



TRABAJO FINAL

Presentado para acceder al título de

Especialista en Kinesiología y Fisioterapia Cardiorrespiratoria.

Título

“Utilización de ventilación asistida proporcional como método de desvinculación de la ventilación mecánica invasiva en paciente lesionado medular alto con ventilación prolongada”

Autor

Gómez, Maria Celeste. Mat. 2433/2

DNI: 36.003.740

Directores

Musso, Gabriel. Mat. 1414/2

Appendino, Gabriel. Mat. 2493/2

Lugar

Rosario

Fecha de presentación

26/08/2022

Firma de autor

INDICE

I.RESUMEN.....	2
II.INTRODUCCIÓN	4
III.HIPÓTESIS.	9
IV.OBJETIVOS.	10
V.MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
VI.PRESENTACIÓN DEL CASO CLÍNICO	13
VII.RESULTADOS DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA DISPONIBLE	20
VIII.DISCUSIÓN	21
IX.CONCLUSIÓN	26
X.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	27
XI.ANEXOS.....	30

I. RESUMEN

Las lesiones medulares traumáticas(LMT) son eventos que afectan de forma abrupta la vida. Alrededor del 75% ocurre en sujetos menores de 45 años, y está asociado a eventos traumáticos(1).

Se estima que más del 90% de todas las lesiones medulares cervicales traumáticas requieren intubación, la mayoría de ellas requieren traqueotomía (TQT), y hasta el 40% de los pacientes con lesiones cervicales completas quedan dependientes permanentes del ventilador(1).

La esperanza de vida depende en gran medida de la posibilidad de desvincularlos del ventilador, esto último, también impacta sobre los gastos de atención médica y la calidad de vida.

A pesar de la importancia de la desvinculación de estos pacientes de la ventilación mecánica, los estudios que analizan enfoques para llevarlo a cabo son escasos y de bajo peso metodológico debido a su diseño retrospectivo y tamaños muestrales pequeños. (2).

La probabilidad de éxito de la desvinculación sigue siendo difícil de predecir ya que no hay pautas o recomendaciones sobre la desvinculación disponibles para esta población.

Con lo cual, lo que se buscó en este análisis de caso, fue establecer una estrategia de desvinculación de la ventilación mecánica implementando un modo ventilatorio de asistencia proporcional.

Durante la ventilación asistida proporcional(PAV+®) con factores de ganancia ajustables, se puede estimar la presión máxima de los músculos respiratorios, la presión máxima en la vía aérea y el porcentaje de asistencia.(3) Por lo tanto, ajustar la ganancia puede apuntar a un nivel determinado de esfuerzo respiratorio. Esto nos permite ir dirigiendo la estrategia de ventilación mecánica a la capacidad del paciente, pudiendo reducir progresivamente el factor de ganancia a medida de que el mismo pueda asumir la carga de trabajo.(3)

En la actualidad existe evidencia del uso de esta estrategia de ventilación mecánica(VMI) en la desvinculación dificultosa o prolongada pero no específicamente en esta población de pacientes.

En esta descripción de caso se presenta un paciente masculino de 31 años el cual sufre un accidente en la vía pública *in itinere* moto-árbol con lesión medular segmento C5-C6. El mismo requirió traqueotomía precoz y asistencia ventilatoria mecánica prolongada. Se estableció un plan de desvinculación de la ventilación

mecánica, aplicando PAV+®. Tras la tolerancia al mismo, se logró la desvinculación total a los 26 días de asistencia ventilatoria mecánica invasiva (VMI), este tiempo de desvinculación es comparable con otras estrategias de desvinculación en esta población.

II. INTRODUCCIÓN

La LMT es un evento catastrófico, súbito e inesperado, el cual puede ser devastador y costoso en términos humanos y sociales.(1) Es necesario contar con servicios óptimos de atención de lesionados medulares dentro de las primeras 72 horas después de la LMT e, idealmente, el traslado directo a centros especializados en el tratamiento de la columna vertebral para reducir las complicaciones, optimizar el tratamiento y mejorar los resultados a largo plazo. (1)

Las Normas Internacionales para la Clasificación Neurológica de la Lesión Medular son el sistema más ampliamente aceptado para el examen y la clasificación de las deficiencias sensorio-motoras de los pacientes con lesión medular (LME) este es mantenido y actualizado por el Comité Internacional de Normas de ASIA y la Sociedad Internacional de Médula Espinal.(4) Cada revisión genera aportes a los profesionales a cargo de pacientes con LMT y se lleva a cabo con el propósito de aumentar la precisión y la utilidad del sistema de clasificación.(4)

El deterioro funcional empeora a medida que el nivel de la lesión es más cefálico.(4) A su vez, una lesión medular completa, definida como la ausencia de función motora o sensorial por debajo de la lesión es clasificada como ASIA A, resulta en un mayor deterioro funcional que la lesión incompleta (ASIA B-D) donde puede existir algún nivel funcional o sensitivo inferior(5).

