificiales (a través de una sonda endotraqueal) que los pacientes requieren durante las 24 horas previas a su extubación.

Creemos oportuno remarcar que, aplicar estos criterios es sencillo y factible a pie de cama de los pacientes, conlleva poco tiempo y ningún coste adicional a la práctica clínica habitual.



## **INTRODUCCIÓN**



## **INTRODUCCIÓN**

### **1. Introducción a la Ventilación Mecánica**

La Ventilación Mecánica (VM) es un procedimiento de sustitución temporal de la función respiratoria normal y se aplica en aquellas situaciones en las que ésta, por diversos motivos patológicos, no cumple los objetivos fisiológicos que le son propios<sup>13</sup>. Este procedimiento o terapia, es ejercida mediante los respiradores mecánicos, aparatos que sustituirán de forma total o parcial la función respiratoria del paciente durante un cierto período de tiempo. Dichos dispositivos tienen un principio básico de funcionamiento: introducir mediante presión positiva una mezcla de aire y oxígeno en la vía aérea del paciente.

En la actualidad, es impensable intentar el mantenimiento de la vida del paciente agudo y grave sin contar con la ayuda de la VM, en especial en aquellos pacientes en situación de fracaso multiorgánico (FMO). De esta manera, aparte de la adopción de medidas terapéuticas farmacológicas e instrumentales encaminadas al soporte de la función cardíaca, renal y cerebral, debe contarse imprescindiblemente con la VM como método de sustitución de la respiración durante el tiempo necesario para que el propio sistema respiratorio del paciente sea capaz de realizar su función normal. Así pues, la VM proporciona de forma artificial un adecuado intercambio gaseoso que asegura una correcta oxigenación de los tejidos y evita la retención carbónica.

El objetivo de la VM puede resumirse en mantener al paciente con su función respiratoria conservada mientras el trastorno patológico persiste. Este objetivo no debe hacer olvidar que la VM considerada como ortesis tiene una limitación temporal y, por tanto, debe mantenerse durante el período de tiempo más breve posible. En consecuencia, el lograr desconectar al paciente del respirador constituye un objetivo primordial en la fase de mejoría una vez superada la fase aguda de la enfermedad<sup>13</sup>.

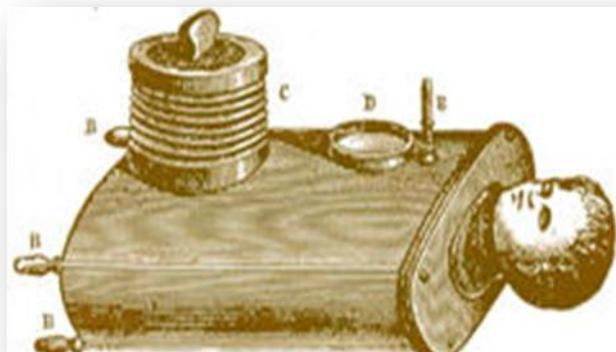
## 2. Breve historia de la Ventilación Mecánica

*“...debe intentarse una abertura en el cuerpo de la tráquea, en la que debe introducirse un tubo de junco o caña; soplará usted después en él, de modo que el pulmón pueda elevarse de nuevo...y el corazón se fortalezca...”*

Andreas Vesalius (1555)

Se atribuye a Vesalio la primera descripción de la ventilación con presión positiva. Demostró que era posible mantener con vida a un perro conectando su tráquea a un sistema de fuelles por medio del cual prestaba apoyo a la función respiratoria del animal<sup>13</sup>; con toda probabilidad, la razón principal por la cual el procedimiento de Vesalio quedó relegado de la práctica médica de la época fue la dificultad anatómica de acceso directo al eje laringotraqueal y más particularmente en la especie humana<sup>13</sup>.

Se tardó unos 400 años en aplicar el concepto de la ventilación mecánica a la asistencia de los pacientes. A finales del siglo XIX se diseñaron métodos de presión negativa que serían los precursores de los posteriores “pulmones de acero”. La primera descripción de un rudimentario pulmón de acero se debe a Alfred F. Jones (Kentucky, 1864), que postuló que su empleo podía curar multitud de enfermedades, aún de causa no respiratoria. En 1876, Woillez (París), construyó un “Spirophore”, en el que se incluía el cuerpo del paciente dejando en el exterior la cabeza del mismo y se ajustaba a nivel del cuello un collar de goma. La presión negativa intermitente en el interior del tanque se proporcionaba accionando un gran fuelle acoplado al mismo<sup>13</sup>.



**Figura 1.** El “Spirophore” de Woillez

A principios del siglo XX, se ideó el denominado “pulmón de acero”, respirador de presión negativa. Inventado por Philip Drinker y Louis Agassiz Shaw (Harvard, 1928), originariamente para el tratamiento contra el envenenamiento por gas metano. Una gran estructura cilíndrica metálica capaz de albergar herméticamente todo el cuerpo de la persona excepto la cabeza. Su funcionamiento era relativamente sencillo, se trataba de ir alternando presiones positivas y negativas para que el tórax hiciera un movimiento idéntico al que se realiza normalmente para la respiración: inspiración y espiración. Este método, llamado también “presión diferencial” tuvo una gran utilidad durante las graves epidemias de poliomielitis que acecharon los Estados Unidos entre los años 1916 y 1928.



**Figura 2.** El “pulmón de acero”

Pero fue en el año 1952, con la epidemia de poliomielitis de Copenhague, cuando se desarrollaron las primeras técnicas de ventilación por presión positiva (VPP). Durante este período, la demanda de ventilación asistida creció más que la provisión de “pulmones de acero”, lo que obligó a buscar métodos alternativos. Se demostró que los pacientes traqueostomizados a los que se les sometía a la respiración controlada manual mediante presión positiva presentaban una menor tasa de mortalidad respecto a los que se trataba mediante “presión diferencial”.

Merece destacar que el método de mantenimiento manual de la función respiratoria requería un extraordinario despliegue de medios humanos; en Suecia, durante la epidemia de poliomielitis, se cerraron todas las Facultades de Medicina para poder disponer del trabajo de

los estudiantes, que trabajaron en turnos de 8 horas como ventiladores humanos insuflando manualmente los pulmones de los pacientes afectados<sup>14</sup>.

Finalmente, en Boston, la Emerson Company ideó un prototipo de aparato de insuflación pulmonar con presión positiva, que se empezó a usar en el Massachusetts General Hospital y obtuvo un éxito instantáneo, sustituyendo definitivamente la ventilación por “presión diferencial” en la década de 1960. Así se inició la era de la ventilación mecánica con presión positiva, y la era de la Medicina de Cuidados Intensivos<sup>14</sup>.

Desde entonces hasta la actualidad, los avances en biotecnología y la informatización de los dispositivos han permitido desarrollar de forma exponencial los métodos de VM. La introducción de la ventilación regulada por volumen, el uso de la Presión Positiva al final de la Espiración (PEEP) para mejorar la oxigenación, la introducción del *trigger* (gatillo o disparador), que permite que el paciente establezca su propia frecuencia respiratoria, las modificaciones del flujo inspiratorio, el soporte de presión etc. han permitido mejorar de forma significativa la oxigenación/ventilación de los pacientes, el confort durante el tratamiento con VM y las técnicas de retirada de la misma.



**Figura 3.** Paciente conectada mediante traqueostomía a un respirador Nellcor Puritan Bennet modelo 840

### 3. Principios físicos de la Ventilación Mecánica<sup>13,15</sup>

La VM tiene como instrumentos unos sistemas físicos cuyo objetivo es llevar un cierto volumen de gas al interior de los pulmones a través de un tubo endotraqueal (TET) o traqueostomía, con el objetivo de que se produzca el intercambio gaseoso en los alveolos. La colocación del TET se realiza más frecuentemente a través de la cavidad oral, por lo que frecuentemente el TET es denominado tubo orotraqueal (TOT). En situaciones especiales en adultos, y frecuentemente en pacientes pediátricos, el TET se puede colocar por vía nasal, denominándose entonces tubo nasotraqueal (TNT). El TET suele disponer de un balón en su extremo distal (neumotaponamiento) que, al ser inflado, permite la sujeción del tubo a la vía aérea del paciente, sellándola para evitar la fuga de aire y evitando las microaspiraciones.



**Figura 4.** Tubo orotraqueal con balón o neumotaponamiento<sup>16</sup>

La principal diferencia entre la ventilación espontánea fisiológica y la generada por un respirador, se basa en que en el primer caso, el aire entra en los pulmones gracias a la diferencia de presiones entre la caja torácica (presión negativa) y el exterior; esta diferencia la crean los músculos respiratorios y principalmente el diafragma, y se denomina “fase activa del ciclo respiratorio”; durante la fase espiratoria, el aire sale al exterior de forma pasiva. En el caso de la VM, el aire entra en los pulmones por presión positiva, siendo el paciente un sujeto

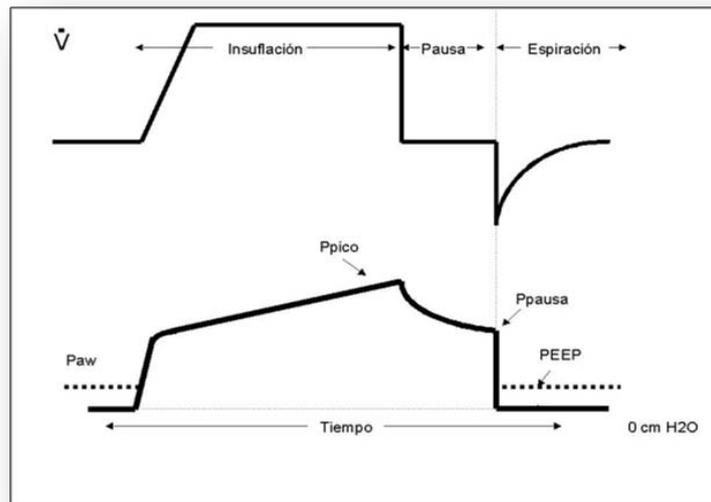
pasivo que debe permitir (con la ayuda de sedación y/o relajantes musculares en algunos casos) que la máquina insufla mediante presión positiva, una cierta cantidad de volumen de aire en la vía aérea.

A la presión positiva que genera el respirador durante la inspiración para suplir la fase activa del ciclo respiratorio se opone otra dependiente de:

- ✚ La resistencia al flujo aéreo del árbol traqueobronquial o presión resistiva
- ✚ La resistencia elástica del parénquima pulmonar

En el ciclo respiratorio originado se distinguen tres fases:

**A. Insuflación:** El aparato genera una presión sobre un volumen de gas y tras la apertura de la válvula inspiratoria lo moviliza insuflándolo en el pulmón (volumen corriente) a expensas de un gradiente de presión entre los alveolos y el flujo inspiratorio. La presión alveolar va aumentando conforme los alveolos se van insuflando o hasta el final de la inspiración, cuando se alcanza la presión alveolar máxima o presión de insuflación o presión pico que está en relación con la resistencia total respiratoria (al flujo y elástica).



**Figura 5.** Curvas de presión ( $P_{aw}$ ) y de flujo ( $V$ ) en vías aéreas durante un ciclo respiratorio en ventilación mecánica. Ppico: presión pico; Ppauza: presión meseta o de pausa inspiratoria; PEEP: presión positiva al final de la espiración.

**B. Meseta:** El gas introducido se mantiene durante un tiempo regulable (pausa inspiratoria) en el interior del pulmón para facilitar su distribución por unidades alveolares. La presión medida en la vía aérea o “presión meseta” corresponde a la presión alveolar y depende de la *compliance* o distensibilidad pulmonar.

**C. Deflación:** Se inicia con la apertura de la válvula espiratoria y ocurre de forma pasiva dependiendo sólo de la retracción elástica del pulmón insuflado. Los respiradores incorporan una válvula que puede mantener una presión positiva al final de la espiración, conocida como PEEP (del inglés, Positive End of Expiration Pressure).

#### **4. Funcionamiento del respirador**

Los respiradores actuales están regulados por un microprocesador que controla todas sus funciones. El ciclado del respirador depende de la secuencia de apertura y cierre de las válvulas inspiratoria y espiratoria. La apertura de la válvula inspiratoria puede estar programada de antemano según la frecuencia respiratoria establecida en los parámetros del respirador; éste es el caso de la *ventilación controlada*. Habitualmente, además, el paciente puede provocar la apertura de la válvula inspiratoria mediante su esfuerzo inspiratorio; la disminución de la presión en el circuito respiratorio producida por un esfuerzo inspiratorio es detectada por el respirador, que dispara la apertura de la válvula inspiratoria; esto ocurre en la *ventilación asistida*, y en este caso la válvula inspiratoria se denomina “válvula de demanda”.

La válvula inspiratoria también regula la velocidad del flujo inspiratorio mediante la mayor o menor apertura del orificio de salida de la mezcla de gases. El microprocesador calcula el flujo necesario para aplicar el volumen corriente en el tiempo programado.

El final de la inspiración, con el consiguiente cierre de la válvula inspiratoria y apertura de la espiratoria, suele estar ciclado por tiempo; ocurre cuando finaliza el tiempo inspiratorio calculado por el microprocesador a partir de la frecuencia respiratoria y de la relación de la duración entre inspiración y espiración (*I:E*) programadas. El cierre de la válvula inspiratoria está ciclada por presión (respiradores barométricos o manométricos, se programa la presión) o por el flujo (respiradores volumétricos, se programa el volumen que se efectúa a un tiempo determinado), es decir, que la inspiración termina cuando se alcanza un determinado valor de presión o de flujo.

La apertura de la válvula espiratoria inicia la espiración, permitiendo el vaciado pulmonar. En la válvula espiratoria está contenido además el mecanismo de la presión positiva al final de la espiración (*PEEP*). Cuando se aplica PEEP, la válvula espiratoria se cierra cuando la presión en vía aérea, en descenso durante la espiración, llega al nivel de la PEEP prefijado, impidiendo que continúe el vaciamiento pulmonar y manteniendo esa presión hasta el final del periodo espiratorio.

## 5. Objetivos de la Ventilación Mecánica

### 5.1 Objetivos fisiológicos

- ✚ Mantener o normalizar el intercambio gaseoso, proporcionando una ventilación alveolar adecuada y mejorando la oxigenación arterial.
- ✚ Reducir el trabajo respiratorio
- ✚ Incrementar el volumen pulmonar, abriendo la vía aérea y las unidades alveolares y aumentando la capacidad residual funcional (CRF), impidiendo el colapso de los alvéolos y el cierre de la vía aérea al final de la espiración.

### 5.2 Objetivos clínicos

- ✚ Mejorar la hipoxemia arterial
- ✚ Aliviar la disnea y el trabajo respiratorio
- ✚ Corregir la acidosis respiratoria
- ✚ Resolver o prevenir la aparición de atelectasias
- ✚ Permitir el descanso de los músculos respiratorios
- ✚ Permitir la sedación y el bloqueo neuromuscular
- ✚ Disminuir consumo de oxígeno sistémico y del miocardio
- ✚ Estabilizar la pared torácica

## 6. Indicaciones de intubación e inicio de tratamiento mediante Ventilación Mecánica Invasiva<sup>15,17</sup>

Actualmente la ventilación mecánica que se realiza mediante la insuflación de aire y oxígeno mediante presión positiva, a través de un dispositivo traqueal (tubo o traqueostomía) colocado en la vía aérea del paciente, se denomina Ventilación Mecánica Invasiva (VMI). Este adjetivo la diferencia de la Ventilación Mecánica No Invasiva (VMNI), que, si bien se basa también en el principio de la ventilación por presión positiva, no requiere ningún dispositivo endógeno, sino que se realiza mediante una mascarilla facial (interfaz). Abordaremos algunos aspectos de la VMNI en el apartado 8 de esta sección.

Las situaciones clínicas frente a las cuales el médico decide instaurar la Ventilación Mecánica Invasiva (VMI) son variadas. El abanico de posibilidades va, desde los pacientes que presentan una apnea franca, hasta aquellos con signos clínicos de incremento del trabajo respiratorio, acompañados o no de evidencias gasométricas de alteraciones del intercambio gaseoso. Su uso también está indicado en pacientes que por varios motivos no son capaces de proteger la vía aérea de la broncoaspiración o no pueden expulsar eficazmente las secreciones traqueobronquiales.

A continuación se exponen las razones principales que motivan el inicio de la VMI, teniendo en cuenta que los aspectos clínicos y la tendencia evolutiva de cada enfermo serán claves para tomar la decisión de iniciarla.

Se valorarán los siguientes aspectos:

1. Estado mental: agitación, confusión, inquietud, coma. Puntuación en Escala del Coma de Glasgow (GCS) <8 puntos<sup>18</sup>.
2. Trabajo respiratorio: se considera excesivo si existe taquipnea por encima de 35 rpm, tiraje y uso de músculos accesorios.
3. Fatiga de los músculos inspiratorios: asincronía tóraco-abdominal.
4. Signos faciales de insuficiencia respiratoria grave:

- a. Ansiedad
  - b. Dilatación de orificios nasales. Aleteo nasal.
  - c. Boca abierta
  - d. Labios fruncidos
  - e. Lamedura de labios
  - f. Mordedura de labios
  - g. Cianosis
- 
5. Agotamiento general del paciente, imposibilidad de descanso o sueño.
  6. Hipoxemia. Presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) < de 60 mmHg ó Saturación arterial de oxígeno (SatO<sub>2</sub>) por pulsioximetría menor de 90% con aporte de oxígeno.
  7. Hipercapnia. PaCO<sub>2</sub> > de 50 mmHg o acidosis respiratoria (pH < de 7.25)
  8. Capacidad vital baja (< de 10 ml / kg de peso)
  9. Acidosis metabólica no compensada
  10. Parada respiratoria

En cuanto al nivel de conciencia, la decisión de establecer como criterio de intubación el GCS < 8 puntos, surge del estudio llevado a cabo por el National Traumatic Coma Data Bank, que en 1983 publica un estudio donde demuestra que los pacientes en estado comatoso no intubados sufren una mayor tasa de broncoaspiraciones y peor pronóstico clínico. Este dato se corroboró en estudios posteriores<sup>19</sup>.

La VMI se ha establecido como un tratamiento imprescindible y se utiliza en más del 50% de los pacientes ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos en algún momento de su estancia. Años de investigación y experiencia la han convertido en una medida segura, eficaz y bien tolerada por los pacientes. A pesar de ello, la necesidad de períodos prolongados de VMI pueden conllevar un aumento de la comorbilidad debido a la aparición de complicaciones y riesgos asociados. Abordaremos estos aspectos en el apartado siguiente.

## **7. Complicaciones asociadas a la Ventilación Mecánica Invasiva**<sup>20</sup>

A pesar de la correcta aplicación de la técnica y el uso de modos de ventilación protectores, la VMI no está exenta de complicaciones que en ocasiones pueden suponer un riesgo vital para el enfermo<sup>21</sup>. Las más frecuentes son la lesión pulmonar asociada a la ventilación (VALI), la neumonía asociada a la VM (NAVIM) o la parálisis diafragmática entre otras. Es por este motivo que la retirada temprana del soporte respiratorio tan pronto como sea posible y la no prolongación innecesaria del mismo deben ser objetivos primarios de los profesionales de Cuidados Intensivos.

A continuación se describen las complicaciones más frecuentes derivadas del uso de VMI.

### **7.1 Complicaciones derivadas de la vía aérea artificial**

#### **A. Asociadas a la intubación y al uso del laringoscopio**

##### Aparato cardiovascular

- Arritmias
- Hipertensión
- Isquemia miocárdica o infarto

##### Aparato respiratorio

- Hipoxia
- Hipercapnia
- Laringoespasma
- Broncoespasmo

##### Sistema nervioso central

- Aumento de la presión intracraneal
- Aumento de la presión intraocular

**B. Durante la intubación**

Se refiere a complicaciones que pueden aparecer durante la propia colocación del TET en la vía aérea. Las lesiones traumáticas se pueden localizar en cualquier punto desde los labios a la tráquea o en la cavidad nasal según la vía de acceso.

1. Intubación difícil
2. Intubación esofágica
3. Intubación del bronquio principal derecho
4. Vómitos y aspiración
5. Epistaxis
6. Lesiones dentales, mucosa orofaríngea o nasal, lengua.
7. Lesión de la articulación temporomandibular
8. Perforación o laceración de faringe, laringe o tráquea
9. Dislocación y subluxación del cartílago aritenoides
10. Lesión de la médula espinal (por maniobra de hiperextensión)
11. Laringoespasma y edema agudo de pulmón no cardiogénico
12. Complicaciones cardiovasculares: extrasistolia ventricular, taquicardia ventricular, bradiarritmias, hipotensión, hipertensión, hipoxemia, parada cardiorrespiratoria

**7.2 Complicaciones derivadas de la presencia del tubo endotraqueal en la vía aérea**

A pesar de las mejoras en los diseños de los TET, con balones de menor presión, las lesiones laríngeas macroscópicas por decúbito o por hiperpresión pueden aparecer a partir de las 6 horas desde la intubación, por lo que se recomienda no superar la presión de 25mmHg en el neumotaponamiento.

Las principales complicaciones derivadas de la presencia del TET en la vía aérea son las siguientes:

1. Obstrucción, desplazamiento o introducción del TET en bronquio principal derecho
2. Daño de vía aérea superior, por decúbito del TET o por isquemia derivada de la presión del neumotaponamiento en la tráquea.
3. Traqueomalacia
4. Estenosis traqueal
5. Fístula traqueoesofágica

### **7.3 Complicaciones tras la extubación**

1. Extubación dificultosa y accidental
2. Laringoespasma
3. Edema agudo de pulmón no cardiogénico
4. Broncoespasma
5. Aspiración
6. Efectos cardiovasculares: hipertensión y taquicardia
7. Ulceraciones en boca, labios y mucosas
8. Entumecimiento de la lengua (compresión nervio hipogloso)
9. Laringitis
10. Parálisis de cuerdas vocales uni o bilateral
11. Edema, ulceraciones y granuloma laríngeo
12. Lesión en cuerdas vocales
13. Estenosis traqueal

#### 7.4 Complicaciones hemodinámicas

La VPP afecta de manera compleja la función cardiovascular, básicamente por efecto de los cambios que provoca sobre la presión intratorácica (PIT).

El volumen pulmonar aumenta tanto durante la inspiración espontánea como durante la VPP. No obstante, la PIT desciende durante la inspiración espontánea debido a la contracción de los músculos respiratorios, y se eleva en la VPP debido a la expansión pasiva del pulmón.

La elevación de la PIT en la VPP constituye el determinante principal de las alteraciones hemodinámicas que ocurren durante la VPP.

##### Ventrículo derecho (VD)

- ✚ Descenso del retorno venoso sistémico y de la precarga del VD

##### Ventriculo izquierdo (VI)

- ✚ Reducción de la precarga del VI
- ✚ Descenso del retorno venoso sistémico
- ✚ Aumento de de la postcarga del VI por incremento de las resistencias vasculares periféricas (RVP)
- ✚ Deterioro de la distensibilidad por aumento de la PIT

El descenso de la tensión arterial (TA), y en definitiva del gasto cardiaco (GC) durante la VPP se debe fundamentalmente a la reducción de la precarga del VI, y se agrava más con la aplicación de PEEP.

## 7.5 Complicaciones pulmonares

Las formas de daño pulmonar asociado a VMI incluyen: barotrauma, volutrauma, atelectrauma, biotrauma y toxicidad por oxígeno.

### 1. Barotrauma

Es el daño causado por presiones altas en la vía aérea, definido como la presencia de aire en el tejido extraalveolar (intersticial y vascular) debido a una rotura de la pared alveolar por sobredistensión de los mismos. Tras la rotura alveolar, el aire diseca la vaina bronco-vascular hacia el hilio y los tejidos blandos del mediastino; se rompe la pleura parietal y se desarrolla neumotórax y/o otras formas de barotrauma.

### 2. Volutrauma

Es una lesión producida por sobredistensión alveolar. Webb and Tierney<sup>22</sup> demostraron la existencia de edema pulmonar y daño alveolar difuso en ratas ventiladas con volúmenes corrientes (Vc) o volúmenes *tidal* (Vt) elevados. Posteriormente, Dreyfuss<sup>23</sup> acuñó el término “volutrauma” al observar que era la VMI con Vt altos, independientemente de la existencia o no de presiones altas, la que determinaba la aparición de edema pulmonar.

Las diferencias regionales de distensibilidad pulmonar que aparecen en la mayor parte de las enfermedades pulmonares explican la sobredistensión irregular del pulmón al aplicar VPP, siendo el volumen inspiratorio final el determinante de la sobredistensión y por tanto del daño pulmonar.

### 3. Biotrauma

Hace referencia al efecto deletéreo de la VMI debido a fenómenos inflamatorios locales y a la liberación de citocinas inflamatorias a la circulación sistémica que tiene lugar en un pulmón con lesión pulmonar aguda.

Los mecanismos propuestos para el desarrollo de biotrauma son:

- ✚ El estiramiento mecánico de las células epiteliales alveolares y de las células endoteliales vasculares que provocan una respuesta celular
- ✚ El reclutamiento y activación de los leucocitos polimorfonucleares
- ✚ El balance entre necrosis/apoptosis en el epitelio alveolar

#### 4. Atelectrauma

Es una lesión pulmonar debida a la ventilación con volúmenes bajos. El mecanismo lesivo fundamental es la apertura y cierre repetidos (reclutamiento y desreclutamiento) de las unidades alveolares. Este efecto puede evitarse con la adecuada aplicación de PEEP que mantenga los alveolos abiertos al final de la espiración<sup>24,25</sup>.

#### 5. Toxicidad por oxígeno

Las fracciones inspiradas de oxígeno ( $FiO_2$ ) altas son potencialmente lesivas cuando se aplican durante periodos largos (> 48 horas), pero dependen también de la susceptibilidad individual y del tipo y gravedad de la enfermedad pulmonar. Las lesiones observadas durante exposiciones prolongadas y a altas concentraciones son similares a las producidas en el Síndrome de Distrés Respiratorio del Adulto (SDRA).

### 7.6 Complicaciones renales

Se fundamentan en la reducción del GC producido por el aumento de la PIT provocada por la VPP.

- ✚ Reducción del GC: la VPP da lugar a una disminución de la diuresis que se exagera con la adición de PEEP. El efecto de la VPP en el Flujo Sanguíneo Renal (FSR) y en la filtración glomerular está menos claro<sup>26</sup>.
- ✚ Redistribución del flujo sanguíneo intrarrenal.
- ✚ Mecanismos hormonales y vías simpáticas: la activación del sistema simpático da lugar a vasoconstricción de la arteriola renal aferente directa o indirectamente a partir de la activación de la renina o otros péptidos vasoactivos, provocando un descenso de la perfusión renal<sup>26</sup>.

## 7.7 Complicaciones gastrointestinales

### Hipoperfusión esplácnica

- Por descenso del GC: especialmente con el uso de altos niveles de PEEP (15-20 cmH<sub>2</sub>O).
- Por aumento de la presión intraabdominal (PIA): debido al descenso del diafragma durante la VPP, más acusado si se añade PEEP; da lugar a disminución del pH intramucoso<sup>27</sup>. El decúbito prono también puede aumentar la PIA.
- Por vasoconstricción de la vasculatura gastrointestinal: debido a que la VPP aumenta la actividad del sistema renina-angiotensina-aldosterona y los niveles de catecolaminas<sup>27</sup>.

### Translocación bacteriana

La alteración de la barrera intestinal por la hipoperfusión esplácnica y el aumento de mediadores proinflamatorios permiten el paso a la sangre de microorganismos y mediadores como la endotoxina<sup>27</sup> procedentes del tubo digestivo.

## 7.8 Complicaciones nutricionales

La desnutrición es prevalente en pacientes ventilados y contribuye en la aparición de debilidad muscular y dependencia del respirador. No es una consecuencia directa de la VMI sino de la imposibilidad de realizar la alimentación por vía oral por la presencia del TOT. Este hecho lo que obliga a utilizar nutriciones artificiales alternativas (enteral o parenteral), que pueden no satisfacer los requisitos de cada individuo.

Los efectos de la desnutrición en pacientes con VMI se describen a continuación:

-  Respuesta disminuida a la hipoxia y la hipercapnia
-  Atrofia y debilidad muscular, incluidos los músculos respiratorios
-  Infecciones respiratorias por afectación de la inmunidad celular
-  Disminución del surfactante pulmonar y desarrollo de atelectasias

- ✚ Descenso de la albúmina con afectación de la presión oncótica y contribución al desarrollo de edema pulmonar

## 7.9 Complicaciones neurológicas

La VPP con o sin PEEP afecta a la Presión de Perfusión Cerebral (PPC) y a la Presión Intracraneal (PIC) por los siguientes mecanismos<sup>28</sup>:

- ✚ Elevación de la PIC por disminución del retorno venoso con elevación de la Presión Venosa Central (PVC), y por transmisión de la presión pleural a través de las venas vertebrales desplazando el líquido cefalorraquídeo (LCR) del canal espinal al cráneo.
- ✚ Descenso del GC, y así de la presión arterial media (PAm), con disminución de la PPC (PAm-PIC).

## 7.10 Complicaciones infecciosas

### A. Traqueobronquitis

En pacientes que reciben VMI durante un tiempo prolongado, la frecuencia de traqueobronquitis probablemente sea superior a la de la neumonía. Se define como la presencia de secreciones purulentas, fiebre, leucocitosis y ausencia de infiltrados radiológicos.

## B. Neumonía asociada a la VM (NAVVM)

### Definición y epidemiología

Es la neumonía que se presenta después de 48-72 horas de la intubación. La incidencia es del 9-27%, constituyendo la infección más frecuente en UCI entre pacientes ventilados mecánicamente. La mortalidad es del 20-50%, pudiendo alcanzar el 70%. La forma precoz (primeros 4 días) tiene mejor pronóstico que la tardía<sup>29</sup>.

Cabe mencionar que el índice de incidencia de NAVVM en nuestro servicio de Medicina Intensiva es de 4.2 neumonías por cada 100 pacientes en VMI, con una densidad de incidencia de 2.8 neumonías por cada 1000 días de VMI según los datos oficiales del estudio VINCAT 2014<sup>30</sup> Según el estudio ENVIN (Estudio Nacional de Vigilancia de Infección Nosocomial en Servicios de Medicina Intensiva) la tasa de NAVVM en 2013 fue de 6,87 episodios de neumonía por 1.000 días de VMI<sup>31</sup>.

### Patogénesis

#### La vía aérea artificial

La aspiración de gérmenes orofaríngeos y el paso de secreciones contaminadas alrededor del TET es la ruta principal de entrada de gérmenes a la tráquea. Además, la intubación endotraqueal inhibe el reflejo de la tos, disminuye el aclaramiento mucociliar y lesiona el epitelio traqueal<sup>29</sup>. El biofilm acumulado en el TET puede desprenderse durante las aspiraciones y embolizar en vías aéreas distales.

#### La colonización del circuito ventilatorio

Existe riesgo de contaminación del condensado del circuito si éste pasa a la vía aérea o al sistema de nebulizadores. Los intercambiadores de calor y humedad disminuyen la colonización del circuito pero no disminuyen la incidencia de NAVVM<sup>32</sup>.

Los sistemas continuos de aspiración subglótica que presentan algunos TET pueden reducir la incidencia de NAVM precoz<sup>32</sup>.



**Figura 6.** Tubo orotraqueal con dispositivo de aspiración subglótica

## **8. Ventilación Mecánica Invasiva (VMI) y Ventilación Mecánica No Invasiva (VMNI)**

Ventilación mecánica es todo aquel procedimiento que utiliza un aparato mecánico para ayudar o suplir la función ventilatoria del paciente. Existen hoy en día dos tipos de VM, que se diferencian por el método de administración del aire al paciente: la ventilación mecánica invasiva (VMI) precisa la colocación de un tubo endotraqueal a través del cual se insufla el aire procedente del respirador en la vía aérea del paciente; si el soporte ventilatorio se instaura sin necesidad de establecer una vía endotraqueal se denomina ventilación mecánica no invasiva (VMNI)<sup>33</sup>. Ambas se rigen por el principio de la VPP.

La VMNI se realiza mediante unas mascarillas que pueden ser faciales, nasales, nasobucales y de tipo casco (*helmet*). Cuando la interfaz es una mascarilla, ésta queda sellada mediante unos márgenes habitualmente de silicona a la cara del paciente y se sujeta por la parte posterior de la cabeza mediante unas correas, de manera que se evitan fugas de aire y se permite la insuflación del mismo con presión positiva. Existen también

La VMNI tiene unas indicaciones diferentes a la VMI y habitualmente se utiliza en pacientes menos graves que pueden ser atendido en Unidades de Cuidados Intermedios o de Semicríticos. La VMNI también puede ser utilizada tras la retirada de la VMI o incluso en el domicilio.

El desarrollo inicial de esta modalidad terapéutica se centró en enfermos con insuficiencia respiratoria crónica restrictiva, fundamentalmente pacientes con enfermedades neuromusculares, secuelas de tuberculosis, deformidades de la caja torácica y síndrome de hipoventilación-obesidad<sup>33</sup>. Pero el campo de actuación de la VMNI se ha ido desplazando en los últimos años hacia pacientes con insuficiencia respiratoria aguda de etiología variada, siendo en la agudización de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) donde se ha recopilado la mayor evidencia científica de su eficacia<sup>34-36</sup>; su utilización temprana ha demostrado reducir la mortalidad y la tasa de intubación en este tipo de pacientes<sup>37</sup>.

Por otra parte, la VMNI también está aceptada como método de retirada de la VMI, en especial para pacientes EPOC con períodos prolongados de VMI, permitiendo reducir el período de IOT y así las comorbilidades asociadas, la estancia hospitalaria y la mortalidad<sup>38</sup>.

A pesar de ello, este método tiene algunas limitaciones, ya que para su utilización se precisa que el paciente presente un nivel de conciencia adecuado (con capacidad de colaboración) y una correcta capacidad de protección de la vía aérea, por lo que no es aplicable a todos los pacientes.



**Figura 7.** Modelo de mascarilla nasobucal para VMNI

## 9. Ventilación mecánica prolongada (VMP)

Existen discrepancias entre autores a la hora de definir cuántos días son necesarios para definir la VMP. En un extremo encontramos estudios que la definen como la VMI que se prolonga durante más de 48 horas (2 días)<sup>39</sup> ó 96 horas (4 días)<sup>40</sup>, mientras que en el extremo opuesto se encuentran autores que creen necesarios 21 días de VMI para definirla como prolongada<sup>41-44</sup>. En un punto intermedio están los autores que consideran que 7 días de VMI son suficientes para definir la VMP<sup>45</sup>.

Algunos factores que pueden influir en la necesidad de VMP están claramente relacionados con la severidad de la enfermedad de base que motivó el inicio de la VMI y son, por ejemplo, la necesidad de utilización de sedación durante períodos largos y no interrumpidos, la utilización de bloqueantes neuromusculares, el soporte vasoactivo o la necesidad de utilización de TCDER (Técnicas Continuas de Depuración Extrarrenal) entre otras<sup>40</sup>. La edad avanzada, las neumonías extensas, el fracaso de más de un órgano vital o la patología neurológica o neuromuscular, son factores que también pueden llevar a una VMP.

La VMP se asocia a una mayor tasa de complicaciones derivadas de la VMI<sup>4,21</sup> y a un aumento de la morbilidad, de la mortalidad y del fracaso de extubación<sup>2-4,46</sup>.

Se han realizado varios trabajos con el objetivo de identificar los pacientes que potencialmente podrían necesitar VMP<sup>47</sup> así como para evaluar el pronóstico de estos pacientes. El estudio de Leroy y colaboradores, objetivó un 60% de mortalidad a un año en los pacientes que requirieron VMI durante más de 21 días<sup>44</sup>.

## **10. Destete o *weaning* de la Ventilación Mecánica Invasiva**

Como hemos comprobado en el apartado anterior, son múltiples las complicaciones asociadas a VMI y su aparición es más frecuente si ésta se aplica durante un período de tiempo prolongado. Es por este motivo que la retirada de la VMI tan pronto como sea posible debe ser objetivo principal de los profesionales de las áreas dedicadas a los pacientes críticos.

Para referirnos al proceso de retirada de la VMI, se utilizan de igual forma las palabras “destete” o en inglés “*weaning*” (del verbo “*to wean*”, destetar).

### **10.1 Principios de *weaning* de la Ventilación Mecánica Invasiva**

Se entiende como *weaning* o destete de la VMI, el proceso de retirada gradual de la VMI, hasta que el paciente es capaz de reasumir totalmente la ventilación espontánea. Aunque se suele incluir en este término todo proceso de retirada de la VMI, deberíamos reservarlo para aquellos casos en los que se realiza de forma más gradual y lenta.

El destete de la VMI puede ser un proceso complicado en ciertos casos, y conlleva una importante carga de trabajo para los profesionales de las Unidades de Cuidados Intensivos; según algunos autores, entre un 40 y un 50% del tiempo que un paciente de naturaleza médica se halla bajo ventilación artificial se emplea en la retirada de la misma<sup>17,48-50</sup>.

Si nos basamos en el grado de dificultad y en la duración, el *weaning* se puede clasificar como “simple”, “difícil” o “prolongado”. En la primera categoría se incluyen a aquellos pacientes que superan con éxito la primera prueba de respiración espontánea (“Spontaneous Breathing Trial” o SBT) y pueden ser extubados con éxito en el primer intento. El segundo grupo, el de los pacientes con *weaning* difícil, engloba aquellos pacientes que requieren hasta 3 SBT antes de poder ser extubados, o en los que transcurren hasta 7 días desde el primer SBT hasta la retirada definitiva de la VMI; finalmente, se entiende como difícil el destete que requiere más de 3 SBT o cuando transcurren más de 7 días desde el primer SBT hasta la extubación<sup>50</sup>.

En estos enfermos precisan recursos desproporcionados (hasta el 37% del presupuesto de una UCI médica según el estudio de Navalesi<sup>50</sup>) y, a pesar de ello, algunos no consiguen ser liberados de la VMI hasta que han transcurrido largos períodos de tiempo; otros incluso pueden quedar dependientes de VMI de por vida. Se debe considerar para estas situaciones, el traslado de los pacientes a unidades hospitalarias especializadas en destete de la VMI o incluso plantear la VMI domiciliaria.

Se estima que el proceso de destete es simple y exitoso en alrededor del 70% de los pacientes que precisan VMI; para el 30% restante, el primer intento de extubación fracasa, lo que hace que el proceso de retirada del soporte respiratorio sea más difícil y su pronóstico peor. En estos pacientes se estima una mortalidad intrahospitalaria de hasta el 25%<sup>50</sup>.

La complejidad del destete depende de diversos factores entre los cuales probablemente el más importante es el tipo de paciente, pero depende también en gran medida de la duración de la VMI. La ventilación artificial de corta duración, que incluye básicamente la recuperación postanestésica de la cirugía mayor, presenta generalmente pocos problemas de destete. Cuando la ventilación se prolonga más de 5 días, la mitad de los pacientes precisa más de 3 días para completar el destete. Finalmente, después de más de 10 días de VMI, el destete es largo y difícil, con un alto porcentaje de fracasos que varía según las series, pero que puede alcanzar el 25% en el primer intento<sup>2</sup>.

La edad del individuo, el estado de desnutrición, la agitación o un estado de conciencia inadecuado son otros factores que determinarán de forma significativa el pronóstico de la retirada de la VMI; por otra parte, la VMP asociada a factores como la sepsis (que puede provocar la activación de proteólisis, a través de la activación de endotoxinas que a su vez activan el factor de necrosis tumoral e interleucina-1)<sup>51</sup>, o terapias prolongadas con corticoesteroides<sup>52</sup> pueden ocasionar disfunción y atrofia muscular y también diafragmática (polimioneuropatía del paciente crítico); este hecho provocará un impulso respiratorio inadecuado y por tanto puede prolongar aún más la dependencia de la VMI.

Cabe mencionar que en algunos casos el retraso de la retirada de la VMI puede deberse, entre otros factores, a la dependencia psicológica del respirador.

La siguiente tabla enumera las principales causas de VMI prolongada y de dependencia de la misma:

Tabla 1. Causas de dependencia de la VMI	
<b>Intercambio gaseoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Desequilibrio ventilación/perfusión</li> <li>B. Shunts (atelectasias)</li> <li>C. Efecto espacio muerto. Tromboembolismo pulmonar (TEP)</li> <li>D. Alteración del patrón respiratorio</li> </ul>
<b>Musculatura respiratoria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatiga y atrofia muscular</li> <li>• Hiperinsuflación</li> <li>• Resistencias elevadas con alta carga de trabajo respiratorio</li> </ul>
<b>Respirador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistencia al flujo por el tubo orotraqueal y tubuladuras, humidificadores y válvulas</li> </ul>
<b>Metabolismo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrealimentación con exceso de producción de CO<sub>2</sub></li> <li>• Desnutrición con hipercatabolismo proteico</li> <li>• Déficit electrolítico (fosfato, magnesio)</li> <li>• Alteraciones hormonales</li> </ul>
<b>Cardiovascular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiencia cardiaca izquierda con Edema Agudo de Pulmón</li> <li>• Hiperinsuflación pulmonar con fallo ventricular derecho</li> </ul>
<b>Neurológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disfunción cortical por sedación y factores tóxicometabólicos</li> <li>• Síndrome de apneas del sueño</li> <li>• Polimioneuropatía del enfermo crítico</li> <li>• Agitación, delirium, estado de conciencia alterado</li> <li>• Dependencia psicológica</li> </ul>

**Tabla 1.** Principales causas de dependencia de la VMI

Por estos motivos, el destete de la VMI constituye un periodo crítico de la evolución de un paciente ingresado en un área de Medicina Intensiva. El éxito en el mismo implica principalmente la resolución de los factores que comprometen la función pulmonar, ya que hay que tener en cuenta que, el inicio de la ventilación espontánea implica una mayor actividad de los músculos respiratorios y, por tanto, un incremento de los requerimientos metabólicos del organismo (aumento del consumo de O<sub>2</sub> y de la producción de CO<sub>2</sub>), que deberá verse compensada con una mayor eficacia del pulmón como intercambiador de

gases<sup>53</sup>. Otro factor pronóstico crucial en el destete de la VMI es, como veremos más adelante, el adecuado nivel de conciencia del paciente.