Las lesiones que involucran la columna cervical son muy comunes, el 47% presenta niveles de lesión en el segmento C4 a C7, esto se asocia con un compromiso respiratorio significativo.(5)

Durante la ventilación fisiológica se requiere de la coordinación del diafragma, los músculos intercostales y escalenos para poder expandir la caja torácica, y su posterior relajación que se va a dar durante la espiración.(5) Esta sincronización se rompe cuando, debido al nivel de lesión, empieza a haber una alteración en la actividad de los mismos(6).

El diafragma es el músculo más importante de la inspiración. El radio (R) de su curvatura es un determinante importante del desarrollo de la fuerza.(5) Por lo tanto, un

diafragma con una curvatura más estrecha da como resultado un R más pequeño y una contracción más efectiva.(5)

Por su curvatura, el diafragma se apoya en la caja torácica inferior que forma la zona de aposición.(5) Esta zona circunferencial es mayor a volúmenes pulmonares más bajos y disminuye a medida que el diafragma se mueve caudalmente durante la inspiración(6). Durante ese movimiento presiona el abdomen y su contenido generando un punto de apoyo y transmite fuerzas de aposición para expandir la caja torácica inferior.

En personas con tetraplejía al no poder tomar un correcto punto de apoyo abdominal aumenta el diámetro anteroposterior y superior, disminuyendo la dimensión de la expansión inferior.(5) El volumen corriente (VC), las presiones diafragmáticas y la oclusión de las vías respiratorias son mayores en decúbito supino.(5) Cuando adoptan una postura erguida, el volumen pulmonar aumenta a medida que el contenido abdominal se desplaza caudalmente debido a fuerzas gravitatorias y la falta de tono muscular abdominal.(5) Este desplazamiento caudal acorta la fibra muscular diafragmática, reduce la longitud del mismo, disminuye la zona de aposición, y aumenta el radio contribuyendo a una reducción de la tensión diafragmática.(5) Como resultado, el VC es menor en la posición vertical en comparación con la postura supina.(5)

Por lo tanto, en la postura erguida, las fuerzas de aposición se reducen en personas con tetraplejía tanto por una incapacidad para aumentar la presión abdominal debido a la falta de tono muscular abdominal y una disminución en la zona de aposición.

En pacientes con lesiones de la columna cervical, la función respiratoria requiere atención cuidadosa. El control respiratorio voluntario generalmente es posible con lesiones por debajo del segmento C4, aunque la parálisis de la musculatura abdominal da como resultado una disminución en la capacidad para toser y eliminar las secreciones, lo que más tarde puede conducir a una insuficiencia respiratoria.(7) Por lo tanto, las lesiones por encima de C5 por lo general requieren ventilación mecánica a largo plazo.(7)

Las personas con LMT exhiben volúmenes pulmonares y flujos bajos como resultado de la debilidad de los músculos respiratorios.(8) La reducción de la capacidad residual funcional se produce a expensas del volumen de reserva espiratorio, con un aumento compensatorio del volumen residual.(8) La pérdida del volumen de reserva espiratorio puede explicarse por la denervación de la musculatura abdominal y otros músculos necesarios para la exhalación forzada.(8)

El factor tiempo es importante debido a que la función pulmonar de los pacientes tetrapléjicos tendría que mejorar a medida que la flacidez muscular asociada con la fase inicial del shock espinal se convierte en la espasticidad de músculos paralizados; este aumento en el tono muscular afecta los músculos intercostales y abdominales y da como resultado en una disminución en el volumen al final de la espiración y una contracción diafragmática más efectiva.(9)