## 10.2 Criterios para iniciar el proceso de *weaning*

¿Cuándo es apropiado iniciar la desconexión del respirador? A pesar de que se han realizado estudios rigurosos no existen datos objetivos que determinen las indicaciones exactas para iniciar el destete de la VMI, por lo que cada profesional deberá confiar en su juicio clínico.

Existen sin embargo una serie de condiciones esenciales que se deben cumplir para plantear el inicio del proceso de *weaning*, y que enumeramos a continuación<sup>54</sup>.

- a) La causa o causas subyacentes que motivaron el inicio de la VMI han desaparecido; el paciente está estabilizado y presenta mejoría clínica
- b) El paciente está hemodinámicamente estable sin fármacos vasopresores o con dosis mínimas de los mismos
- c) La oxigenación es adecuada:
  - $paO_2/FiO_2 > 200$  con  $PEEP < 8$   $cmH_2O$  y  $FiO_2 < 0,5$
- d) El paciente es capaz de generar esfuerzos respiratorios espontáneos

Si se cumplen estas condiciones, es posible iniciar el destete; para ello se realizará un cambio de modalidad del respirador, pasando de las modalidades controladas completamente por el respirador, a las espontáneas. Posteriormente explicaremos con más detalle los métodos más comunes de destete de la VMI.

En la tabla 2 se enumeran los principales factores pronósticos de éxito de *weaning*.

Tabla 2. Factores pronósticos de éxito en el <i>weaning</i>	
Parámetros de oxigenación/ventilación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>pCO_2 &lt; 45</math> mmHg</li> <li>• <math>PaO_2 / FiO_2 &gt; 150-200</math> con               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>FiO_2 &lt; 0.5</math></li> <li>- <math>PEEP &lt; 5</math> cm <math>H_2O</math></li> </ul> </li> </ul>
Estabilidad hemodinámica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasto cardiaco correcto</li> <li>• Ausencia de edema pulmonar</li> <li>• Ausencia de arritmias relevantes</li> <li>• Ausencia de isquemia miocárdica</li> </ul>
Adecuada fortaleza y condición respiratoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de inestabilidad torácica</li> <li>• Rapid shallow breathing index <math>&lt; 105</math></li> <li>• Capacidad para el esfuerzo inspiratorio (Presión máxima inspiratoria <math>&gt; -20</math> cm<math>H_2O</math>)</li> <li>• Ausencia de utilización de musculatura accesoria</li> <li>• Ausencia de hiperinsuflación / auto PEEP</li> </ul>

Tabla 2. Factores pronósticos de éxito en el *weaning*

Es necesario remarcar que, durante el proceso de destete, es imprescindible una estrecha monitorización de los pacientes para detectar la correcta evolución o la aparición de signos de alarma (criterios de fracaso de *weaning*) que obliguen a detener la prueba.

### 10.3 Criterios para interrumpir el proceso de *weaning*

La tabla 3 recoge los principales criterios de fracaso de *weaning*; en caso de que el paciente presente uno o varios de ellos, deberá ser reconectado a la VMI con los mismos parámetros que antes de iniciar la prueba de destete; se desaconseja realizar una nueva prueba de desconexión hasta que no hayan transcurrido 24 horas desde el intento previo.

Tabla 3. Criterios para interrumpir el proceso de <i>weaning</i>	
<b>Criterios gasométricos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saturación de O<sub>2</sub> &lt; 90% con FiO<sub>2</sub> &lt; 0'5</li> <li>• Ph arterial &lt; 7.30</li> <li>• Aumento de la pCO<sub>2</sub> 15 mmHg por encima de los valores basales</li> </ul>
<b>Criterios hemodinámicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la TAs &gt; de 20 mm Hg sobre la basal</li> <li>• Incremento de la FC por encima de 110 lat / min ó más de 25 lat / min respecto a la basal</li> <li>• Signos clínicos de mala perfusión periférica.</li> <li>• Shock</li> </ul>
<b>Criterios Neurológicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del nivel de conciencia</li> <li>• Agitación no controlable</li> </ul>
<b>Criterios respiratorios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FR mayor de 35 resp / min</li> <li>• Vt inferior a 5 mL/Kg</li> <li>• Asincronía toracoabdominal</li> <li>• Signos clínicos de trabajo respiratorio</li> </ul>

**Tabla 3.** Principales criterios de fracaso del *weaning*. Criterios para interrumpir el proceso de destete de la VMI

La evaluación diaria de los pacientes para identificar aquellos que pueden respirar espontáneamente puede reducir la duración de la VMI y por tanto la estancia y el coste de los Cuidados Intensivos<sup>55</sup>.

#### 10.4 Otros factores que condicionan el pronóstico del *weaning*

Más allá de los criterios convencionales de *weaning*, y, dado que por todo lo mencionado anteriormente, ya desde hace algunas décadas que la retirada de la VMI se plantea como una entidad de destacado interés en el ámbito de los Cuidados Intensivos, se han realizado varios estudios con el objetivo de averiguar otros parámetros pronósticos de éxito o de fracaso del destete de la VMI. A continuación abordamos los principales.

#### A. Rapid Shallow Breathing Index (RSBI) o Índice de Tobin

Ideado por Yang y Tobin en 1991<sup>56</sup>, es un parámetro que pone en relación la Frecuencia Respiratoria (FR) y en Volumen Tidal o Volumen Corriente (Vt o Vc), y cuantifica el grado de respiración rápida superficial, un hallazgo común entre los pacientes que fracasan en el *weaning*. Valores superiores a 105 resp/min/L indican una alta probabilidad de fracaso del destete de la VMI.

Es un parámetro vigente hoy en día, validado por múltiples estudios<sup>56,57</sup> y comúnmente utilizado en las Unidades de Críticos, a pesar de que estudios posteriores han puesto en cuestión su utilidad como único factor pronóstico de *weaning*<sup>58</sup>. Existe un estudio que incluso menciona que el RSBI no predice el éxito del destete de la VMI en pacientes con daño cerebral de causa traumática<sup>59</sup>.

Un estudio llevado a cabo recientemente por Takaki y colaboradores<sup>60</sup>, propone utilizar el RSBI ajustado a los parámetros antropométricos de cada paciente (peso actual, peso ideal, índice de masa corporal -IMC- y área de superficie corporal). El estudio demuestra que el valor predictivo del RSBI aumenta si se pone en relación con el peso actual de paciente o con su IMC.

#### B. Hemoglobina

La importancia de los niveles de Hemoglobina (Hb) en el pronóstico del *weaning* está en discusión, en especial en aquellos pacientes con destete dificultoso. La anemia es un problema común entre los pacientes críticos<sup>61</sup>; la anemia leve raramente requiere terapia transfusional, mientras que en los casos de anemia grave habitualmente se necesitan transfusiones de hematíes para asegurar un funcionamiento fisiológico correcto.

Algunos estudios han sugerido los niveles de Hb por debajo de los cuales se recomienda la transfusión según las diferentes situaciones clínicas<sup>62</sup>, siendo aceptada según la evidencia clínica una estrategia transfusional restrictiva hasta que las cifras de Hb no son inferiores a 7 g/dL, ya que las complicaciones derivadas de las transfusiones sanguíneas pueden en ocasiones ser más graves que la propia anemia. Por tanto, el criterio de transfusión viene

dado por un equilibrio entre el umbral tolerable de anemia y los efectos adversos de las transfusiones, pero puede ser poco adecuado para cada paciente de forma individual.

El papel de la Hb en el pronóstico del *weaning* es aún objeto de debate<sup>63</sup>. Los pacientes que se encuentran ante destetes dificultosos se pueden beneficiar de niveles altos de Hb para asegurar un intercambio de oxígeno adecuado y disminuir la carga de trabajo durante el proceso de reanudar la respiración espontánea<sup>64</sup>, pero los niveles óptimos de hemoglobina en estos pacientes no están claros. Un trabajo publicado en 2013 por Lai y colaboradores<sup>65</sup>, compararon el pronóstico del *weaning* en tres grupos de pacientes según sus niveles de Hb: < a 8 g/dL, 8-10 g/dL y > a 10 g/dL. Se demostró una relación significativa entre los niveles de Hb entre 8-10 g/dL y éxito de *weaning*, pero la relación con respecto a niveles > 10 g/dL fue más pobre.

Por otra parte, otro estudio llevado a cabo por Khamiees y colaboradores<sup>10</sup>, demostró que los niveles de hemoglobina < 10 g/dL se asociaron con fracaso de extubación.

### C. Polineuropatía y miopatía

Todo paciente que sufre un destete dificultoso debe ser evaluado detalladamente. El éxito del *weaning* depende principalmente de la capacidad muscular de superar la carga de trabajo que supone el reanudar la respiración espontánea y ésta, frecuentemente, está alterada debido a la miopatía y/o a la polineuropatía del paciente crítico.

La miopatía del paciente crítico es una miopatía primaria que ha recibido numerosos nombres, siendo probablemente el más adecuado la "Miopatía de UCI" y su traducción al inglés, Critical Illness Myopathy (CIM), la más aceptada en la literatura especializada<sup>66</sup>. Clínicamente los pacientes presentan miembros flácidos, débiles de forma simétrica y preferiblemente proximal, con reflejos musculares profundos normales o disminuidos y sin alteraciones nerviosas sensitivas. Un hallazgo anatomopatológico reiterado en la miopatía de UCI es la pérdida de cabezas de miosina o filamentos gruesos en el tejido muscular. Además, puede haber necrosis, atrofia de las fibras tipo II y desorganización de las líneas Z. Estos hallazgos son reversibles cuando la miopatía se ha recuperado<sup>67</sup>.

La polineuropatía del paciente crítico (en inglés *Critical Illness Polyneuropathy* o CIP) es una degeneración axonal primaria, distal y simétrica, de fibras motoras y sensitivas. Como resultado, existe una denervación funcional del músculo estriado que provoca degeneración de las fibras musculares<sup>68</sup>. Ocurre de forma generalizada con preservación de pares craneales, por lo que la debilidad de extremidades y la dificultad del destete del respirador son los signos más evidentes cuando el paciente está despierto. Además, se habla de una pérdida de sensibilidad (dolorosa, termoalgésica y propioceptiva) y de una disminución de los reflejos musculares profundos. Clínicamente es indistinguible de la miopatía de UCI salvo por la exploración sensitiva, por lo que resulta complicado diagnosticarla en pacientes bajo sedoanalgesia profunda.

A la dificultad para separar estas dos entidades cuando el paciente está sedado se añade también el hecho de que pueden darse de forma simultánea. Afectan principalmente a pacientes sépticos con fracaso multiorgánico (FMO, fracaso de más de 2 órganos); los principales factores de riesgo para desarrollarla son<sup>69</sup>: gravedad de la enfermedad, duración del FMO, duración del tratamiento con vasopresores, tiempo de estancia en UCI, hiperglicemia, sexo femenino, nutrición parenteral, necesidad de terapias de reemplazo renal, hiperosmolaridad e hipoalbuminemia.

Otros factores frecuentemente investigados son la administración de corticoides y/o relajantes neuromusculares, a pesar de que existe una gran controversia ya que la polineuropatía o la miopatía de UCI se pueden desarrollar en pacientes que no reciben ninguno de estos fármacos. La relación causal entre el uso de corticoides y el desarrollo de miopatía está bien establecida en poblaciones de pacientes no críticos y en modelos animales<sup>70,71</sup>, pero los datos son discordantes si se analizan los estudios realizados en pacientes críticos<sup>72</sup>, ya que algunos demuestran causalidad mientras que otros defienden un papel protector.

No se ha demostrado un tratamiento que reduzca de manera significativa ni la incidencia ni la gravedad de la polineuropatía o de la miopatía del paciente crítico. La terapia insulínica intensiva para mantener niveles de glucemia de 80-110 mg/dL parece que reduce la incidencia de afectación neuromuscular y el tiempo de ventilación mecánica que los pacientes requieren<sup>73,74</sup>, aunque el rango óptimo de glucosa en sangre no está bien establecido, ya que controles muy estrictos de glucemia aumentan la mortalidad por episodios de hipoglucemia grave<sup>75</sup>.

Un aspecto crucial y muy reconocido en los últimos años es la rehabilitación precoz, la movilización pasiva temprana para evitar la atrofia por desuso<sup>76</sup>. La terapia ocupacional y la rehabilitación temprana mejoran la funcionalidad motora de los pacientes, reduciendo la duración de la VMI, los días de destete del ventilador, la estancia en UCI y la estancia hospitalaria<sup>3,77,78</sup>.

#### D. Fuerza de prensión manual

Como hemos mencionado anteriormente, la debilidad muscular se relaciona con la VMP y la dificultad de destete. La fuerza de prensión manual es una manera de cuantificar la fuerza muscular de los pacientes encamados; se realiza mediante la utilización de un aparato específico (dinamómetro) que, al ser presado por el paciente, muestra las unidades de fuerza que éste es capaz de realizar. Es una medida sencilla y no presenta habitualmente dificultades para su aplicación a pie de cama.

La fuerza de prensión manual se ha relacionado con el pronóstico y la mortalidad de los pacientes críticos<sup>79</sup> y se ha propuesto también su utilización como parámetro pronóstico de la desconexión de la VMI. Un ejemplo de ello es el estudio multicéntrico realizado por Cottareau y colaboradores<sup>80</sup> con pacientes sometidos a VMI durante un período superior a 48 horas a los que se evaluó su fuerza muscular mediante la prensión manual de un dinamómetro durante la prueba de ventilación espontánea. El estudio demostró que una fuerza muscular pobre (6 [3-11] Kg) se relaciona con un *weaning* dificultoso y prolongado, pero no es un buen parámetro predictor de fracaso de extubación.

#### E. Balance hídrico negativo

El tratamiento de múltiples patologías que requieren ingreso en Unidades de Cuidados Intensivos se basa frecuentemente en la fluidoterapia intensiva, principalmente en la fase aguda de la enfermedad. A parte de la sueroterapia per se como tratamiento del shock de diferentes etiologías, se ha de sumar la medicación endovenosa, las transfusiones de hemoderivados o la nutrición parenteral como probables fuentes de entrada de líquidos al

espacio intravascular en los pacientes críticos. Por otra parte, uno de los principales efectos adversos de la VMI es la hipotensión producida por la presión positiva endotorácica y la disminución de la precarga, lo que puede agravar la situación de bajo gasto e hipotensión de los enfermos e incrementar indirectamente la necesidad de reposición de volumen intravascular.

Por tanto no es infrecuente observar que, a lo largo de su evolución, el paciente crítico presente un importante balance hídrico positivo que se puede traducir en presencia de líquido en partes blandas, en tercer espacio y en una hiperhidratación pulmonar que altera la funcionalidad del parénquima pulmonar y por tanto el intercambio gaseoso. Una vez superada la fase aguda de la enfermedad, esta situación puede derivar en un incremento de la duración de la VMI y en el pronóstico de la extubación.

Este hecho se ha estudiado en el trabajo realizado por Upadya y colaboradores<sup>81</sup>, en el que se relacionó el balance hídrico con el pronóstico del destete de la VMI. Se demostró que un balance positivo durante las 24-72 horas previas a la extubación se relacionaba con una mayor tasa de fracaso de la misma, mientras que el balance negativo fue un predictor de éxito de la retirada de la VMI. Otro estudio más reciente<sup>82</sup>, sin embargo, sólo pudo demostrar una relación significativa entre el balance positivo y el fracaso de la extubación únicamente en el subgrupo de pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).

#### F. Disfunción muscular respiratoria, diafragma y ultrasonografía

La disfunción de los músculos respiratorios, principalmente del diafragma, constituye una pieza clave que conducen a la dificultad del destete de la VMI. La movilidad del diafragma disminuye cuando se utiliza VMI<sup>83</sup>; la limitada movilidad del paciente crítico -y en especial del diafragma- cuando se requiere soporte prolongado con VMI favorece el inicio temprano de la disfunción muscular respiratoria<sup>84</sup>.

Uno de los principales factores que determinan la disfunción muscular respiratoria es la edad. Este hecho ha sido demostrado mediante la disminución de la fuerza de los músculos respiratorios, con caída de 0.8 a 2.7 cmH<sub>2</sub>O /año de la presión inspiratoria máxima (PImax) en edades entre 65 y 85 años<sup>85</sup> y la caída de un 25% de la presión transdiafragmática en adultos entre 65 y 85 años<sup>86</sup>. Un mecanismo que explica estos cambios es el efecto acumulativo de los

radicales activos de oxígeno, que puede desencadenar procesos proteolíticos<sup>87-89</sup>. Se ha sugerido también que al progresar la edad, ocurre una remodelación de las fibras musculares en la que las fibras rápidas de miosina son sustituidas por isoformas de tipo lento<sup>90</sup>. Otros factores que pueden inducir atrofia y debilidad muscular son los derivados del uso de fármacos como los glucocorticoides o los bloqueantes neuromusculares<sup>91</sup>.

Estos conceptos explican el motivo por el cual la edad avanzada de los pacientes es uno de los principales factores de riesgo de VMP, de dificultad en el destete y de fracaso de extubación.

La disfunción diafragmática está relacionada con la VMP y con el fracaso de extubación<sup>92,93</sup>. Varios estudios realizados en diferentes especies animales han demostrado que son suficientes 12-18 horas de VMI para que la atrofia diafragmática se produzca de forma significativa<sup>94</sup>. Esta disfunción, demostrada histológicamente como atrofia muscular, precede la aparición de la observada en el sistema locomotor, comúnmente descrita en animales de experimentación tras 96 horas de VMI<sup>95</sup>. Resultados similares a estos estudios fueron confirmados en humanos tras 18 a 69 horas de VMI<sup>88</sup>.

Para solucionar estos problemas, se han investigado métodos para averiguar el estado del diafragma. Algunos ejemplos son el uso de la fluoroscopia, el estudio de conducción del nervio frénico o la medida de la presión transdiafragmática, pero presentan algunas limitaciones, como el uso de radiación ionizante, la poca disponibilidad de los mismos o el ser métodos invasivos, además de requerir personal especializado y frecuentemente el traslado del paciente a unidades específicas. Por ello, recientemente se ha introducido la ultrasonografía como un nuevo método para evaluar la función diafragmática<sup>93</sup>. Algunas de sus principales ventajas incluyen el hecho de ser un método no invasivo e inocuo y el poderlo realizar a pie de cama del paciente.

Mediante la ultrasonografía se puede medir la excursión diafragmática, el grosor del diafragma y la velocidad de contracción de este músculo<sup>93</sup>. La disfunción diafragmática medida mediante ultrasonografía, se ha relacionado con períodos más prolongados de *weaning* y de VMI<sup>96</sup>. Así lo demuestra un estudio realizado por Ferrari y colaboradores<sup>97</sup>, en el que relacionan el adelgazamiento del diafragma con el pronóstico del *weaning*. El estudio propone un nuevo parámetro predictor de *weaning*, al que denominan DTC (*diaphragmatic*

*thickening fraction* o fracción de grosor diafragmática). Calcularon el DTC mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Grosor al final de la inspiración} - \text{grosor al final de la espiración}}{\text{Grosor al final de la espiración}}$$

El estudio analizó 46 pacientes y encontró diferencias significativas en los valores de DTC entre los pacientes con éxito de *weaning* (0.56) y aquellos que presentaron fracaso del mismo (0.26) y propuso el DTC como un nuevo parámetro predictor de *weaning* ya que un valor de DTC superior a 0.36 se relacionó con éxito del mismo.

Puesto que el mecanismo principalmente asociado a la atrofia diafragmática es el incremento de la proteólisis, actualmente la investigación se dirige hacia la exploración de las vías de transducción de estos mecanismos, con el fin de encontrar fármacos o intervenciones terapéuticas que las desvíen hacia la prevención de la atrofia y la disfunción muscular respiratoria. En este sentido, se han propuesto alternativas como la disminución del tiempo en los modos controlados de VMI, la estimulación eléctrica diafragmática transcutánea<sup>98,99</sup> y la movilización precoz de los pacientes<sup>84</sup>.

Por otra parte, fármacos como el Levosimendan han demostrado aumentar la fuerza contráctil del diafragma en humanos, lo cual puede ser muy útil en pacientes con destete difícil<sup>91</sup>.

De la misma forma, algunos fármacos con efecto antioxidante pueden ayudar a contrarrestar la pérdida de fuerza diafragmática<sup>84</sup>. Así lo expone un estudio llevado a cabo por Howe y colaboradores<sup>100</sup>, en el que se demuestra que al administrar suplementos de antioxidantes (vitamina C, vitamina E y N-acetilcisteína) a los pacientes críticos reducía el período de VMI.

## 10.5 Métodos de destete de la VMI<sup>54,101,102</sup>

Una vez seleccionado el momento para comenzar la retirada de la VMI basado en los criterios expuestos en los apartados anteriores, el siguiente paso es elegir la técnica adecuada para lograrlo. Con el desarrollo de la VMI y la aparición de nuevos respiradores, han ido evolucionando también los métodos empleados para retirar el soporte ventilatorio del enfermo.

A continuación explicaremos brevemente los métodos de destete más comúnmente utilizados en la práctica clínica habitual.

### A. SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation):

Surge alrededor de la década de 1970 como método ventilatorio en niños y rápidamente se describe en adultos como método de destete, manteniéndose su uso a pesar de no estar clara aún su verdadera efectividad.

#### Ventajas:

- ✚ Disminuye la necesidad de sedación y parálisis muscular.
- ✚ Evita la lucha del paciente con el ventilador.
- ✚ Corrección progresiva de la  $PCO_2$  que evita la alcalosis respiratoria que aparece al iniciar la respiración espontánea.
- ✚ Disminuye el tiempo del destete (controvertido).

#### Desventajas:

- ✚ A medida que disminuyen las ventilaciones mandatorias se produce un aumento del trabajo respiratorio y el consumo de  $O_2$  que pueden llevar a la fatiga muscular.
- ✚ Adaptación del enfermo al ventilador lo cual constituye su principal desventaja para el destete.

## B. PSV (Ventilación con Presión de Soporte)

Se ha convertido en uno de los métodos más extendidos y universales para el destete y su principal utilidad se da en aquellos casos de VMP en las que han fallado otros métodos. Permite al enfermo controlar la profundidad y frecuencia de sus respiraciones generando presiones negativas que tienden a contrarrestar la resistencia creada por el respirador y las tubuladuras. A través de este método, se presenta menor aumento del trabajo respiratorio en relación con otras modalidades de destete como la CPAP y el tubo en T, siendo ésta una de sus ventajas principales.

Para determinar la PSV óptima para iniciar el destete se han hecho mediciones electromiográficas que determinan que el nivel óptimo corresponde al 70% de la P<sub>Imáx</sub> y esto parece ser un indicador útil para el destete.

Este método tiene algunos inconvenientes:

- ✚ Retraso entre el inicio del esfuerzo inspiratorio y el disparo del *trigger* del equipo.
- ✚ Diferencia entre la completa inflación del paciente y el criterio del ventilador para terminar el soporte de presión, creando en ocasiones un flujo aéreo insuficiente.
- ✚ Restricción de la espiración creada por la resistencia del Tubo en T y la válvula espiratoria del ventilador.

### Método:

Se recomienda empezar con una presión de soporte igual a la presión meseta durante la VMI controlada o aquella que garantice V<sub>t</sub> de 10 ml/kg de peso del paciente. Se va disminuyendo progresivamente la PSV de dos en dos cm de H<sub>2</sub>O cada 30 min a 2 horas según tolerancia. Cuando el nivel de presión es de 8 cm H<sub>2</sub>O se pasa al tubo en T, pudiéndose extubar 2-3 horas después si el paciente se mantiene estable.

C. Presión Positiva Continua en la vía Aérea (CPAP, *Continuous positive airway pressure*)

Es una de las estrategias de destete, a pesar de que últimamente ha perdido fuerza en la práctica habitual. Presenta como ventajas que aumenta la Capacidad Residual Funcional (CRF) mejorando la oxigenación y evita el colapso alveolar, por lo que puede resultar útil en aquellas patologías con disminución de la CRF, hipoxemia y tendencia o presencia de colapso alveolar.

Los trabajos publicados no han demostrado ventajas con su utilización, cuando se compara con el empleo del tubo en T y se plantea un trabajo respiratorio excesivo si se compara con el método de Presión de Soporte. Parece que ambas razones son las que han motivado su menor utilización.

D. Ventilación Asistida Proporcional (VAP)<sup>103,104</sup>

Es un método de ventilación ideado por Younes y colaboradores, donde el respirador actúa como un músculo auxiliar; fue desarrollada como un modo de mejorar la respuesta al ventilador a la demanda inspiratoria y espiratoria del paciente, basado en una adaptación respiración a respiración.

La respiración es iniciada por el paciente, controlada por presión y ciclada por flujo; permite al ventilador cambiar la presión administrada, para realizar siempre un trabajo proporcional al esfuerzo del paciente, mediante la medición en cada ciclo respiratorio de la elastancia y la resistencia pulmonares.

Al igual que la PSV, la VAP es una modalidad espontánea, iniciando el disparo el propio paciente. Sin embargo, a diferencia de PSV, que está limitada por una presión inspiratoria ajustada por el operador, la VAP provee flujo y presión proporcional al esfuerzo inspiratorio espontáneo del paciente. Esta característica determina que tanto el inicio, la amplitud y la finalización del ciclo inspiratorio sea regulado totalmente por el paciente. Por tanto, en esta modalidad el respirador es capaz de interpretar la magnitud del trabajo respiratorio que el enfermo está realizando, de manera que cuanto mayor es el esfuerzo del paciente, mayor es el soporte (interpretado como “ayuda”) del respirador.

Un estudio que comparó la modalidad de VAP frente a la de PSV<sup>105</sup>, demostró que ambas fueron útiles para compensar el exceso de trabajo respiratorio inducido por el TOT, no obstante, la VAP resultó menos influida que la PSV por cambios en el patrón respiratorio, principalmente del flujo inspiratorio y del tiempo inspiratorio. Otro trabajo reciente llevado a cabo por Teixeira y colaboradores<sup>106</sup>, demostró que, en su estudio, la VAP fue un mejor predictor de éxito de extubación que el método de Tubo en T.

Si se aplica de forma adecuada, la VAP puede ser una modalidad que facilita la adaptación del paciente al respirador durante el período de destete, ya que proporciona un control eficaz durante todo el ciclo respiratorio, es un método dinámico (no precisa modificación constante de los parámetros cuando las demandas ventilatorias aumentan o disminuyen) y por tanto proporciona un buen confort a los enfermos.

#### E. Compensación de Tubo

En los pacientes intubados, durante la ventilación espontánea, el tubo endotraqueal impone una carga resistiva inversamente proporcional al diámetro interno del mismo. Para vencer dicha resistencia, el enfermo tiene que realizar un trabajo respiratorio adicional o impuesto (WOBimp, en inglés *work of breathing*), que en muchas ocasiones es el responsable del fracaso del destete. Existen múltiples trabajos que demuestran que la ventilación con PSV puede ser usada para compensar este WOBimp. Sin embargo se aprecian significativas diferencias en cuanto al nivel de soporte necesario, que estará en función de las condiciones pulmonares subyacentes, y por lo tanto, no resulta fácil predecir el mínimo o incluso el mejor nivel de soporte para cada paciente<sup>107</sup>.

Este fenómeno podría ser explicado, en parte, por la dependencia que la resistencia del TET tiene del flujo inspiratorio del enfermo y por lo tanto de su patrón ventilatorio. Desde este punto de vista, una presión de soporte constante durante todo el ciclo inspiratorio, como la generada durante la PSV, puede no ser adecuada para compensar con exactitud el WOBimp. Al principio de la inspiración cuando el flujo y, consecuentemente, la caída de presión resistiva a través del TET, son altos, el nivel de soporte seleccionado podría ser insuficiente. Por el contrario, al final de la inspiración cuando el flujo es bajo, la presión de soporte puede ser

excesivamente alta, limitando el flujo espiratorio y favoreciendo o aumentando la presencia de PEEP intrínseca.

### Principios de funcionamiento

Con el objetivo de abolir el trabajo ventilatorio impuesto por el TET se ha desarrollado este nuevo modo de asistencia ventilatoria, el cual básicamente consistiría en un presión de soporte variable en función del flujo espontáneo del paciente. En contraposición al nivel de soporte prefijado durante la PSV, este modo entrega exactamente la cantidad de presión necesaria para vencer la resistencia ofrecida por el TET para el flujo medido en cada momento. Debido a que la compensación automática de tubo (ATC) libera al paciente del WOBimp, sin ofrecer asistencia ventilatoria adicional, algunos autores la han denominado extubación electrónica<sup>108</sup>.

El ajuste del nivel de soporte en ATC lo realiza automáticamente el respirador merced a la medida continua de la presión traqueal. Durante la ventilación espontánea sin TET, la presión traqueal es constante, tanto durante la inspiración como durante la espiración. El objetivo de ATC es mantener la Pt constante mediante la variación de la presión de soporte.

La ATC puede ser usada o bien asociada a cualquier modo de soporte ventilatorio de los que dispone el respirador o aisladamente. La curva de presión traqueal aparece en la pantalla del respirador superpuesta a la de presión en vía aérea, lo que facilita al usuario el seguimiento del fenómeno de compensación del WOBimp. Su uso clínico resulta extraordinariamente sencillo puesto que únicamente tenemos que seleccionar el diámetro del tubo endotraqueal utilizado. En algunos respiradores, se ofrece la posibilidad de elegir el porcentaje de compensación deseado. Aunque lo deseable es abolir por completo el trabajo impuesto, se justifica la existencia de esta segunda opción por si se prefiere solo compensar parcialmente el WOBimp, con la finalidad de favorecer el entrenamiento de la musculatura respiratoria del enfermo.

#### F. Tubo en T

Es en la actualidad un método que se emplea de forma extendida por sus ventajas y seguridad. Es en la mayoría de casos, el paso final del proceso de destete (prueba de Tubo en T).

El Tubo en T Consiste en un tubo con dos orificios laterales, uno por donde entra un flujo de oxígeno determinado y otro por donde se elimina el aire espirado por el paciente. Se acopla al tubo endotraqueal o bien a la cánula de traqueostomía, separando físicamente por primera vez al paciente del respirador.



**Figura 8.** Paciente conectada a Tubo en T

Para iniciar la prueba de Tubo en T es importante cumplir con las siguientes condiciones:

- ✚ Es preciso disponer de personal de enfermería calificado y entrenado para la estricta vigilancia del paciente.
- ✚ El flujo de la fuente de gas debe ser el doble del volumen minuto espontáneo del paciente para garantizar el flujo inspiratorio y evitar demandas ventilatorias.
- ✚ Debe aumentarse la  $FiO_2$  un 10% por encima del valor utilizado previo al inicio de la prueba.

Se pueden seguir dos técnicas según las características del paciente, la patología que llevó el fallo respiratorio y el tiempo de VMI; una forma rápida en la cual se extuba al paciente

después de estar respirando durante dos horas con el tubo en T y otra forma en la que se alternan períodos de respiración espontánea de forma creciente con otros de VMI. Es importante respetar las horas nocturnas en las que se mantiene al paciente conectado al respirador. En la segunda modalidad, cuando el paciente permanece 8 horas en respiración espontánea se puede extubar.

Cuando se compara con los demás métodos, el empleo del Tubo en T ofrece las ventajas de que elimina las resistencias que ofrecen los circuitos del respirador y que pueden aumentar el trabajo respiratorio; evita los fenómenos de asincronía descritos con la presión de soporte; el paciente recibe el flujo inspiratorio resultado de su esfuerzo sin las limitaciones de un *trigger* para disparar la respiración, y, por tanto, se garantiza un flujo de aire adecuado en cada ciclo respiratorio.

## 11. Extubación

Una vez superado el período de *weaning*, el paciente se considera preparado para ser extubado, siempre y cuando no haya presentado ninguno de los criterios de alarma mencionados anteriormente y presente una oxigenación adecuada con los ajustes ventilatorios mínimos. Se evalúa al paciente al final de la prueba de destete según los criterios de extubación y, si la situación clínica del paciente lo permite, se procede a la extubación.

### 11.1 Criterios de extubación (criterios clásicos)

Considerados como los requisitos mínimos que cada paciente debe reunir para poder plantear la extubación de forma segura y se evalúan en el momento final del *weaning*. La tabla número 5 recoge dichos criterios<sup>109</sup>:

**Tabla 4. Criterios de extubación clásicos**

1. Capacidad vital  $\geq 15$  mL/Kg del peso corporal ideal.
2. Presión inspiratoria máxima de  $- 20$  cmH<sub>2</sub>O como mínimo
3. Presión arterial de oxígeno  $\geq 60$  mmHg con FiO<sub>2</sub>  $< 0.5$  y PEEP  $< 5$  cm H<sub>2</sub>O
4. Presión arterial de CO<sub>2</sub>  $< 45$  mmHg.
5. Frecuencia respiratoria inferior a 25 respiraciones por minuto.
6. Estabilidad hemodinámica sin vasopresores o con mínimo apoyo vasopresor
7. Frecuencia cardiaca  $< 140$  latidos/minuto
8. Hemoglobina  $> 8$  g/dL
9. Ausencia de hiper o hipotermia
10. Ausencia de fallo orgánico agudo
11. Nivel de conciencia: GCS  $> 8$  puntos
12. Ausencia de agitación o diaforesis

**Tabla 4.** Criterios de extubación clásicos

Si el paciente reúne estos criterios, se puede pensar que ya no requiere la ventilación mecánica para mantener una ventilación y oxigenación adecuadas.

En este momento, está indicado llevar a cabo una “prueba de respiración espontánea” o en inglés “*spontaneous breathing trial*” (SBT). Consiste en hacer respirar al paciente, aún con el tubo endotraqueal en la vía aérea pero desconectado del respirador, conectando una fuente de oxígeno de hasta el 50% al dispositivo orotraqueal. Este caso es reproducible mediante el Tubo en T. Si durante dos horas de respiración espontánea el paciente reúne los criterios mencionados en la anterior tabla, se puede proceder a la extubación. La SBT se puede realizar también con el paciente conectado al respirador en modalidad PSV, con un máximo de PS de 8 cmH<sub>2</sub>O y anulando la PEEP (PEEP de 0).

La prueba de SBT es considerada la más precisa para predecir el éxito de extubación<sup>110,111</sup>.

## 11.2 Éxito y fracaso de extubación

Se considera *éxito de extubación* cuando un paciente es capaz de mantener la respiración espontánea una vez transcurridas 48 horas o más desde la retirada de la VMI.

La mayoría de los enfermos que se recuperan de la patología que les ha llevado a precisar la VMI (80-90%) puede ser desconectados y extubados con facilidad. En este grupo, la VMI puede ser retirada dentro de las 72 horas siguientes al inicio de la misma. Este grupo está principalmente compuesto por pacientes postquirúrgicos, pacientes con sobredosis de fármacos y pacientes con lesión pulmonar pura que se resuelve rápidamente. En una minoría de pacientes, la VMI es más difícil de retirar. Este grupo está principalmente formado por enfermos que reciben VMI durante más de 21 días, pacientes de edad avanzada o con una elevada morbilidad de base<sup>112</sup>.

El *fracaso de extubación* se define como la necesidad de reintroducir la VMI en un plazo inferior a 48-72 horas desde su retirada<sup>3,50,54,113,114</sup>, a pesar de que algunos trabajos aceptan como fracaso la necesidad de reinstaurar la VMI hasta 7 días después de su retirada<sup>115,116</sup>.

Según diferentes estudios el fracaso de extubación ocurre en un 5-25% de los casos de retirada de la VMI<sup>3,101,114,117-120</sup>.

### 11.3 Causas de fracaso de extubación

Existen 4 razones principales que pueden ocasionar el fracaso de extubación, que pueden darse solas, o combinadas<sup>121</sup>:

1. Impulso respiratorio inadecuado (por déficit nutricional, sedantes, anomalías del sistema nervioso central o privación del sueño)
2. Incapacidad de los pulmones para realizar un intercambio gaseoso efectivo
3. Alteración en la vía aérea superior: laringoespasma, edema de glotis
4. Dependencia psicológica

En la práctica clínica habitual y de acuerdo con la mayoría de estudios, observamos que el fallo de bomba por fatiga de los músculos respiratorios es la causa más frecuente del fracaso de desconexión en pacientes con períodos prolongados de VMI<sup>122</sup>. Frecuentemente denominada “fatiga muscular” o “broncooplejia”, produce insuficiencia respiratoria aguda progresiva y obliga a reinstaurar la VMI de forma precoz.

Alrededor de un 50% de los pacientes que sufren fracaso de extubación presentan hipoxemia, hipercapnia o presentan signos evidentes de trabajo respiratorio. La evidencia sugiere que monitorizar la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno, la presión arterial, la frecuencia cardíaca y realizar gasometrías arteriales seriadas puede no ser suficiente para detectar signos precoces pronósticos de fracaso de extubación<sup>3</sup>.

Se han identificado otras muchas causas de fracaso de extubación, muchas de ellas relacionadas directamente con la integridad de la vía aérea superior de los pacientes: estenosis de vía aérea superior relacionadas con una presión excesiva del neumotaponamiento, la ventilación mecánica prolongada, una intubación traumática o el sexo femenino pueden ser factores de riesgo para el fracaso de extubación, así como la disfagia, la incapacidad de eliminar eficazmente las secreciones de vía aérea (tos ineficaz) o la encefalopatía de diversa índole<sup>3</sup>.

Las tablas 5 y 6 muestran las causas y los factores de riesgo principales para el fracaso de extubación<sup>3</sup>:

**Tabla 5. Causas principales de fracaso de extubación**

1. Fatiga de los músculos respiratorios
2. Obstrucción de vía aérea superior  
(Tejido de granulación, inflamación, ulceración, edema)
3. Secreciones respiratorias excesivas
4. Incapacidad de proteger la vía aérea
5. Fallo cardíaco
6. Encefalopatía

**Tabla 5.** Principales causas del fracaso de extubación

**Tabla 6. Factores de riesgo principales de fracaso de extubación**

1. Edad avanzada (> a 70 años)
2. VMI prolongada
3. Anemia (Hb < 8 g/dL)
4. Posición en decúbito supino tras la extubación
5. Uso de sedación continua
6. Necesidad de traslado fuera de UCI
7. Extubación accidental

**Tabla 6.** Principales factores de riesgo del fracaso de extubación

Como hemos mencionado anteriormente, el fracaso de extubación y la necesidad de reintroducir la VMI produce una prolongación de la estancia hospitalaria, de la morbilidad y de la mortalidad<sup>3,114</sup> y es por tanto considerado uno de los “indicadores de calidad asistencial” más importantes dentro de las Unidades de Cuidados Intensivos<sup>123</sup>.

#### 11.4 Otros parámetros predictores de éxito/fracaso de extubación

##### A. Variabilidad de la frecuencia cardiaca

La variabilidad de la frecuencia cardiaca o *heart rate variability* (HRV) en inglés, se relaciona con el equilibrio entre la regulación simpática y parasimpática de la actividad cardiaca, la respiración y la regulación de la temperatura corporal<sup>124</sup>. El impacto de la VM en la HRV ha sido estudiado en recién nacidos, en niños en situación de muerte encefálica y en adultos sanos bajo sedación y relajación muscular<sup>125-127</sup> y se puede correlacionar para evaluar la respuesta fisiológica al proceso de *weaning*. En el estudio llevado a cabo por Shen y colaboradores se demostró que un descenso en la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante la prueba de SBT era un parámetro predictor de fracaso de extubación.

Posteriormente un estudio multicéntrico llevado a cabo por Seely<sup>128</sup> obtuvo conclusiones similares.

De la misma manera, el trabajos de Huang<sup>129</sup> y colaboradores demostró que la frecuencia cardiaca aumentaba tras una hora de respiración espontánea en pacientes que con éxito de extubación, mientras que disminuía durante este período en pacientes que presentaron fracaso de extubación. Es decir, se demostró una asociación significativa entre la incapacidad de aumentar la frecuencia cardiaca tras la retirada de la VM y el fracaso de extubación. Este dato podría estar en relación con alguna anomalía del sistema autónomo del organismo y también ha sido propuesto como factor de mal pronóstico de otros estados patológicos, como por ejemplo, la sepsis<sup>130</sup>.