Comúnmente, la respiración de pacientes con parálisis diafragmática exhibe un movimiento paradójico del abdomen: la pared abdominal se retrae durante la inspiración y sobresale durante la fase de espiración.(10) Este patrón es el resultado de una falta de activación motora espinal de los intercostales externos combinados con la distensibilidad excesiva de la pared abdominal debido a la contracción muscular débil.(10) Estas alteraciones en la pared torácica, pulmones y distensibilidad abdominal en la tetraplejía se asocian con un aumento en el trabajo de la respiración y puede contribuir a fatiga de los músculos respiratorios.(10)

Las LMT completas sobre el nivel de C5 requieren intubación en prácticamente el 100% de los casos.(7,11) Se recomienda la intubación electiva precoz, ya que, cuando el paciente desarrolla dificultad respiratoria aumenta el riesgo de daño neurológico debido a la manipulación inadecuada del cuello o por hipoxia asociada a la insuficiencia respiratoria. (11)

Se considera TQT precoz cuando es realizada antes del día 7 de VMI. (12) En pacientes con LME traumática la TQT precoz se asoció con una duración más corta de VMI, menor estancia en la UCI y disminución de las complicaciones laringotraqueales.(12)

Aunque los criterios de desvinculación no son definitivos para el paciente cuadripléjico, la ecografía en modo M del diafragma puede ser útil para identificar pacientes con alto riesgo de dificultad para la desvinculación. La disfunción diafragmática (excursión vertical menor a 10 mm o movimientos paradójicos) produce fracasos frecuentes en la desvinculación temprana y tardía.(13)

El inicio de la desvinculación y la estrategia a emplear está determinada por la fisiopatología respiratoria de la lesión medular (LM), el nivel de la lesión y el grado de función respiratoria en el momento en que se inicia la desvinculación.(14) Por lo tanto, la función respiratoria debe evaluarse antes y durante la desvinculación.(14) Los mejores parámetros para su valoración se derivan de la gasometría arterial, la capnografía, pruebas de función pulmonar y la efectividad de la tos.(14)

El fallo de desvinculación es definido como requerimiento de soporte del ventilador debido al fracaso de pruebas de respiración espontánea o necesidad de reinicio de la VMI dentro de los 7 días posteriores a la desvinculación(15).

Hoy en día la desvinculación de la VMI se clasifica según WIND(15). A propósito de este caso, se lo considera como una desvinculación prolongada dentro del grupo 3. En la población general, se incluyen en este grupo, pacientes que no tuvieron una desvinculación exitosa dentro de la primera semana de intento de separación de la ventilación mecánica. Este grupo de pacientes presenta una tasa de desvinculación exitosa del 61,7%, pero una mortalidad del 29.8%.(15)

Teniendo en cuenta este pronóstico se buscó plantear una estrategia de desvinculación utilizando ventilación proporcional asistida (PAV según su siglas en inglés), específicamente en este caso el modo PAV+® disponible en los respiradores Puritan Bennett®, éste es un modo espontáneo de ventilación mecánica diseñada principalmente para responder a cambios en la demanda ventilatoria del paciente.(16) Brinda un soporte sincronizado, donde la asistencia es instantánea en respuesta a los esfuerzos respiratorios de los pacientes.(16)

Debido a sus principios de funcionamiento, permite estimar la presión generada por los músculos respiratorios. El algoritmo del respirador hace micropausas a fin de inspiración donde se estima la *compliance* y resistencia del sistema respiratorio.

Se puede obtener un nivel conocido de esfuerzo muscular a través de la observación de la barra de trabajo planteada por el fabricante o a través del cálculo de presión muscular y producto presión tiempo plantado por Carteaux.(3) Ambos métodos son válidos para estimar la correlación entre el nivel de ganancia y el esfuerzo que tiene que afrontar el paciente.

Por lo tanto, la presión aplicada a las vías respiratorias durante la inspiración es proporcional a la presión aplicada a los músculos inspiratorios, esta presión aplicada por el ventilador mecánico aumenta si aumenta el esfuerzo del paciente.(16)

Estudios indican que el método PAV+® es una alternativa válida para su uso como prueba de respiración espontánea cuando se lo comparó con pruebas en tubo en T (TT) y presión de soporte (PC-CSV según la taxonomía de los modos en inglés), ya que no se encontraron diferencias significativas en la tasa de fallo de extubación, duración de la VMI, duración en la estadía en unidad de cuidados críticos y hospitalaria.(17–19).Sin embargo, estos datos obtenidos no se aplican específicamente a la población de pacientes con LMT.

III. HIPÓTESIS.

El uso de PAV+® como modo ventilatorio de soporte parcial en pacientes con ventilación mecánica prolongada asociado a lesión medular tiene efectos beneficiosos al adaptarse a la capacidad ventilatoria del mismo, permitiendo que este asuma cargas progresivas hasta la desvinculación.

A propósito de esta hipótesis el presente trabajo intentará plantear la utilidad modo ventilatorio PAV+® en el proceso de desvinculación de ventilación mecánica prolongada; partiendo de un caso clínico dónde quedó demostrado el beneficio de su empleo y establecer las bases científicas basándose en la búsqueda bibliográfica realizada para avalar la conducta implementada.

IV. OBJETIVOS.

IV.a Objetivo general:

- Describir la utilización del modo de soporte ventilatorio parcial PAV+® como método de desvinculación de la ventilación mecánica invasiva prolongada asociada a lesión medular traumática cervical.

IV.b Objetivos específicos:

- Conocer la eficacia de modo ventilatorio PAV+® en el proceso de desvinculación de ventilación mecánica prolongada en paciente con lesión medular.
- Explorar la evidencia científica disponible sobre el uso de PAV+® en pacientes con lesiones de la médula espinal.
- Describir los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas tras la implementación de la intervención propuesta.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un reporte de caso clínico descriptivo con revisión de bibliografía y literatura consultando artículos científicos publicados en las bases de datos Pubmed; Medline; Scielo, Biblioteca Virtual en Salud (BVS), Biblioteca Electrónica de MinCyT y otras como Google Académico entre los años 2010 y 2022 para dar bases científicas a las conductas terapéuticas llevadas a cabo.

V.I PALABRAS CLAVES

Palabras claves	DeCS	MeSH	Términos libres
Lesión de la medula espinal	Lesión espinal	Spinal cord injuries	Lesión Medular Espinal
Ventilación proporcional asistida	Ventilación proporcional asistida		Ventilación Asistida Proporcional Assisted proportional ventilation
Desvinculación de ventilación mecánica	Desvinculación de ventilación mecánica	Ventilator weaning	Desvinculación
Disfunción diafragmática	Disfunción diafragmática		diaphragmatic dysfunction

V.II COMBINACIONES UTILIZADAS

V.II.I Combinación de términos libres

- Assisted proportional ventilation AND spinal cord injuries.
- Assisted proportional ventilation AND Weaning.

- Spinal cord injuries AND Weaning.
- Assisted proportional ventilation AND Weaning AND Spinal cord injuries.

V.II.II Combinaciones mesh

1) ("Spinal Cord Injuries"[Mesh]) AND "Ventilator Weaning"[Majr]

2) ("Spinal Cord Injuries"[Mesh]) AND "Ventilator Weaning/epidemiology"[Mesh]

V.III FUENTES DE CONSULTA

- Pubmed.
- Scielo.
- Biblioteca Electrónica de MinCyT.
- Biblioteca Virtual en Salud (BVS).

VI. PRESENTACIÓN DEL CASO CLÍNICO

Paciente masculino de 31 años, tabaquista, sin otros antecedentes de jerarquía. Ingresó a la unidad de cuidados intensivos (UCI) trasladado por el servicio de emergencias por accidente en la vía pública moto-arbol en contexto *in itinere*, con camilla de inmovilización y collarín cervical.

VI.I Evaluación inicial

A la evaluación presentó escala de coma de Glasgow(GCS) 10/15 puntos, cuadriplejía flácida y mala mecánica respiratoria, el servicio de UCI decidió proceder a la intubación orotraqueal y vinculación a VMI. Posterior a esto se realizó resonancia magnética (RM) de cráneo (Figura 1) y columna (Figura 2 y 3) de urgencia donde se observó fractura conminuta de cuerpo de C5, fractura con desplazamiento de ambas láminas con compromiso de canal medular, el cual mide 13mm de diámetro anteroposterior. Inicialmente presentó una clasificación ASIA tipo A. (ver Anexo 1).