##### B. Saturación venosa central de oxígeno (SvO<sub>2</sub>)

Existe poca literatura con respecto a este parámetro como factor pronóstico de extubación. Sin embargo, nos ha parecido oportuno mencionar un trabajo publicado en 2010 por Teixeira y colaboradores<sup>131</sup> en el que se demostró que la reducción de más de un 4.5 % en el valor de la saturación venosa central (SvO<sub>2</sub>) durante la SBT se relacionaba con el fracaso de extubación con una sensibilidad del 88% y una especificidad del 95%. Este hecho podría ser

reflejo de un aumento del consumo de oxígeno por parte de la musculatura respiratoria al incrementar el trabajo respiratorio en el momento en que se reanuda la respiración espontánea y podría ser incluido en el protocolo de extubación como un nuevo parámetro pronóstico.

### C. Fracción de espacio muerto (Vd/Vt)

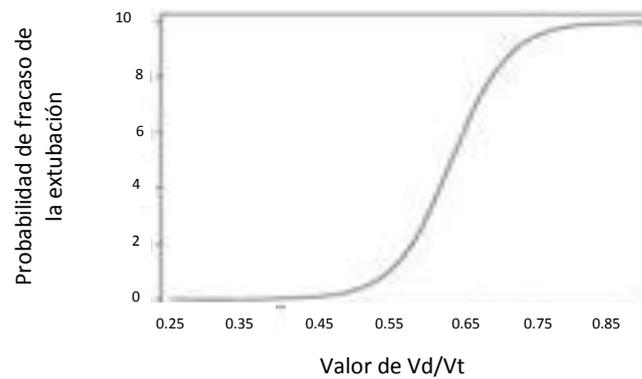
El “espacio muerto” (Vd) es el componente de ventilación que se desperdicia debido a que no participa en el intercambio de gases. La relación entre el Vd y el volumen corriente (Vt) ha sido utilizada en la identificación del tromboembolismo pulmonar<sup>132,133</sup>, en el manejo de la EPOC<sup>134</sup> y como factor discriminante en el destete de la VMI en niños<sup>135</sup>, por lo que se ha propuesto su utilización también en el paciente adulto.

El estudio de Gonzalez-Castro<sup>136</sup> se propuso utilizar este parámetro como factor predictor de éxito de extubación. Se calculó el Vd/Vt mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{Vd}{Vt} = \frac{PaCO_2 - P\text{E}CO_2}{PaCO_2}$$

La PaCO<sub>2</sub> se obtiene de la gasometría arterial y la P $\text{E}CO_2$  (presión de carbónico en el aire espirado) se calcula de los datos obtenidos a través del sensor de CO<sub>2</sub> en la rama espiratoria del respirador.

El análisis mostró una asociación significativa entre la variable Vd/Vt y el fracaso de la extubación, con una OR de 1.53 por cada 0,01 de Vd/Vt. El área bajo la curva ROC con respecto a predecir el fracaso en la extubación mediante el valor Vd/Vt, fue de 0'94 (p < 0.0001).



**Figura 9.** Probabilidad de fracaso de extubación en función del cociente Vd/Vt obtenida en los enfermos analizados

La conclusión más importante del estudio fue, por tanto, que la fracción de espacio muerto puede ser considerada un potente indicador pronóstico de éxito de extubación.

#### D. Percepción subjetiva del paciente

La percepción del paciente y su predisposición para iniciar el proceso de destete de la VM es un aspecto al cual se ha dado un papel secundario y suele aparecer como último ítem en la mayoría de tablas y guías dirigidas a la retirada de la VM. A pesar de ello, en la práctica clínica habitual debe ser considerado como un factor relevante en el pronóstico del *weaning* y de la extubación, puesto que puede ser decisivo para un buen resultado final.

Es imprescindible que, antes de la extubación, el paciente esté en posición sentada o semi-sentada, para reducir el trabajo respiratorio y favorecer la protección de la vía aérea<sup>137</sup>. El profesional médico responsable debe explicar de forma clara y sencilla al enfermo cuál va a ser el trabajo a realizar y sus objetivos, prestarle apoyo y favorecer que las condiciones ambientales sean las más favorables para conseguir un entorno confortable que ayude al proceso.

Hemos de tener en cuenta que, llegados a este punto, el paciente debe por primera vez a lo largo de su proceso patológico, tomar parte activa en su recuperación y probablemente las condiciones físicas y psicológicas en las que se encuentra sean subóptimas dado el desgaste físico y mental que puede producir un ingreso en UCI. Por otra parte, en la mayoría de

ocasiones, el paciente cuenta sólo con el apoyo de los profesionales sanitarios, dado que habitualmente en las Unidades de Críticos no se permite la presencia continuada de los familiares o allegados.

Es por tanto imprescindible dedicar el tiempo suficiente a la preparación psicológica del paciente que está en proceso de extubación y es sumamente importante su predisposición y la percepción subjetiva de sus capacidades.

Así lo demostró un estudio publicado en 2010 por Perren y colaboradores<sup>138</sup>. El trabajo analizó más de 200 pacientes que cumplían los criterios de extubación convencionales a los cuales se les preguntó durante la SBT si se sentían capaces de respirar sin ayuda del respirador. Los pacientes se compararon con un grupo control, que se extubaban según criterio médico sin plantearles la pregunta. Se excluyeron aquellos pacientes que presentaron algún signo de mal pronóstico durante el *weaning* (insuficiencia respiratoria aguda, inestabilidad hemodinámica, etc). Los pacientes que se sentían capaces y seguros de respirar autónomamente presentaron mayor porcentaje de éxito de extubación con respecto a aquellos que subjetivamente no se sentían preparados, y también con respecto al grupo control. El trabajo planteó entonces la cuestión de si desconectar de la VMI a los pacientes que expresaban no sentirse preparados para separarse del respirador a pesar de reunir los criterios clínicos, concluyendo que podían ser igualmente extubados y plantear en ellos la VMNI precoz tras la retirada de la VMI.

#### E. Índice integrado de Weaning (IWI, Integrative Weaning Index)

Recientemente creado como nuevo parámetro pronóstico de éxito de extubación, el IWI evalúa de forma integrada la mecánica respiratoria, la oxigenación, la distensibilidad pulmonar y el patrón respiratorio de cada paciente en el momento previo a la extubación<sup>139</sup>.

El IWI se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IWI = Cst, rs \times SatO_2 / (f \times Vt)$$

Siendo  $Cst,rs$  un parámetro de medida de la distensibilidad pulmonar,  $SatO_2$  la saturación de oxígeno en sangre,  $f$  la frecuencia respiratoria y  $Vt$  volumen tidal o volumen corriente. El estudio realizado a doble ciego, demostró que el IWI predijo el fracaso de extubación en 9 de cada 10 pacientes que previamente habían superado la SBT y posteriormente fueron reintubados durante las primeras 48 horas tras la extubación, concluyendo que el IWI era un buen parámetro para predecir el fracaso de extubación a medio plazo. A pesar de ello, posteriores estudios han puesto en duda su utilidad<sup>140</sup>.

### **11.5 Criterios de extubación ampliados**

Creados a partir de la observación clínica en la práctica habitual, donde se constata que, a pesar de la correcta aplicación de los criterios de extubación convencionales, existe un porcentaje no despreciable (entre el 5 y el 25% según las series<sup>101,114,118,120</sup>) de fracaso de extubación. El objetivo de estos criterios es hacer hincapié en aspectos cruciales para asegurar la respiración espontánea, como es la adecuada protección de la vía aérea y un estado de conciencia que asegure la colaboración por parte del paciente.

Explicamos estos criterios a continuación:

#### **A. Protección de vía aérea y secreciones traqueobronquiales**

La protección de la vía aérea es la capacidad de defensa ante la broncoaspiración durante la respiración espontánea. Requiere un nivel de conciencia adecuado y la presencia de tos, con una fuerza suficiente como para eliminar las secreciones del árbol traqueo-bronquial.

La cantidad de secreciones tendría que ser considerada también antes de llevar a cabo la extubación, ya que la protección de la vía aérea puede verse dificultada si existe un aumento significativo de secreciones de vía aérea<sup>141</sup>.

La importancia de la tos y de la cantidad de secreciones ha sido evaluada mediante varios estudios observacionales<sup>9,116</sup> que demostraron que el éxito de extubación estaba directamente relacionado con la fuerza de la tos e inversamente relacionado con la frecuencia de aspiraciones de vía aérea (la necesidad de aspiraciones de la vía aérea es reflejo de la cantidad

de secreciones producidas). La validez de los estudios se vio limitada por el uso de medidas semiobjetivas para medir la fuerza de la tos y la cantidad de secreciones<sup>10,12</sup>.

Estudios posteriores intentaron superar esta limitación, utilizando el flujo máximo espiratorio (*expiratory peak flow*), medido en L/min, como parámetro objetivo para medir la fuerza tusígena, concluyendo que los pacientes con un flujo < 60 L/min tenían mayor riesgo de fracasar en la extubación<sup>11</sup>.

Otro interesante estudio llevado a cabo por Salam y colaboradores<sup>12</sup> analizó la importancia de la fuerza tusígena, la cantidad de secreciones traqueobronquiales y el estado neurológico de los pacientes, de forma conjunta, como parámetros añadidos a los criterios de extubación convencionales; midiendo la fuerza tusígena mediante un espirómetro (fuerza tusígena o *cough peak flow*, CPF), demostró que los pacientes que fracasaban en la extubación tenían un CPF significativamente inferior a los que se extubaban con éxito y que los pacientes con un CPF < a 60 L/min tenían 5 veces más probabilidades de fracasar en la extubación. El estudio demostró también que aquellos pacientes con secreciones traqueobronquiales de más de 2.5 mL/h fracasaban en la extubación tres veces más que aquellos con menor cantidad de secreciones.

A pesar de ello, no se han establecido de forma universal cuáles son los límites de nivel de conciencia, de fuerza tusígena, de frecuencia de aspiraciones necesarios para obtener el éxito en la extubación. Para muchos autores, parece razonable retrasar la extubación si la tos es débil, si el GCS es inferior a 8 puntos o si se precisa aspirar la vía aérea más de una vez cada dos o tres horas. De todas formas, la decisión final de proceder a la extubación se deberá medir de forma individual, siempre teniendo en cuenta que el hecho de retrasar la extubación conlleva riesgos como el aumento de infecciones relacionadas con la ventilación mecánica o el aumento de la estancia hospitalaria.

## B. Estado neurológico: nivel de conciencia

La importancia del nivel de conciencia se demostró en varios estudios observacionales<sup>3,142</sup>, que inicialmente utilizaban la escala de GCS como parámetro discriminatorio para predecir el éxito o el fracaso de la extubación. Un estudio que incluyó 100 pacientes con patología neuroquirúrgica, demostró que aquellos pacientes con un GCS <8 en el momento de la extubación, tenían más probabilidades de fracasar en la extubación que aquellos que tenían un GCS > 8. Pero estudios posteriores y la práctica clínica habitual ponen de manifiesto que quizás el GCS no sea un parámetro suficiente y el nivel de conciencia deba ser evaluado mediante otros parámetros.

Diferentes autores han planteado la necesidad de una valoración neurológica más exhaustiva para el paciente que se somete a una prueba de extubación; un ejemplo de ello es el trabajo publicado en 2004 en la revista *Intensive Care Medicine* por Salam y colaboradores<sup>12</sup>, en el que cuestionan el “GCS>8” como único parámetro neurológico como pronóstico de extubación. El trabajo propone utilizar la capacidad de obedecer órdenes como un nuevo parámetro capaz de discriminar de una forma más precisa aquellos pacientes que se podrán extubar con éxito de aquellos que fracasaran en la extubación y concluyen que los pacientes que no eran capaces de obedecer 4 órdenes sencillas tenían más de 4 veces más probabilidades de fracasar en la extubación.

Pero, ¿es más importante la capacidad de obedecer órdenes o la capacidad de proteger la vía aérea para asegurar una extubación exitosa? Una revisión liderada por S. King y publicada en 2010 en la revista *Respiratory Care*<sup>1</sup> plantea esta cuestión. En la práctica clínica diaria encontramos que algunos pacientes con GCS > 8 puntos no son capaces de obedecer órdenes pero presentan una tos eficaz y por tanto la capacidad de eliminar las secreciones de vía aérea de forma correcta. ¿Es seguro extubar a estos pacientes? A pesar de los múltiples estudios realizados, no se ha llegado por el momento a una conclusión definitiva.

## 12. El paciente Neurológico

La disfunción neurológica es una de las causas más frecuentes para el inicio de la VMI y puede ser el resultado de varias causas, como disfunciones metabólicas, intoxicaciones, accidentes vasculares isquémicos o hemorrágicos o traumatismos cráneo-encefálicos. A pesar de que el pronóstico de estos pacientes dependerá de la patología neurológica subyacente, la disfunción orgánica extracerebral concomitante y el manejo ventilatorio tendrán un peso importante en la supervivencia.

En este tipo de pacientes hay que hacer hincapié en idear estrategias para prevenir el daño pulmonar debido a neumonías broncoaspirativas o atelectasias debidas a un patrón respiratorio irregular o a un escaso esfuerzo tusígeno<sup>143</sup>. Se han realizado trabajos para mejorar las estrategias ventilatorias en este tipo de enfermos<sup>144</sup>.

La VMI aporta en estos pacientes un soporte vital imprescindible; sin embargo, la retirada de la misma puede ser más dificultosa que en los pacientes de índole no neurológica, puesto que un nivel de conciencia inapropiado puede enlentecer el proceso. Múltiples estudios han analizado los factores implicados en el fracaso de extubación en enfermos postoperados o con patología puramente médica, pero hay menos datos acerca de los factores que condicionan el fracaso de extubación en pacientes con patología neurológica o neuroquirúrgica .

Extubar a este tipo de pacientes presenta una serie de características específicas. Es difícil evaluar en ellos el nivel de conciencia o la capacidad de protección de la vía aérea y en ocasiones, sólo en el momento en que se objetiva el fracaso de la extubación resulta evidente que el paciente era incapaz de eliminar las secreciones de forma eficaz.

La debilidad muscular y un nivel de conciencia disminuido son parámetros establecidos como predictores de fracaso de extubación, pero el grado de debilidad muscular y el nivel de alerta específicos que se requieren para predecir una extubación exitosa no están claramente definidos. Por estos motivos, los parámetros de *weaning* convencionales a menudo no son buenos predictores de éxito en los pacientes neurológicos<sup>8</sup>, ya que no valoran algunos elementos como podrían ser la incapacidad de proteger la vía aérea, un exceso de secreciones, la tos inadecuada o un nivel de conciencia deprimido.

Así lo demostró un estudio liderado por R. Ko y publicado en 2009 en el que se analizó de forma retrospectiva la extubación de 62 pacientes con patología neurológica de base. De los

62 pacientes analizados, 11 (17.5%) fracasaron en la extubación. Al comparar las características de los pacientes en el momento previo a la extubación en cuanto a los criterios clásicos, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de éxito o fracaso de extubación.

Por otra parte, los criterios de extubación clásicos utilizan la escala de Glasgow (GCS) para determinar el nivel de conciencia, estableciendo que se recomienda instaurar la VMI en pacientes con una puntuación inferior a 8 puntos y se puede retirar la misma si el GCS es superior a 8 puntos. La escala de Glasgow fue ideada en 1974 por Bryan Jennett y Graham Teasdale, miembros del Instituto de Ciencias Neurológicas de la Universidad de Glasgow, como una herramienta de valoración objetiva del estado de conciencia en las víctimas de traumatismo craneoencefálico y se basa en el análisis de respuesta del paciente al explorar tres esferas: la motora, la verbal y la apertura ocular. Posteriormente se demostró que la puntuación de GCS en el momento inicial de un traumatismo craneoencefálico tenía valor pronóstico en la evolución del paciente. Dado que es una escala relativamente sencilla y fácil de aplicar, más tarde su utilización se extendió más allá del paciente traumático, y hoy en día se utiliza de forma generalizada para evaluar el estado neurológico en todo tipo de pacientes. Pero su utilización en el paciente intubado puede ser más complicada, dado que en ellos la respuesta verbal es a menudo difícil de determinar. A pesar de ello, no se ha incluido por el momento ninguna otra escala de valoración neurológica en los criterios de extubación.

Tabla 7. Escala del Coma de Glasgow	
ÁREA EVALUADA	PUNTUACIÓN
<b>APERTURA OCULAR</b>	
Espontánea	4
Al estímulo verbal	3
Al estímulo doloroso	2
No hay apertura ocular	1
<b>RESPUESTA MOTORA</b>	
Obedece órdenes	6
Localiza el dolor	5
Retira al dolor	4
Flexiona al dolor	3
Extiende al dolor	2
Sin respuesta motora	1
<b>RESPUESTA VERBAL</b>	
Orientado	5
Confuso	4
Discurso inadecuado	3
Discurso incomprensible	2
Sin respuesta verbal	1

Tabla 7. Escala del Coma de Glasgow (GCS)

### 12.1 Fracaso de extubación en el Paciente Neurológico

Los pacientes neurológicos críticos constituyen un número importante de los pacientes ingresados en las Unidades de Cuidados Intensivos, fundamentalmente por traumatismo craneoencefálico o patología vásculo-cerebral aguda (hemorrágica o isquémica). Los pacientes en coma (puntuación de la escala de GCS < a 8 puntos) precisan ser intubados con el objetivo de asegurar una correcta oxigenación y protección de la vía aérea frente a la broncoaspiración.

En el postoperatorio de neurocirugía electiva y/o cuando el nivel de conciencia se normaliza pronto con el tratamiento, la retirada de la VMI no suele ofrecer problemas y los pacientes pueden ser extubados sin dificultad<sup>145</sup>.

Sin embargo, ésta no es la situación más frecuente de los pacientes que habitualmente ingresan en UCI, que suelen tener períodos prolongados de VMI por patología grave que tarda más tiempo en resolverse. Se han realizado estudios como el de Pelosi y colaboradores<sup>146</sup> para evaluar la evolución y el pronóstico de los pacientes ingresados en Cuidados Intensivos bajo VMI, comparando un grupo principal, formado por pacientes con patología de base neurológica con un grupo control formado por pacientes con patología heterogénea; se demostró un mayor fracaso de extubación entre los pacientes neurológicos.

Como ocurre con el resto de pacientes, es importante mantener la VMI durante el período de tiempo que sea necesario, pero el mantenimiento de la misma de forma prolongada aumenta el riesgo de complicaciones derivadas de la misma y, por otra parte, su retirada excesivamente precoz puede exponer al paciente a los mismos riesgos a los que estaba expuesto a su ingreso, aumentando la mortalidad en aquellos pacientes que necesitan ser reintubados<sup>3,120,147</sup>. Si bien los pacientes con patología del SNC pueden presentar una serie de complicaciones respiratorias asociadas al daño neurológico, como edema pulmonar neurogénico o anomalías en la ventilación/perfusión, no se ha demostrado que éstas influyan en el pronóstico de la extubación<sup>143</sup>.

En el paciente neurológico el equilibrio para evitar una intubación traqueal innecesariamente prolongada y a su vez una extubación peligrosamente precoz es un tema delicado y aún no resuelto, ya que, tal y como han descrito varios autores, los criterios de extubación convencionales no son buenos predictores de éxito de extubación para este tipo de pacientes<sup>8</sup>, por ser básicamente parámetros de evaluación de la función respiratoria y no del nivel de conciencia o de la capacidad de protección de la vía aérea.

En 2011 se publicó un trabajo en la revista *Neurocritical Care* que analizó de forma retrospectiva el pronóstico de una cohorte de pacientes neurológicos sometidos a VMI<sup>148</sup>. El estudio incluyó pacientes con daño cerebral así como con patología medular. El 61% de los pacientes se pudo extubar con éxito; se realizó traqueostomía en 14% de los pacientes (6% antes de probar la extubación y en 8% tras fracaso de extubación); 10% de los pacientes fueron reintubados, la mayor parte de ellos por insuficiencia respiratoria aguda debida a un bajo nivel de conciencia (hipercapnia por hipoventilación en la mayoría de los casos). El daño pulmonar por neumonía o por broncoaspiración no fue un motivo principal de reintubación en este tipo de pacientes.

Otro estudio llevado a cabo en 2011 por Wendell y colaboradores<sup>149</sup> analizó las causas de fracaso de extubación en una cohorte de pacientes neurológicos con ictus isquémico agudo de territorio de arteria cerebral media (ACM). Se observó un 21% de fracaso de extubación. Al comparar las características entre los grupos de éxito y de fracaso de extubación, no se encontraron diferencias entre la edad, el sexo, los antecedentes patológicos, el GCS o la puntuación en la escala NIHSS (*National Institute of Health Stroke Scale*) al ingreso. La presencia de afasia como déficit neurológico fue similar en ambos grupos. Únicamente se demostró una diferencia en cuanto a la puntuación en la escala de GCS entre los grupos, a expensas de una mejor respuesta ocular en los pacientes con éxito de extubación (GCS 10+T en pacientes con éxito vs GCS 9,5+T en los pacientes con fracaso, siendo “T” la expresión del TOT).

En los últimos años se han realizado diversos estudios de calidad sobre la desconexión y extubación de los pacientes críticos ventilados en UCI<sup>49,121,150-152</sup>, en los que se ha demostrado que el seguimiento de estrategias específicas puede reducir el tiempo de VMI y que el retraso de extubación de pacientes que cumplen estrictamente los criterios adecuados implica un incremento de la morbilidad y de la estancia hospitalaria<sup>141</sup>; pero todos ellos incluyen pacientes con un nivel de conciencia “normal”, como exigen los criterios de extubación convencionales. Este criterio se expresa en términos más o menos expuestos a una interpretación subjetiva, como “despierto y colaborador”, “buen nivel de conciencia”, “ausencia de agitación, coma o encefalopatía” etc., pero otras veces se define de una forma más objetiva como una puntuación en la escala de GCS de 10 puntos (con tubo orotraqueal), lo que implica la apertura espontánea de ojos y la capacidad de obedecer órdenes. Otro estudio llevado a cabo por Navalesi y colaboradores<sup>152</sup>, establecía como criterio mínimo de extubación un GCS > a 8 puntos, resultando finalmente de 9.4 la media del GCS de los pacientes extubados.

Por otra parte, un estudio llevado a cabo por Coplin y colaboradores en el año 2000 con pacientes neurológicos<sup>141</sup>, no utilizó el GCS como parámetro neurológico para determinar el momento de la desconexión de la VMI, sino la PIC y la PPC; en el momento de la extubación, todos los pacientes debían tener una PPC > 60 mmHg, una PIC < 20 mmHg, una TAs entre 90 y 160 mmHG, ausencia de arritmias agudas, una PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> < 200 mmHg (con FiO<sub>2</sub> < 0,5 y PEEP < 5 cmH<sub>2</sub>O), un índice de Tobin < 105 y un Vmin < a 12 L/min. Los pacientes debían cumplir todos estos criterios antes de la extubación. Como resultado, se extubaron 11 pacientes en

coma, con un GCS < 8 puntos (algunos de ellos con GCS de 4 puntos), y sólo el 10% de ellos requirieron reintubación. Para poder llevar a cabo este objetivo, se elaboró una tabla de valoración de protección de vía aérea, la escala ACS o “Airway Care Score” que evaluaba la fuerza tusígena y la cantidad y calidad de las secreciones traqueobronquiales. En muchos de estos casos el éxito de extubación se relacionó con una fuerza tusígena adecuada y una baja cantidad de secreciones traqueobronquiales, pero no se pudo demostrar en el estudio una correlación estadísticamente significativa entre una baja puntuación en la escala ACS y el éxito de extubación.

Puntuación	Tos espontánea	Reflejo tusígeno	Cantidad de esputo	Viscosidad del esputo	Frecuencia de aspiración en un turno de 8 horas	Color del esputo
0	Vigorosa	Vigoroso	Nada	Acuosa	> 3 h	Claro
1	Moderada	Moderado	1 sonda de aspiración	Espumosa	Cada 2-3 h	Teñido
2	Débil	Débil	2 sondas de aspiración	Espesa	Cada 1-2 h	Amarillo
3	Ninguna	Ninguno	≥ 3 sondas de aspiración	Muy espesa	< 1h	Verde

**Tabla 8.** Airway Care Score<sup>141</sup>

Dada esta tendencia, posteriormente se han realizado otros estudios con similares objetivos. En 2011 se publicó en la revista Neurocritical Care un trabajo para evaluar el pronóstico de la extubación en una unidad de pacientes neurológicos y neuroquirúrgicos<sup>153</sup>. Si bien en este estudio presenta algunos casos de extubaciones con períodos de VMI cortos (< a 24 h), siendo la media de días de VM del grupo éxito de extubación de 2 días y la del grupo fracaso de 3, se encontró, una correlación estadísticamente significativa como parámetros de éxito de extubación la capacidad de obedecer órdenes y la textura (no la cantidad) de las secreciones traqueobronquiales (fluidas o espesas). Otros parámetros predictores de éxito en este estudio fueron la edad, la ausencia de patología pulmonar previa (asma, EPOC, SAHS) y la ausencia de hábito tabáquico.

Existe un interesante metaanálisis publicado en 2014<sup>154</sup> que se realizó con el objetivo de identificar los factores de riesgo de fracaso de extubación en los pacientes neurológicos e incluyó 9 estudios y un total de 928 pacientes. Los resultados revelaron que la insuficiencia respiratoria aguda debida a neumonía o atelectasias, la VMI prolongada, una puntuación en la escala de GCS < a 9 puntos, la incapacidad para obedecer órdenes sencillas como cerrar los

ojos a la orden, la ausencia de reflejo tusígeno y la presencia de secreciones traqueobronquiales espesas fueron factores pronósticos de fracaso de extubación en estos pacientes.

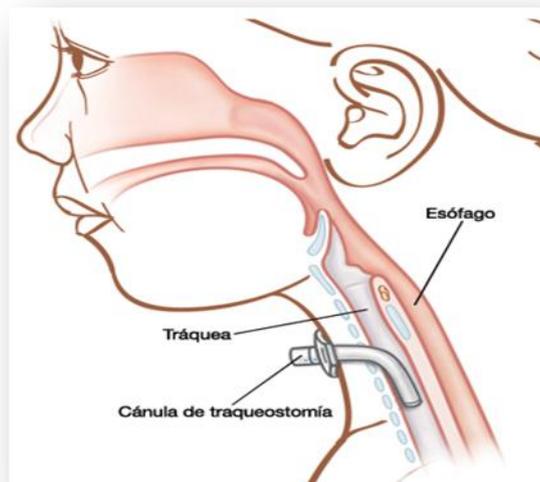
En 2013 se publicó un artículo en el Saudi Journal of Anesthesia<sup>155</sup> con el objetivo de estudiar las causas principales de fracaso de extubación en pacientes neurológicos que habían sido sometidos a cirugía craneal electiva. El estudio incluyó 920 pacientes, intubados durante una media de 6,3 horas, de los cuales 45 (4,9%) requirieron reintubación en un plazo medio de 24.6 horas. Los pacientes fueron extubados con un GCS superior a 8 puntos. Las principales causas de reintubación fueron el deterioro neurológico (55.6%), la insuficiencia respiratoria aguda (22,2%), la incapacidad de movilizar las secreciones traqueobronquiales (13.3%) y el estatus comicial (8,9%). 73% de los pacientes reintubados presentaban una capacidad tusígena satisfactoria en el momento previo a la extubación. El principal hallazgo en las pruebas de imagen (TC craneal) realizadas tras la reintubación fue el edema cerebral (73%).

A pesar de que este estudio incluye pacientes postoperatorios con períodos cortos de VMI, nos ha parecido oportuno citarlo en nuestro trabajo ya que es una muestra de que el fracaso de extubación no concierne únicamente a aquellos pacientes con largos períodos de VMI. Algunos autores recomiendan realizar traqueostomía precoz como método de protección de vía aérea y desconexión de la VMI en los pacientes neurológicos<sup>156-158</sup>. A continuación abordaremos el concepto de la traqueostomía y su utilidad en el destete de la VMI.

## 13. Traqueostomía

### 13.1 Generalidades

Se entiende por traqueostomía el procedimiento realizado con objeto de crear una apertura en la tráquea a través de una incisión ejecutada en el cuello con la inserción de un tubo o cánula para facilitar el paso del aire a los pulmones. Anatómicamente, se aconseja realizarla como mínimo dos anillos traqueales por debajo del cartílago cricoides (si se realiza demasiado cerca al cricoides, puede haber riesgo de estenosis subglótica mientras que si se realiza demasiado baja puede haber riesgo de sangrado por lesión del tronco braquiocefálico).



**Figura 10.** Cánula de traqueostomía en la vía aérea (esquema)

Es el procedimiento más frecuentemente realizado en el paciente crítico, según algunos autores el 10% de los pacientes intubados la precisan<sup>50</sup>, y existen series en las que se alcanza un 25%<sup>159</sup>. La necesidad de realización de la traqueostomía varía según la enfermedad de base de los pacientes, pudiendo ser de hasta un 39% en los pacientes con patología neuromuscular o 28% en el paciente EPOC<sup>159</sup>.

Utilizada como método de ventilación, la traqueostomía presenta varias ventajas potenciales respecto a la IOT: reduce el riesgo de úlceras y lesiones en la vía aérea superior, así como la resistencia al paso de aire; es mejor tolerada por los pacientes, disminuyendo así los requerimientos de fármacos sedantes y analgésicos; facilita la capacidad del enfermo para comunicarse y facilita los cuidados de enfermería<sup>160</sup>. Por todo ello, se considera que puede facilitar el proceso de destete de la VMI.

### **13.2 Indicaciones y contraindicaciones**

Frecuentemente se reserva para aquellos pacientes en los que se prevé que van a precisar VMI durante un largo período de tiempo, aunque no existe consenso acerca del momento idóneo para su realización y no hay protocolos establecidos. Las indicaciones principales para la realización de la traqueostomía son las siguientes:

- ✚ VMI prolongada
- ✚ Fracaso de destete de la VMI
- ✚ Obstrucción de la vía aérea superior
- ✚ Dificultad de protección de la vía aérea (falta de reflejo tusígeno y/o abundancia de secreciones traqueobronquiales)<sup>161</sup>

Sólo existen dos contraindicaciones absolutas para su realización, y son la infección cutánea de la zona o el antecedente de cirugía mayor de cuello que altere la anatomía<sup>161</sup>.

### **13.3 Técnica de realización: quirúrgica o percutánea**

La traqueostomía se puede realizar en quirófano (traqueostomía quirúrgica) o en la misma Unidad de Cuidados Intensivos (traqueostomía percutánea). En las Unidades de Cuidados Intensivos polivalentes con personal entrenado, frecuentemente se realiza la traqueostomía de forma percutánea, puesto que ofrece algunas ventajas respecto a la quirúrgica, entre ellas el no tener que desplazar al paciente de la Unidad y la reducción de costes sanitarios<sup>162</sup>. Un metaanálisis que incluyó 17 estudios randomizados, demostró que la traqueostomía percutánea disminuía la tasa de infecciones y la tasa de sangrado<sup>163</sup>.

Es aconsejable realizar previamente al procedimiento una ecografía de cuello del paciente para localizar los anillos traqueales y descartar la presencia de vasos sanguíneos, masas o pleura pulmonar en el trayecto de incisión, con el objetivo de evitar su punción accidental. La técnica percutánea se puede realizar guiada por ecografía y/o por fibrobroncoscopia (realizadas en tiempo real durante el procedimiento).

A pesar ser una técnica bastante segura, no hay que olvidar que existen una serie de contraindicaciones relativas para llevar a cabo la traqueostomía de forma percutánea<sup>164</sup>: edad inferior a 15 años, diátesis hemorrágica incorregible, distorsión del cuello por tumores, hematomas o cicatrices de cirugías previas, traqueomalacia, aumento del tamaño de la glándula tiroides, evidencia de infección de los tejidos blandos del cuello, imposibilidad de extensión cervical<sup>165</sup>, obesidad o cuellos cortos (se entiende como “cuello corto” aquel en el que la distancia entre el extremo inferior del cartílago tiroides y el hueco supraesternal es inferior a 5 cm). En estos casos, se valorará la opción de realizar la traqueostomía de forma quirúrgica.

### **13.4 Complicaciones relacionadas con la traqueostomía**<sup>166-168</sup>

A pesar de ser un procedimiento relativamente seguro, la propia técnica de realización de la traqueostomía puede inducir en ocasiones complicaciones que frecuentemente son menores pero que pueden llegar a ser graves e incluso producir el fallecimiento del paciente<sup>160</sup>; así mismo, el paciente portador de una cánula de traqueostomía puede presentar también diversas comorbilidades.

Las complicaciones relacionadas con la traqueostomía se pueden dividir en dos grupos, según si aparecen de forma temprana (durante la realización de la técnica y en los siguientes 7 días tras su realización) o de forma tardía (pasados más de 7 días desde su realización). A continuación las resumimos:

A. Complicaciones tempranas:

1. Sangrado: es la complicación más frecuente, normalmente se presenta sangrado escaso que puede ser controlado con elevación de cabecera y/o compresión local. Sangrados mayores precisan revisión quirúrgica.
2. Neumotórax: infrecuente. Puede ocurrir en traqueostomias bajas donde puede haber insinuación de pleura apical.
3. Lesiones de la tráquea y estructuras vecinas: la tráquea puede ser lesionada al realizar aberturas incorrectas de la misma (aberturas muy grandes o lateralizadas), asimismo se pueden lesionar los nervios laríngeos recurrentes, carótida primitiva o esófago.
4. Enfisema subcutáneo: se presenta con poca frecuencia, puede ser debido a un inadecuado posicionamiento de la cánula y se debe descartar la presencia de neumotórax o neumomediastino a través de una radiografía de tórax.
5. Obstrucción de la cánula: se previene a través de irrigaciones y aspiraciones continuas, un correcto posicionamiento de la cánula y la humidificación de los gases de ventilación.
6. Decanulación: tiende a ocurrir durante los primeros cinco a siete días. Tras este período, se forma un trayecto delimitado de la piel a la luz traqueal. La decanulación accidental (en contexto de movilización del paciente, etc) puede ocurrir en cualquier momento.
7. Infección de la herida: los abscesos y celulitis son raros, considerando que la herida se deja abierta; en caso de infección está indicado el tratamiento con antibióticos sistémicos y, en casos graves, puede ser necesaria la limpieza quirúrgica.

8. Disfagia: algunos pacientes portadores de traqueostomía que se alimentan por vía oral pueden presentar sensación de “bolo en la garganta” durante los primeros días de alimentación.

#### B. Complicaciones tardías

1. Estenosis traqueal o subglótica: se relaciona con una isquemia de la mucosa por la presión del balón o por la formación de granulomas en el trayecto de la traqueostomía.
2. Fístula tráqueo-esofágica: ocurre en menos de un 1% de las traqueostomías y normalmente es debida a una excesiva presión del balón de la cánula contra una sonda nasogástrica rígida.
3. Fístula tráqueo-cutánea: se puede dar en casos de traqueostomías prolongadas; tras la retirada de la cánula, se mantiene un estoma traqueal que no cierra espontáneamente.
4. Formación de granulomas peritraqueostomía: pueden aparecer externamente (en la piel) o internamente en la luz traqueal, predisponiendo a la obstrucción de la vía respiratoria.

### **13.5 Traqueostomía en el destete de la VMI. Ventajas de la traqueostomía respecto a la intubación orotraqueal**

Respecto a la utilización de la traqueostomía como método de facilitación del proceso de retirada de la VMI, numerosos autores demuestran que los pacientes portadores traqueostomía tienen una mayor tasa de éxito de *weaning* respecto a los portadores de tubo endotraqueal, por varios supuestos: por un lado, la traqueostomía incrementa el confort de los pacientes ya que les permite comunicarse (algunos tipos de cánulas permiten la fonación), iniciar tolerancia oral y facilita la higiene bucal, por lo que normalmente disminuyen las necesidades de analgésicos y sedantes<sup>169,170</sup>; permite la moviliación precoz de los enfermos<sup>170</sup> y por tanto favorece la recuperación de la fuerza muscular de forma temprana.

Así mismo, se ha demostrado que la traqueostomía, al contrario que la intubación orotraqueal, disminuye el trabajo respiratorio al reducir las resistencias de la vía aérea y el

espacio muerto; también reduce la presión pico inspiratoria y la auto-PEEP, mejora la sincronía paciente-ventilador y disminuye el riesgo de neumonía asociada a la VMI<sup>170</sup>.

Es importante mencionar que, la traqueostomía también reduce el riesgo de padecer lesiones de tipo mecánico que pueden ocurrir en los pacientes portadores de TOT de forma prolongada, como pueden ser la lesión de piezas dentarias, la lesión de la mucosa oral o la lesión de la mucosa traqueal<sup>170</sup>.

### **13.6 ¿En qué momento está indicado realizar la traqueostomía?**

No existe consenso acerca del momento en el que se debe realizar la traqueostomía, a pesar de que se han llevado a cabo múltiples estudios con la intención de formular recomendaciones. En la mayoría de los casos, el momento en el que se realiza depende generalmente de la indicación que la motiva. Un estudio multicéntrico llevado a cabo por Esteban y colaboradores que incluyó 1638 pacientes sometidos a ventilación mecánica demostró que en la práctica clínica, se realizaba la traqueostomía después de una media de 11 días de ventilación mecánica<sup>159</sup>, aunque normalmente, el tiempo de realización varía entre el tercer y el vigesimoprimer día de VMI<sup>50</sup>.

Griffiths y colaboradores llevaron a cabo un metaanálisis que incluyó cinco estudios y 406 pacientes, en el que concluyeron que la traqueostomía temprana reducía el tiempo de VMI y de estancia hospitalaria<sup>160</sup>; otro estudio randomizado comparó la traqueostomía precoz (realizada durante las primeras 48h de VMI) y la tardía (14-16 días de VMI) en pacientes con fracaso respiratorio<sup>171</sup>, y objetivó en el primer grupo una menor tasa de mortalidad, de neumonía asociada a la VMI y de días de VMI, pero la metodología dejaba alguna duda y el estudio concluyó que los resultados debían ser validados por otros ensayos.

Por otra parte, otro metaanálisis realizado en pacientes traumatológicos comparando también traqueostomía precoz o tardía<sup>172</sup> no encontró diferencias en cuanto a días de VMI, días de estancia hospitalaria o incidencia de neumonía, hallando únicamente diferencias significativas en los pacientes con traumatismo craneal y daño neurológico grave. El mismo autor realizó posteriormente otro estudio dedicado exclusivamente a los pacientes con daño neurológico severo, y objetivó que la traqueostomía precoz reducía los días de VMI pero aumentaba la mortalidad en este tipo de pacientes<sup>173</sup>.

Por el momento, no existe evidencia suficiente para establecer el tiempo ideal para la realización de la traqueostomía, y es razonable pensar que otros factores (y no exclusivamente el tiempo absoluto) juegan un papel decisivo en la toma de la decisión, por lo que se deberá individualizar en cada paciente<sup>161</sup>. Lo que sí que parece evidente es que la traqueostomía precoz, entendida como la realizada el séptimo día de VMI, se recomienda en todos aquellos pacientes en los que no se prevé la extubación en menos de 14 días<sup>161</sup> y que este concepto es válido también para pacientes con patología neurológica de base<sup>169</sup>. También parece aceptado que hoy en día se considera que 14 días de VMI es la fecha límite para considerar la realización de la traqueostomía, y más en caso de pacientes en los que se prevé que la VMI será aún más prolongada o que presentan problemas de protección de la vía aérea<sup>174</sup>.

### 13.7 Decanulación

Es el proceso de retirada de la cánula de traqueostomía de la vía aérea del paciente. No es comparable este proceso a la retirada del tubo orotraqueal (extubación), ya que el proceso de *weaning* mediante traqueostomía resulta diferente, y un paciente puede permanecer varios días o incluso semanas únicamente siendo portador de la cánula de traqueostomía como medida de protección de la vía aérea (facilitar aspiraciones e higiene), sin precisar ninguna ayuda por parte del respirador. Muchos pacientes con problemas de vía aérea superior pueden ser portadores de traqueostomía de forma crónica durante largos períodos de tiempo, o incluso de por vida en sus domicilios.

En caso de los pacientes a los que se les ha realizado la traqueostomía y han superado el período de destete de la VMI, pueden ser decanulados si cumplen los siguientes requisitos: no presentar obstrucción de la vía aérea superior (frecuentemente se realizan pruebas de fuga de aire o incluso visión directa de la vía aérea mediante fibrobroncoscopia); si presentan plena capacidad para movilizar las secreciones de vía aérea y no presentan demasiadas secreciones o éstas no son muy espesas y si presentan una tos eficaz. En pacientes con patología neuromuscular, generalmente un valor de *peak flow* superior a 160 mL/min generalmente es predictor de éxito de decanulación<sup>175</sup>, mientras que el valor para los pacientes sin patología neuromuscular es desconocido.



## **HIPÓTESIS DE TRABAJO**



## **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Los pacientes que han precisado ventilación mecánica invasiva (VMI) durante un período prolongado ( $\geq 7$  días) y cumplen los criterios de extubación ampliados, tienen más probabilidades de ser extubados con éxito que aquellos que no los cumplen. Este concepto es válido para todos los pacientes independientemente de su patología de base.



## **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**



## **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **A. Objetivos principales:**

1. Conocer el porcentaje de fracaso de extubación en los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos.
2. Averiguar si la patología neurológica de base es un factor de riesgo independiente para el fracaso de extubación.
3. Averiguar cuáles son los factores pronósticos de éxito y los factores de riesgo de fracaso de extubación en los pacientes con ventilación mecánica prolongada.
4. Determinar la influencia de los criterios de extubación ampliados en el pronóstico de la extubación en la población general y en el enfermo neurológico.