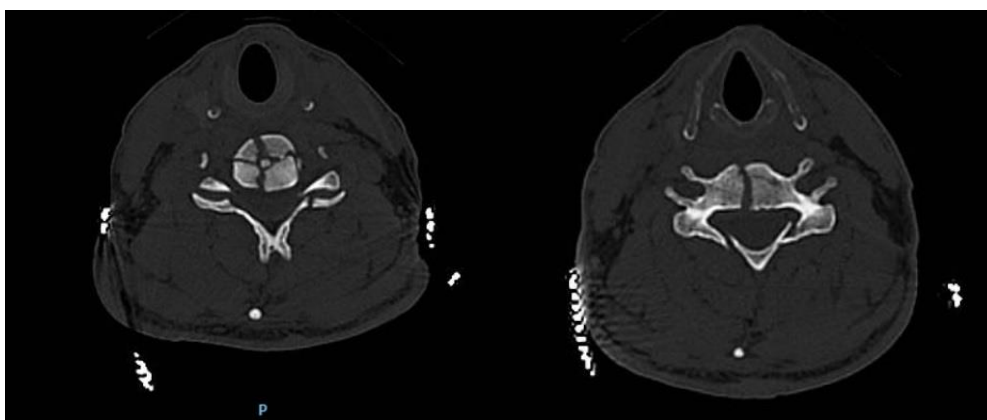


Figura 1. Corte axial de resonancia de cráneo donde se observa fractura conminuta de cuerpo vertebral de C5 y fractura con deslizamiento de láminas.

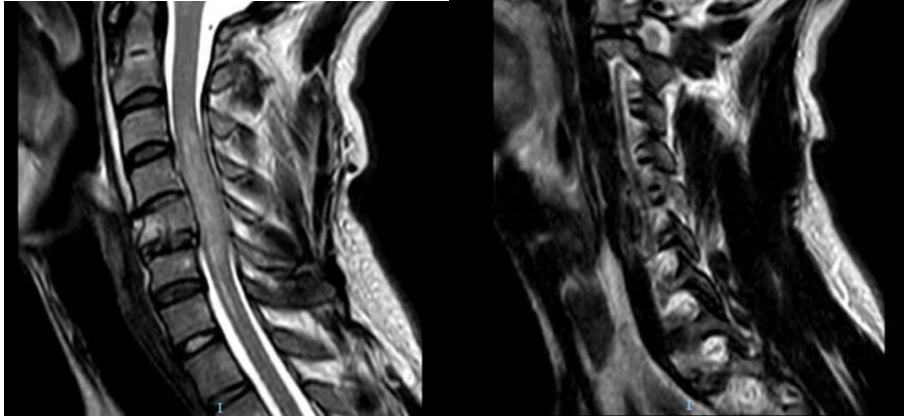


Figura 2. Corte sagital de RM de columna donde se observa fractura conminuta de cuerpo vertebral de C5. Figura 3. Corte sagital de RM de columna donde se observa compromiso y estrechamiento del canal medular.

En el mismo día se realizó fijación cervical anterior de urgencia a cargo del servicio de neurocirugía. (Figura 4)

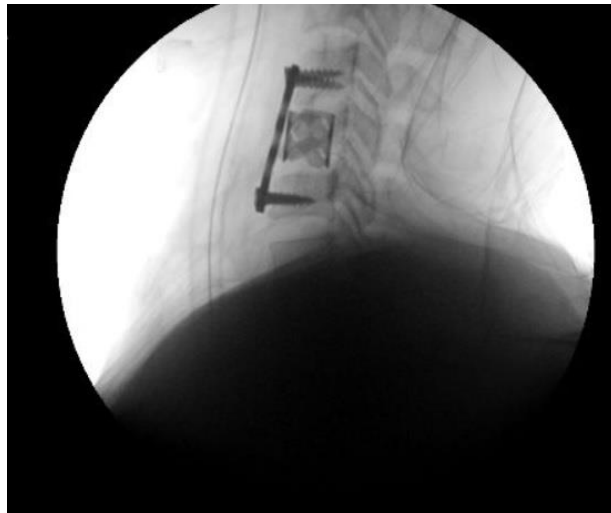


Figura 4. Radioscopia intraoperatoria de fijación de columna anterior con placa con tornillos C4- C6 y reemplazo de hueso con colocación de malla de titanio y hueso sustituto autólogo.

Posterior a la intervención quirúrgica, permaneció vinculado a VMI.

VI.II Plan de tratamiento

El tratamiento del paciente se destinó a plantear una estrategia para proceder a la desvinculación del mismo de la ventilación mecánica. Se inició precozmente posterior a la cirugía de fijación cervical. Como objetivo se buscó restaurar la ventilación espontánea a través de modo PAV+®.

A las 24 horas del procedimiento quirúrgico se realizó vacaciones de sedación, el paciente se despertó, respondió a órdenes simples, se decidió realizar medición de presión inspiratoria máxima (PIMAX) la cual es cancelada por el respirador por la ausencia de esfuerzo inspiratorio mayor al nivel de sensibilidad de disparo de flujo de 2 litros minutos (l/min). Se realizó medición de presión de oclusión de la vía aérea (P.01), la cual también fue cancelada. Se intentó colocar en modos espontáneos, tanto presión de soporte como PAV+® sin poder iniciar los ciclos respiratorios.

Se realizó una ecografía diafragmática en la cual se observó diafragma plano sin excursión del mismo en modo M y sin desarrollar engrosamiento en modo bidimensional (B).

Los días siguientes el paciente permaneció sin sedación, sólo con analgesia, vigil, respondiendo a órdenes simples, durante tres días en modo presión control mandatorio continuo (PC-CMV por sus siglas en inglés) sin presencia de disparos del respirador a cargo del paciente y sin respuesta a las evaluaciones funcionales respiratorias.

Debido al nivel de lesión medular, analizando la necesidad de VMI prolongada, se decidió la realización de una TQT percutánea precoz en el día 3 de VMI y gastrostomía para alimentación. Se colocó una cánula de TQT marca Portex® Blue Line Ultra®, la misma cuenta con endocánula, puerto de aspiración subglótica y balón de neumotaponamiento. (Figura 5)



Figura 5. Kit de cánula de TQT Portex® modelo Blue Line Ultra® con endocánulas, cinta de fijación y cepillo para limpieza de material.

Se continuó realizando pruebas de tolerancia a modos espontáneos diariamente sin lograr el disparo del respirador. Al día 5 de evolución se decidió realizar prueba de deglución con semisólidos con balón de neumotaponamiento inflado, la cuál es negativa para broncoaspiración ya que no se observaron restos de alimentos en la cavidad oral ni se aspiraron por el puerto de aspiración subglótica. Continúa con dieta semisólida complementaria a la alimentación enteral por gastrostomía.

Como complicación intercurrió con neumonía asociada a la VMI. Con rescate positivo para *Haemophilus influenzae*. Comienza con antibioticoterapia dirigida. (Figura 6).



Figura 6. Radiografía de tórax donde se observa imagen consolidativa en base pulmonar derecha debido a neumonía asociada a la VMI con rescate bacteriológico positivo.

A los 7 días de VMI, se observó mejoría en la motilidad de miembros superiores (MMSS) a nivel motor C5, sin lograr disparo del respirador, se decidió evaluar tolerancia a prueba de respiración espontánea (PRE) en TT con aporte de 5l/min de oxígeno suplementario con humidificador Intersurgical® tipo Hydro Track®. A los 5 minutos el paciente presentó saturación de oxígeno de pulso de 98%, frecuencia respiratoria de 29 por minuto, se observó patrón respiratorio rápido y superficial, tensión arterial sistólica de 142mm Hg, tensión arterial diastólica de 69mm Hg, frecuencia cardíaca de 70 respiraciones por minuto, dióxido de carbono exhalado (etCO₂) 52mm Hg. Se decide revincular a VMI.

Al día siguiente se colocó en modo PAV+®, siguiendo las directrices planteadas por Carteaux y col. (3) y Georgeopoulus y col. (20), los cuáles plantean iniciar con

niveles de ganancia de 50% a 70% respectivamente, no se logró adaptar a los requerimientos del paciente, generando disconfort respiratorio, aumento de frecuencia respiratoria y cardíaca, y desaturación, por lo cual es restituido a modo PC-CMV.

El día 9 de VMI, se realizó una nueva PRE en TT con 3l/min de aporte de oxígeno la cual dura tan solo 3 minutos y se conectó a al respirador por caída de la saturación y aumento de uso de músculos accesorios. Se midió presión inspiratoria PIMAX la cual arrojó un valor de -9 cm H₂O y una P0.1 de -0.3 cm H₂O.

Teniendo en cuenta estas mediciones, al 10º día de VMI se decidió iniciar la estrategia de PAV+® con un 80% de ganancia, donde el paciente realiza el 20% del trabajo respiratorio y el 80% restante está a cargo del respirador en base a las mediciones automatizadas que el mismo realiza y a raíz de las cuales autoajusta la asistencia para siempre proporcionar la entrega definida.