### **B. Objetivos secundarios:**

1. Describir las consecuencias que conlleva el fracaso de extubación en cuanto a duración de la VMI, estancia en UCI, estancia hospitalaria, mortalidad y destino al alta hospitalaria.
2. Describir el uso de la traqueostomía en el proceso de destete de la VMI.



## **MATERIAL Y MÉTODOS**



## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **1. Unidad dónde se ha realizado el estudio**

El estudio se ha llevado a cabo en la Unidad de Cuidados Intensivos Polivalente del Servicio de Medicina Intensiva del Hospital Universitari Germans Trias i Pujol (Badalona, Barcelona). Dicho hospital, que pertenece al Institut Català de la Salut (ICS) es un centro público de tercer nivel, cubre un área de población de unos 800.000 habitantes aproximadamente y es centro de referencia del área Barcelonés Norte y Maresme.

La Unidad de Cuidados Intensivos dispone de 22 camas dedicadas al Paciente Crítico de índole médica, quirúrgica, medicoquirúrgica, neurológica o traumatológica. Tiene una media de 600 ingresos/año, de los cuales un 60-65% son pacientes intubados que reciben tratamiento con ventilación mecánica invasiva (VMI).

### **2. Diseño del estudio**

#### **2.1 Tipo de estudio, tamaño de la muestra y período de realización**

Se trata de un estudio prospectivo, observacional, realizado durante un período de 15 meses, desde Septiembre de 2012 hasta Diciembre de 2013. Durante este período se ha calculado una posibilidad de inclusión de unos 300-400 pacientes aproximadamente.

El estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética del Hospital.

La doctoranda ha disfrutado de una beca para investigación y realización del proyecto de Tesis Doctoral otorgada por la Fundación Institut d' Investigació Germans Trias i Pujol (IGTP), durante el período comprendido entre Septiembre de 2012 hasta Septiembre de 2014.

## 2.2 Selección de pacientes

Los candidatos al estudio son aquellos pacientes que han recibido tratamiento con VMI durante un período superior a 48 horas.

### Criterios de inclusión

- ✚ Pacientes mayores de 18 años.
- ✚ Pacientes intubados con VMI durante un período superior a 48 horas, por causa:
  - Respiratoria
    - Insuficiencia respiratoria aguda por patología médica: neumonía, edema agudo de pulmón, SDRA, reagudización de EPOC, shock séptico, cardiogénico, fracaso multiorgánico, etc.
    - Pacientes que han requerido intubación por patología quirúrgica: cirugía con imposibilidad de extubación en el postoperatorio inmediato.
  - Neurológica
    - ICTUS (hemorrágico o isquémico)
    - Traumatismo cráneo-encefálico (TCE)
    - Hemorragia subaracnoidea (HSA)
    - Post-operados de neurocirugía
    - Infección del Sistema Nervioso Central (SNC)
    - Status epiléptico
- ✚ Pacientes a los que se ha realizado traqueostomía durante el período de VMI
  - Por ventilación mecánica prolongada (VMI)
  - Por previsión de VMP (traqueostomía precoz)
  - Por fracaso de destete de la VMI
  - Tras requerir reinstaurar la VMI después de fracasar en la extubación

### Criterios de exclusión

- ✚ Pacientes menores de 18 años.
- ✚ Pacientes sometidos a VMI durante un período inferior a 48 horas.
- ✚ Pacientes en situación de Limitación de Tratamientos de Soporte Vital (LTSV).
- ✚ Pacientes portadores de traqueostomía antes del ingreso en UCI.
- ✚ Pacientes con antecedentes de patología neuromuscular documentada, cuyo motivo de ingreso sea algún tipo de patología neuromuscular o que la hayan desarrollado durante el período de VMI (Síndrome de Guillain Barré, enfermedad de Steinert, Miastenia Gravis, miopatía de cualquier índole, lesión medular, etc.).
- ✚ Mujeres embarazadas.
- ✚ Pacientes que no han completado el proceso de extubación, ya sea por fallecimiento durante el período de VMI o por traslado a otro centro sin haber completado el proceso de extubación.
- ✚ Revocación del consentimiento informado en cualquier momento del proceso de recogida de datos, ya sea por parte de familiares o por el propio sujeto incluido en el estudio.

### **3. Metodología de la recogida de información**

A partir del momento de inclusión de cada paciente en el estudio, la recogida de la información y el análisis de los datos se ha realizado de forma prospectiva. A continuación se describe la metodología de recopilación de la información y se definen los conceptos principales del estudio.

#### **3.1 Hoja de recogida de datos**

Para la recogida de datos a pie de cama de cada paciente, se ha elaborado una hoja en formato Microsoft Office Word 2007®, que se expone en el apartado 5 de este capítulo.

Posteriormente los datos han sido exportados a una tabla de Microsoft Office Excel 2007® para su procesamiento.

#### **3.2 Modelo de consentimiento informado**

Antes de la inclusión en el estudio, se ha informado a los pacientes (o más frecuentemente a los familiares o representantes legales) de la naturaleza del estudio y se ha solicitado el consentimiento para su participación. Su aprobación ha quedado formalizada mediante la firma del documento dirigido a los estudios observacionales realizados en nuestro servicio.

El modelo de consentimiento informado se expone en el apartado 6 de esta sección.

#### **3.3 Definición de éxito y fracaso de extubación**

Se ha definido el *éxito de extubación* como la capacidad de mantener la ventilación espontánea durante un período superior a 48 horas tras la extubación. Se ha aceptado en esta clasificación el soporte con oxígeno mediante mascarillas faciales y el uso de VMNI tras la extubación, siempre y cuando no derivara en la reintroducción de la VMI.

Se ha catalogado como *fracaso de extubación* la necesidad de reintroducir la VMI durante las primeras 48 horas tras la extubación. No hemos considerado fracaso de extubación

aquellos casos de reintubación que han tenido lugar una vez transcurridas 48 horas desde la extubación.

En nuestro estudio no hemos considerado como fracaso de extubación el uso de la VMNI tras la extubación.

### **3.4 Definición de los criterios de extubación clásicos y ampliados**

Las características de los pacientes en el momento previo a la extubación han sido recogidas durante las 24 horas anteriores a la retirada de la VMI. El investigador principal ha valorado de forma independiente los criterios de extubación clásicos y ampliados, sin darlos a conocer al clínico responsable de la extubación. Los resultados de dichos criterios no han influido por tanto en la decisión de extubar a cada enfermo.

#### **3.4.1 Criterios de extubación clásicos**

Los criterios de extubación aceptados y utilizados en la práctica clínica habitual. Valoran principalmente la capacidad de oxigenación y ventilación de los pacientes y miden el nivel de conciencia mediante la escala del coma de Glasgow. Mostramos estos criterios en la tabla 9.

<b>Tabla 9. Criterios de extubación clásicos</b>	
<b>Variable</b>	<b>Definición</b>
<b>FiO<sub>2</sub></b>	Fracción inspirada de Oxígeno
<b>PaO<sub>2</sub> (mmHg)</b>	Presión arterial de oxígeno
<b>PAFI (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>)</b>	Relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno
<b>PEEP (cm H<sub>2</sub>O)</b>	Presión positiva al final de la espiración
<b>FR (resp/min)</b>	Frecuencia respiratoria
<b>PaCO<sub>2</sub> (mmHg)</b>	Presión arterial de dióxido de carbono
<b>Vtidal (mL/Kg)</b>	Volumen tidal o volumen corriente
<b>Pinsp máx (L/min)</b>	Presión inspiratoria máxima
<b>TOBIN</b>	Índice de Tobin
<b>GCS</b>	Puntuación en la escala del coma de Glasgow
<b>Hb (g/dL)</b>	Hemoglobina sanguínea
<b>Temperatura axilar (°C)</b>	Temperatura axilar
<b>IMC<sub>1</sub></b>	Índice de masa corporal

Tabla 9. Criterios de extubación clásicos

### 3.4.2 Criterios de extubación ampliados

Son los nuevos criterios incluidos en nuestro estudio para una valoración más precisa de la función neurológica, el nivel de protección de la vía aérea y la cantidad de secreciones del árbol traqueobronquial. Se exponen en la siguiente tabla:

<b>Tabla 10. Criterios de extubación ampliados</b>
<b>Abrir los ojos a la orden: SI/ NO</b>
<b>Sacar la lengua a la orden: SI/NO</b>
<b>Apretar la mano a la orden: SI/NO</b>
<b>Seguir con la mirada</b>
<b>TOS 0-1-2-3</b>
<b>Nº de aspiraciones al día</b>

Tabla 10. Criterios de extubación ampliados

### 3.5 Metodología de recogida de los criterios de extubación

#### 3.5.1 Criterios de extubación clásicos:

1. Fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>)
  - ▶ Calculada mediante los parámetros pautados en el respirador



**Figura 11.** Fotografía de la pantalla del respirador Puritan Bennet P840. La flecha indica el control de FiO<sub>2</sub>

2. Presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>)
  - ▶ Medida mediante gasometría de sangre arterial
3. Relación entre PaO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub>
4. Presión positiva al final de la espiración (PEEP)
  - ▶ Calculada mediante los parámetros proporcionados por el respirador



Figura 12. Fotografía de la pantalla del respirador Puritan Bennet P840. La flecha indica el control de PEEP

5. Frecuencia respiratoria (FR)
  - ▶ Número de respiraciones por minuto
6. Presión arterial de CO<sub>2</sub>
  - ▶ Medida mediante gasometría de sangre arterial
7. Volumen corriente o Volumen *tidal* (Vt)
  - ▶ Volumen de aire medido en mL que el paciente desplaza en cada inspiración. Calculado mediante los datos proporcionados por el respirador



Figura 13. Fotografía de la pantalla del respirador Puritan Bennet P840. La flecha indica el indicador de Volumen tidal (Vt)



SIGNO	EVALUACION	PUNTUACION
<b>Ojos abiertos</b> 	Nunca	1
	Al dolor	2
	A la voz	3
	Espontánea	4
<b>Mejor respuesta verbal</b> 	Ninguna	1
	Mascullada	2
	Inapropiada	3
	Confusa	4
	Orientada	5
<b>Mejor respuesta motora</b> 	Ninguna	1
	Extensión	2
	Flexión anormal	3
	Retirada	4
	Localización del dolor	5
	Obedece órdenes	6

Figura 15. Escala del Coma de Glasgow

Creemos oportuno especificar que, en el paciente intubado, la máxima puntuación que se otorga en la escala del coma de Glasgow es de 11 puntos, puesto que no se puede valorar el aspecto verbal del paciente por el hecho de ser portador del TOT y no poder emitir lenguaje (la puntuación sería de 11 + T, siendo la T la expresión del TOT). Es necesario explicar que hemos otorgado una puntuación verbal máxima (5 puntos) a todo aquel paciente capaz de comunicarse, gestualizar, vocalizar, asentir y que se mostrara orientados ante preguntas verbales.

14. Cifra de Hemoglobina (Hb)

- ▶ Medida en la analítica habitual

15. Temperatura axilar

- ▶ Valor medio de de las temperaturas axilares tomadas las 24 horas previas a la extubación

16. Índice de Masa Corporal (IMC<sub>1</sub>)

- ▶ Valor de IMC en el momento previo a la extubación

### 3.5.2 Criterios de extubación ampliados

1. **Nivel de Conciencia / Capacidad de obedecer órdenes:** a pie de cama, en un ambiente tranquilo y asegurándonos de que el paciente es capaz de oírnos con claridad, se le solicita que obedezca cuatro órdenes sencillas, a la voz. Cada orden se repite tres veces para comprobar que el paciente ha obedecido de forma consciente y no de forma aleatoria o casual. Éstas son las órdenes evaluadas:
  - a. **Abrir los ojos:** se le solicita al paciente que abra los ojos, los mantenga abiertos, los cierre y los vuelva a abrir.
  - b. **Sacar la lengua:** en ocasiones puede ser dificultoso a causa de problemas mecánicos en la cavidad oral, ocupada por el tubo orotraqueal y el sistema de fijación del mismo. Se valora como positiva la respuesta de movilización de la lengua hacia el exterior de la cavidad oral, y su recolocación en posición neutra a la orden.
  - c. **Apretar la mano:** complementaria de las otras dos órdenes. Se trata de hacer que el paciente apriete la mano del médico evaluador y la suelte sucesivamente, a la orden verbal. Se ha tenido especial precaución en dar como negativas las respuestas reflejas que se consideran involuntarias.
  - d. **Seguir con la mirada:** se evalúa la capacidad del paciente de seguir un objeto o una persona con la mirada.
  
2. **Capacidad de proteger la vía aérea:** se solicita al paciente que realice una maniobra forzada de provocación de la tos. Se considera una respuesta positiva cuando el paciente era capaz de movilizar las propias secreciones y éstas se convierten en visibles a través del tubo orotraqueal. Se considera positiva también la respuesta tusígena que aparece de forma espontánea en el paciente, es decir a pesar de no haber sido solicitada por parte del investigador (en este apartado no se evalúa la respuesta a órdenes).

Hemos evaluado este parámetro mediante una escala subjetiva que otorga una puntuación de 0 a 3 según la presencia de impulso tusígeno y la intensidad del mismo, como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 11. Evaluación de la tos		
TOS		PUNTOS
<b>Ausente</b>	Ausencia de reflejo tusígeno	<b>0</b>
<b>Débil</b>	Reflejo tusígeno presente pero insuficiente para movilizar secreciones	<b>1</b>
<b>Moderada</b>	Consigue movilizar secreciones sin hacerlas visibles por el TOT	<b>2</b>
<b>Fuerte</b>	Moviliza secreciones haciéndolas visibles por el TOT	<b>3</b>

Tabla 11. Valoración de la fuerza tusígena

2. **Cantidad de secreciones de vía aérea:** se basa en cuantificar el número de aspiraciones artificiales de vía aérea a las que el paciente ha sido sometido durante las 24 horas previas a la extubación. En nuestra Unidad, esta maniobra se suele realizar por parte de enfermería, que introduce una sonda de aspiración en el interior del tubo orotraqueal de forma estéril. Las aspiraciones se contabilizan y quedan registradas en el programa informático que conforma la base de registro de constantes de cada paciente.

### 3.6 Variables estudiadas

Desde el momento de la inclusión de cada paciente, se han recogido de forma prospectiva:

✚ Características demográficas y antecedentes patológicos

- ▶ Sexo
- ▶ Edad
- ▶ Índice de masa corporal (IMC) al ingreso
- ▶ Hábitos tóxicos (tabaquismo, alcoholismo)
- ▶ Antecedentes patológicos

- Puntuación escala gravedad APACHE II (*Acute Physiology And Chronic Health Evaluation*) al ingreso

Puntuación APACHE II									
APS	4	3	2	1	0	1	2	3	4
Tª rectal (°C)	> 40,9	39-40,9		38,5-38,9	<b>36-38,4</b>	34-35,9	32-33,9	30-31,9	< 30
Pres. arterial media	> 159	130-159	110-129		<b>70-109</b>		50-69		< 50
Frec. cardíaca	> 179	140-179	110-129		<b>70-109</b>		55-69	40-54	< 40
Frec. respiratoria	> 49	35-49		25-34	<b>12-24</b>	10-11	6-9		< 6
Oxigenación: Si FIO2 ≥ 0.5 (AaDO2) Si FIO2 ≤ 0.5 (paO2)	> 499	350-499	200-349		< 200				
pH arterial	> 7,69	7,60-7,69		7,50-7,59	<b>7,33-7,49</b>		7,25-7,32	7,15-7,24	< 7,15
Na plasmático (mmol/l)	> 179	160-179	155-159	150-154	<b>130-149</b>		120-129	111-119	< 111
K plasmático (mmol/l)	> 6,9	6,0-6,9		5,5-5,9	<b>3,5-5,4</b>	3,0-3,4	2,5-2,9		< 2,5
Creatinina * (mg/dl)	> 3,4	2-3,4	1,5-1,9		<b>0,6-1,4</b>		< 0,6		
Hematocrito (%)	> 59,9		50-59,9	46-49,9	<b>30-45,9</b>		20-29,9		< 20
Leucocitos (x 1000)	> 39,9		20-39,9	15-19,9	<b>3-14,9</b>		1-2,9		< 1
<b>Suma de puntos APS</b>									
<b>Total APS</b>									
<b>15 - GCS</b>									
<b>EDAD</b>	<b>Puntuación</b>	<b>ENFERMEDAD CRÓNICA</b>		<b>Puntos APS (A)</b>	<b>Puntos GCS (B)</b>	<b>Puntos Edad (C)</b>	<b>Puntos enfermedad previa (D)</b>		
≤ 44	0	Postoperatorio programado	2						
45 - 54	2	Postoperatorio urgente o Médico	5						
55 - 64	3								
65 - 74	5								
≥ 75	6								
<b>Total Puntos APACHE II (A+B+C+D)</b>									
Enfermedad crónica: Hepática: cirrosis (biopsia) o hipertensión portal o episodio previo de fallo hepático Cardiovascular: Disnea o angina de reposo (clase IV de la NYHA) Respiratoria: EPOC grave, con hipercapnia, policitemia o hipertensión pulmonar Renal: diálisis crónica Inmunocomprometido: tratamiento inmunosupresor inmunodeficiencia crónicos									

Tabla 12. Escala APACHE II<sup>176</sup>

✚ Motivo de ingreso

✚ Motivo de intubación

Hemos agrupado el motivo de intubación en tres grupos principales: el primero (“motivo neurológico”) hace referencia a un bajo nivel de conciencia (pacientes que presentan 8 puntos o menos en la escala del coma de Glasgow); el segundo (“motivo respiratorio”) incluye aquellos casos de insuficiencia respiratoria grave (hipoxémica, hipercápnica, debida a diferentes etiologías). El grupo “otros motivos”, incluye pacientes que se han intubado en contexto de intervenciones quirúrgicas urgentes o programadas, en contexto de paro cardiorrespiratorio, por estado de agitación refractario a tratamiento farmacológico, etc. Estos son los tres grupos:

- ▶ Neurológico: disminución del nivel de conciencia de diferente etiología
- ▶ Respiratorio: insuficiencia respiratoria aguda grave de diferente etiología
- ▶ Otros motivos (intervención quirúrgica urgente, etc.)

✚ Características en el momento previo a la extubación (24 horas antes de la extubación)

- ▶ Criterios de extubación clásicos
- ▶ Criterios de extubación ampliados

✚ Pronóstico de extubación

- ▶ Éxito o fracaso de extubación
- ▶ En caso de fracaso, motivo del fracaso de extubación
  - Debilidad muscular/broncooplejia
    - Dificultad para movilizar las secreciones de la vía aérea
  - Obstrucción aguda de vía aérea superior (laringoespasmo).
    - Identificado mediante auscultación de estridor laríngeo y/o sibilancias en la vía aérea superior
  - Disminución del nivel de conciencia
  - Otros

✚ Datos globales durante el período de VMI

- ▶ Días totales de VMI
- ▶ Días desde el inicio de la VMI hasta el inicio del período de *weaning*
- ▶ Días totales de *weaning*
- ▶ Uso de VMNI tras la extubación

✚ Duración del período de hospitalización

- ▶ Días de estancia en UCI
- ▶ Días de estancia hospitalaria
- ✚ Destino al alta del Hospital
  - ▶ Domicilio
  - ▶ Otros centro de hospitalización
  - ▶ Centros de Rehabilitación (RHB)
  - ▶ Centros Sociosanitarios (CSS), Residencias, u otros centros destinados a cuidados del paciente crónico.
  - ▶ Exitus
    - Hace referencia a la mortalidad hospitalaria. Los pacientes que han fallecido en UCI han sido descartados por no haber completado la extubación antes del fallecimiento o bien por ser pacientes en situación de Limitación del Tratamiento de Soporte Vital (LTSV).

En los pacientes del Grupo Traqueostomía, se han recogido las características demográficas, el motivo de ingreso y de intubación como en el resto de pacientes. Posteriormente se ha investigado:

- ✚ Motivo de realización de traqueostomía
  - ▶ Ventilación mecánica prolongada (VMP)
  - ▶ Por previsión de VMP (traqueostomía precoz)
  - ▶ Fracaso del proceso de *weaning*
  - ▶ Fracaso de la extubación y necesidad de reinstaurar la VMI
- ✚ Duración del período de *weaning* o destete de la VMI
- ✚ Salida de UCI con cánula de traqueostomía y /o con necesidad de VMI
- ✚ Duración del período de hospitalización y destino al alta

3.7 Diagrama de trabajo

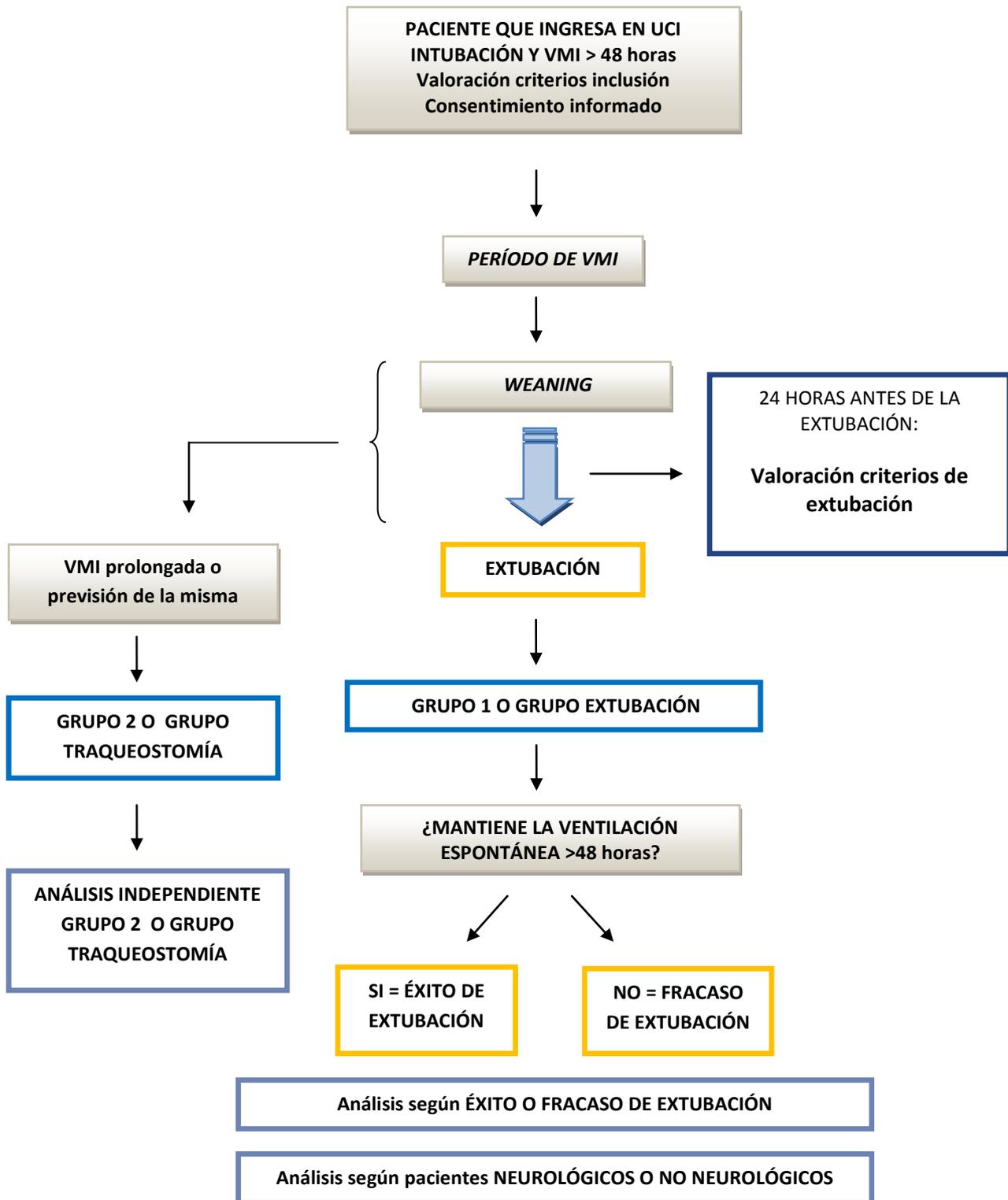


Figura 16. Diagrama de trabajo

### 3.8 Descripción de la metodología de estudio

Se ha evaluado para cada caso, si reunía los criterios de inclusión y se ha solicitado el consentimiento informado al paciente o a los familiares más cercanos.

A partir del momento de inclusión en el estudio, se han recogido datos demográficos y se ha iniciado el seguimiento del paciente a lo largo del período de VMI. En la mayoría de los casos, los pacientes han finalizado el período de *weaning* y se ha procedido a su extubación. Estos pacientes forman el Grupo 1 o Grupo de Pacientes Intubados. En este grupo se han evaluado los criterios de extubación clásicos y ampliados en el momento final del *weaning* (24 horas antes de la extubación).

Una vez extubados, la mayoría de los pacientes han sido capaces de mantener la respiración espontánea (*éxito de extubación*) pero algunos de ellos han necesitado ser reintubados y reconectados a la VMI. Si este hecho ha tenido lugar durante las primeras 48 horas tras la extubación, se ha considerado como un caso de *fracaso de extubación*.

Para averiguar cuáles son los factores asociados al fracaso de extubación, se han comparado las características de los pacientes según el resultado de la extubación. (Análisis según Éxito o Fracaso de extubación).

Posteriormente se ha realizado un segundo análisis comparando el subgrupo de pacientes con patología de base neurológica con el resto de pacientes con el objetivo de averiguar si los pacientes neurológicos presentan más fracaso de extubación que el resto de los pacientes. (Análisis según paciente Neurológico o No Neurológico).

A algunos pacientes ha sido necesario realizar el cambio de dispositivo de ventilación del TOT a la traqueostomía. Estos pacientes se han asignado a un grupo diferente (Grupo 2 o Grupo Traqueostomías) que se ha analizado de forma independiente al final del trabajo.

Para todos los pacientes se ha analizado el uso de VMNI tras la retirada de la VMI; se ha llevado a cabo un seguimiento de cada paciente hasta el alta hospitalaria, recopilando información acerca de la duración de la estancia en UCI y en el hospital y el destino al alta hospitalaria.

#### 4. Metodología estadística

Para describir la distribución de las variables, se han utilizado medianas y valores máximo y mínimo para las variables cuantitativas (medianas y error típico de las medianas para las que han presentado una distribución simétrica) y los porcentajes de cada una de las categorías para las variables cualitativas.

La asociación univariante entre las variables cualitativas y las variables independientes también cualitativas se ha evaluado mediante la prueba de Chi-cuadrado o la prueba exacta de Fisher. Como medida de la magnitud de la asociación, se ha utilizado la oportunidad relativa y su intervalo de confianza del 95%. En los casos de variable dependiente cuantitativa e independiente cualitativa se ha utilizado la prueba más adecuada entre la prueba de T de Student o la U de Mann-Whitney si la variable dependiente tenía dos categorías y el test de ANOVA o la prueba H de Kruskal y Wallis.

El análisis univariante del tiempo desde la intubación hasta la extubación se ha realizado mediante el método de Kaplan-Meier, la prueba de log-rank y la regresión de Cox. La asociación independiente se ha evaluado mediante modelos de regresión de Cox que estima como medida de asociación peligros relativos, que se puede considerar como una medida equivalente al Riesgo Relativo.

La asociación independiente entre el fracaso de la extubación y las diferentes variables independientes se ha calculado mediante modelos de regresión logística que estima como medida de asociación oportunidades relativas.

5. Modelo de hoja de recogida de datos

**FACTORES PRONÓSTICOS DE ÉXITO DE EXTUBACIÓN EN EL PACIENTE INGRESADO EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS**

**1. DATOS DEMOGRÁFICOS**

NOMBRE	PESO	IMC			
NHC	TALLA				
EDAD	INGRES UCI	ALTA UCI	DIES TOTALES UCI		
SEXO	DESTINO AL ALTA DE UCI				
PATOLOGIA INGRESO	INGRESO HOSPITAL	ALTA HOSPITAL	DIES TOTALES HOSPITAL		
APACHE II	DESTINO ALTA HOSPITAL <sup>1</sup> 1 2 3 4 5				

**2. ANTECEDENTS PATOLÒGICS**

- FUMADOR..... SI/NO
- EX FUMADOR..... SI/NO
- ENOL..... SI/NO
- EPOC..... SI/NO
- DLP..... SI/NO
- HTA..... SI/NO

**3. DADES INTUBACIÓ**

Inicio IOT	Fin IOT	Días totales IOT
MOTIVO IOT		
Inicio weaning	Fin weaning.	Días totales weaning
Días totals IOT	Días totales VM	
ÉXITO/FRACASO?		
MOTIVO FRACASO		
USO VMNI POST EXIOT	Si/ NO	Nº horas

**4. CRITERIOS EXTUBACIÓ**

FiO <sub>2</sub>	PEEP	PO <sub>2</sub>	PaFi
FR	PCO <sub>2</sub>	Vtidal	Pinsp max
Hb	Tª axilar	GCS	

- OBEDECE ÓRDENES?

- ▶ Abre ojos ..... SI/NO
- ▶ Saca la lengua..... SI/NO
- ▶ Apreta la mano..... SI/NO
- ▶ Sigue con la mirada..... SI/NO

- TOS EFICAZ..... SI/NO (especificar 0/1/2/3)

- Nº ASPIRACIONES/DIA

**5. DATOS TRAQUEOSTOMIA**

- ▶ Motivo realización traqueostomia

1. Traqueostomia precoz
2. IOT muy prolongada (precisar día)
3. Post fracaso de extubación

- ▶ Alta de UCI decanulado? ..... SI/NO

(1): 1= Domicilio; 2= Otros hospitales;  
3= Centros RHB; 4= Centros  
Sociosanitarios; 5= Éxitus



## 6. Modelo de Consentimiento Informado



ETIQUETA IDENTIFICATIVA
-------------------------

**BADALONA**

**SERVICIO DE MEDICINA INTENSIVA**

***SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS  
OBSERVACIONALES***

Frecuentemente, con el fin de aumentar nuestro conocimiento sobre las enfermedades, necesitamos recoger datos epidemiológicos y clínicos de los pacientes ingresados en nuestro Servicio. Estos estudios son conocidos con el nombre de estudios observacionales y no suponen en ningún momento, **ningún tipo de intervención invasiva, ni terapéutica** que no se realice de forma habitual en los enfermos y **no conllevan ningún riesgo añadido**.

La normativa actualmente existente, que regula la **presentación o publicación de los resultados**, determina que solicitemos esta autorización para llevar a cabo estos tipos de estudios y la recogida de datos.

Esta información en ocasiones es compartida con otros centros con el compromiso de mantener la **confidencialidad**, para poder realizar estudios más amplios.

Los datos mantienen siempre el anonimato del paciente y cumplen las normas de la ley 15/1999 de Protección de datos de Carácter Personal.

Para la utilización de este documento, previamente se habrá obtenido, por parte del Comité Ético de Ensayos Clínicos, la aprobación del proyecto de estudio.

<b>CONSENTIMIENTO ESCRITO PARA LA UTILIZACIÓN DE DATOS PARA REALIZAR ESTUDIOS OBSERVACIONALES</b>	
<b>PACIENTE: Nombre</b>	<b>Apellidos:</b>
<b>FAMILIAR : Nombre</b>	<b>Apellidos:</b>
<b>PARENTESCO:</b>	
<b>Con domicilio habitual en</b>	<b>Número de teléfono:</b>
Entiendo que <b>la autorización es voluntaria</b> y puede ser retirada en cualquier momento sin que suponga en ningún caso detrimento en el control y tratamiento de mi familiar.	
Que <b>he recibido información suficiente</b> sobre la utilización de datos epidemiológicos y clínicos de mi familiar para la realización de estudios observacionales, mientras este ingresado en el Servicio de Medicina Intensiva del Hospital Germans Trias i Pujol de Badalona	
<b>Fecha</b>	
<b>Firma del familiar</b>	<b>Médico y firma</b>



## **RESULTADOS**



## RESULTADOS

Los resultados del trabajo incluyen los siguientes apartados:

1. Descripción de la muestra
2. Análisis descriptivo de los pacientes del Grupo 1 (grupo de pacientes extubados)
3. Comparativa según éxito o fracaso de extubación. Análisis univariante
4. Comparativa según éxito o fracaso de extubación. Análisis multivariante
5. Comparativa según paciente Neurológico y No Neurológico. Análisis univariante
6. Comparativa según paciente Neurológico que se extuba con éxito y paciente Neurológico que fracasa en la extubación. Análisis univariante
7. Factores pronósticos de extubación en el paciente Neurológico y en el paciente No Neurológico. Análisis multivariante.
8. Análisis descriptivo de los pacientes del Grupo 2 (grupo de pacientes con traqueostomía)

Para facilitar la interpretación, los resultados estadísticamente significativos se resaltan en **amarillo**.



## 1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Desde Septiembre de 2012 hasta Diciembre de 2013 se han valorado un total de 315 pacientes tras comprobar que estaban recibiendo tratamiento con VMI durante un período superior a 48 horas. De éstos, 49 pacientes se han descartado por diversos motivos, entre ellos la falta de recogida de información, el fallecimiento en período de VMI sin haber iniciado el destete de la misma o el traslado a otros centros sin haber completado la extubación. Por tanto la muestra estudiada se compone de 266 pacientes.

De los 266 pacientes analizados, 169 han completado el período de VMI y desconexión de la misma mediante TOT y forman el Grupo 1 o grupo Extubación. En estos sujetos se estudian los factores pronósticos de extubación, comparando en un primer momento los pacientes que se extuban con éxito de los que fracasan y en un segundo tiempo los pacientes con patología neurológica con el resto de pacientes.

Los 97 pacientes restantes han requerido la traqueostomía durante el período del estudio (por VMI prolongada, en muchos casos por fracaso de *weaning*) y han pasado a formar parte del Grupo 2 o Grupo Traqueostomía. Por ser una muestra no despreciable de pacientes, se ha considerado oportuno realizar un análisis descriptivo de la misma que se expone al final del estudio.

A continuación se expone el diagrama de inclusión de pacientes en el estudio.

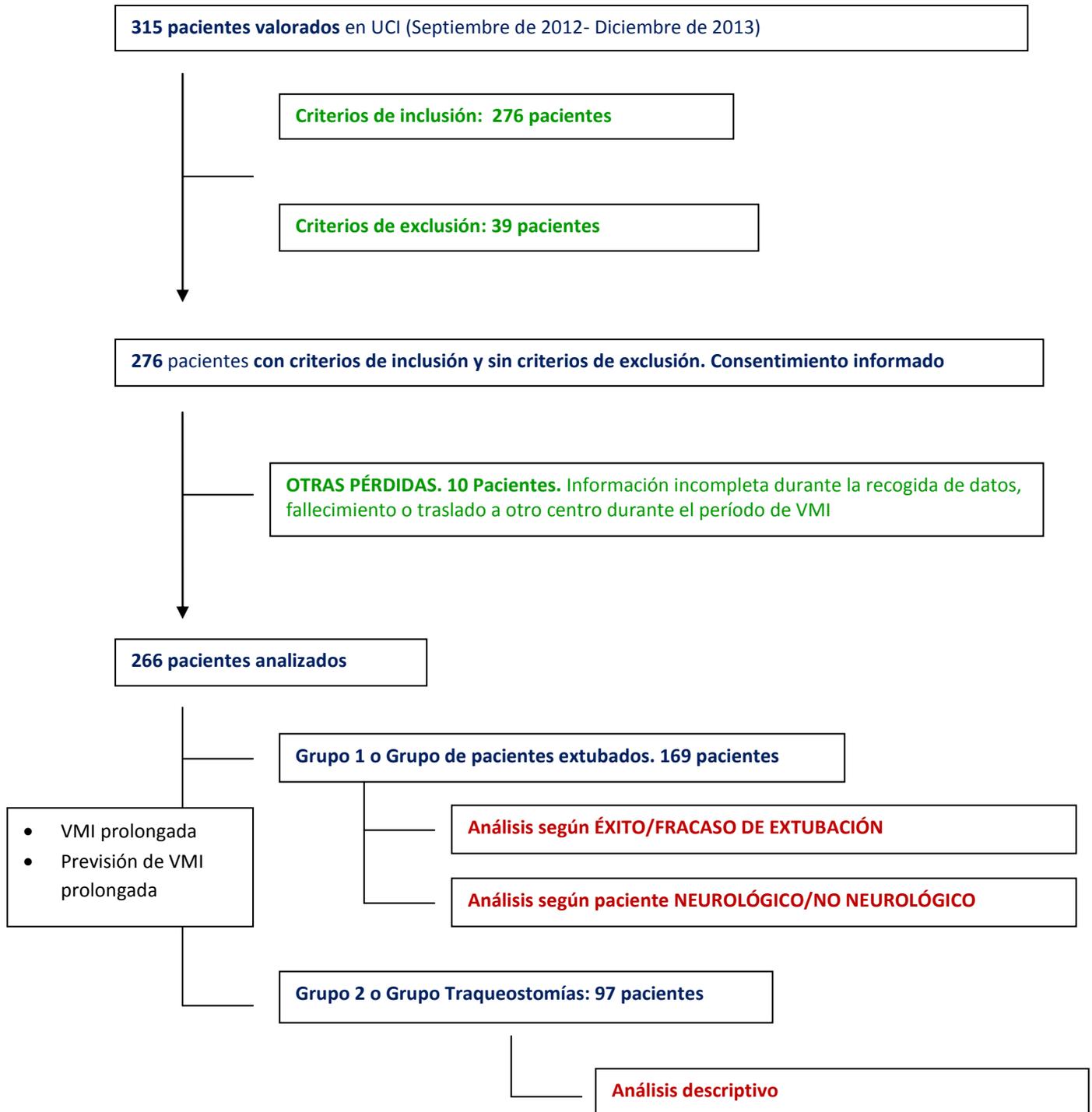


Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de selección de la muestra

## 2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO 1 (PACIENTES EXTUBADOS)

### 2.1 DATOS DEMOGRÁFICOS

El grupo lo constituyen un total de 111 hombres (65.7%) y 58 mujeres (34.3%); de ellos, 98 (58%) tenían patología de base Neurológica (ictus isquémicos o hemorrágicos, coma de diversas etiologías, status epiléptico, TCE graves, entre otros) y 71 (42%) ingresaron en UCI por otras patologías, entre ellas sepsis de diversa índole, postoperatorios complicados, insuficiencia respiratoria grave, politraumatismos sin afectación del sistema nervioso central (SNC), etc.

Para todos los pacientes se han investigado los antecedentes patológicos principales como tabaquismo o extabaquismo, hábito enólico, hipertensión arterial (HTA), diabetes mellitus (DM), dislipemia (DLP) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Exponemos en la tabla 13 las características demográficas de los pacientes del Grupo 1 o Grupo de pacientes extubados.

Tabla 13	
Variable	FRECUENCIA (%) (n=169)
SEXO H/M	111 (65.7%) /58 (34.3%)
NO NRL/NRL	98 (58%) / 71 (42%)
FUMADOR	57 (33.7%)
EX FUMADOR	39 (23.1%)
ENOL	34 (20.1%)
HTA	77 (45.6%)
DM II	37 (21.9%)
DLP	36 (21.3%)
EPOC	17 (10.1%)

**Tabla 13.** Variables demográficas y antecedentes patológicos de los pacientes del Grupo 1

<b>Tabla 14</b>	
<b>Variable</b>	<b>Mediana (mín/máx)</b> <b>(n = 169)</b>
<b>EDAD</b>	57 (18/85)
<b>IMC</b>	26.7 (14.7/62)
<b>APACHE II</b>	14 (3/40)

**Tabla 14.** Edad, IMC al ingreso y valor de APACHE II en los pacientes del Grupo 1

La tabla 14 muestra los valores medianos de edad, índice de masa corporal (IMC) al ingreso, y el índice de gravedad calculado en las primeras 24 horas de ingreso según la escala APACHE II en los pacientes del Grupo 1.

<b>Tabla 15</b>	
<b>Motivo de intubación</b>	<b>Frecuencia (%)</b> <b>(n = 169)</b>
<b>NEUROLÓGICO</b>	80 (47.3%)
<b>RESPIRATORIO</b>	60 (35.5%)
<b>OTROS MOTIVOS</b>	29 (17.2%)

**Tabla 15.** Motivo de intubación

Hemos analizado el motivo de intubación de los pacientes, siendo la causa neurológica, entendida como disminución del nivel de conciencia con riesgo de broncoaspiración, el motivo principal de intubación (47.3%), independientemente de la patología de base de los pacientes. La segunda causa de intubación de los enfermos del Grupo 1 es la insuficiencia respiratoria aguda (35.5%).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS EN EL MOMENTO PREVIO A LA EXTUBACIÓN

### A. Criterios de extubación convencionales

Para cada paciente que ha logrado completar el período de *weaning* mediante TOT, Se han recogido los criterios de extubación en el período comprendido en las 24 horas previas a la misma. Exponemos los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 16	
VARIABLE	Mediana (min/max) (n= 169)
FiO <sub>2</sub>	0.35 (0.26/0.50)
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	105 (58/190)
PAFI (PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> )	280 (142/546)
PEEP (cm H <sub>2</sub> O)	6 (3/12)
FR (resp/min)	18 (10/30)
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	41 (28/73)
Vtidal (mL/Kg)	7.2 (3.9/13.7)
Pinsp máx (L/min)	20 (-20/-15)
TOBIN	32.1 (12/83)
GCS	15 (8/15)
Hemoglobina (g/dL)	9.6 (7.4/15)
Temperatura axilar (°C)	36.5 (35/37.7)
IMC <sub>1</sub>	27.3 (16.1/63.1)

**Tabla 16.** Criterios de extubación convencionales en la muestra de pacientes del Grupo 1

Llama la atención en estos datos, el bajo valor del índice de Tobin de nuestra serie (valor mediano de 32.1) y el alto valor del GCS. La variable IMC<sub>1</sub> hace referencia al IMC en el momento previo a la extubación.