Con este porcentaje de asistencia el paciente toleró 1 hora y 15 minutos en modo PAV+®, se realizó un estado ácido base arterial (EAB) de control el cual arrojó los siguientes resultados: ph 7.44, presión arterial de dióxido de carbono(PaCO₂) 36 mm Hg, presión arterial de oxígeno (PaO₂) 70mm Hg, saturación arterial de oxígeno (SatO₂) 94%, bicarbonato real(HCO₃⁻) 24 mEq/l, exceso de base(EB) 0.8 mEq/l, se decidió pasar a modo PC-CMV, ya que el paciente se encontraba en el sector de subasistencia de la barra de trabajo con el porcentaje de ganancia del 80%. Durante el turno tarde se decidió volver a colocar al paciente en PAV+® pero no se logró adaptar al mismo ya que el paciente refería cansancio y al intentar colocarlo al 80% permanecía en el rango de subasistencia.

Considerando que 75 minutos fue el tiempo máximo de tolerancia al modo PAV+® con un factor de ganancia constante del 80%, se tuvo en cuenta que 60 minutos fue el 80% del total del tiempo tolerado y se lo dividió en tres estímulos diarios con descansos en PC-CMV. De esta forma se buscó sumar cantidad de estímulos diarios sin que el paciente manifieste cansancio y sin que se sobrepase el nivel de la barra de trabajo al área de subasistencia.

Se progresó aumentando la duración de los tres estímulos incrementando un 30% diario la duración de los mismos, (día 11: 20 min; día 12: 26 min, día 13: 33 min, día 14: 42 min, día 15: 55 min, día 16: 72 min).

Al día 14 de VMI, se realizan nuevas mediciones de PIMAX: 30cm H₂O, P.01 -2.3 cm H₂O. Intercurrió nuevamente con infección respiratoria, en esta oportunidad por *Acinetobacter baumannii* donde se realizó antibioticoterapia por vía inhalatoria y sistémica.

A los 17 días de VMI lograron realizar 3 períodos que superaban la hora de PAV+® con PC-CMV en los momentos de intervalo. Se realizaron mediciones con sensor de flujo FluxMed® el cuál arrojó una medición de PIMAX: -43.1 cm H₂O y P0.1 de -2.3 cm H₂O tras 1.15h de PAV+® al 80% de ganancia.

Tras completar los períodos de una 1.15h, debido a la buena tolerancia del paciente y al no entrar en área de subasistencia de barra de trabajo, se aumentaron progresivamente de a 30 minutos la duración de los estímulos en PAV+®.

Continuando con esta estrategia al día 23 de VMI se logró colocar al paciente en PRE en TQT en T, con aporte de oxígeno suplementario a 5l/min y se realizaron controles de EAB. A la hora de PRE se obtuvo el siguiente EAB: pH 7.37, PaCO₂ 37mm Hg, PaO₂ 263 mm Hg, SatO₂ 99%, HCO₃⁻ 21 mEq/l, EB -3.2 mEq/l, se disminuyó el aporte de oxígeno suplementario a 3l/m. A las 2HS TT: pH 7.40, PaCO₂ 30mm Hg, PaO₂ 165 mm Hg, SatO₂ 99%, HCO₃⁻ 19mEq/l, -4.4 mEq/l. A las 7HS: pH 7.37, PaCO₂ 41, PaO₂ 178mmHg, SatO₂ 99%, HCO₃⁻ 24 mEq/l, EB -1 mEq/l. Se realizaron mediciones con FluxMed® PIMAX: -60.5cm H₂O, P0.1 -4 cm H₂O. Índice de respiración rápida y superficial: 56-61 min/L, VC 295-350ml. FR: 16-20. Debido a tolerar 7 horas con estos parámetros se decidió vincular a VMI en modo PC-CMV para descanso.

Al día 24 del evento se decide derivación a Centro de Rehabilitación integral con Unidad de Desvinculación de ventilación mecánica y cuidados respiratorios para continuar con el proceso de desvinculación de la VMI.

Debido a la ausencia de modo PAV+® en el centro al que se derivó, y teniendo en cuenta la duración de prueba de respiración espontánea de 7 horas del día previo a la derivación se decidió como estrategia la realización de PRE en TQT en T con humidificador Intersurgical® modelo HydroTrack® y aporte suplementario de oxígeno y vinculación nocturna a modo PC-CMV.