## B. Criterios de extubación ampliados

De la misma manera se han recogido para todos los pacientes los criterios de extubación que hemos denominado “ampliados”. Mostramos los resultados en las tablas 17 y 18.

Tabla 17	
VARIABLE	Frecuencia (%) (n=169)
ABRIR LOS OJOS	167 (98.8%)
SACAR LA LENGUA	155 (91.7%)
APRETAR LA MANO	158 (93.5%)
SEGUIR CON LA MIRADA	128 (75.7%)
TOS 0-1	23 (13.6%)
TOS 2	47 (27.8%)
TOS 3	99 (58.6%)

**Tabla 17.** Criterios de extubación ampliados. Valoración neurológica y tos

Tabla 18	
VARIABLE	Mediana (min/máx) (n=169)
Nº ASPIRACIONES/DÍA	6 (1/15)

**Tabla 18.** Criterios de extubación ampliados. Número de aspiraciones al día

Los primeros tres ítems de evaluación neurológica dentro de los criterios de extubación ampliados se cumplen prácticamente en todos los pacientes de la muestra. Hay una diferencia en el cuarto ítem, el más complejo en cuanto a funcionalidad del SNC, que es el seguir con la mirada, que se cumple de mediana en el 75.7% de los pacientes.

Más de un 13% de los pacientes no presentan reflejo tusígeno o éste es insuficiente en el momento de la extubación.

Los pacientes requieren una mediana de 6 aspiraciones manuales al día durante las 24 horas previas a la extubación.

## 2.3 DATOS POSTERIORES A LA EXTUBACIÓN

### 2.3.1 Éxito y fracaso de extubación

A continuación se exponen los datos generales de éxito y fracaso de extubación en la población estudiada.

Tabla 19	
VARIABLE	FRECUENCIA (%) (n = 169)
ÉXITO DE EXTUBACIÓN	130 (76.9%)
FRACASO DE EXTUBACIÓN	39 (23.1%)

Tabla 19. Número absoluto y porcentaje de casos de éxito y fracaso de extubación

Un 23% de nuestros pacientes fracasan en la extubación, a pesar de haber demostrado que cumplen los criterios de extubación convencionales.

Tabla 20	
VARIABLE	FRECUENCIA (%) (n=39)
Debilidad muscular/Broncoplejia	21 (53.9%)
Hipercapnia	1 (2.6%)
Estridor laríngeo	8 (20.5%)
Bajo nivel de conciencia	1 (2.6%)
Otros	8 (20.5%)

Tabla 20. Motivo de fracaso de extubación

Hemos agrupado en cuatro categorías los principales motivos de fracaso de extubación en nuestros pacientes, siendo el principal la debilidad muscular (broncoplejia) que se presenta en casi un 54% de los pacientes y conlleva insuficiencia respiratoria aguda por incapacidad de movilizar las secreciones y una protección deficiente de la vía aérea. El segundo motivo de

fracaso en la población analizada ha sido el estridor laríngeo (20.5%), implicando insuficiencia respiratoria aguda e hipoxemia.

2.3.2 Datos globales de la VM

Las siguientes tablas (21 y 22) describen los días totales de intubación de los pacientes, los días que transcurren desde el inicio de la intubación al inicio del destete de la VMI (inicio *weaning*); los días totales que se invierten en el *weaning*; el número de pacientes que requieren tratamiento con VMNI tras la extubación y el número de horas que se utiliza.

Tabla 21	
VARIABLE	Mediana (mín/máx) (n = 169)
DÍAS TOTALES IOT	7 (2/24)
DÍAS IOT-WEANING	4 (1/18)
DÍAS WEANING	2 (0.1/17)
VMNI (horas)	24 (1/144)

Tabla 21. Datos globales de VM

Tabla 22	
VARIABLE	FRECUENCIA (%) (n=169)
Nº de pacientes que requieren VMNI	57 (33.72%)

Tabla 22. Utilización de VMNI en los pacientes del Grupo 1

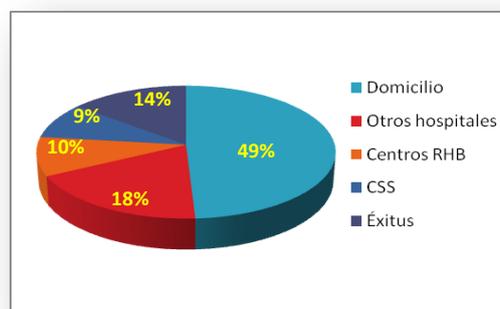
Observamos que los pacientes están intubados durante 7 días de mediana, por tanto cumplen criterios de ventilación mecánica prolongada (VMP)<sup>45</sup>.

**2.4 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL**

<b>Tabla 23</b>	
<b>VARIABLE</b>	<b>Mediana (mín/máx) (n = 169)</b>
<b>DÍAS ESTANCIA UCI</b>	13 (2/107)
<b>DÍAS ESTANCIA HOSPITAL</b>	27 (3/186)
<b>DESTINO AL ALTA DEL HOSPITAL</b>	<b>Frecuencia (%) (n = 169)</b>
• <b>Domicilio</b>	83 (49.1%)
• <b>Otros hospitales</b>	31 (18.3%)
• <b>Centros de RHB</b>	16 (9.5%)
• <b>CSS</b>	15 (8.9%)
• <b>Exitus</b>	24 (14.2%)

**Tabla 23.** Días de estancia en UCI, en hospital, destino al alta hospitalaria y porcentaje de éxitus en la muestra de pacientes extubados

En nuestra muestra, los pacientes han presentado una estancia mediana en UCI de aproximadamente 2 semanas y en el hospital de aproximadamente 1 mes. Hemos estudiado el destino de los pacientes al alta del hospital: casi la mitad de ellos (49.1%) pueden ser dados de alta a domicilio, mientras que el resto se destinan a otros hospitales (centros hospitalarios asignados por zona en la mayoría de los casos en el ámbito de nuestra comunidad autónoma, hospitales nacionales o traslado a otros países de origen en caso de pacientes extranjeros). Se ha constatado un 14.2% de mortalidad hospitalaria. Ha quedado excluida la mortalidad en UCI de acuerdo con los criterios de exclusión.



**Figura 18.** Distribución de los destinos de los pacientes del Grupo 1 al alta hospitalaria

### 3. COMPARATIVA SEGÚN ÉXITO O FRACASO DE EXTUBACIÓN. ANÁLISIS UNIVARIANTE

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ANTECEDENTES PATOLÓGICOS

Tabla 24				
	ÉXITO (n = 130) Frecuencia (%)	FRACASO (n = 39) Frecuencia (%)	OR (95% IC)	Valor de p
SEXO H/M	87 (66.9%)/43(33.1%)	24 (61.5%)/15(38.5%)	0.79 (0.38-1.68)	0.535
FUMADOR	40 (30.8%)	17 (43.6%)	1.74 (0.83-3.62)	0.139
EX FUMADOR	30 (23.1%)	9 (23.1%)	1.00 (0.41-2.28)	1
ENOL	25 (19.2%)	9 (23.1%)	1.26 (0.51-2.92)	0.599
HTA	54 (41.5%)	23 (59%)	2.02 (0.98-4.25)	0.058
DM II	26 (20%)	11 (28.2%)	1.57 (0.67-3.51)	0.279
DLP	31 (23.9%)	5 (12.8%)	0.47 (0.15-1.21)	0.147
EPOC	14 (10.8%)	3 (7.7%)	0.69 (0.15-2.26)	0.577

Tabla 24. Características demográficas y antecedentes patológicos según éxito/fracaso de extubación

No hemos encontrado diferencias significativas en los antecedentes patológicos ni en el sexo comparando los pacientes que se extuban con éxito de aquellos que fracasan en la extubación.

Tabla 25				
	ÉXITO (n = 130) Mediana (mín/máx)	FRACASO (n = 39) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
EDAD (años)	55 (18/81)	61 (18/85)	1.023 (1.001-1.047)	0.048
IMC	26.9 (14.7/62)	26.3 (19/35.6)	0.944 (0.875-1.011)	0.121
APACHE II	14 (3/34)	15 (6/40)	1.036 (0.982-1.093)	0.191

Tabla 25. Valores de edad, índice de masa corporal (IMC) y puntuación en la escala de gravedad APACHE II según éxito/fracaso de extubación

Según los datos que se exponen en la anterior tabla, los pacientes que fracasan en la extubación presentan una edad mediana significativamente mayor que los que se extuban con

éxito ( $p = 0,048$ ). Podemos afirmar que por cada 10 años de incremento en la edad la posibilidad de fracasar en la extubación aumenta un 12%.

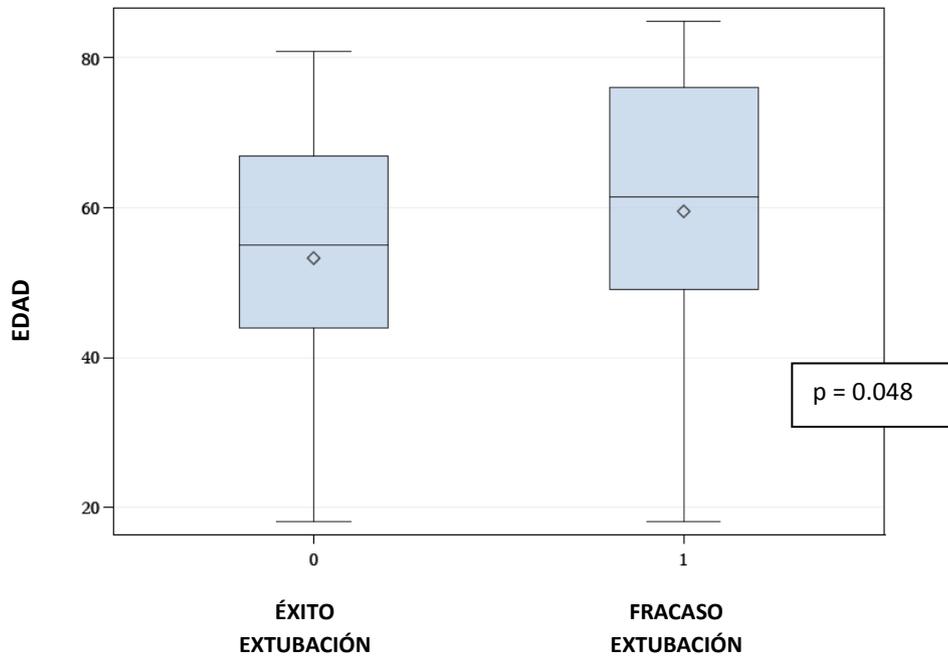


Figura 19. Diagrama de cajas: distribución de edad según éxito y fracaso de extubación

No hemos encontrado diferencias significativas entre los grupos en los valores de IMC o en la gravedad al ingreso (puntuación en la escala APACHE II) entre los dos subgrupos.

### 3.2 MOTIVO DE INTUBACIÓN

Tabla 26				
MOTIVO IOT	ÉXITO (n =130) Frecuencia (%)	FRACASO (n = 39) Frecuencia (%)	OR (95% IC)	Valor de p
BAJO NIVEL DE CONCIENCIA	62 (47.7%)	18(46.2%)	1	
INSUFICIENCIA RESPIRATORIA GRAVE	44(33.9%)	16(41.%)	1.25 (0.57-2.73)	0.569
OTROS	24 (18.5%)	5 (12.8%)	0.72 (0.22-2.04)	0.553

Tabla 26. Motivo de intubación, según subgrupo de pacientes que han presentado éxito o fracaso de extubación

El motivo de la intubación no ha influido en el pronóstico de la extubación en ningún caso.

### 3.3 ÉXITO Y FRACASO DE EXTUBACIÓN SEGÚN PATOLOGÍA DE BASE DE LOS PACIENTES

Con el objetivo de averiguar si existen diferencias en cuanto al pronóstico de la extubación dependiendo de la patología de base de los enfermos, y para ellos hemos separado a los pacientes Neurológicos (NRL) del resto (NO NRL).

<b>Tabla 27</b>				
	<b>NRL (n = 71)</b>	<b>NO NRL (n = 98)</b>	<b>OR (95% IC)</b>	<b>Valor de p</b>
	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>		
<b>ÉXITO</b>	53 (74.7%)	77 (78.6%)		
<b>FRACASO</b>	18 (25.3%)	21 (21.4%)	1.25 (0.60-2.56)	0.551

**Tabla 27.** Resultado de la extubación según pacientes NRL/ NO NRL. Análisis univariante

En el análisis univariante, no hemos encontrado diferencias significativas entre el porcentaje de fracaso de extubación en el paciente Neurológico respecto al resto de pacientes; a pesar de ello, existe una tendencia superior de fracaso en este grupo (25.3%) respecto al porcentaje de fracaso en el paciente No Neurológico (21.4%).

### 3.4 CARACTERÍSTICAS EN EL MOMENTO PREVIO A LA EXTUBACIÓN

#### A. Criterios de extubación convencionales

La tabla 28 muestra las características de los pacientes en cuanto a los criterios de extubación convencionales.

Tabla 28				
Variable	ÉXITO (n = 131) Mediana (mín/máx)	FRACASO (n = 38) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
FiO <sub>2</sub>	0.35 (0.26/0.5)	0.4 (0.26/0.5)	9.46 (0.76-129.79)	0.085
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	6 (3/10)	6 (3/12)	1.23 (0.98-1.53)	0.072
pO <sub>2</sub> (mmHg)	105 (60/190)	103 (58/164)	0.99 (0.98-1.01)	0.296
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	285 (142/543)	270 (150/546)	0.99 (0.99-1.00)	0.059
FR (resp/min)	17 (12/28)	18 (10/30)	1.07 (0.98-1.17)	0.151
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	40 (28/73)	42 (28/69)	1.04 (0.99-1.09)	0.083
V <sub>tidal</sub> (mL/Kg)	7.3 (3.9/13.7)	7 (4.1/11.3)	0.89 (0.70-1.12)	0.342
P <sub>insp máx</sub> (cm H <sub>2</sub> O)	-20 (-20/-15)	-20 (-20/-15)	1.60 (1.25-2.14)	<0.001*
TOBIN	31.25 (12/77.7)	34.6 (16.6/83)	1.03 (1.00-1.07)	0.028
IMC <sub>1</sub>	27.55 (16.1/63.1)	26.3 (19/38.5)	0.95 (0.88-1.01)	0.147
Hb (g/dL)	9.85 (7.4/15)	9.1 (7.8/12.1)	0.70 (0.53-0.89)	0.005
Temp. axilar (°C)	36.5 (35/37.7)	36.5 (35.5/37.0)	1.82 (0.85-3.96)	0.124
GCS	15 (8/15)	15 (9/15)	0.84 (0.65-1.09)	0.165

\*el valor de la p en esta variable es cuestionable por la poca variabilidad de los valores

**Tabla 28.** Criterios de extubación convencionales. Comparativa entre pacientes con éxito y con fracaso de extubación.

Todos los pacientes (incluso aquellos que fracasan) cumplen los criterios recomendados por las guías para poder proceder a la extubación.

Los pacientes que se extuban con éxito presentan un índice de Tobin significativamente más bajo que los que fracasan en la extubación ( $p = 0.028$ ); ningún paciente de la muestra, incluyendo los pacientes del subgrupo de fracaso de extubación ha presentado un valor de Tobin superior a 105 resp/L/min. El valor máximo obtenido es de 83 resp/L/min, presentado por un paciente del subgrupo “fracaso de extubación”.

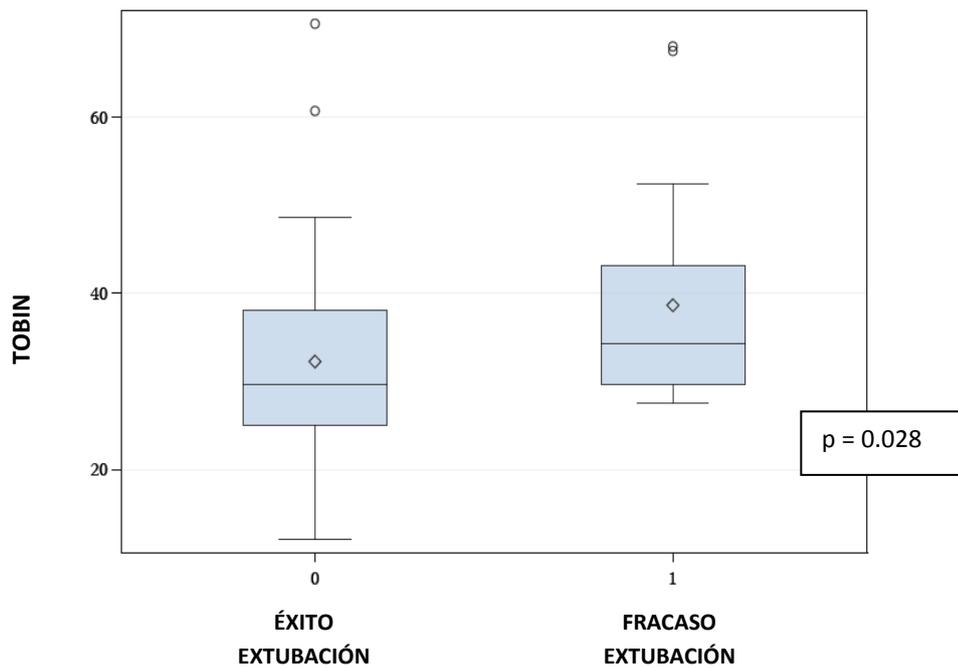


Figura 20. Diagrama de cajas: distribución del Índice de Tobin según éxito y fracaso de extubación

En cuanto a la hemoglobina (Hb), observamos que en nuestra población los pacientes que fracasan presentan una Hb media significativamente menor que la de los pacientes que se extuban con éxito ( $p= 0.005$ ).

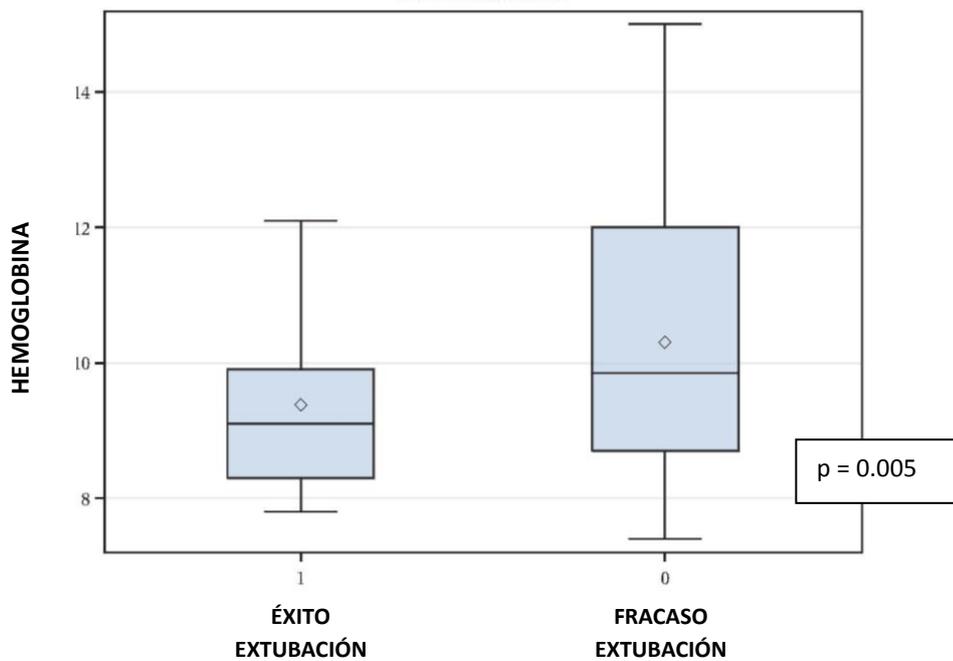


Figura 21. Diagrama de cajas: distribución de la Hemoglobina según éxito y fracaso de extubación

B. Criterios de extubación ampliados

A continuación analizamos los criterios de extubación ampliados según el subgrupo de pacientes con éxito y con fracaso de extubación. La tabla 29 muestra nuestros resultados.

<b>Tabla 29</b>				
	<b>ÉXITO (n = 130)</b>	<b>FRACASO (n = 39)</b>	<b>OR (95% IC)</b>	<b>Valor de p</b>
	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>		
<b>ABRIR LOS OJOS</b>	129 (97.4%)	38 (99.2%)	0.29 (0.01-7.56)	0.392
<b>SACAR LA LENGUA</b>	121 (93.1%)	34 (87.2%)	0.51 (0.16-1.74)	0.248
<b>APRETAR LA MANO</b>	124 (95.4%)	34 (87.2%)	0.33 (0.09-1.20)	0.080
<b>SEGUIR CON LA MIRADA</b>	107 (82.3%)	21 (53.9%)	0.25 (0.12-0.54)	<b>&lt;0.001</b>
<b>TOS</b>				
<b>0-1</b>	7 (5.4%)	16 (41.0%)	1	
<b>2</b>	33 (25.4%)	14 (35.9%)	0.186 (0.059-0.531)	<b>0.002</b>
<b>3</b>	90 (69.2%)	9 (23.1%)	0.044 (0.013-0.128)	<b>&lt;0.001</b>

**Tabla 29.** Criterios de extubación ampliados que evalúan funciones neurológicas (abrir los ojos, sacar la lengua, apretar la mano, seguir con la mirada) y fuerza tusígena según grupo éxito/fracaso de extubación

Encontramos diferencias significativas entre los grupos en el parámetro “seguir con la mirada”: el 82.3% de los pacientes que se extuban con éxito son capaces de cumplir este criterio, mientras que casi la mitad de los que fracasan no son capaces de realizar esta función neurológica; este parámetro es por tanto un factor altamente protector frente al fracaso de extubación, con un OR de 0.25 (0.12-0.54,  $p < 0,001$ ).

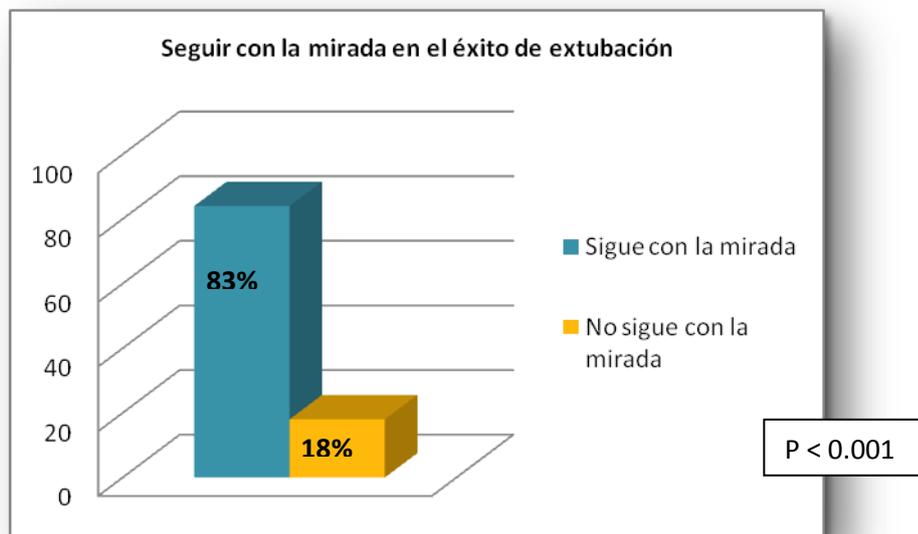
No hemos hallado diferencias significativas en el análisis univariante en el resto de parámetros de valoración de la función neurológica entre los grupos.

La tabla 30 resume el resultado del análisis de la orden “seguir con la mirada” según el resultado de la extubación.

Tabla 30			
Sigue con la mirada	Éxito de extubación	Fracaso de extubación	Total
SI	107	21	128
NO	23	18	41
<b>Total</b>	130	39	

**Tabla 30.** Resumen del cumplimiento de la orden “seguir con la mirada” en los subgrupos éxito y fracaso de extubación

Observamos que, del total de pacientes que siguen con la mirada (128), 107 se extuban con éxito, lo que supone un porcentaje del 83.6%. Entre aquellos que no siguen con la mirada (41), 18 fracasan, es decir que el 43.9% de los pacientes que no son capaces de cumplir esta orden fracasan a la extubación.



**Figura 22.** Porcentaje de pacientes que siguen con la mirada entre los pacientes con éxito de extubación

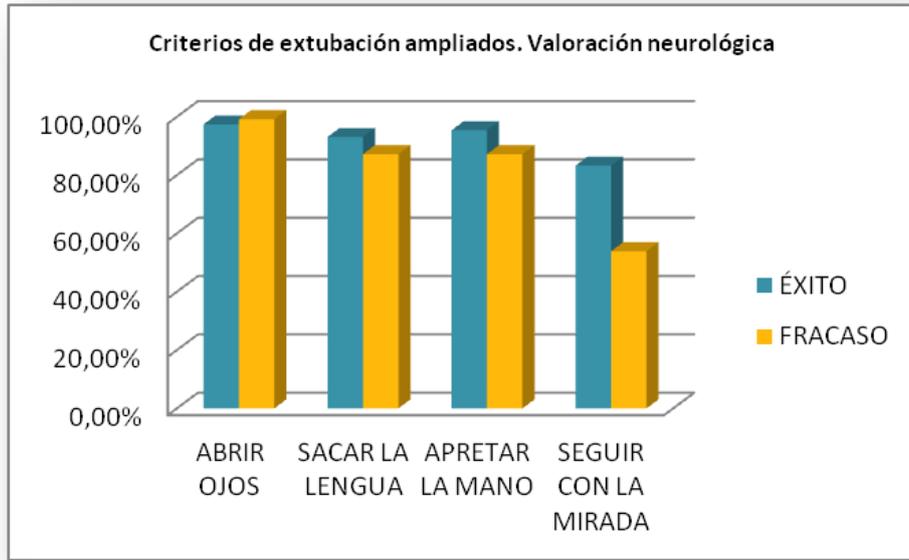


Figura 23. Criterios ampliados de valoración neurológica según éxito y fracaso de extubación

Otro parámetro demostrativo de la tabla 29, es el hecho de que se ha encontrado una fuerte asociación entre el grado de tos, en especial el grado 3, y el éxito de extubación. Podemos afirmar que la fuerza tusígena adecuada (grado 3) es un parámetro fuertemente protector frente al fracaso de extubación ( $p < 0.001$ ). La tos moderada (grado 2) también actúa como factor protector, aunque con un grado de asociación menor ( $p = 0.002$ ).

Tabla 31				
	ÉXITO EXIOT Mediana (mín/máx)	FRACASO EXIOT Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
Nº ASPIRACIONES/DÍA	6 (1/15)	8 (2/15)	1.25 (1.11-1.41)	<0.001

Tabla 31. Número de aspiraciones al día según grupo éxito/fracaso de extubación

En cuanto al número de aspiraciones al día, vemos en los datos que se exponen en la tabla 31, que también existe una diferencia significativa entre los pacientes que fracasan en la

extubación, respecto al grupo que se extuba con éxito respecto al número de aspiraciones durante las 24 horas previas a la extubación ( $p < 0,001$ ).

Según nuestros datos, por cada incremento de 1 aspiración al día la probabilidad de fracasar en la extubación aumenta en un 25%.

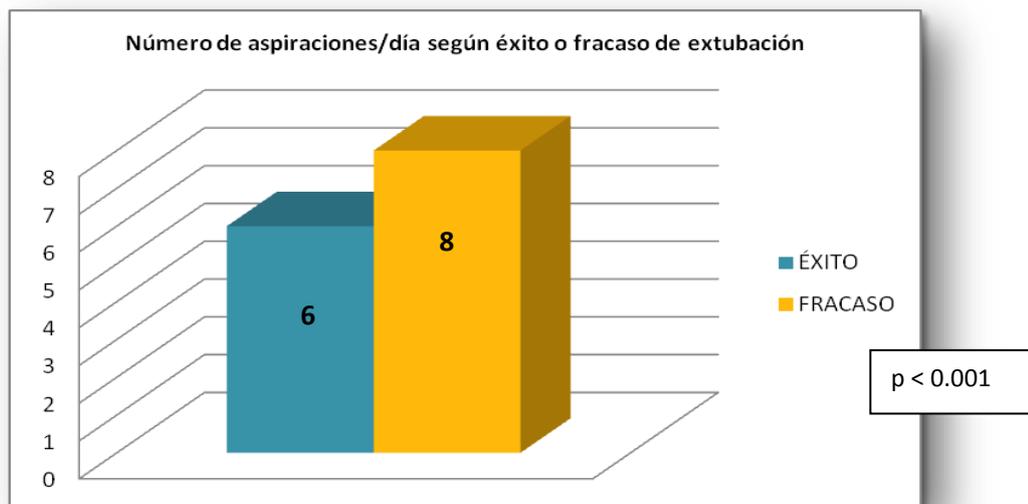


Figura 24. Número de aspiraciones al día en los pacientes con éxito y con fracaso de extubación

### 3.5 DATOS POSTERIORES A LA EXTUBACIÓN. DATOS GLOBALES DE VM

Tabla 32				
	ÉXITO (n = 130) Frecuencia (%)	FRACASO (n = 39) Frecuencia (%)	OR (95% IC)	Valor de p
USO VMNI	35 (26.9%)	22 (56.4%)	3.51 (1.68-7.47)	0.001

Tabla 32. Uso de VMNI según pacientes con éxito o con fracaso de extubación

Tabla 33				
VARIABLE	ÉXITO (n = 130) Mediana (mín/máx)	FRACASO (n = 39) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
DÍAS IOT	7 (2/24)	8 (2/19)	1.01 (0.94-1.08)	0.741
DÍAS TOTALES VMI	7 (1/24)	23 (5/127)	1.21 (1.16-1.37)	<0.001
DÍAS WEANING	2 (0.1/17)	2 (0.4/10)	1.01 (0.89-1.14)	0.841
DIAS IOT-INICIO WEANING	4 (1/18)	5 (1/16)	1.02 (0.93-1.11)	0.685
USO VMNI (horas)	48 (4/144)	18 (1/48)	0.96 (0.92-0.99)	0.008

**Tabla 33.** Días totales de intubación, de VMI, de weaning; días que transcurren desde la intubación hasta el inicio del weaning y número de horas de VMNI según grupo éxito/fracaso de extubación

Las tablas anteriores (32 y 33) son un resumen del uso de la VM de cada grupo: vemos como de forma significativa, los pacientes que fracasan en la extubación tienen una duración de la VMI más prolongado que los que se extuban con éxito ( $p < 0.001$ ).

Destaca que en el grupo éxito de extubación se utiliza la VMNI en menos ocasiones que en grupo fracaso ( $p = 0.001$ ) pero durante más horas, ( $p = 0.008$ ).

No hemos encontrado diferencias entre grupos en los días que transcurren desde la intubación hasta que se inicia el destete de la VMI o en los días que se dedican al *weaning* de la VMI.

3.6 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL

Tabla 34				
VARIABLE	ÉXITO (n = 130) Mediana (mín/máx)	FRACASO (n = 39) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
DÍAS ESTANCIA UCI	12 (2/59)	23 (7/107)	1.09 (1.05-1.13)	<0.001
DÍAS ESTANCIA HOSPITALARIA	23 (3/186)	38 (7/135)	1.02 (1.01-1.03)	0.003

Tabla 34. Días de estancia en UCI y hospitalaria según pacientes que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación

El fracaso de la extubación prolonga la estancia en UCI ( $p < 0.001$ ) y en el hospital ( $p = 0.003$ ) así lo demuestran los resultados que se exponen en la tabla 34.

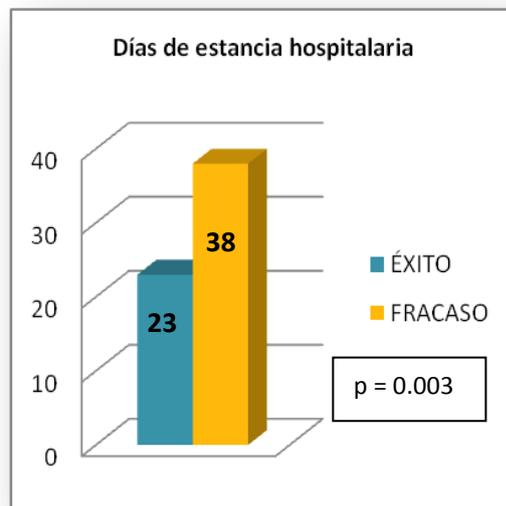
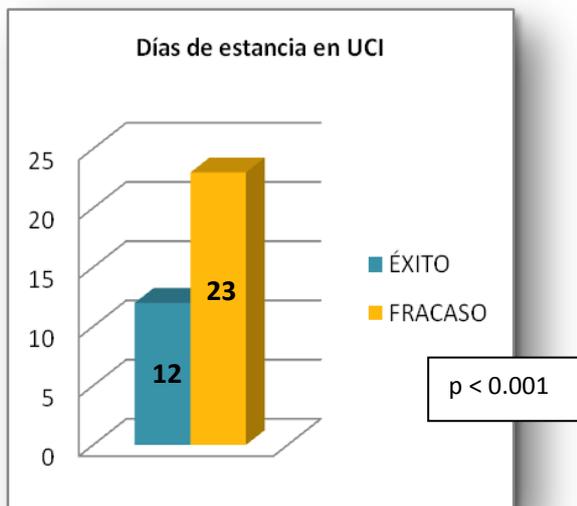


Figura 25. Días de estancia en UCI

Figura 26. Días de estancia hospitalaria

**Tabla 35**

DESTINO AL ALTA DEL HOSPITAL	ÉXITO (n = 130) Frecuencia (%)	FRACASO (n = 39) Frecuencia (%)	OR (95% IC)	Valor de p
• Domicilio	66 (50.8%)	17 (43.6%)	2.42 (0.54-2.82)	0.257
• Otros hospitales	22 (16.9%)	5 (12.8%)	2.75 (0.85-12.37)	0.127
• Centros de RHB/CSS	32 (24.6%)	3 (7.7%)	1	
• Éxitus	10 (7.7%)	14 (35.9%)	14.93 (3.96-75.11)	<0.001

\* la estimación del OR no es calculable por efectivos demasiado pequeños

**Tabla 35.** Destino al alta hospitalaria según pacientes que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación

El porcentaje de fallecimientos en el hospital entre los pacientes que fracasan en la extubación es notablemente mayor que entre los pacientes que se extuban con éxito ( $p < 0.001$ ).

#### 4. COMPARATIVA SEGÚN ÉXITO Y FRACASO DE EXTUBACIÓN. ANÁLISIS MULTIVARIANTE

Tras los resultados del análisis univariante, se ha procedido a la realización de un análisis multivariante de los factores que pueden condicionar el pronóstico de la extubación con el objetivo de valorar la posible asociación de forma independiente de estas variables con el resultado de la extubación. Se han analizado los datos demográficos, los criterios de extubación clásicos y los criterios de extubación ampliados. Los resultados del análisis multivariante se exponen en la tabla 36.

Tabla 36.		
VARIABLE	OR (95% IC)	Valor de p
Paciente NRL	4.72 (1.59-15.79)	0.007
HTA	3.25 (1.06-10.78)	0.044
EDAD	1.01 (0.98-1.05)	0.546
IMC	0.88 (0.53-1.49)	0.616
APACHE II	1.03 (0.95-1.11)	0.544
FiO <sub>2</sub>	0.53 (0.17-1.42)	0.211
PEEP	1.43 (1.00-2.06)	0.051
pO <sub>2</sub>	1.06 (0.97-1.18)	0.169
Pa O <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	0.97 (0.94-1.01)	0.104
FR	0.99 (0.82-1.18)	0.960
pCO <sub>2</sub>	1.09 (1.03-1.17)	0.006
Vtidal	0.85 (0.53-1.29)	0.459
TOBIN	1.03 (0.96-1.10)	0.427
IMC <sub>1</sub>	0.99 (0.58-1.61)	0.977
Hb	0.61 (0.41-0.85)	0.007
Seguir con la mirada	0.30 (0.10-0.85)	0.024
TOS 2	0.15 (0.03-0.53)	0.004
TOS 3	0.06 (0.02-0.21)	<0.001
Nº ASPIRACIONES/DÍA	1.21 (1.06-1.40)	0.005

Tabla 36. Análisis multivariante de los factores implicados en la extubación según éxito o fracaso de la misma

Según el análisis multivariante, los factores asociados de forma independiente al fracaso de la extubación son los siguientes:

- ✚ El hecho de ser un paciente con patología de base Neurológica ( $p=0.007$ )
- ✚ La hipertensión arterial ( $p= 0.044$ )
- ✚ La  $pCO_2$  ( $p= 0.006$ )
- ✚ El valor de Hemoglobina en sangre ( $p=0.007$ )
- ✚ El hecho de ser capaz de seguir con la mirada ( $p= 0.024$ )
- ✚ La tos, en grado moderado ( $p= 0.004$  ) y en grado fuerte ( $p < 0.001$ )
- ✚ El número de aspiraciones manuales durante el día previo a la extubación ( $p= 0.005$ )

## 5. COMPARATIVA SEGÚN PACIENTE NEUROLÓGICO Y NO NEUROLÓGICO. ANÁLISIS UNIVARIANTE

De acuerdo con los resultados del análisis multivariante, hemos demostrado que el paciente Neurológico sufre un porcentaje superior de fracaso de extubación que el paciente no Neurológico. Hemos realizado una comparativa entre el paciente con patología de base Neurológica (NRL) y el resto de pacientes (NO NRL) con el objetivo de encontrar si el paciente NRL presenta alguna característica que pueda justificar esta diferencia.

En este bloque de resultados, por tanto, comparamos las características de los pacientes según su patología de base (Neurológicos y No Neurológicos).

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ANTECEDENTES PATOLÓGICOS

Las tablas 37 y 38 resumen las características demográficas, los antecedentes patológicos, la edad, el IMC y la gravedad al ingreso según la escala APACHE II en los grupos de pacientes NRL y NO NRL.

<b>Tabla 37</b>				
	<b>NRL (n = 71)</b>	<b>NO NRL (n = 98)</b>	<b>OR (95% IC)</b>	<b>Valor de p</b>
	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>		
<b>SEXO H/M</b>	48 (67.61%) / 23 (32.39%)	63 (64.29%) / 35 (35.71%)	1.16 (0.61-2.23)	0.654
<b>FUMADOR</b>	17 (23.94%)	40 (40.82%)	0.46 (0.23-0.89)	<b>0.023</b>
<b>EX FUMADOR</b>	14 (19.72%)	25 (25.51%)	0.72 (0.34-1.49)	0.3788
<b>ENOL</b>	9 (12.68%)	25 (25.51%)	0.42 (0.18-0.95)	<b>0.044</b>
<b>HTA</b>	27 (38.03%)	50 (51.02%)	0.59 (0.31-1.09)	0.095
<b>DM II</b>	10 (14.08%)	27 (27.55%)	0.43 (0.19-0.93)	<b>0.039</b>
<b>DLP</b>	14 (19.72%)	22 (22.45%)	0.85 (0.39-1.79)	0.669
<b>EPOC</b>	3 (4.23%)	14 (14.29%)	0.27 (0.06-0.85)	<b>0.043</b>

**Tabla 37.** Características demográficas y antecedentes patológicos según paciente NRL/NO NRL

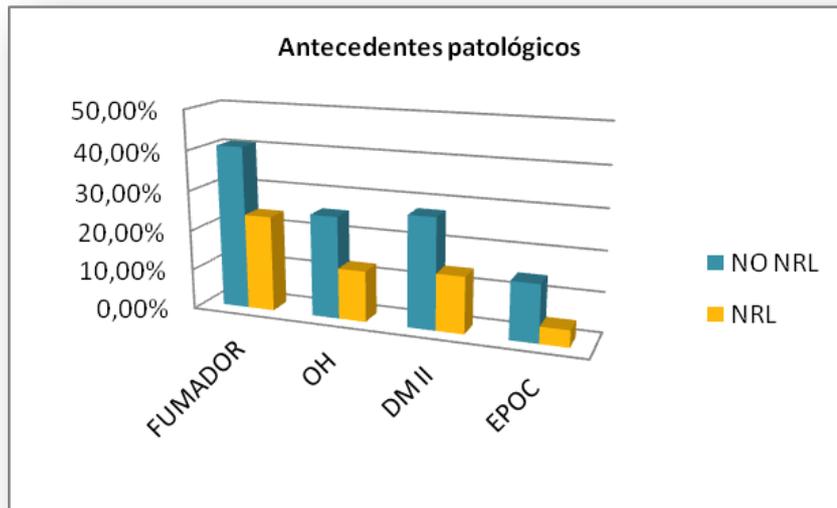


Figura 27. Antecedentes patológicos en el grupo de pacientes NRL Y NO NRL

Tabla 38				
	NRL (n = 71)	NO NRL (n = 98)	OR (95% IC)	Valor de p
	Mediana (mín/máx)	Mediana (mín/máx)		
EDAD (años)	52.0 (18/82)	59.5 (18/85)	0.97 (0.96-0.99)	0.003
IMC	26.3 (17.6/62)	27.6 (14.7/48.9)	0.98 (0.93-1.04)	0.531
APACHE II	13 (3/28)	15 (3/40)	0.94 (0.89-0.99)	0.026

Tabla 38. Valores de edad, índice de masa corporal (IMC) y puntuación en la escala de gravedad APACHE II según pacientes NRL y NO NRL

Según los datos de la tabla 37, observamos que no hay diferencias en cuanto al porcentaje de hombres y mujeres entre los grupos.

Por otra parte, en la misma tabla podemos comprobar como entre los pacientes NRL existe menor presencia de hábitos tóxicos y menor comorbilidad asociada; además los datos de la tabla 38 muestran que estos pacientes tienen una edad mediana inferior a la de los pacientes NO NRL ( $p = 0.003$ ), y una puntuación en la escala APACHE II más baja que la del resto de enfermos ( $p = 0.026$ ).

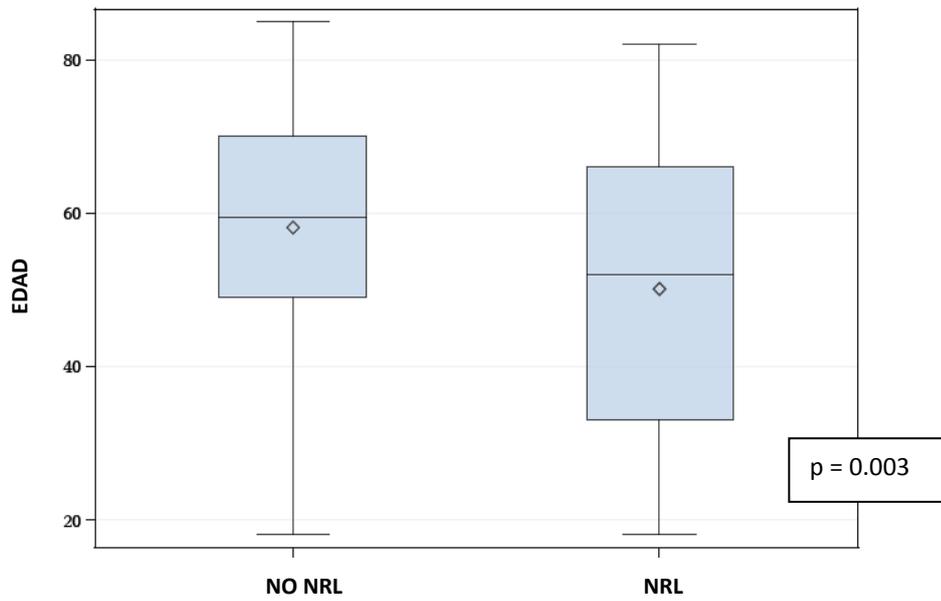


Figura 28. Diagrama de cajas: distribución de edad según pacientes NRL y NO NRL

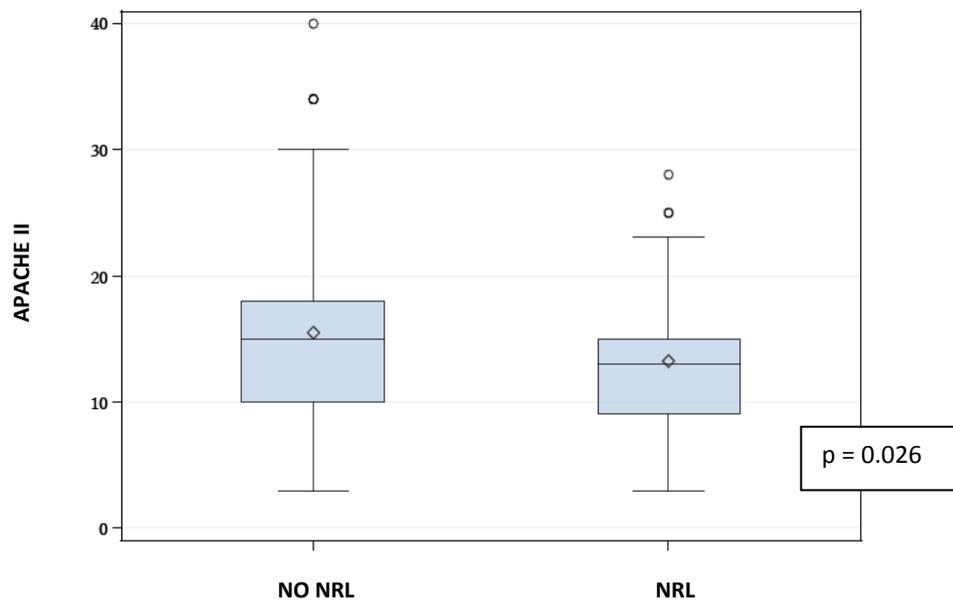


Figura 29. Diagrama de cajas: distribución de puntuación en la escala APACHE II al ingreso según pacientes NRL y NO NRL

## 5.2 MOTIVO DE INTUBACIÓN

Tabla 39				
MOTIVO IOT	NRL (n = 71) Frecuencia (%)	NO NRL (n = 98) Frecuencia (%)	OR (95% IC)	Valor de p
BAJO NIVEL DE CONCIENCIA	60 (84.51%)	20 (20.41%)	1	
INSUFICIENCIA RESPIRATORIA GRAVE	3 (4.23%)	57 (58.16%)	0.02 (0.01-0.06)	<0.001
OTROS	8 (11.27%)	21 (21.43%)	0.127 (0.05-0.32)	<0.001

Tabla 39. Motivo de intubación según paciente NRL/NO NRL

En cuanto al motivo de intubación, observamos que los pacientes del grupo NRL se intuban en la mayoría de los casos por disminución del nivel de conciencia (puntuación en la escala del coma de Glasgow < a 8 puntos), mientras que el motivo de intubación principal de los pacientes NO NRL es la insuficiencia respiratoria aguda.

### 5.3 CARACTERÍSTICAS EN EL MOMENTO PREVIO A LA EXTUBACIÓN

#### A. Criterios de extubación convencionales

Tabla 40				
Variable	NRL (n = 71) Mediana (mín/máx)	NO NRL (n = 98) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
FIO <sub>2</sub>	0.4 (0.26/0.5)	0.35 (0.26/0.5)	0.79 (0.02-36.98)	0.174
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	6 (4/10)	6 (3/12)	1.07 (0.88-1.29)	0.511
pO <sub>2</sub> (mmHg)	108 (62/190)	102.5 (58/164)	1.01 (0.998-1.03)	0.098
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	287 (155/543)	278.5 (142/546)	1.00 (0.99-1.01)	0.477
FR (resp/min)	17 (12/30)	18 (10/28)	0.99 (0.92-1.08)	0.918
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	41 (28/73)	41 (29/69)	0.98 (0.94-1.02)	0.407
Vtidal (mL/Kg)	7.3 (4.1/11.3)	7.2 (3.9/13.7)	1.02 (0.84-1.23)	0.873
Pinsp máx (cm H <sub>2</sub> O)	-20 (-20/-15)	-20 (-20/-15)	0.81 (0.58-1.04)	0.133
TOBIN	31.4 (12/70.6)	32.15 (16.6/83)	0.99 (0.97-1.02)	0.833
IMC <sub>1</sub>	26.5 (17.8/63.1)	27.75 (16.1/48.9)	0.99 (0.93-1.04)	0.619
Hb (g/dL)	10.5 (7.6/14)	9.15 (7.4/15)	1.37 (1.14-1.66)	<0.001
Temp. Axilar (°C)	36.5 (35.6/37.7)	36.5 (35/37.7)	1.01 (0.53-1.94)	0.965
GCS	15 (8/15)	15 (13/15)	0.40 (0.22-0.64)	<0.001*

\* el valor de la p en esta variable es cuestionable por la poca variabilidad de los valores

Tabla 40. Criterios de extubación convencionales. Comparativa entre pacientes NRL y NO NRL.

Según los datos que exponemos en la tabla 40, observamos que no existen diferencias en cuanto a la mayoría de los criterios de extubación convencionales entre el grupo de pacientes NRL y el grupo de NO NRL. Únicamente hemos constatado una diferencia significativa en el nivel de Hb, que es mayor en el grupo de pacientes NRL ( $p < 0.001$ ).

B. Criterios de extubación ampliados

<b>Tabla 41</b>				
	<b>NRL (n = 71)</b>	<b>NO NRL (n = 98)</b>	<b>OR (95% IC)</b>	<b>Valor de p</b>
	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>		
<b>ABRIR OJOS</b>	70 (98.59%)	97 (98.98%)	0.72 (0.03-18.44)	0.819
<b>SACAR LA LENGUA</b>	59 (83.10%)	96 (97.96%)	0.10 (0.02-0.39)	<b>0.003</b>
<b>APRETAR LA MANO</b>	63 (88.73%)	95 (96.94%)	0.25 (0.05-0.89)	<b>0.045</b>
<b>SEGUIR CON LA MIRADA</b>	44 (61.97%)	84 (85.71%)	0.27 (0.12-0.56)	<b>&lt;0.001</b>
<b>TOS</b>				
<b>0-1</b>	7 (9.86%)	16 (16.33%)	1	0.0682
<b>2</b>	20 (28.17%)	27 (27.55%)	1.69 (0.60-5.12)	0.3303
<b>3</b>	44 (61.97%)	55 (56.12%)	1.83 (0.71-5.12)	0.2240

**Tabla 41.** Criterios de extubación ampliados que evalúan funciones neurológicas (abrir ojos, sacar lengua, apretar la mano, seguir con la mirada) y fuerza tusígena según grupo de pacientes NRL y NO NRL

La tabla 41 muestra los resultados del grado de cumplimiento de los criterios de extubación ampliados en el grupo de pacientes Neurológicos y en el de pacientes No Neurológicos. Vemos como existen diferencias significativas en tres de las cuatro variables de valoración neurológica y a medida que la orden neurológica es más compleja estas diferencias son más acentuadas entre los grupos. Los pacientes NRL presentan una menor capacidad de sacar la lengua ( $p= 0.003$ ), de apretar la mano ( $p= 0.045$ ) o de seguir con la mirada ( $p< 0.001$ ) en el momento previo a la extubación que el resto de pacientes.

En cambio, no hemos encontrado diferencias entre los grupos en cuanto a la fuerza tusígena ya que el número de pacientes en las diferentes categorías de tos se reparte de forma similar en los dos grupos.

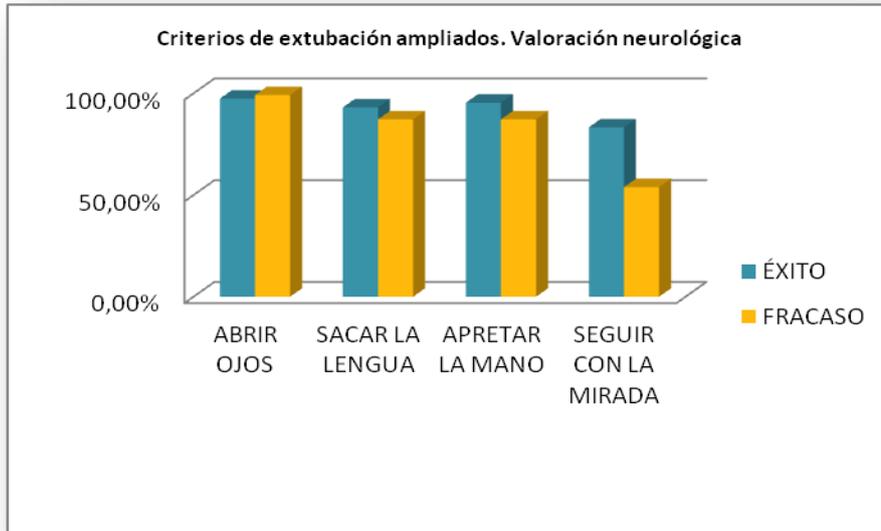


Figura 30. Porcentaje de cumplimiento de los criterios de extubación ampliados según pacientes NRL y NO NRL

Tabla 42				
	NRL (n = 71) Mediana (mín/máx)	NO NRL (n = 98) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
Nº ASPIRACIONES/DÍA	6 (1/15)	6 (2/15)	1.06 (0.96-1.17)	0.259

Tabla 42. Porcentaje de cumplimiento de los criterios de extubación ampliados según pacientes NRL y NO NRL

Según muestra la tabla 42, tampoco hemos hallado diferencias en la cantidad de secreciones que presentan los pacientes Neurológicos y los no Neurológicos durante las 24 horas previas a la extubación.

#### 5.4 DATOS POSTERIORES A LA EXTUBACIÓN. DATOS GLOBALES DE VM

En las siguientes tablas (43 y 44) mostramos los datos globales de la VM en los grupos de pacientes Neurológicos y No Neurológicos.

Tabla 43				
	NRL (n = 71) Frecuencia (%)	NO NRL (n = 98) Frecuencia (%)	OR (95% IC)	Valor de p
USO VMNI	19 (26.76%)	38 (38.78%)	0.58 (0.29-1.11)	0.104

Tabla 43. Uso de VMNI según grupo de pacientes NRL y NO NRL

Tabla 44				
	NRL (n = 71) Mediana (mín/máx)	NO NRL (n = 98) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
HORAS DE VMNI	24 (1/72)	24 (4/48)	1.01 (0.99-1.03)	0.292
DÍAS TOTALES IOT	7 (2/20)	8 (2/24)	0.96 (0.90-1.02)	0.177
DÍAS TOTALES VMI	10 (2/127)	9 (2/71)	1.01 (0.99-1.03)	0.619
DÍAS IOT- INICIO <i>WEANING</i>	4 (1/18)	5 (1/16)	0.94 (0.87-1.02)	0.133
DIAS TOTALES <i>WEANING</i>	1 (0.1/17)	2 (0.2/12)	0.99 (0.89-1.11)	0.947

Tabla 44. Días totales de intubación, de VMI, de weaning; días que transcurren desde la intubación hasta el inicio del weaning y número de horas de VMNI según grupo de pacientes NRL y NO NRL

No hemos encontrado diferencias en cuanto a los días de intubación, la duración de la VMI, o los días de *weaning* entre los grupos. La VMNI se usa de forma similar en los dos grupos, ya que no hemos demostrado diferencias ni en el número de pacientes que la requieren ni en las horas que se utiliza.

## 5.5 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL

Tabla 45

VARIABLE	NRL (n = 71) Mediana (mín/máx)	NO NRL (n = 98) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
DÍAS DE ESTANCIA EN UCI	15 (3/107)	13 (2/73)	1.01 (0.99-1.04)	0.221
DÍAS ESTANCIA HOSPITALARIA	25 (3/135)	29.5 (4/186)	0.99 (0.98-1.00)	0.100

**Tabla 45.** Días de estancia en UCI y hospitalaria, destino al alta del hospital y mortalidad hospitalaria según grupo de pacientes NRL y NO NRL

No hemos encontrado diferencias entre el grupo de pacientes Neurológicos y el de no Neurológicos en cuanto a los días de estancia en UCI ni en los días de estancia hospitalaria.

## **6. COMPARATIVA SEGÚN PACIENTES NEUROLÓGICOS QUE SE EXTUBAN CON ÉXITO Y PACIENTES NEUROLÓGICOS QUE FRACASAN EN LA EXTUBACIÓN. ANÁLISIS UNIVARIANTE**

### **6.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ANTECEDENTES PATOLÓGICOS**

En la muestra analizada, de los 71 pacientes con patología Neurológica de base, 53 (74.6%) se han podido extubar con éxito mientras que 18 (25.3%) han presentado fracaso de extubación. Hemos considerado oportuno realizar un subanálisis del grupo de pacientes Neurológicos según el resultado de la extubación.

Las tablas 46 y 47, muestran las características demográficas y los antecedentes patológicos de estos pacientes.

<b>Tabla 46</b>				
	<b>NRL ÉXITO (n = 53)</b>	<b>NRL FRACASO (n = 18 )</b>	<b>OR (95% IC)</b>	<b>Valor de p</b>
	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>		
<b>SEXO H/M</b>	36 (67.9%)/ 17 (32.1%)	12 (66.7%)/ 6 (33.3%)	0.94 (0.31-3.10)	0.922
<b>FUMADOR</b>	12 (22.6%)	5 (27.8%)	1.31 (0.36-4.31)	0.659
<b>EX FUMADOR</b>	5 (27.8%)	9 (16.9%)	1.88 (0.51-6.50)	0.325
<b>ENOL</b>	7 (13.2%)	2 (11.1%)	0.82 (0.11-3.83)	0.818
<b>HTA</b>	17 (32.1%)	10 (55.6%)	2.65 (0.89-8.13)	0.081
<b>DM II</b>	6 (11.3%)	4 (22.2%)	2.24 (0.51-9.01)	0.259
<b>DLP</b>	12 (22.6%)	2 (11.1%)	0.43 (0.06-1.80)	0.299
<b>EPOC</b>	2 (3.8%)	1 (5.6%)	1.50 (0.07-16.63)	0.747

**Tabla 46.** Características demográficas y antecedentes patológicos según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación

Según los datos de la anterior tabla, no hemos encontrado ninguna diferencia entre los pacientes NRL que se extuban con éxito y aquellos que fracasan en la extubación en cuanto al sexo o los antecedentes patológicos.

<b>Tabla 47</b>				
	<b>NRL ÉXITO (n = 53)</b>	<b>NRL FRACASO (n = 18)</b>	<b>OR (95% IC)</b>	<b>Valor de p</b>
	<b>Mediana (mín/máx)</b>	<b>Mediana (mín/máx)</b>		
<b>EDAD</b>	52.0 (18/65)	54 (18/66)	1.01 (0.98-1.04)	0.472
<b>IMC</b>	26.5 (17.6/62)	24.5 (19.1/35.6)	0.96 (0.85-1.05)	0.453
<b>APACHE II</b>	13 (3/25)	13.5 (6/28)	0.99 (0.89-1.09)	0.806

**Tabla 47.** Valores medianos de edad, IMC y APACHE II al ingreso según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación

En la tabla 47 vemos que tampoco hay diferencias en cuanto a la edad, el IMC o la gravedad al ingreso entre los pacientes NRL que se extuban con éxito y los que fracasan en la extubación.

## 6.2 CARACTERÍSTICAS EN EL MOMENTO PREVIO A LA EXTUBACIÓN

### A. Criterios de extubación convencionales

La siguiente tabla de datos muestra los valores medianos de los criterios de extubación convencionales en todos los pacientes NRL según el resultado de la extubación.

Tabla 48				
	NRL ÉXITO (n = 53) Mediana (mín/máx)	NRL FRACASO (n = 18) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
FIO <sub>2</sub>	0.4 (0.26/0.5)	0.4 (0.3/0.45)	0.81 (0.01-38.26)	0.811
PEEP (cm H <sub>2</sub> O)	6 (4/8)	7 (5/10)	1.43 (0.98-2.12)	0.070
pO <sub>2</sub> (mm Hg)	109 (73/190)	107 (62/137)	0.99 (0.96-1.01)	0.339
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	294 (180/543)	277 (155/403)	0.99 (0.99-1.00)	0.417
FR (resp/min)	16 (12/27)	18 (15/30)	1.16 (1.02-1.34)	0.033
pCO <sub>2</sub> (mm Hg)	39 (28/43)	42 (28/48)	1.05 (0.98-1.14)	0.194
Vtidal (mL/Kg)	7.4 (4.1/10.8)	6.9 (4.1/11.3)	0.76 (0.52-1.08)	0.138
Pinsp máx (cm H <sub>2</sub> O)	-20 (-20/-15)	-20 (-20/-15)	1.45 (0.87-2.77)	0.159
TOBIN	29.6 (17.8/70.6)	34.3 (27.5/68)	1.05 (1.00-1.10)	0.049
IMC <sub>1</sub>	26.7 (17.8/63.1)	26.15 (19.1/35.8)	0.98 (0.87-1.07)	0.685
Hb (g/dL)	11 (7.6/14)	9.85 (8.2/12.1)	0.69 (0.47-0.96)	0.039
Temp. axilar (°C)	36.5 (35.7/37.7)	36.5 (35.6/37.4)	0.79 (0.22-2.70)	0.721
GCS	15 (8/15)	14 (9/15)	0.93 (0.71-1.27)	0.622

**Tabla 48.** Valores medianos de los criterios de extubación convencionales según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.

Como podemos observar, hemos hallado diferencias en los valores de frecuencia respiratoria (FR), que es significativamente superior entre los pacientes NRL que fracasan en la extubación ( $p= 0.032$ ); el índice de Tobin también es superior en este subgrupo ( $p= 0.049$ ) y los niveles de Hemoglobina, son inferiores entre los pacientes NRL que fracasan ( $p = 0.039$ ).

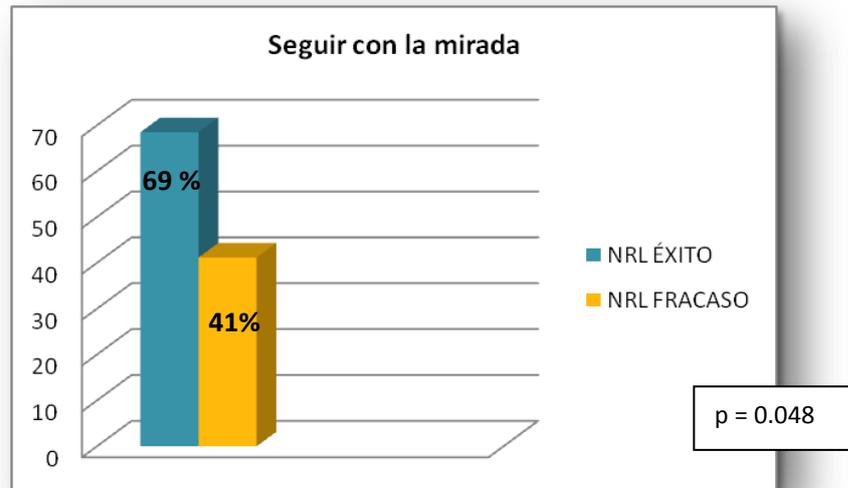
B. Criterios de extubación ampliados

La tabla 49 analiza los criterios de extubación ampliados entre los pacientes neurológicos.

<b>Tabla 49</b>				
	<b>NRL ÉXITO (n = 53)</b>	<b>NRL FRACASO (n = 18)</b>	<b>OR (95% IC)</b>	<b>Valor de p</b>
	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>		
<b>ABRIR OJOS</b>	52 (98.1%)	18 (100%)	999.999 (0.058- )	0.986
<b>SACAR LA LENGUA</b>	46 (86.8%)	13 (72.2%)	0.39 (0.11-1.53)	0.163
<b>APRETAR LA MANO</b>	47 (88.7%)	16 (88.9%)	1.02 (0.21-7.45)	0.981
<b>SEGUIR CON LA MIRADA</b>	37 (68.5%)	7 (41.2%)	0.32 (0.10-0.98)	<b>0.048</b>
<b>TOS</b>				
<b>0-1</b>	2 (3.8%)	5 (27.8%)		0.273
<b>2</b>	13 (24.5%)	7 (38.9%)	0.22 (0.26-1.28)	0.109
<b>3</b>	38 (71.7%)	6 (33.3%)	0.06 (0.01-0.36)	<b>0.004</b>

**Tabla 49.** Valores medianos de los criterios de extubación ampliados según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.

Observamos diferencias en la capacidad de seguir con la mirada, que se cumple menos entre los pacientes Neurológicos que fracasan en la extubación ( $p = 0.048$ ) y en la fuerza tusígena, que también es significativamente inferior en este subgrupo ( $p = 0.004$ ).



**Figura 31.** Porcentaje de pacientes neurológicos que siguen con la mirada según éxito o fracaso de Extubación

<b>Tabla 50</b>			
<b>Seguir con la mirada</b>	<b>NRL Éxito de extubación. Frecuencia (n = 53)</b>	<b>NRL Fracaso de extubación Frecuencia (n = 18)</b>	<b>Total</b>
<b>SI</b>	37	7	44
<b>NO</b>	16	11	27
<b>Total</b>	53	18	

**Tabla 50.** Análisis detallado del parámetro “seguir con la mirada” en el paciente Neurológico, según éxito o fracaso de la extubación

Según los datos de la anterior tabla, el 69.8% de los pacientes NRL que siguen con la mirada se extuban con éxito, o, visto de otra forma, el 61% de los pacientes que no siguen con la mirada fracasan en la extubación. (p = 0.048)

Tabla 51				
	NRL ÉXITO (n = 53) Mediana (mín/máx)	NRL FRACASO (n = 18) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
Nº ASPIRACIONES/DÍA	6 (1/15)	8 (2/15)	1.19 (1.00-1.42)	0.05

**Tabla 51.** Número de aspiraciones al día según grupo de pacientes Neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.

Vemos en la tabla 51 como también existe una diferencia en cuanto a la cantidad de secreciones traqueobronquiales entre los grupos: los pacientes neurológicos que fracasan en la extubación precisan más aspiraciones manuales durante las 24 horas previas a la extubación respecto a los pacientes neurológicos que se extuban con éxito ( $p = 0.05$ ).

### 6.3 DATOS GLOBALES DE VM

Tabla 52				
	NRL ÉXITO (n = 53) Frecuencia (%)	NRL FRACASO (n = 18) Frecuencia (%)	OR (95% IC)	Valor de p
USO VMNI	12 (22.64%)	7 (38.89%)	2.17 (0.67-6.84)	0.184

**Tabla 52.** Uso de VMNI según grupo de pacientes neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.

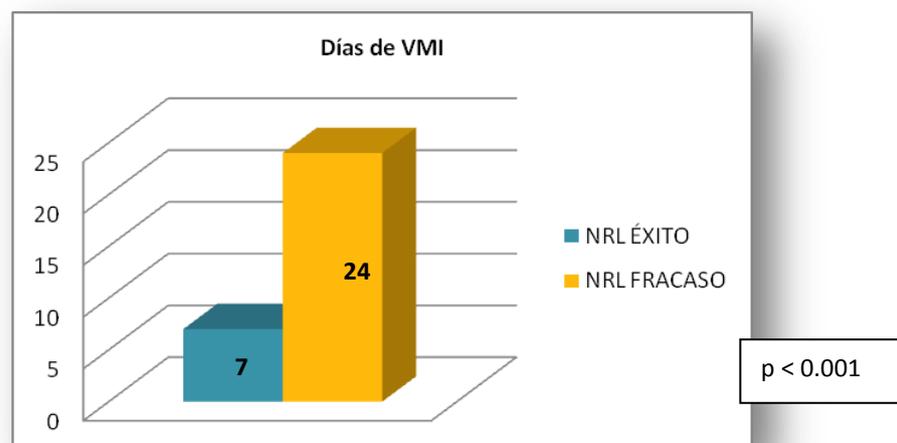
No hemos hallado ninguna diferencia en el número de pacientes en los que se utiliza la VMNI tras la extubación entre los grupos.

Variable	NRL ÉXITO (n = 53) Mediana (mín/máx)	NRL FRACASO (n = 18) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
HORAS DE VMNI	48 (11/144)	10 (1/48)	0.95 (0.87-0.99)	0.114
DÍAS TOTALES IOT	7 (2/20)	7 (2/17)	1.02 (0.91-1.14)	0.698
DÍAS TOTALES VMI	7 (2/20)	24 (11/127)	1.40 (1.21-1.74)	<0.001
DÍAS IOT- INICIO <i>WEANING</i>	3 (1/18)	4.5 (1/15)	1.02 (0.88-1.17)	0.770
DIAS TOTALES <i>WEANING</i>	1 (0.1/17)	2 (0.4/7)	1.02 (0.85-1.19)	0.814

**Tabla 53.** Horas de VMNI, días totales de IOT , de VMI y de weaning, días que transcurren desde la IOT hasta el inicio del weaning según grupo de pacientes neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.

Tampoco hemos encontrado diferencias entre los grupos en cuanto al número de horas de VMNI utilizadas, días de intubación, días de *weaning* o días que transcurren entre la intubación y el inicio del *weaning*, y así lo muestra la tabla 52.

Por otra parte, los pacientes NRL que fracasan en la extubación, precisan más días de VMI que los que se extuban con éxito ( $p < 0.001$ ).



**Figura 32.** Días de VMI según grupo de pacientes neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación.

6.4 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL

	NRL ÉXITO (n = 53) Mediana (mín/máx)	NRL FRACASO (n = 18) Mediana (mín/máx)	OR (95% IC)	Valor de p
DÍAS DE ESTANCIA EN UCI	12 (3/55)	28 (9/107)	1.12 (1.06-1.20)	<0.001
DÍAS DE ESTANCIA HOSPITALARIA	21 (3/82)	38 (11/135)	1.05 (1.02-1.08)	0.003

Tabla 54. Días de estancia en UCI y hospitalaria según grupo de pacientes neurológicos que se extuban con éxito o que fracasan en la extubación

Una vez más, los datos de la tabla 54 muestran como el fracaso de extubación alarga el tiempo de estancia en UCI ( $p < 0.001$ ) y hospitalaria ( $p = 0.003$ ) también en los pacientes neurológicos.

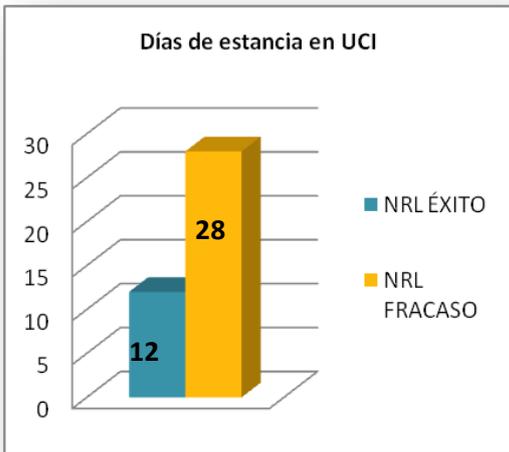


Figura 33. Días de estancia en UCI

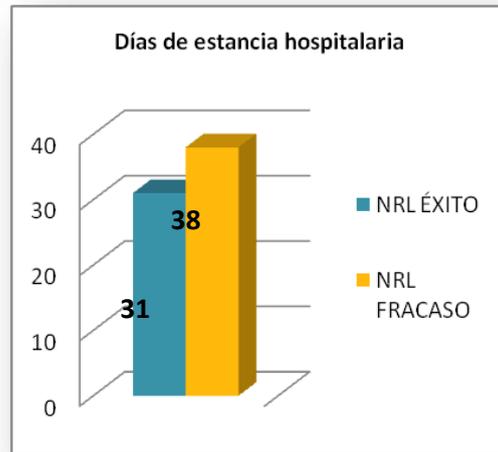


Figura 34. Días de estancia hospitalaria

## **7. FACTORES PRONÓSTICOS DE EXTUBACIÓN EN EL PACIENTE NEUROLÓGICO Y EN EL PACIENTE NO NEUROLÓGICO. ANÁLISIS MULTIVARIANTE**

A continuación exponemos el análisis multivariante de los factores que han influido en el pronóstico de la extubación según el tipo de paciente: en el paciente Neurológico y en el resto de pacientes.

### **7.1 Paciente No Neurológico**

<b>Tabla 55</b>		
<b>Variable</b>	<b>OR (95% IC)</b>	<b>Valor de p</b>
<b>EDAD</b>	1.05 (1-1.12)	0.063
<b>APACHE II</b>	1.02 (0.92-1.14)	0.660
<b>FiO<sub>2</sub></b>	0.76 (0.19-2.25)	0.633
<b>PEEP</b>	1.80 (0.99-3.61)	0.063
<b>pO<sub>2</sub></b>	1.05 (0.96-1.2)	0.353
<b>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub></b>	0.98 (0.93-1.01)	0.307
<b>FR</b>	0.91 (0.67-1.18)	0.519
<b>pCO<sub>2</sub></b>	1.16 (1.04-1.35)	<b>0.021</b>
<b>Vtidal</b>	1.33 (0.73-2.54)	0.358
<b>TOBIN</b>	1.01 (0.92-1.14)	0.833
<b>IMC<sub>1</sub></b>	0.87 (0.72-1.01)	0.098
<b>Hb</b>	0.51 (0.23-0.9)	<b>0.048</b>
<b>Seguir con la mirada</b>	0.06 (0.01-0.45)	<b>0.011</b>
<b>TOS 2</b>	0.14 (0.02-0.74)	<b>0.027</b>
<b>TOS 3</b>	0.02 (<0.01-0.13)	<b>&lt;0.001</b>
<b>Nºaspiraciones/día</b>	1.46 (1.17-1.93)	<b>0.003</b>

**Tabla 55.** Análisis multivariante. Resumen de los factores que condicionan de forma independiente el pronóstico de la extubación en el paciente NO NRL.

Según los datos que se exponen en la tabla 55, los factores que influyen en el pronóstico de la extubación en el paciente No Neurológico son los siguientes:

- ✚ El valor de  $P_{CO_2}$  superior a 42 mmHg, que actúa como factor de riesgo de fracaso ( $p = 0.021$ )
- ✚ La capacidad de seguir con la mirada, que actúa como factor protector o factor pronóstico de éxito ( $p = 0.011$ )
- ✚ La fuerza tusígena adecuada, como factor pronóstico de éxito. A mayor fuerza tusígena, mayor asociación
- ✚ El número de aspiraciones al día: a mayor número (valor superior a 6 según el análisis univariante), mayor riesgo de fracaso ( $p = 0.003$ ).

## 7.2 Paciente neurológico

Tabla 56		
Variable	OR (95% IC)	Valor de p
EDAD	1.02 (0.98-1.07)	0.461
APACHE II	1.03 (0.89-1.2)	0.659
FiO <sub>2</sub>	0.14 (<0.01-4.78)	0.313
PEEP	1.48 (0.86-2.65)	0.164
pO <sub>2</sub>	1.15 (0.84-1.68)	0.416
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	0.94 (0.82-1.06)	0.352
FR	1.19 (0.83-1.78)	0.355
pCO <sub>2</sub>	1.07 (0.97-1.18)	0.15
Vtidal	0.56 (0.23-1.15)	0.147
TOBIN	0.96 (0.83-1.11)	0.619
IMC <sub>1</sub>	0.86 (0.65-1.04)	0.212
Hb	0.62 (0.36-1)	0.061
Seguir con la mirada	0.65 (0.19-2.31)	0.489
TOS 2	0.26 (0.03-1.72)	0.180
TOS 3	0.09 (<0.01-0.61)	0.02
Nº aspiraciones/día	1.13 (0.92-1.4)	0.251

**Tabla 56.** Análisis multivariante. Resumen de los factores que condicionan de forma independiente el pronóstico de la extubación en el paciente NRL.

En el paciente Neurológico, el único factor que ha mostrado ser factor pronóstico independiente de éxito de la extubación ha sido la tos en grado fuerte ( $p = 0.02$ ).

## 8. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL GRUPO DE PACIENTES DEL GRUPO 2 (GRUPO DE PACIENTES CON TRAQUEOSTOMÍA)

Entre los pacientes que, por diversos motivos, han precisado el cambio de dispositivo endotraqueal del tubo a la traqueostomía durante el período de estudio, 19 han pertenecido previamente al grupo extubación y posteriormente se han incluido en el grupo traqueostomía. Estos pacientes son aquellos a los que se les ha realizado la traqueostomía tras la reintubación, es decir tras el fracaso de extubación. Veremos este dato en la tabla 59.

### 8.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y ANTECEDENTES PATOLÓGICOS

En las siguientes tablas (57 y 58) presentamos los datos demográficos y los antecedentes patológicos de aquellos pacientes que han precisado la traqueostomía como método de VMI.

Tabla 57	
Traqueostomías (n = 97)	
Frecuencia (%)	
SEXO H/M	66/31 (68%/32%)
NRL/NO NRL	57/40 (58.8%/41.2%)
FUMADOR	35 (36.1%)
EX FUMADOR	24 (24.7%)
ENOL	27 (27.8%)
HTA	53 (54.6%)
DM II	28 (28.9%)
DLP	26 (26.8%)
EPOC	5 (5.2%)

Tabla 58	
Traqueostomías (n=97)	
Mediana (mín/máx)	
EDAD	60 (18/80)
IMC	27.1 (17.9/58.4)
APACHE II	14 (4/29)

Tabla 57. Edad, IMC y APACHE II

Tabla 58. Características demográficas

Entre los pacientes que han precisado la traqueostomía, encontramos un predominio de hombres. Al analizar la patología de base de los enfermos, podemos observar que en casi el 60% de los casos se trata de pacientes con patología neurológica. Un 5.2% de los pacientes que precisan traqueostomía tienen antecedentes de EPOC.

La edad mediana de estos pacientes es de 60 años y presentan una puntuación en la escala de gravedad APACHE II al ingreso de 14 puntos de mediana.



Figura 36. Traqueostomías: distribución según sexo

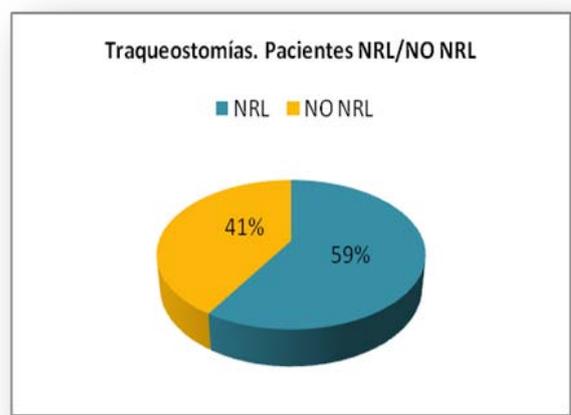


Figura 35. Traqueostomías: distribución según tipo de paciente

## 8.2 DATOS GLOBALES DE LA TRAQUEOSTOMÍA

La tabla 59 recoge los motivos principales de realización de la traqueostomía en nuestra serie.

<b>Tabla 59</b>	
<b>Motivo realización Traqueostomía</b>	<b>Traqueostomías (n = 97) Frecuencia (%)</b>
<b>Intubación prolongada</b>	74 (76.3%)
<b>Post fracaso extubación</b>	19 (19.6%)
<b>Traqueostomía precoz</b>	3 (3.1%)
<b>Otros</b>	1 (1%)

**Tabla 59.** Motivo de realización de la traqueostomía

Observamos que el motivo principal de realización de la traqueostomía es la intubación prolongada. En casi el 20% de los casos la traqueostomía se realiza tras el fracaso de la extubación, mientras que en pocas ocasiones se realiza la traqueostomía de forma precoz.

<b>Tabla 60</b>	
	<b>Traqueostomías (n = 97) Mediana (mín/máx)</b>
<b>Día realización Traqueostomía</b>	14.5 (4/29)
<b>Días <i>weaning</i></b>	19.5 (2/71)
<b>Días totales VMI</b>	34 (15/127)

**Tabla 60.** Día en que se realiza la traqueostomía, días de weaning y de VMI en los pacientes portadores de traqueostomía

En nuestra muestra, se tardan de mediana 14.5 días hasta que se sustituye el tubo orotraqueal por la traqueostomía.

Los pacientes con traqueostomía ocupan 19.5 días en realizar el destete de la VMI (días de *weaning*) y pasan 34 días bajo VMI.

### 8.3 DATOS AL ALTA DE UCI Y DEL HOSPITAL

<b>Tabla 61</b>	
	<b>Traqueostomías (n = 97)</b>
	<b>Frecuencia (%)</b>
<b>Alta de UCI no decanulado</b>	51 (58.6%)
<b>Alta de UCI con VMI</b>	15 (17.2%)
<b>ÉXITUS en UCI</b>	11 (11.3%)
<b>Alta de Hospital no decanulado</b>	31 (37.4%)
<b>Destino al alta: domicilio</b>	34 (35%)
<b>Destino al alta: otros centros</b>	47 (48.5%)
<b>ÉXITUS en el hospital</b>	16 (16.5%)

**Tabla 61.** Resumen de los destinos al alta de UCI y del hospital de los pacientes que han precisado traqueostomía

Más de un 58% de los pacientes que precisan traqueostomía son dados de alta de UCI siendo portadores de la cánula de traqueostomía y más de un 37% son dados de alta del hospital en la misma situación. Al alta de UCI, más de un 17% de los pacientes precisan todavía VMI. La mayoría de los pacientes que han precisado traqueostomía tienen como destino al alta hospitalaria otro centro sanitario, mientras que el 35% pueden ser dados de alta a domicilio. Hemos documentado un 11.3% de mortalidad en UCI y un 16.5% de mortalidad en el hospital en estos pacientes.

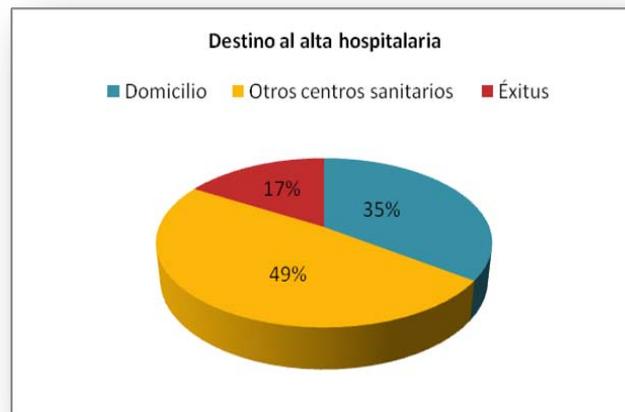


Figura 37. Distribución de los pacientes al alta hospitalaria

La tabla 62 muestra los días de ingreso hospitalario de los pacientes con traqueostomía de nuestra serie.

Tabla 62	
Traqueostomías (n = 97)	
Mediana (mín/máx)	
Días totales UCI	38 (8/107)
Días totales Hospital	58 (16/135)

Tabla 62. Días de estancia en UCI y hospitalaria de los pacientes que han precisado traqueostomía.

## **DISCUSIÓN**



## DISCUSIÓN

Nuestro trabajo se ha basado en estudios como el de Salam y colaboradores<sup>12</sup> y se ha realizado con el objetivo de averiguar si factores como la tos, la cantidad de secreciones traqueobronquiales y el estado neurológico pueden influir en el pronóstico de la extubación, especialmente en aquellos pacientes que han recibido tratamiento con ventilación mecánica durante un período prolongado (VMP).

Estudios como el de Huang<sup>2</sup>, publicado en 2013, afirman que los parámetros de *weaning* convencionales son poco eficaces para predecir el resultado de la extubación en pacientes con VMP. Este estudio, define la VMP como la que se realiza durante un período superior a 21 días. Dada la idiosincrasia de nuestro servicio y de acuerdo con la práctica clínica habitual, en nuestra UCI es difícil encontrar pacientes que, tras 21 días de VMI sean aún portadores de tubo orotraqueal (y sean por tanto extubados), puesto que superados los 15 días de VMI, el dispositivo orotraqueal suele reemplazarse por la traqueostomía. Por este motivo, hemos definido la VMP como aquella que se lleva a cabo durante 7 o más días, de acuerdo con otros trabajos como el de Wei<sup>45</sup>. Los pacientes de nuestra serie han recibido VMI durante 7 días de mediana; tras unos 14 días de intubación orotraqueal se ha realizado el cambio de dispositivo de ventilación a la traqueostomía.

De la misma manera que en el trabajo de Huang<sup>2</sup> o Beuret<sup>9</sup>, los sujetos de nuestra serie cumplen los criterios de extubación clásicos en el momento previo a la extubación. A pesar de ello, hemos hallado un **23,1% de fracaso de extubación** en la muestra global; esta cifra se aproxima al porcentaje de fracaso de extubación que habitualmente se describe en la literatura<sup>3,101,114,117,118</sup>. Nos parece interesante el hecho de que, a pesar de que los pacientes se extuban en condiciones correctas según las recomendaciones, exista un porcentaje tan alto de pacientes que sufren fracaso de extubación. Es importante focalizar los estudios en esta problemática para intentar reducir su aparición, ya que el fracaso de extubación conlleva una mayor duración del período de VMI, de la estancia en UCI y hospitalaria, de la mortalidad y del gasto sanitario<sup>3,59,114,116</sup>.

## 1. Población estudiada

Nuestra serie la forman un total de 266 pacientes de patología heterogénea. Este hecho la hace diferente a la mayoría de trabajos publicados, que estudian de forma separada los pacientes de índole médica general, neurológicos o quirúrgicos. Hemos creído interesante realizar un trabajo con una población de sujetos variada, de manera que los resultados hallados puedan ser extrapolables y aplicables a un número de pacientes más amplio.

Por otra parte, y dado que en nuestro servicio una gran parte de los pacientes son de índole neurológica (42% según nuestra serie), hemos considerado oportuno hacer un subanálisis dirigido específicamente a este grupo de pacientes, puesto que, además, se trata de una población diana donde el fracaso de extubación puede tener mayor incidencia respecto al grupo general de enfermos<sup>8,116,146</sup>.

La edad mediana de los pacientes ha sido de 57 años y la gravedad al ingreso según la escala APACHE II de 14 puntos, a diferencia del estudio de Salam<sup>12</sup>, que incluyó una población con más gravedad al inicio (APACHE II de 23 puntos), o el de Seymour<sup>114</sup> (21 puntos); en estos estudios la población también tenía una media de edad superior a los 60 años. El estudio de Huang<sup>2</sup>, incluyó pacientes similares en gravedad a los de nuestra población (APACHE II de 16 puntos). Comentaremos la influencia de estos parámetros en el pronóstico de la extubación en los siguientes apartados.

## 2. Fracaso de extubación

### 2.1 Factores relacionados con el pronóstico de la extubación

#### A. Edad

Hemos demostrado que los pacientes que han sufrido fracaso de extubación tienen una edad superior (61 años) a los pacientes que se han extubado con éxito (55 años). Esta diferencia ha resultado estadísticamente significativa en el análisis univariante ( $p= 0.048$ ), sin embargo no ha podido ser corroborada en el multivariante ( $p= 0.546$ ).

Pensamos que este hecho puede ser debido a la escasa diferencia de edad entre los grupos; encontramos resultados similares en los estudios de Wendell<sup>149</sup>, de Nemer<sup>139</sup>, de Boniatti<sup>140</sup> o de Seely<sup>128</sup>. Probablemente para demostrar la influencia de la edad como factor condicionante de fracaso de extubación, deberíamos estudiar una población más heterogénea con sujetos de edad más avanzada, como por ejemplo en el trabajo de Rothaar<sup>3</sup>, donde sí se demuestra una diferencia entre la edad de los pacientes y el pronóstico de la extubación.

#### B. Sexo

En nuestro estudio no hemos encontrado diferencias en cuanto al sexo en relación con el resultado de la extubación, ya sea en el grupo global de pacientes intubados como en el subgrupo de pacientes Neurológicos. Hombres y mujeres tienen el mismo porcentaje de fracaso de extubación en todos los grupos, como ocurre en la mayoría de trabajos<sup>9,114,138,177,178</sup>

Este resultado contrasta con los publicados por Hayashi<sup>179</sup>, Rothaar<sup>3</sup> o Teixeira<sup>180</sup> en cuyos trabajos se encuentra una relación entre el sexo femenino y el fracaso de extubación.

### C. Antecedentes patológicos: la hipertensión arterial

Excepto en el antecedente de hipertensión arterial (HTA), no se han encontrado diferencias en cuanto a los principales antecedentes patológicos entre los grupos de éxito o de fracaso de extubación; **la HTA ha demostrado ser un factor de riesgo independiente para el fracaso de extubación**, y así lo ha demostrado el análisis multivariante ( $p= 0.044$ ). Este hecho puede ser debido a las consecuencias de la hipertensión sobre el sistema cardiopulmonar, que puede favorecer la aparición de alteraciones como el edema agudo de pulmón. Probablemente la situación de estrés a la que se ven sometidos los pacientes durante la prueba de destete de la VMI o en el momento de la extubación puede hacer aumentar el riesgo de aparición de estas complicaciones.

Pocos trabajos han estudiado la posible relación entre la hipertensión arterial y el fracaso de extubación en ventilación mecánica prolongada: trabajos como el de Huang<sup>129</sup> no encontraron una relación de causalidad entre estas dos entidades. En cambio, la hipertensión puede condicionar el fracaso de extubación en la retirada precoz de la VMI, por ejemplo en el *fast-track* (extubación inmediata) que se realiza en algunos postoperatorios, donde factores como el dolor o la ansiedad pueden contribuir a la aparición de alteraciones en la presión arterial. Un ejemplo de ello lo encontramos en el estudio de Youssefi<sup>181</sup> (extubación inmediata en el postoperatorio de cirugía cardíaca) donde sí se demuestra relación entre estas dos entidades.

### D. Duración de la VMI

La duración de la VMI en algunos de los trabajos en los que hemos basado nuestro estudio ha sido de 4 días (Salam<sup>12</sup>, Teixeira<sup>180</sup>), 3 días (Seymour<sup>114</sup>, Anderson<sup>153</sup>), 8 días (Ko<sup>8</sup>), y, así como ellos, no hemos encontrado diferencias significativas en la duración de la VMI al comparar los grupos de éxito y fracaso de extubación, ya sea en el global de pacientes que en el subgrupo de pacientes Neurológicos.

Por tanto, según nuestros resultados, no queda clara la relación entre la duración de la VMI y el fracaso de extubación, pero hemos de tener en cuenta que, según la práctica habitual en nuestro servicio, se evita la prolongación innecesaria de la VMI mediante TOT en los

pacientes con necesidad de soporte respiratorio muy prolongado realizándose el cambio por la traqueostomía.

Para encontrar una relación entre la duración de la VMI y el fracaso de extubación se deben considerar períodos más prolongados de VMI, como en el estudio de Arcentales<sup>182</sup>, en el que los pacientes que se extuban con éxito están intubados durante 5 días, mientras que la VMI se prolonga hasta 12 días en el grupo de fracaso de extubación. En este sentido llama la atención el trabajo de Huang, en el que los pacientes se ventilan durante 25 días pero no se hallan diferencias en cuanto a la duración de la VMI y el pronóstico de la extubación.

#### E. Gravedad al ingreso: APACHE II

No hemos encontrado relación entre la gravedad del paciente al ingreso y el resultado de la extubación. Resultados similares han sido hallados en el estudio de Teixeira<sup>180</sup>, de Seymour<sup>114</sup>, de Huang<sup>2</sup> o de Meade<sup>183</sup>.

Una explicación probable de este hecho es que la extubación se plantea en enfermos que han adquirido una estabilidad clínica aceptable, de acuerdo con los criterios clásicos de extubación y no depende de la gravedad al ingreso, sino de su situación médica en el momento de la extubación. Este hecho también se afirma en el trabajo de Epstein<sup>120</sup> y se corrobora en la revisión de Rothaar<sup>3</sup>. Tampoco se ha encontrado relación entre la gravedad al ingreso y el resultado de la extubación en otros trabajos que han utilizado diferentes escalas de gravedad, como el de Frutos-Vivar<sup>177</sup>, de Chung<sup>184</sup> o de Beuret<sup>9</sup>.

#### F. Patología de base: el paciente neurológico

Al separar el fracaso de extubación según la patología de base de los pacientes, hemos encontrado que el porcentaje de fracaso en los pacientes neurológicos ha sido del 25.3% y en el resto de los pacientes del 21.4%.

En el análisis multivariante, el hecho de pertenecer al grupo de **pacientes Neurológicos ha resultado ser un factor de riesgo independiente para el fracaso de extubación** ( $p= 0.007$ ), lo

que nos permite corroborar los resultados del estudio de Anderson<sup>153</sup> Pelosi<sup>146</sup>, Namen<sup>142</sup> o Frutos-Vivar<sup>177</sup> y afirmar que el paciente Neurológico sufre un porcentaje de fracaso de extubación superior al del resto de los pacientes .

Nos parece oportuno comentar que este hecho resulta sorprendente si se tiene en cuenta que, según los resultados de nuestra serie, el paciente Neurológico ha resultado ser más joven, con menos comorbilidades asociadas, con una duración de la VMI similar (no superior) al del paciente No Neurológico, ha cumplido los criterios de extubación clásicos de la misma forma que el resto de los pacientes y ha presentado un nivel de conciencia adecuado en el momento previo a la extubación según la escala de GCS.

## **2.2 Los criterios de extubación clásicos**

Hemos demostrado que todos **los pacientes de la muestra cumplen los valores aceptados en los criterios de extubación clásicos antes de la retirada definitiva de la VMI.**

El hecho de que los pacientes se extuben en las condiciones adecuadas denota una correcta preparación del personal asistencial de de nuestro Servicio, que además cuenta con una amplia experiencia en el manejo del paciente crítico. Nos parece oportuno destacar este hecho haciendo referencia al estudio de Beckmann y colaboradores<sup>185</sup>, en el que expone que una de las principales razones relacionadas con la reintubación en su serie fue un error de juicio o una falta de reconocimiento de algún signo de alarma presentado por el enfermo.

En este sentido, remarcamos la importancia de una adecuada preparación del personal asistencial y una correcta ratio entre médico/paciente y enfermero/paciente dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos como principal estrategia para detectar posibles eventos de forma precoz y prevenir así potenciales complicaciones.

Pensamos que el hecho de que exista una gran homogeneidad en los valores medios de los criterios de extubación convencionales ha impedido encontrar diferencias significativas que los conviertan en buenos factores pronósticos de extubación en nuestra serie. Este hecho es extrapolable a la práctica clínica habitual: hoy en día sería impensable extubar a un paciente que por ejemplo, presenta hipoxemia severa, un nivel de conciencia deteriorado (GCS < 8

puntos) o una fuerza inspiratoria insuficiente. Probablemente en casos como estos, la VMI se prolonga y se retrasa la extubación.

Por este motivo, dado que los criterios de extubación clásicos son ya universalmente aceptados y considerados indispensables para proceder a la extubación, según los resultados obtenidos en este trabajo, **sugerimos que no son buenos factores pronósticos del resultado de la extubación cuando se usan de forma exclusiva**, ya que más del 20% de pacientes necesitan ser reintubados. Este concepto ya ha sido introducido en estudios como el de King en el año 2010<sup>1</sup> o el de Huang y colaboradores<sup>2</sup> en los que se sugiere que los criterios de extubación clásicos son parámetros poco precisos para predecir el pronóstico de la extubación.

En nuestra serie, hemos demostrado que en algunos de los parámetros dentro de los criterios clásicos de extubación, existen algunas diferencias entre los pacientes que se extuban con éxito y los que fracasan. Comentamos estos parámetros a continuación:

#### A. Índice de Tobin

Nos ha parecido interesante el bajo valor del índice de Tobin que hemos observado en la muestra, que ha sido de 32 resp/L/min en la muestra global. A pesar de que en el grupo fracaso de extubación el valor del Tobin ha resultado ser significativamente más alto que en el grupo éxito (34.6 y 31.3 resp/L/min, respectivamente), su valor es muy inferior al punto de corte de 105 resp/L/min que se estableció como criterio pronóstico de fracaso de extubación<sup>56</sup>.

No hemos encontrado diferencias en el valor del Tobin entre pacientes Neurológicos y no neurológicos, pero si las hemos encontrado entre los pacientes neurológicos que se han extubado con éxito (valor de 29.6 resp/L/min) y los pacientes neurológicos que han fracasado (34.3 resp/L/min).

Según los resultados de nuestra serie, **valores cercanos a 35 resp/L/min ya han sido predictores de fracaso de extubación** para todos los pacientes. Estos resultados se acercan a los encontrados por Frutos-Vivar<sup>177</sup>. en su estudio publicado en 2006, en el que establecía el punto de corte del índice de Tobin en 57 resp/L/min como punto de corte para separar pacientes con éxito y con fracaso de extubación, o al de Capdevila<sup>186</sup>, en el que los valores de

Tobin también fueron muy distintos (50 en el grupo éxito, 69 en el grupo fracaso de extubación).

Por lo tanto, para los pacientes de nuestra serie, el índice de Tobin con el punto de corte de 105 resp/L/min no ha sido un buen predictor del fracaso de extubación, a pesar de que es un parámetro vigente y aún ampliamente utilizado en la práctica diaria.

En este punto estamos de acuerdo con el estudio publicado por Fadaii y colaboradores<sup>58</sup>, en el que se afirma que el índice de Tobin puede ser útil como criterio orientativo del pronóstico de la extubación, pero no debe usarse de forma aislada como único factor predictor. Otros estudios<sup>12,187-189</sup> también han cuestionado la utilidad del índice de Tobin como criterio pronóstico de la extubación.

#### B. Hemoglobina

Los estudios dedicados al estudio del *weaning* y la extubación establecen en 8 g/dL la cifra de Hb en sangre suficiente para asegurar una correcta oxigenación y por lo tanto un buen resultado de la retirada de la VMI.

En nuestro trabajo, los pacientes del grupo éxito de extubación han presentado una Hb de 9.85 g/dL, mientras que en los enfermos del grupo fracaso ha sido de 9.1 g/dL. Por este motivo, respaldamos los resultados hallados en el trabajo de Khamiees y colaboradores<sup>10</sup> en el que cifras de Hb < 10 g/dL se asociaron a fracaso de extubación o el de Epstein<sup>113</sup> en el que se consideraba este hecho como factor pronóstico de fracaso. Según nuestros resultados, recomendamos por tanto que los pacientes tengan una **Hb cercana a 10 g/dL o superior en el momento previo a la extubación para garantizar el buen resultado de la misma.**

Sin embargo, al realizar el subanálisis comparativo entre pacientes Neurológicos con éxito de extubación y pacientes Neurológicos con fracaso, hemos demostrado una cifra de Hb de 11 g/dL de mediana en los primeros, y de 9.85 g/dL en los segundos, valores más altos que en el grupo global. Este hecho es de nuevo contradictorio con el resultado final de la extubación, puesto que, a pesar de ello, el paciente neurológico ha presentado una mayor incidencia de fracaso de extubación.

C. pCO<sub>2</sub>

El valor de **pCO<sub>2</sub> superior a 42 mmHg ha demostrado ser un factor independiente de fracaso de extubación** en la población general, según los resultados del análisis multivariante (p= 0.006).

Teniendo en cuenta que el valor de pCO<sub>2</sub> aceptado en los criterios de extubación clásicos es de 45 mmHg, sugerimos que, si bien el hecho de basarse en estos criterios es imprescindible para una correcta práctica clínica, se podría obtener un mayor beneficio en cuanto a la eficiencia a la hora de demarcar a los pacientes que potencialmente pueden fracasar en la extubación si se aplicaran ciertas modificaciones de estos criterios, convirtiéndolos en “mas estrictos”.

D. El nivel de conciencia de los pacientes valorado mediante la escala del Coma de Glasgow

**No hemos encontrado diferencias entre los subgrupos al contrastar la puntuación GCS en relación con el pronóstico de la extubación.**

Si bien está aceptado un valor de GCS < a 8 puntos para proceder a la intubación y a la ventilación mecánica invasiva para protección de la vía aérea, no queda claro aún cuál es el nivel de GCS suficiente para proceder a la extubación con garantías. Los criterios de extubación convencionales aceptan el GCS superior a 8 para la retirada del TOT, mientras que algunos autores sugieren que el GCS debe ser de 10 puntos como mínimo para garantizar un buen resultado de la extubación<sup>149</sup>.

Nos parece oportuno comentar que si bien obtener la puntuación del GCS a pie de cama es un método rápido y sencillo, nos parece poco preciso para valorar el nivel de conciencia del paciente intubado, principalmente por el hecho de no poder colaborar en la valoración verbal. En nuestro estudio, hemos intentado salvar esta dificultad valorando en el paciente despierto su grado de orientación y colaboración, teniendo en cuenta que muchos pacientes son capaces de vocalizar y comunicarse a pesar del TOT y han recibido la puntuación máxima del GCS. Pero tenemos que tener en cuenta el sesgo que se puede obtener en esta valoración si no

olvidamos que algunos pacientes presentan afasia o dificultad para entender el lenguaje por barrera idiomática.

**Los pacientes de nuestra población se han extubado con un GCS alto (14-15 puntos de mediana) en todos los casos, pero este hecho no ha impedido que un cierto porcentaje de ellos haya fracasado en la extubación.** No hemos encontrado diferencias en la puntuación del GCS entre los pacientes que se han extubado con éxito comparándolos con los que han fracasado, ya sea en el grupo general así como en el subgrupo de pacientes Neurológicos.

Dados estos resultados, estamos de acuerdo con los estudios de Salam<sup>12</sup> y King<sup>1</sup> en el que se cuestiona el GCS > a 8 como único parámetro pronóstico de extubación y contrastan con el trabajo de Namen<sup>142</sup>, dirigido al paciente neurológico, en el que encontraba una asociación positiva entre el GCS > a 8 y el éxito de la extubación.

Nuestros resultados apoyan por tanto la creciente demanda de los profesionales de intensivos de incluir una escala de valoración neurológica más precisa y dirigida especialmente al paciente intubado.

### **2.3 Los criterios de extubación ampliados: ¿Están asociados a una mayor probabilidad de éxito de la extubación?**

Estos criterios han mostrado diferencias significativas en los grupos de éxito y fracaso de extubación, ya sea en la población general como en el subgrupo de pacientes Neurológicos. Dados los resultados, nos parece interesante remarcar que la utilización de estos criterios no sólo es sencilla, fácil de aplicar y reproducible, sino que también da buenos resultados estadísticos.

#### **A. Criterios de valoración neurológica: obedecer 4 órdenes**

Escogidos con el objetivo de proporcionar una valoración más cuidadosa del nivel de conciencia y el estado de alerta de los pacientes, hemos demostrado que, a medida que aumenta la complejidad de la orden solicitada, se han notado mayores diferencias entre los subgrupos de éxito y de fracaso de la extubación.

**En la población general**, hemos encontrado una diferencia muy significativa en el criterio “seguir con la mirada”: esta orden es ejecutada ampliamente en la población que ha sido extubada satisfactoriamente mientras que gran parte de los fracasos de extubación no han sido capaces de cumplirla ( $p < 0.001$ ). La influencia del hecho de **“seguir con la mirada” como factor pronóstico independiente de éxito de extubación** ha sido corroborada en el análisis multivariante.

Nos parece oportuno añadir que este parámetro es de fácil valoración a pie de cama, no está influido por otras comorbilidades del paciente crítico, tales como la miopatía de UCI, que sí podrían influir en otros parámetros como el “apretar la mano”.

A pesar de que el resto de parámetros de valoración neurológica (abrir ojos, sacar la lengua, apretar la mano) han mostrado una tendencia favorable hacia el grupo de pacientes con éxito de la extubación, no hemos encontrado diferencias significativas al compararlos con el grupo de fracaso.

En este sentido, por tanto, nuestros resultados han conducido hacia una respuesta similar a la encontrada por Salam en 2003<sup>11</sup> y Anderson en su estudio de 2010<sup>153</sup>, en el que se encontraba relación entre la respuesta ocular normal (movimientos oculares, seguir con la mirada) y el éxito de extubación.

**En cuanto al subgrupo de pacientes Neurológicos**, hemos encontrado diferencias significativas entre los pacientes que se han extubado con éxito y los que han fracasado en el parámetro “seguir con la mirada” en el análisis univariante, pero este hecho no ha sido confirmado en el análisis multivariante.

Por otra parte, no hemos podido corroborar la relación entre la apertura ocular a la orden y el pronóstico de la extubación, demostrada en varios estudios (Wendell<sup>149</sup>, Salam<sup>12</sup>, Anderson<sup>153</sup> o Wang<sup>154</sup>); el resto de parámetros de valoración neurológica (sacar la lengua, apretar la mano) tampoco han resultado ser factores relacionados con el pronóstico de la extubación, probablemente por la gran concordancia hallada en nuestra serie en la valoración de estos parámetros.

En este sentido, nuestros resultados apuntan hacia la misma dirección que los hallados por Cottreau y colaboradores en su trabajo<sup>80</sup>, en el que concluyen que la presión manual

puede ser un buen factor pronóstico de duración del destete de la VMI, pero no es útil como predictor del fracaso de la extubación.

#### B. Criterios de protección de vía aérea: la tos y las secreciones de vía aérea

En nuestro trabajo hemos demostrado que **existe una fuerte asociación entre la fuerza tusígena de los pacientes y el pronóstico de extubación**; una adecuada fuerza tusígena actúa como factor protector de fracaso de extubación (OR 0.044,  $p < 0.001$ ). **Este hecho** se ha presentado en los dos subgrupos de población, es decir que **también es válido para los pacientes neurológicos**.

Este resultado concuerda con los encontrados por Kulkarni<sup>116</sup> y Beuret<sup>9</sup> en sus estudios dirigidos a la población global de pacientes intubados, y con los de Salam<sup>12</sup>, Anderson<sup>153</sup> o Dube<sup>155</sup> dirigidos a la población de pacientes neurológicos. Otro interesante estudio que confirma este hecho es el de Manno y colaboradores<sup>190</sup>, que demuestra que el principal factor pronóstico para el éxito de la extubación es la presencia de una tos eficaz, por encima del nivel de conciencia, y que pacientes en GCS 6 no presentan fracaso de extubación si muestran una fuerza tusígena adecuada.

De igual forma, la asociación encontrada entre el número de aspiraciones de vía aérea y el éxito de la extubación también ha resultado significativa. En nuestro estudio, los pacientes con hasta 6 aspiraciones de mediana durante el día previo a la extubación han presentado mejores resultados, mientras que los pacientes del grupo fracaso han precisado de mediana 8 aspiraciones (OR 1.25,  $p < 0,001$ ).

**En el análisis multivariante, la cantidad de secreciones traqueobronquiales** valorada de forma indirecta mediante el número de aspiraciones requeridas durante las 24 horas previas a la retirada de la VMI **ha demostrado ser un factor de riesgo independiente para el pronóstico de la extubación**.

### 3. Motivo del fracaso de la extubación

Al analizar el motivo de fracaso de la extubación, en el **54%** de los casos ha sido por **broncoplejia**, es decir por incapacidad de movilizar de forma autónoma las secreciones de la vía aérea por debilidad de la musculatura respiratoria. En el **20%** de los casos de fracaso el motivo ha sido el **laringoespasmo** (estridor laríngeo e insuficiencia respiratoria secundaria) y sólo en el 2.6% de los casos por disminución del nivel de conciencia del paciente.

Uno de los motivos principales de laringoespasmo puede ser la lesión de las cuerdas vocales causada durante la intubación o el edema laríngeo secundario a la presencia del TOT en la vía aérea. El espasmo laríngeo se puede predecir mediante maniobras de desinflado del neumotaponamiento observando la fuga de aire de la vía aérea maniobra de (*cuff-leak test*<sup>191</sup>), aunque esta maniobra a menudo resulta poco precisa<sup>192</sup>. En este sentido estudios como el de Sutherasan<sup>193</sup> proponen la utilización de la ultrasonografía como herramienta de medida del diámetro laríngeo antes y después de deshinchar el balón para predecir la aparición de esta entidad.

Estos resultados concuerdan con los que se presentan en la literatura, según la revisión de Rothaar y Epstein<sup>3</sup> y sugieren que puede resultar útil el incluir parámetros de valoración de estas dos entidades para mejorar el resultado de la extubación.

### 4. Consecuencias del fracaso de extubación

**El fracaso de extubación ha conllevado para los pacientes de nuestra serie triplicar los días de VMI, duplicar los días de estancia en UCI, una prolongación de la estancia hospitalaria de 1.6 veces y cuatriplicar la mortalidad.**

Estos resultados confirman los hallados en la mayoría de trabajos dedicados al estudio de las consecuencias del fracaso de extubación, algunos ejemplos de ellos son el de Beckmann<sup>185</sup>, Boniatti<sup>140</sup>, dos Reis<sup>59</sup>, Rothaar<sup>3</sup>, Seymour<sup>114</sup> o Epstein<sup>120</sup>, entre otros. Queda por tanto más que justificada la importancia de dedicar tiempo y esfuerzos en crear estrategias preventivas y útiles en la identificación de los pacientes con altas probabilidades de presentar fracaso de extubación, para minimizar su aparición.

## 5. **Retirada de la VMI. Weaning**

La retirada de la VMI puede ocupar hasta el 50% del tiempo que un paciente se encuentra bajo respiración artificial<sup>48-50</sup>. A pesar de ser pacientes con VMP, los sujetos de nuestro estudio han invertido unos 2 días en el destete de la VMI, lo cual ha supuesto algo menos del 30% del tiempo total de ventilación mecánica.

## 6. Traqueostomía

Dada la importante cantidad de pacientes que han precisado la traqueostomía en nuestra serie durante el estudio (99 pacientes de los 266 estudiados, es decir más de un 37%), hemos considerado interesante el realizar un análisis descriptivo de este subgrupo de pacientes.

El 68% de los sujetos que han precisado traqueostomía han sido hombres, y casi el 59% han sido pacientes con patología neurológica de base. Los enfermos han presentado una edad mediana de 60 años y 14 puntos en la escala de gravedad APACHE II, es decir la misma puntuación que los pacientes que han podido completar el *weaning* mediante tubo oro-traqueal. Nos parece interesante remarcar este dato ya que nos lleva a la conclusión de, según los resultados de nuestra serie, **el APACHE II no ha resultado útil como valor predictivo aislado para la realización de una traqueostomía de forma precoz.**

En la gran mayoría de los casos (más del 76%) la traqueostomía se ha realizado en pacientes con VMI muy prolongada, es decir que han superado el tiempo recomendado para ser portadores de tubo oro-traqueal. En casi el 20% de los casos la traqueostomía se ha realizado tras el fracaso de la extubación, y sólo en un 3% de los casos se ha realizado de forma precoz, en enfermos con previsión de ventilación mecánica muy prolongada.

Resulta imprescindible remarcar el hecho de que **en más de la mitad de los casos la traqueostomía se ha realizado en pacientes neurológicos**; este dato, reafirma las dificultades que encontramos en la práctica clínica habitual para retirar la VMI en este tipo de pacientes. Probablemente si no se llevara a cabo esta técnica, el fracaso de extubación entre este grupo de enfermos podría ser notablemente mayor. Dado que la traqueostomía facilita el proceso de destete de la VMI<sup>169,170</sup>, es de gran utilidad en pacientes con dificultades para ser desconectados de la respiración asistida, como hemos demostrado que son los pacientes con patología neurológica de base. De este concepto, surge la pregunta de si en este tipo de pacientes se debería realizar de forma más habitual o rutinaria la traqueostomía precoz, dado que seguramente, con este dispositivo, podríamos reducir los días totales de VMI al reducir el período de *weaning*. A pesar de que es necesario individualizar para cada enfermo cuál es la mejor estrategia ventilatoria, sería interesante plantear un ulterior estudio que analice este concepto para demostrar estas conclusiones.

Estudios como el de Arabi<sup>194</sup> han demostrado que la traqueostomía precoz reducía la duración de la VMI, la estancia hospitalaria y por tanto el coste sanitario. Otros autores, más prudentes<sup>170</sup>, afirman que es razonable realizar la traqueostomía de forma precoz a los pacientes en los que se prevee que la VMI se alargará varias semanas, pero inciden en que el problema es identificar tempranamente este tipo de pacientes. El estudio de Rumbak<sup>171</sup> también apuesta por la traqueostomía precoz como método de facilitación del destete de la VMI y reducción del esfuerzo y del coste sanitario, pero la población de su estudio tiene presenta un APACHE II de 25 puntos, por lo que puede no ser extrapolable a la población general. A pesar de los numerosos estudios publicados que han abordado el tema<sup>160,195</sup>, **el momento óptimo para la realización de la traqueostomía aún no está demostrado.**

En nuestra serie la traqueostomía se ha realizado, de mediana, a los 14.5 días de VMI, es decir, dentro del período recomendado por la mayoría de trabajos<sup>161</sup>; este dato pone en evidencia nuevamente la correcta práctica clínica que se lleva a cabo por los profesionales médicos del servicio. Los pacientes con traqueostomía precisan VMI durante una mediana de 34 días, de los cuales 19.5 se ocupan en el *weaning*. Son pacientes con estancias muy prolongadas: hemos demostrado una mediana de ingreso de 38 días en UCI y de 58 días en el hospital.

Más allá de esto, **el pronóstico de estos pacientes no es muy favorable**: al alta de UCI, casi el 59% de los pacientes no pueden ser decanulados, y más del 17% aún precisan la VMI. Estos pacientes suelen tener como destino al alta de UCI la Unidad de Semicríticos de Neumología, especializada en el cuidado y soporte de este tipo de pacientes. A pesar de ello, más del 37% de estos enfermos son dados de alta del hospital no decanulados, y el 48% se trasladan a otros centros sanitarios por precisar cuidados sanitarios y presentar algún grado de dependencia. Más de un 11% de los pacientes que requieren traqueostomía fallecen durante el ingreso en UCI, y un 16.5% de los pacientes traqueostomizados son éxitus durante su evolución en el hospital.

El estudio de las traqueostomías ha resultado estimulante por los resultados encontrados y de él pueden derivar más trabajos que aborden específicamente este tema. Nos parece importante volcar una especial atención en este tipo de pacientes ya que de ellos se deriva un importante esfuerzo y coste sanitario. Algunos trabajos han abordado esta problemática incidiendo en la importancia de la creación de **unidades especializadas en el cuidado de este tipo de pacientes**<sup>50</sup>, como método para aunar esfuerzos y reducir gasto sanitario.

## 7. Líneas de futuro

Este trabajo ha puesto en evidencia la trascendencia del fracaso de extubación en el pronóstico y la evolución del paciente crítico, por lo que consideramos que las líneas de futuro deben ir enfocadas principalmente a la creación de un conjunto de medidas destinados a su prevención.

Como hemos demostrado en nuestro trabajo, una primera estrategia útil sería incluir los criterios de extubación ampliados en los protocolos de valoración de los pacientes antes de su extubación. Como hemos mencionado anteriormente, la principal ventaja que presentan estos criterios más allá de su valor pronóstico, es la facilidad con que se pueden aplicar a los pacientes, que no implican un coste sanitario adicional y que son extrapolables a la población general de pacientes intubados.

Otras estrategias que podrían ser implantadas en esta dirección son las siguientes:

**A. La valoración del estado del diafragma en los pacientes sometidos a VMI mediante ecografía.** Si bien hoy en día, y cada vez más, este instrumento ha ganado protagonismo dentro de las áreas de intensivos ya sea como método diagnóstico o de apoyo para la realización de diferentes técnicas (colocación de vías centrales, realización de traqueostomías percutáneas, valoración de patología pulmonar o cardíaca, etc.), su uso aún no está plenamente difundido ya que requiere la adquisición de uno o varios ecógrafos en cada unidad y un aprendizaje y entrenamiento de los profesionales sanitarios. Por el momento, en nuestra unidad la valoración del diafragma no se realiza de forma sistemática en todos los pacientes, pero sería interesante considerarlo como una estrategia futura dados los resultados que presentan trabajos como el de Ferrari y colaboradores<sup>97</sup>.

**B. Medir de forma sistemática la SVO<sub>2</sub> durante el *weaning*.** Según trabajos reciente como el de Teixeira<sup>131</sup>, la reducción de más del 4.5% del valor de la SVO<sub>2</sub> durante el *weaning* es un factor pronóstico independiente de fracaso de extubación. Esta medida es fácilmente aplicable a nuestros pacientes, teniendo en cuenta que dadas sus características clínicas, la mayoría de ellos son portadores de un catéter venoso central prácticamente hasta el momento del alta de la Unidad, por lo que podría ser incluida dentro de los criterios

ampliados de extubación. A pesar de ello, son necesarios más estudios que confirmen su utilidad como factor pronóstico.

- C. Modificar los valores de medida de la Pimax.** Modificando el software de nuestros respiradores, se podría ampliar el rango de valores de la Pimax para una valoración más detallada de la fuerza inspiratoria de nuestros pacientes. Por el momento, los respiradores de los que disponemos en nuestra Unidad permiten valorar la fuerza inspiratoria únicamente hasta  $-20\text{cmH}_2\text{O}$ , un valor que no nos ha permitido discriminar a los potenciales fracasos de extubación. Probablemente valores de presión negativa más elevados mostrarían diferencias significativas entre los pacientes y serían buenos predictores del resultado de la extubación.
- D. Implementar estrategias preventivas del laringoespasma tras la extubación,** aplicando de forma sistemática la maniobra de *cuff-leak* test e introduciendo el uso de la ultrasonografía para predecir los posibles pacientes de riesgo o proponiendo pautas farmacológicas con corticoides en estos pacientes.
- E. Rehabilitación precoz de los pacientes.** Revisiones como la realizada por Elkins<sup>196</sup>, Nava<sup>77</sup> o Castro<sup>197</sup> han demostrado que el entrenamiento de la musculatura respiratoria en pacientes bajo ventilación mecánica pueden mejorar el pronóstico de la extubación de forma significativa, por lo que instaurar un programa regular de rehabilitación temprana a nuestros enfermos puede ser de gran utilidad.

Los estudios futuros deben también ser enfocados en la identificación de los pacientes que potencialmente precisarán VMI de forma prolongada y en la creación de unidades especializadas en este tipo de pacientes<sup>198</sup>. De esta forma, no sólo se daría una atención especializada a este tipo de enfermos, sino que también se facilitaría la salida de estos pacientes de estancias prolongada hacia otras áreas asistenciales, facilitando la disponibilidad hospitalaria de camas destinadas al paciente crítico agudo.

## **LIMITACIONES**



## **LIMITACIONES**

Durante la realización de este estudio hemos constatado una serie de limitaciones que deberemos tener en consideración para posteriores trabajos:

En primer lugar, el planteamiento observacional del trabajo puede haber restado potencia a algunos de los factores pronósticos de la extubación. Recordamos que el investigador no ha influido en ningún caso en la toma de decisión de la extubación de cada sujeto. Una vez demostrado que los criterios de extubación ampliados pueden ser buenos predictores del resultado de la extubación, podría ser útil plantear un estudio de cohortes para demostrar este dato.

En segundo lugar, la medida subjetiva de la fuerza tusígena puede restar validez a la hora de extrapolar nuestros resultados a una población general. Si bien otros trabajos han utilizado medidas más objetivas para medir la fuerza de la tos, como un espirómetro, pensamos que complica la rutina diaria y no es aplicable a todos los pacientes (miopatía, falta de colaboración por nivel de conciencia deteriorado, etc).

Por otra parte, el hecho de que la presión inspiratoria máxima (Pimax) en nuestros respiradores no se pueda probar más allá de -20 cm de H<sub>2</sub>O puede haber sesgado los resultados. Probablemente un abanico más amplio de valores nos habrían permitido aportar más información sobre el valor de la Pimax como pronóstico de la extubación.



## **CONCLUSIONES**



## CONCLUSIONES

1. El **porcentaje de fracaso de extubación** en la Unidad de Cuidados Intensivos es del **23%**.
2. La **patología neurológica** de base es un **factor de riesgo independiente** para el fracaso de extubación ( $p = 0.007$ ).
3. Los factores pronósticos de éxito y los factores de riesgo de fracaso de extubación en los pacientes con ventilación mecánica prolongada son los siguientes:
  - a. **Factores pronósticos de éxito de extubación**
    - i. Cifra de **Hb en sangre > 10 g/dL** ( $p = 0.007$ )
  - b. **Factores de riesgo de fracaso de extubación**
    - i. Cifra de **pCO<sub>2</sub> en sangre > 42 mmHg** ( $p = 0.006$ )
    - ii. Antecedente de **HTA** ( $p = 0.044$ )
4. Los criterios ampliados han mostrado una clara influencia en el pronóstico de la extubación:
  - a. En la población general: la **capacidad de seguir con la mirada** ( $p = 0.024$ ), la **tos moderada** ( $p = 0.004$ ) y la **tos fuerte** ( $p < 0.001$ ) han resultado ser **factores pronósticos de éxito** de la extubación mientras que el **número de aspiraciones al día > 8** ( $p = 0.005$ ) ha resultado ser un **factor de riesgo de fracaso**.
  - b. En los pacientes neurológicos únicamente la **tos fuerte** ha mostrado influencia como **factor pronóstico de éxito** de extubación ( $p = 0.02$ ).
5. El fracaso de la extubación comporta:
  - a. **Triplicar los días de VMI** (23 contra 7 días en el grupo éxito,  $p < 0,001$ )
  - b. **Duplicar los días de estancia en UCI** (23 versus 12 días en el grupo éxito,  $p < 0,001$ )
  - c. **Prolongar la estancia hospitalaria** (38 frente a 23 días en el grupo éxito,  $p = 0.003$ )

- d. **Multiplicar por cuatro la mortalidad hospitalaria** (36 contra 8% en el grupo éxito,  $p < 0,001$ )
  - e. No comporta diferencias en cuanto al destino de los pacientes al alta hospitalaria
6. La traqueostomía se realiza en el 36% de los pacientes que han precisado intubación y en la mayoría de los casos (76%) tras un período de VMI superior a 15 días.

## CONCLUSIONS

1. The rate of extubation failure in the Intensive Care Unit is **23%**.
2. Neurological patients have a higher risk of extubation failure compared to non neurological patients. The neurological underlying pathology is an independent risk factor for extubation failure.
3. In prolonged mechanical ventilation, the following criteria are related with extubation outcome:
  - a. **Factors related with successful extubation**
    - i. **Hb > 10 g/dL** ( $p = 0.007$ )
  - b. **Factors related with extubation failure**
    - i. **pCO<sub>2</sub> > 42 mmHg** ( $p = 0.006$ )
    - ii. **Arterial hipertension** ( $p = 0.044$ )
4. Ampliated extubation criteria can be related with extubation outcome:
  - a. For general population: the ability to **follow with the eyes**, ( $p = 0.024$ ), **moderate cough strenght** ( $p = 0.004$ ) and **high cough strenght** ( $p < 0.001$ ) are **extubation success prognostic factors**, while **> 8 daily aspirations** ( $p = 0.005$ ) is a **extubation failure risk factor**.
  - b. In neurological patients only a **hight cough strenght** has been related with successful extubation ( $p = 0.02$ ).
5. Extubation failure implies:
  - a. **Tripling days of IMV** (23 versus 7 days in extubation success,  $p < 0,001$ )
  - b. **Doupling ICU stay** (23 versus 12 days in extubation success,  $p < 0,001$ )
  - c. **Prolongar la estancia hospitalaria** (38 versus 23 días en el grupo éxito,  $p = 0.003$ )
  - d. **Quadrupling hospital mortality** (36 versus 8% in extubation success,  $p < 0,001$ )
  - e. Does not entail differences in the discharge destination

6. Tracheostomy is performed in 36% of patients requiring intubation. In most of the cases (76%) after the 15th day of IMV.

## **RESUMEN/RESUM/SUMMARY**



## **RESUMEN**

A pesar de décadas de experiencia en ventilación mecánica invasiva (VMI), alrededor de un 20-25% de los pacientes sufren fracaso de extubación. Este fenómeno comporta un aumento del período de ventilación mecánica, de la estancia en UCI, de la estancia hospitalaria y de la mortalidad. Los pacientes que reciben VMI durante un período de tiempo prolongado (VMP) y los pacientes Neurológicos tienen más probabilidades de fracasar en la extubación.

En este trabajo estudiamos los factores de riesgo de fracaso de extubación en todos los pacientes con VMP ( VMI > 7 días) que cumplen los criterios clásicos de extubación y para ello hemos realizado un estudio prospectivo de 169 pacientes intubados en nuestra unidad. Dados los resultados obtenidos, hemos propuesto algunas modificaciones de estos criterios para aumentar su valor predictivo, por ejemplo incrementar la cifra de Hb de 8 a 10 g/dL en el momento previo a la extubación o disminuir el valor de corte del Índice de Tobin y discutimos algunos de los factores considerados pronósticos de extubación en la literatura.

Por otra parte, hemos introducido unos nuevos criterios de extubación (*criterios de extubación ampliados*) con el objetivo de evaluar su validez como factores pronósticos de extubación, y hemos podido demostrar que la tos eficaz, una escasa cantidad de secreciones traqueobronquiales y la capacidad neurológica de seguir con la mirada son factores protectores del fracaso de extubación. La aplicación de estos criterios en la práctica clínica habitual es sencilla, rápida, fácilmente reproducible y no implica costes adicionales, por lo que puede ser de gran utilidad para predecir el resultado de la extubación y reducir la incidencia de fracaso de la misma.

Hemos realizado un subanálisis específico de los pacientes Neurológicos comprobando que la patología neurológica es un factor de riesgo independiente de fracaso de extubación. Entre estos pacientes, el único factor entre los criterios de extubación ampliados que ha demostrado ser pronóstico de éxito de la extubación es la fuerza tusígena adecuada.

El motivo principal del fracaso de extubación en nuestros pacientes es la broncooplejia, seguido de la obstrucción aguda de la vía aérea superior. Hemos demostrado que el fracaso de la extubación comporta triplicar los días de VMI, duplicar los días de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos y cuatriplicar la mortalidad hospitalaria, por lo que su prevención debe ser un objetivo primario en la práctica médica diaria.

Finalmente hemos analizado el uso de la traqueostomía en nuestra Unidad, estudiando las características de los 99 pacientes de la muestra que durante el período de estudio han requerido el cambio del dispositivo de ventilación del tubo orotraqueal por la traqueostomía. Hemos comprobado que la mayoría de las traqueostomías se realizan en hombres y en enfermos neurológicos, y en más de tres cuartas partes de los casos por ventilación mecánica muy prolongada a las dos semanas de haber iniciado la VMI. Hemos realizado un seguimiento de estos enfermos y hemos comprobado que la mitad de ellos son trasladados a otros centros sanitarios al alta hospitalaria.

## RESUM

Tot i l'experiència acumulada durant anys en l'ús de la Ventilació Mecànica Invasiva (VMI), al voltant d'un 20-25% dels pacients pateixen fracàs d'extubació. Aquest fenomen comporta un augment de la durada de la ventilació mecànica, de l'estada a la UCI i hospitalària i de la mortalitat. Els pacients sotmesos a VMI de forma prolongada (VMP) i els pacients Neurològics tenen més probabilitats de patir fracàs d'extubació.

En aquest treball estudiem els factors de risc de fracàs d'extubació en pacients que han rebut tractament amb VMP (VMI > 7 dies) que compleixen els criteris clàssics d'extubació i per realitzar-ho hem portat a terme un estudi prospectiu amb 169 pacients intubats a la nostra Unitat. Atesos els resultats obtinguts, hem proposat algunes modificacions dels criteris d'extubació clàssics per tal d'augmentar el seu valor predictiu, com per exemple, tenir en compte que el valor de la Hemoglobina estigui més a prop de 10 g/dL en el moment previ a l'extubació o disminuir el punt de tall de l'Índex de Tobin i discutim alguns dels factors considerats pronòstics d'extubació en la literatura.

D'altra banda, hem introduït uns nous criteris d'extubació, els *criteris d'extubació ampliat*, amb l'objectiu d'avaluar la seva validesa com a factors pronòstics d'extubació, i hem demostrat que la tos eficaç, poca quantitat de secrecions traqueobronquials i la capacitat neurològica de seguir amb la mirada són factors protectors del fracàs d'extubació. L'aplicació d'aquests criteris a la pràctica clínica habitual és senzilla, ràpida, fàcilment reproduïble i no implica costos afegits i pot ser de gran utilitat per a predir el resultat de l'extubació i evitar-ne el fracàs.

Hem realitzat un subanàlisi específic dels pacients Neurològics, i hem pogut comprovar que la patologia neurològica de base és un factor de risc independent per al fracàs de l'extubació. En aquests pacients, l'únic factor entre els criteris d'extubació ampliat que ha demostrat ser pronòstic d'èxit d'extubació ha sigut la força tussígena adequada.

El motiu principal de fracàs d'extubació en els pacients analitzats ha sigut la broncoplegia, seguit de la obstrucció aguda de la via aèria superior. Hem demostrat que el fracàs d'extubació comporta triplicar els dies de VMI, duplicar els dies d'estada a la UCI i quadruplicar la mortalitat hospitalària, pel que la seva prevenció ha de ser un objectiu primari en la pràctica diària.

Finalment hem analitzat l'ús de la traqueostomia a la nostra Unitat, estudiant les característiques dels 99 pacients de la mostra que, durant el període d'estudi, han requerit el canvi de dispositiu de ventilació del tub orotraqueal a la traqueostomia. Hem pogut comprovar que la majoria de les traqueostomies es realitzen en homes i en malalts neurològics i, en més de tres quartes parts dels casos, per ventilació mecànica molt prolongada a les dues setmanes d'haver iniciat la VMI. Hem realitzat un seguiment d'aquests pacients verificant que la meitat d'ells necessiten ser traslladats a altres centres sanitaris a l'alta de l'hospital.

## **SUMMARY**

Eventhough having decades of invasive mechanical ventilation (IMV) experience, around 20-25% of patients suffer from extubation failure. This phenomena implies an increase on mechanical ventilation period, on ICU stay, on hospital stay and mortality rate. Patients receiving prolonged mechanical ventilation (PMV) assistance and neurological patients have a higher risk failure on extubation.

In this research work we study failure risk factors on extubation from all PMV patients according to classical extubation criteria. For it, we made a prospective analysis on 169 extubated patients. In order to increase its predictive value, we propose several changes on this criteria, as for example, increasing Hb value from 8 to 10 g/dL just before extubation or decreasing the cut-off Tobin index value, as well as discussing some of the factors considered extubation prognosis in literature.

On the other hand, in order to evaluate their validity as extubation prognosis factors, we have introduced new criteria (extended intubation criteria) and we have been able to prove that effective coughing, scarce amount of tracheobronchial secretions and the neurological ability to follow with sight, are protective factors from extubation failure. Applying this criteria is simple, easy to reproduce and does not imply additional costs to daily praxis, so it may be very helpful in order to predict extubation result and reducing its failure effect.

We performed an specific analysis on neurological patients and have proved that neurological pathology is an independent extubation failure risk factor. From all these patients, the only factor amongst widened extubation criteria demonstrating successful extubation prognosis is a correct tussive strength.

The main reason for extubation failure amongst our patients has been bronchoplegia, followed by an acute obstruction of the upper respiratory tract. We have proved that extubation failure implies tripling the days of IMV, doubling ICU stay and quadrupling hospital mortality, so its prevention should be a main issue at Intensive Care Units.

We have finally analysed the use of tracheostomy in our unity, studying the main features of the 99 patients of the sample that during the time of study required having the ventilation dispositive changed from the orotracheal tube due to tracheostomy. We proved that most tracheostomies are practiced on men and neurological patients, and that in more than three

quarters of the times, on prolonged mechanical ventilation cases (14th day of IMV). We monitored several patients and proved that half of them are taken to other medical centres after being discharged.

## **BIBLIOGRAFÍA**



## Bibliografía

1. King CS, Moores LK, Epstein SK. Should patients be able to follow commands prior to extubation? *Respir Care*. 2010;55(1):56-65.
2. Huang CT, Yu CJ. Conventional weaning parameters do not predict extubation outcome in intubated subjects requiring prolonged mechanical ventilation. *Respir Care*. 2013;58(8):1307-14.
3. Rothaar RC, Epstein SK. Extubation failure: magnitude of the problem, impact on outcomes, and prevention. *Curr Opin Crit Care*. 2003;9(1):59-66.
4. Vidotto MC, Sogame LC, Gazzotti MR, Prandini M, Jardim JR. Implications of extubation failure and prolonged mechanical ventilation in the postoperative period following elective intracranial surgery. *Braz J Med Biol Res*. 2011;44(12):1291-8.
5. Li ZB, Gao XJ, Wang DH, et al. [A multicenter study of respiratory multiple index in predicting weaning from mechanical ventilation in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease]. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2013;25(6):339-42.
6. Windisch W, Karagiannidis C. [Difficult extubation]. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2012;107(7):537-42.
7. BouAkl I, Bou-Khalil P, Kanazi G, Ayoub C, El-Khatib M. Weaning from mechanical ventilation. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2012;25(1):42-7.
8. Ko R, Ramos L, Chalela JA. Conventional weaning parameters do not predict extubation failure in neurocritical care patients. *Neurocrit Care*. 2009;10(3):269-73.
9. Beuret P, Roux C, Auclair A, Nourdine K, Kaaki M, Carton MJ. Interest of an objective evaluation of cough during weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med*. 2009;35(6):1090-3.
10. Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Predictors of extubation outcome in patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial. *Chest*. 2001;120(4):1262-70.
11. Smina M, Salam A, Khamiees M, Gada P, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest*. 2003;124(1):262-8.
12. Salam A, Tilluckdharry L, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Neurologic status, cough, secretions and extubation outcomes. *Intensive Care Med*. 2004;30(7):1334-9.
13. Net Castel A, Benito Vales S. *Ventilación Mecánica*. 3ª ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2000.
14. Marino P. *El Libro de la UCI*. 3ª ed. Barcelona: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.

15. Ramos Gomez LA, Benito Vales S. *Fundamentos de la Ventilación Mecánica*. Barcelona: Marge Mèdica Books; 2012.
16. <http://www.medicaexpo.es/prod/covidien/product>.
17. FJ. B, J. L. *Ventilación Mecánica en anestesia y cuidados críticos*. Madrid: Aran; 2009.
18. Marshall LF, Becker DP, Bowers SA, et al. The National Traumatic Coma Data Bank. Part 1: Design, purpose, goals, and results. *J Neurosurg*. 1983;59(2):276-84.
19. Winchell RJ, Hoyt DB. Endotracheal intubation in the field improves survival in patients with severe head injury. Trauma Research and Education Foundation of San Diego. *Arch Surg*. 1997;132(6):592-7.
20. López Sánchez M. *Libro electrónico de Medicina Intensiva. Complicaciones de la Ventilación Mecánica*. 2008.
21. Klamburg Pujol J. 1983. *Morbilidad y mortalidad en la ventilación mecánica prolongada*. Tesis Doctoral. Departament de Cirurgia. Universitat Autònoma de Barcelona.
22. Webb HH, Tierney DF. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressures. Protection by positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis*. 1974;110(5):556-65.
23. Dreyfuss D, Soler P, Basset G, Saumon G. High inflation pressure pulmonary edema. Respective effects of high airway pressure, high tidal volume, and positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis*. 1988;137(5):1159-64.
24. Dreyfuss D, Saumon G. Role of tidal volume, FRC, and end-inspiratory volume in the development of pulmonary edema following mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis*. 1993;148(5):1194-203.
25. Slutsky AS. Lung injury caused by mechanical ventilation. *Chest*. 1999;116(1 Suppl):9S-15S.
26. Pannu N, Mehta RL. Effect of mechanical ventilation on the kidney. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2004;18(1):189-203.
27. Mutlu GM, Mutlu EA, Factor P. Prevention and treatment of gastrointestinal complications in patients on mechanical ventilation. *Am J Respir Med*. 2003;2(5):395-411.
28. Mutlu GM, Factor P. Complications of mechanical ventilation. *Respir Care Clin N Am*. 2000;6(2):213-52.
29. Davis KA. Ventilator-associated pneumonia: a review. *J Intensive Care Med*. 2006;21(4):211-26.
30. <http://vincat.gencat.cat/ca/detalls/Noticia/Informe-2014>.

31. López-Pueyo M, Olaechea-Astigarraga P, Palomar-Martínez M, Insausti-Ordeñana J, Alvarez-Lerma F. Quality control of the surveillance programme of ICU-acquired infection (ENVIN-HELICS registry) in Spain. Vol 84. *J Hosp Infect* 2013;126-31.
32. Craven DE. Preventing ventilator-associated pneumonia in adults: sowing seeds of change. *Chest*. 2006;130(1):251-60.
33. Díaz Lobato S, Mayoralas Alises S. Noninvasive ventilation. *Arch Bronconeumol*. 2003;39(12):566-79.
34. Peter JV, Moran JL, Phillips-Hughes J, Warn D. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure: a meta-analysis update. *Crit Care Med*. 2002;30(3):555-62.
35. Brochard L, Mancebo J, Elliott MW. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J*. 2002;19(4):712-21.
36. Pierson DJ. Indications for mechanical ventilation in adults with acute respiratory failure. *Respir Care*. 2002;47(3):249-62.
37. Pisani L, Nava S. Noninvasive ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Semin Respir Crit Care Med*. 2014;35(4):501-6.
38. Ferrer M, Sellares J, Torres A. Noninvasive ventilation in withdrawal from mechanical ventilation. *Semin Respir Crit Care Med*. 2014;35(4):507-18.
39. Rotondi AJ, Chelluri L, Sirio C, et al. Patients' recollections of stressful experiences while receiving prolonged mechanical ventilation in an intensive care unit. *Crit Care Med*. 2002;30(4):746-52.
40. Lee SH, Kim MJ, Jeong ES, et al. Outcomes and prognostic factors in patients with prolonged acute mechanical ventilation: A single-center study in Korea. *J Crit Care*. 2015.
41. Loss SH, de Oliveira RP, Maccari JG, et al. The reality of patients requiring prolonged mechanical ventilation: a multicenter study. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2015;27(1):26-35.
42. Hung MC, Yan YH, Fan PS, et al. Estimation of quality-adjusted life expectancy in patients under prolonged mechanical ventilation. *Value Health*. 2011;14(2):347-53.
43. Lone NI, Walsh TS. Prolonged mechanical ventilation in critically ill patients: epidemiology, outcomes and modelling the potential cost consequences of establishing a regional weaning unit. *Crit Care*. 2011;15(2):R102.
44. Leroy G, Devos P, Lambiotte F, Thévenin D, Leroy O. One-year mortality in patients requiring prolonged mechanical ventilation: multicenter evaluation of the ProVent score. *Crit Care*. 2014;18(4):R155.
45. Wei X, Day AG, Ouellette-Kuntz H, Heyland DK. The Association Between Nutritional Adequacy and Long-Term Outcomes in Critically Ill Patients Requiring Prolonged Mechanical Ventilation: A Multicenter Cohort Study. *Crit Care Med*. 2015.

46. Mishra M, Chaudhri S, Tripathi V, Verma AK, Sampath A, Chauhan NK. Weaning of mechanically ventilated chronic obstructive pulmonary disease patients by using non-invasive positive pressure ventilation: A prospective study. *Lung India*. 2014;31(2):127-33.
47. Añón JM, Gómez-Tello V, González-Higueras E, et al. Prolonged mechanical ventilation probability model. *Med Intensiva*. 2012;36(7):488-95.
48. Chao DC, Scheinhorn DJ. Weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Clin*. 1998;14(4):799-817.
49. Lellouche F, Mancebo J, Jolliet P, et al. A multicenter randomized trial of computer-driven protocolized weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174(8):894-900.
50. Navalesi P, Frigerio P, Patzlaff A, Häußermann S, Henseke P, Kubitschek M. Prolonged weaning: from the intensive care unit to home. *Rev Port Pneumol*. 2014;20(5):264-72.
51. Mitch WE, Goldberg AL. Mechanisms of muscle wasting. The role of the ubiquitin-proteasome pathway. *N Engl J Med*. 1996;335(25):1897-905.
52. Schakman O, Gilson H, Kalista S, Thissen JP. Mechanisms of muscle atrophy induced by glucocorticoids. *Horm Res*. 2009;72 Suppl 1:36-41.
53. Net A, Mancebo J, Benito S. *Retirada de la Ventilación Mecánica*. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1995.
54. Ayres S, Grenvik A, P H. Suspensión de la Ventilación mecánica. Tratado de Medicina Crítica y Terapia Intensiva. 3ª edición ed1997:923-36.
55. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med*. 1996;335(25):1864-69.
56. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324(21):1445-50.
57. Tobin MJ, Jubran A. Meta-analysis under the spotlight: focused on a meta-analysis of ventilator weaning. *Crit Care Med*. 2008;36(1):1-7.
58. Fadaei A, Amini SS, Bagheri B, Taherkhanchi B. Assessment of rapid shallow breathing index as a predictor for weaning in respiratory care unit. *Tanaffos*. 2012;11(3):28-31.
59. dos Reis HF, Almeida ML, da Silva MF, Moreira JO, Rocha MeS. Association between the rapid shallow breathing index and extubation success in patients with traumatic brain injury. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2013;25(3):212-7.
60. Takaki S, Kadiman SB, Tahir SS, Ariff MH, Kurahashi K, Goto T. Modified rapid shallow breathing index adjusted with anthropometric parameters increases predictive power for extubation failure compared with the unmodified index in postcardiac surgery patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015;29(1):64-8.

61. Vincent JL, Baron JF, Reinhart K, et al. Anemia and blood transfusion in critically ill patients. *JAMA*. 2002;288(12):1499-507.
62. Hébert PC, Tinmouth A, Corwin HL. Controversies in RBC transfusion in the critically ill. *Chest*. 2007;131(5):1583-90.
63. Hébert PC, Blajchman MA, Cook DJ, et al. Do blood transfusions improve outcomes related to mechanical ventilation? *Chest*. 2001;119(6):1850-7.
64. Ouellette DR. The impact of anemia in patients with respiratory failure. *Chest*. 2005;128(5 Suppl 2):576S-82S.
65. Lai YC, Ruan SY, Huang CT, Kuo PH, Yu CJ. Hemoglobin levels and weaning outcome of mechanical ventilation in difficult-to-wean patients: a retrospective cohort study. *PLoS One*. 2013;8(8):e73743.
66. Farmer JH, RD. G. ICU-acquired weakness: Proceedings of a RoundTable Conference in Brussels, Belgium. Vol 37. Critical Care Medicine 2009.
67. Vitoria Rubio S. 2014. *Patrón electromiográfico como método diagnóstico precoz de la miopatía de UCI*. Tesis Doctoral. Departament de Cirurgia. Universitat Autònoma de Barcelona.
68. Zhou C, Wu L, Ni F, Ji W, Wu J, Zhang H. Critical illness polyneuropathy and myopathy: a systematic review. *Neural Regen Res*. 2014;9(1):101-10.
69. de Letter MA, Schmitz PI, Visser LH, et al. Risk factors for the development of polyneuropathy and myopathy in critically ill patients. *Crit Care Med*. 2001;29(12):2281-86.
70. Rouleau G, Karpati G, Carpenter S, Soza M, Prescott S, Holland P. Glucocorticoid excess induces preferential depletion of myosin in denervated skeletal muscle fibers. *Muscle Nerve*. 1987;10(5):428-38.
71. Massa R, Carpenter S, Holland P, Karpati G. Loss and renewal of thick myofilaments in glucocorticoid-treated rat soleus after denervation and reinnervation. *Muscle Nerve*. 1992;15(11):1290-8.
72. de Jonghe B, Lacherade JC, Sharshar T, Outin H. Intensive care unit-acquired weakness: risk factors and prevention. *Crit Care Med*. 2009;37(10 Suppl):S309-15.
73. Hermans G, Vanhorebeek I, Derde S, Van den Berghe G. Metabolic aspects of critical illness polyneuromyopathy. *Crit Care Med*. 2009;37(10 Suppl):S391-7.
74. Van den Berghe G, Schoonheydt K, Bex P, Bruyninckx F, Wouters PJ. Insulin therapy protects the central and peripheral nervous system of intensive care patients. *Neurology*. 2005;64(8):1348-53.
75. Finfer S, Chittock DR, Su SY, et al. Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients. *N Engl J Med*. 2009;360(13):1283-97.

76. Griffiths RD, Palmer TE, Helliwell T, MacLennan P, MacMillan RR. Effect of passive stretching on the wasting of muscle in the critically ill. *Nutrition*. 1995;11(5):428-32.
77. Nava S, Fasano L. Inspiratory muscle training in difficult to wean patients: work it harder, make it better, do it faster, makes us stronger. *Crit Care*. 2011;15(2):153.
78. Peñuelas Ó, Thille AW, Esteban A. Discontinuation of ventilatory support: new solutions to old dilemmas. *Curr Opin Crit Care*. 2015;21(1):74-81.
79. Ali NA, O'Brien JM, Hoffmann SP, et al. Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;178(3):261-8.
80. Cottreau G, Dres M, Avenel A, et al. Handgrip Strength Predicts Difficult Weaning But Not Extubation Failure in Mechanically Ventilated Subjects. *Respir Care*. 2015;60(68):1097-104.
81. Upadya A, Tilluckdharry L, Muralidharan V, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Fluid balance and weaning outcomes. *Intensive Care Med*. 2005;31(12):1643-1647.
82. Antonio AC, Teixeira C, Castro PS, et al. 48-Hour Fluid Balance Does Not Predict a Successful Spontaneous Breathing Trial. *Respir Care*. 2015.
83. Brochard L, Thille AW. What is the proper approach to liberating the weak from mechanical ventilation? *Crit Care Med*. 2009;37(10 Suppl):S410-5.
84. Díaz MC, Ospina-Tascón GA, Salazar C BC. Respiratory muscle dysfunction: a multicausal entity in the critically ill patient undergoing mechanical ventilation. *Arch Bronconeumol*. 2014;50(2):73-7.
85. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB, Hyatt RE. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(2 Pt 1):430-8.
86. Tolep K, Higgins N, Muza S, Criner G, Kelsen SG. Comparison of diaphragm strength between healthy adult elderly and young men. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152(2):677-82.
87. Polkey MI, Harris ML, Hughes PD, et al. The contractile properties of the elderly human diaphragm. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;155(5):1560-4.
88. Levine S, Nguyen T, Taylor N, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med*. 2008;358(13):1327-35.
89. Jaber S, Petrof BJ, Jung B, et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(3):364-71.
90. Polla B, D'Antona G, Bottinelli R, Reggiani C. Respiratory muscle fibres: specialisation and plasticity. *Thorax*. 2004;59(9):808-17.
91. Bruells CS, Marx G, Rossaint R. Ventilator-induced diaphragm dysfunction : clinically relevant problem. *Anaesthetist*. 2014;63(1):47-53.

92. Petrof BJ, Jaber S, Matecki S. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. *Curr Opin Crit Care*. 2010;16(1):19-25.
93. Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med*. 2013;39(5):801-10.
94. Gayan-Ramirez G, Decramer M. Effects of mechanical ventilation on diaphragm function and biology. *Eur Respir J*. 2002;20(6):1579-86.
95. Powers SK, Kavazis AN, Levine S. Prolonged mechanical ventilation alters diaphragmatic structure and function. *Crit Care Med*. 2009;37(10 Suppl):S347-53.
96. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2011;39(12):2627-30.
97. Ferrari G, De Filippi G, Elia F, Panero F, Volpicelli G, Aprà F. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J*. 2014;6(1):8.
98. Barwing J, Pedroni C, Olgemöller U, Quintel M, Moerer O. Electrical activity of the diaphragm (EAdi) as a monitoring parameter in difficult weaning from respirator: a pilot study. *Crit Care*. 2013;17(4):R182.
99. Dres M, Schmidt M, Ferre A, Mayaux J, Similowski T, Demoule A. Diaphragm electromyographic activity as a predictor of weaning failure. *Intensive Care Med*. 2012;38(12):2017-25.
100. Howe KP, Clochesy JM, Goldstein LS, Owen H. Mechanical Ventilation Antioxidant Trial. *Am J Crit Care*. 2015;24(5):440-5.
101. Manthous CA, Schmidt GA, Hall JB. Liberation from mechanical ventilation: a decade of progress. *Chest*. 1998;114(3):886-901.
102. Hall JB, Schmidt GA, OH. W. Principles of Critical Care. 2ªed. LDH; 1997.
103. Younes M. Proportional assist ventilation, a new approach to ventilatory support. Theory. *Am Rev Respir Dis*. 1992;145(1):114-20.
104. Gerardo Ferrero R. Modos ventilatorios en Ventilación no Invasiva. Vol 24. Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias. 2008; 24:240-50.
105. Fernández Fernández R. Compensación del tubo endotraqueal: presión de soporte frente a ventilación asistida proporcional. *Medicina Intensiva* 2004; 28 (7):356-61.
106. Teixeira SN, Osaku EF, Costa CR, et al. Comparison of Proportional Assist Ventilation Plus, T-Tube Ventilation, and Pressure Support Ventilation as Spontaneous Breathing Trials for Extubation: A Randomized Study. *Respir Care*. 2015. 60(11): 1527-35.

107. Brochard L, Rua F, Lorino H, Lemaire F, Harf A. Inspiratory pressure support compensates for the additional work of breathing caused by the endotracheal tube. *Anesthesiology*. 1991;75(5):739-45.
108. Kuhlen R, Rossaint R. Electronic extubation--is it worth trying? *Intensive Care Med*. 1997;23(11):1105-7.
109. Girault C, Defouilloy C, Richard JC, Muir JF. Weaning criteria from mechanical ventilation. *Monaldi Arch Chest Dis*. 1994;49(2):118-24.
110. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest*. 2001;120(6 Suppl):375S-95S.
111. Esteban A, Ferguson ND, Meade MO, et al. Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;177(2):170-7.
112. Tobin MJ. Predicting the outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. *Monaldi Arch Chest Dis*. 1998;53(4):493-7.
113. Epstein SK. Decision to extubate. *Intensive Care Med*. 2002;28(5):535-46.
114. Seymour CW, Martinez A, Christie JD, Fuchs BD. The outcome of extubation failure in a community hospital intensive care unit: a cohort study. *Crit Care*. 2004;8(5):322-7.
115. Thille AW, Boissier F, Ben Ghezala H, Razazi K, Mekontso-Dessap A, Brun-Buisson C. Risk factors for and prediction by caregivers of extubation failure in ICU patients: a prospective study. *Crit Care Med*. 2015;43(3):613-20.
116. Kulkarni AP, Agarwal V. Extubation failure in intensive care unit: predictors and management. *Indian J Crit Care Med*. 2008;12(1):1-9.
117. Epstein SK. Extubation failure: an outcome to be avoided. *Crit Care*. 2004;8(5):310-2.
118. Smailes ST, Martin RV, McVicar AJ. The incidence and outcome of extubation failure in burn intensive care patients. *J Burn Care Res*. 2009;30(3):386-92.
119. Saugel B, Rakette P, Hapfelmeier A, et al. Prediction of extubation failure in medical intensive care unit patients. *J Crit Care*. 2012;27(6):571-7.
120. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest*. 1997;112(1):186-92.
121. Putensen C, Theuerkauf N, Zinserling J, Wrigge H, Pelosi P. Meta-analysis: ventilation strategies and outcomes of the acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. *Ann Intern Med*. 2009;151(8):566-76.
122. Jubran A, Tobin MJ. Pathophysiologic basis of acute respiratory distress in patients who fail a trial of weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;155(3):906-15.

123. Martín MC, Cabré L, Ruiz J, et al. [Indicators of quality in the critical patient]. *Med Intensiva*. 2008;32(1):23-32.
124. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65.
125. Kero P, Antila K, Ylitalo V, Välimäki I. Decreased heart rate variation in decerebration syndrome: quantitative clinical criterion of brain death? *Pediatrics*. 1978;62(3):307-11.
126. Aärimaa T, Oja R, Antila K, Välimäki I. Interaction of heart rate and respiration in newborn babies. *Pediatr Res*. 1988;24(6):745-50.
127. Koh J, Brown T, Beightol L, Eckberg D. Contribution of tidal lung inflation to human R-R interval and arterial pressure fluctuations. *Journal Autonomic Nervous System*. 1998; 68:89-95.
128. Seely AJ, Bravi A, Herry C, et al. Do heart and respiratory rate variability improve prediction of extubation outcomes in critically ill patients? *Crit Care*. 2014;18(2):R65.
129. Huang CT, Tsai YJ, Lin JW, Ruan SY, Wu HD, Yu CJ. Application of heart rate variability in patients undergoing weaning from mechanical ventilation. *Crit Care*. 2014;18(1):R21.
130. Buchan C, Bravi A, Seely A. Variability Analysis and the Diagnosis, Management and Treatment of Sepsis. *Current Infectious Disease Reports* 2012:512-21.
131. Teixeira C, da Silva NB, Savi A, et al. Central venous saturation is a predictor of reintubation in difficult-to-wean patients. *Crit Care Med*. 2010;38(2):491-6.
132. Eriksson L, Wollmer P, Olsson CG, et al. Diagnosis of pulmonary embolism based upon alveolar dead space analysis. *Chest*. 1989;96(2):357-62.
133. Kline JA, Kubin AK, Patel MM, Easton EJ, Seupal RA. Alveolar dead space as a predictor of severity of pulmonary embolism. *Acad Emerg Med*. 2000;7(6):611-7.
134. Manthous CA, Goulding P. The effect of volume infusion on dead space in mechanically ventilated patients with severe asthma. *Chest*. 1997;112(3):843-6.
135. Bouso A, Ejzenberg B, Ventura AM, et al. Evaluation of the dead space to tidal volume ratio as a predictor of extubation failure. *J Pediatr (Rio J)*. 2006;82(5):347-53.
136. González-Castro A, Suárez-Lopez V, Gómez-Marcos V, et al. [Utility of the dead space fraction (Vd/Vt) as a predictor of extubation success]. *Med Intensiva*. 2011;35(9):529-38.
137. Deye N, Lellouche F, Maggiore SM, et al. The semi-seated position slightly reduces the effort to breathe during difficult weaning. *Intensive Care Med*. 2013;39(1):85-92.
138. Perren A, Previsdomini M, Llamas M, et al. Patients' prediction of extubation success. *Intensive Care Med*. 2010;36(12):2045-52.

139. Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, et al. A new integrative weaning index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Care*. 2009;13(5):R152.
140. Boniatti VM, Boniatti MM, Andrade CF, et al. The modified integrative weaning index as a predictor of extubation failure. *Respir Care*. 2014;59(7):1042-47.
141. Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161(5):1530-6.
142. Namen AM, Ely EW, Tatter SB, et al. Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163:658-64.
143. Pelosi P, Severgnini P, Chiaranda M. An integrated approach to prevent and treat respiratory failure in brain-injured patients. *Curr Opin Crit Care*. 2005;11(1):37-42.
144. Young N, Rhodes JK, Mascia L, Andrews PJ. Ventilatory strategies for patients with acute brain injury. *Curr Opin Crit Care*. 2010;16(1):45-52.
145. Bruder N, Ravussin P. Recovery from anesthesia and postoperative extubation of neurosurgical patients: a review. *J Neurosurg Anesthesiol*. 1999;11(4):282-93.
146. Pelosi P, Ferguson ND, Frutos-Vivar F, et al. Management and outcome of mechanically ventilated neurologic patients. *Crit Care Med*. 2011;39(6):1482-92.
147. Reis HF, Almeida ML, Silva MF, Rocha MeS. Extubation failure influences clinical and functional outcomes in patients with traumatic brain injury. *J Bras Pneumol*. 2013;39(3):330-8.
148. Karanjia N, Nordquist D, Stevens R, Nyquist P. A clinical description of extubation failure in patients with primary brain injury. *Neurocrit Care*. 2011;15(1):4-12.
149. Wendell LC, Raser J, Kasner S, Park S. Predictors of extubation success in patients with middle cerebral artery acute ischemic stroke. *Stroke Res Treat*. 2011;:248789.
150. Brochard L, Rauss A, Benito S, 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):896-903.
151. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, 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):345-50.
152. Navalesi P, Frigerio P, Moretti MP, et al. Rate of reintubation in mechanically ventilated neurosurgical and neurologic patients: evaluation of a systematic approach to weaning and extubation. *Crit Care Med*. 2008;36(11):2986-92.
153. Anderson CD, Bartscher JF, Scripko PD, et al. Neurologic examination and extubation outcome in the neurocritical care unit. *Neurocrit Care*. 2011;15(3):490-7.

154. Wang S, Zhang L, Huang K, Lin Z, Qiao W, Pan S. Predictors of extubation failure in neurocritical patients identified by a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9(12):e112198.
155. Dube SK, Rath GP, Bharti SJ, et al. Causes of tracheal re-intubation after craniotomy: A prospective study. *Saudi J Anaesth*. 2013;7(4):410-4.
156. Lesnik I, Rappaport W, Fulginiti J, Witzke D. The role of early tracheostomy in blunt, multiple organ trauma. *Am Surg*. 1992;58(6):346-9.
157. Koh WY, Lew TW, Chin NM, Wong MF. Tracheostomy in a neuro-intensive care setting: indications and timing. *Anaesth Intensive Care*. 1997;25(4):365-8.
158. Hyde GA, Savage SA, Zarzaur BL, et al. Early tracheostomy in trauma patients saves time and money. *Injury*. 2015;46(1):110-4.
159. Esteban A, Anzueto A, Alía I, et al. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161(5):1450-8.
160. Griffiths J, Barber VS, Morgan L, Young JD. Systematic review and meta-analysis of studies of the timing of tracheostomy in adult patients undergoing artificial ventilation. *BMJ*. 2005;330(7502):1243.
161. De Leyn P, Bedert L, Delcroix M, et al. Tracheotomy: clinical review and guidelines. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007;32(3):412-21.
162. Higgins KM, Punthakee X. Meta-analysis comparison of open versus percutaneous tracheostomy. *Laryngoscope*. 2007;117(3):447-54.
163. Delaney A, Bagshaw SM, Nalos M. Percutaneous dilatational tracheostomy versus surgical tracheostomy in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2006;10(2):R55.
164. Madsen KR, Guldager H, Rewers M, Weber SO, Købke-Jacobsen K, White J. Danish Guidelines 2015 for percutaneous dilatational tracheostomy in the intensive care unit. *Dan Med J*. 2015;61(3).
165. El Solh AA, Jaafar W. A comparative study of the complications of surgical tracheostomy in morbidly obese critically ill patients. *Crit Care*. 2007;11(1):R3.
166. Dongelmans DA, van der Lely AJ, Tepaske R, Schultz MJ. Complications of percutaneous dilating tracheostomy. *Crit Care*. 2004;8(5):397-398; author reply 397-8.
167. Vodicka J, Pokorný K, Matousek P, Dejdar D, Chalupa J. [Surgery tracheostomies and percutaneous dilatation tracheostomies--retrospective study]. *Cas Lek Cesk*. 2007;146(6):546-50.
168. Morris LL, Whitmer A, McIntosh E. Tracheostomy care and complications in the intensive care unit. *Crit Care Nurse*. 2013;33(5):18-30.
169. Bösel J. Tracheostomy in stroke patients. *Curr Treat Options Neurol*. 2014;16(1):274.

170. Durbin CG, Perkins MP, Moores LK. Should tracheostomy be performed as early as 72 hours in patients requiring prolonged mechanical ventilation? *Respir Care*. 2010;55(1):76-87.
171. Rumbak MJ, Newton M, Truncale T, Schwartz SW, Adams JW, Hazard PB. A prospective, randomized, study comparing early percutaneous dilational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy) in critically ill medical patients. *Crit Care Med*. 2004;32(8):1689-94.
172. Dunham CM, Ransom KJ. Assessment of early tracheostomy in trauma patients: a systematic review and meta-analysis. *Am Surg*. 2006;72(3):276-81.
173. Dunham CM, Cutrona AF, Gruber BS, Calderon JE, Ransom KJ, Flowers LL. Early tracheostomy in severe traumatic brain injury: evidence for decreased mechanical ventilation and increased hospital mortality. *Int J Burns Trauma*. 2014;4(1):14-24.
174. Durbin CG. Tracheostomy: why, when, and how? *Respir Care*. 2010;55(8):1056-68.
175. Bach JR, Saporito LR. Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. *Chest*. 1996;110(6):1566-71.
176. [www.anestesiaenmexico.org](http://www.anestesiaenmexico.org).
177. Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Esteban A, et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest*. 2006;130(6):1664-71.
178. Saugel B, Rakette P, Hapfelmeier A, et al. Prediction of extubation failure in medical intensive care unit patients. *J Crit Care*. 2012;27(6):571-77.
179. Hayashi LY, Gazzotti MR, Vidotto MC, Jardim JR. Incidence, indication and complications of postoperative reintubation after elective intracranial surgery. *Sao Paulo Med J*. 2013;131(3):158-65.
180. Teixeira C, Zimmermann Teixeira PJ, Hohër JA, de Leon PP, Brodt SF, da Siva Moreira J. Serial measurements of f/VT can predict extubation failure in patients with f/VT < or = 105? *J Crit Care*. 2008;23(4):572-76.
181. Youssefi P, Timbrell D, Valencia O, et al. Predictors of Failure in Fast-Track Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015.
182. Arcentales A, Caminal P, Diaz I, Benito S, Giraldo BF. Classification of patients undergoing weaning from mechanical ventilation using the coherence between heart rate variability and respiratory flow signal. *Physiol Meas*. 2015;36(7):1439-52.
183. Meade M, Guyatt G, Cook D, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001;120(6 Suppl):400S-24S.

184. Chung TN, Yoon I, You JS, et al. Mechanical ventilation in the emergency department for 24 hours or longer is associated with delayed weaning. *J Crit Care*. 2012;27(6):740.e9-15.
185. Beckmann U, Gillies DM. Factors associated with reintubation in intensive care: an analysis of causes and outcomes. *Chest*. 2001;120(2):538-42.
186. Capdevila XJ, Perrigault PF, Perey PJ, Roustan JP, d'Athis F. Occlusion pressure and its ratio to maximum inspiratory pressure are useful predictors for successful extubation following T-piece weaning trial. *Chest*. 1995;108(2):482-9.
187. Martinez A, Seymour C, Nam M. Minute ventilation recovery time: a predictor of extubation outcome. *Chest*. 2003;123(4):1214-21.
188. Lee K, Hui K, Chan T, Tan W, Lim T. Rapid Shallow Breathing (frequency-tidal volume ratio) did not predict extubation outcome. *Chest*. 1994:540-3.
189. Verceles AC, Diaz-Abad M, Geiger-Brown J, Scharf SM. Testing the prognostic value of the rapid shallow breathing index in predicting successful weaning in patients requiring prolonged mechanical ventilation. *Heart Lung*. 2012;41(6):546-52.
190. Manno EM, Rabinstein AA, Wijdicks EF, et al. A prospective trial of elective extubation in brain injured patients meeting extubation criteria for ventilatory support: a feasibility study. *Crit Care*. 2008;12(6):138-48.
191. De Bast Y, De Backer D, Moraine JJ, Lemaire M, Vandenborgh C, Vincent JL. The cuff leak test to predict failure of tracheal extubation for laryngeal edema. *Intensive Care Med*. 2002;28(9):1267-72.
192. Pluijms WA, van Mook WN, Wittekamp BH, Bergmans DC. Postextubation laryngeal edema and stridor resulting in respiratory failure in critically ill adult patients: updated review. *Crit Care*. 2015;19(1):295.
193. Sutherasan Y, Theerawit P, Hongphanut T, Kiatboonsri C, Kiatboonsri S. Predicting laryngeal edema in intubated patients by portable intensive care unit ultrasound. *J Crit Care*. 2013;28(5):675-80.
194. Arabi Y, Haddad S, Shirawi N, Al Shimemeri A. Early tracheostomy in intensive care trauma patients improves resource utilization: a cohort study and literature review. *Crit Care*. 2004;8(5):347-52.
195. Shan L, Zhang R, Li LD. Effect of timing of tracheotomy on clinical outcomes: an update meta-analysis including 11 trials. *Chin Med Sci J*. 2013;28(3):159-166.
196. Elkins M, Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *J Physiother*. 2015;61(3):125-34.
197. Castro AA, Cortopassi F, Sabbag R, Torre-Bouscoulet L, Kümpel C, Ferreira Porto E. Respiratory muscle assessment in predicting extubation outcome in patients with stroke. *Arch Bronconeumol*. 2012;48(8):274-79.

198. Carpenè N, Vaghegini G, Panait E, Gabbrielli L, Ambrosino N. A proposal of a new model for long-term weaning: respiratory intensive care unit and weaning center. *Respir Med.* 2010;104(10):1505-11.