A las 24hs de ingreso al centro de desvinculación se realizó EAB durante la PRE el cual informó: pH: 7.34; PaCO₂: 45 mm Hg; P02: 74,1 mm Hg; HCO₃⁻: 24,6 mEq/L; SatO₂ 93.8%; EAB -1.1 mEq/L.

Al día 26 posterior al evento el paciente logró pasar la noche desvinculado de VMI. Sólo se admitió a través de humidificador pasivo mínimo aporte de oxígeno a 0.5l/min para satO₂ de pulso de 97%. Por la mañana se realizó EAB: pH 7,385, PaCO₂ 46,7 mm Hg, PaO₂ 63 mm Hg, HCO₃⁻ 27,9 mEq/L, EB 2,9 mEq/L, SatO₂ 91,2%.

Al día 30 continuó sin requerimiento de VMI, se desinfló el balón de neumotaponamiento y se colocó tapón traqueal durante todo el día. SatO₂ 98% aire ambiente con buena tolerancia y buena entrada bilateral de aire.

Se realizó prueba de azul negativo para broncoaspiración. El paciente pasó la noche con válvula fonatoria bien tolerada, EAB: PH 7.4, PaCO₂ 44 mm Hg, PaO₂ 88.9 mm Hg, HCO₃⁻ 29.6 mEq/l, EB 5.4 mEq/l, SatO₂ 97.1%.

VII.III Resultados

Se logró la desvinculación del paciente del respirador a los 26 días de iniciada la VMI.

El paciente evolucionó favorablemente, el servicio de la Unidad de desvinculación y cuidados respiratorios logró la decanulación del paciente a los 148 días del evento con necesidad de asistencia para la tos a través de dispositivo Cough Assist E70®.

Los días totales con presencia de cánula de traqueostomía fueron 145.

A los 6 meses del evento el paciente se encuentra aún en centro de Rehabilitación Integral con motivo de su rehabilitación motora y funcional. Desde el punto de vista respiratorio no requiere de aspiración de secreciones ni asistencia respiratoria mecánica. La clasificación de ASIA definitiva de este paciente es tipo B, ya que presenta sensibilidad por debajo del segmento lesionado.

VII. RESULTADOS DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA DISPONIBLE

Como estrategia de búsqueda se debieron utilizar términos libres ya que como términos Mesh sólo se encontró “*Spinal cord injury*” y “*Ventilator weaning*”.

- Dentro de las combinaciones de términos libres:

1º Combinación: Assisted proportional ventilation AND spinal cord injuries, arrojaron 4 artículos dentro de los cuales en ninguno se utilizó la estrategia PAV+®.

2º Combinación: Assisted proportional ventilation AND Weaning. Arrojó 61 resultados, de los cuales se utilizaron 7 para la discusión.

3º Combinación: Spinal cord injuries AND Weaning. Arrojó 106 resultados, de los cuales se utilizaron 18 para el desarrollo de esta tesis.

4º Combinación: Assisted proportional ventilation AND Weaning AND Spinal cord injuries arrojó 0 resultados.

- Dentro de las combinaciones Mesh:

1º Combinación: Arrojo un total de 25 artículos, de los cuales fueron utilizados para la discusión 6 de ellos.

2º Combinación: Arrojo un total de 0 artículos.

Con la totalidad de artículos encontrados a través de la estrategia de búsqueda, se culminó con un total de 13 artículos ya que el resto fueron descartados por los siguientes motivos:

- Se leyó el abstract y el título, y los que no correspondían con el objetivo de este escrito fueron descartados.
- Por más que el título y el abstract se asemejaban con los objetivos de la tesis, se leyó el escrito y no correspondían.
- Artículos repetidos por estrategias de búsqueda previa fueron descartados.

VIII. DISCUSIÓN

En base a este caso clínico planteado, se plantea una alternativa para la desvinculación de la VMI en pacientes con LMT. Se pudo observar que a pesar de no existir evidencia disponible del uso de PAV+® en esta población, al ajustarse al esfuerzo del paciente y su capacidad se logró la desvinculación progresiva del mismo.

Este caso abre la puerta a debatir y tener en cuenta el uso de PAV+® como herramienta en la desvinculación de los mismos.

La tasa de desvinculación de la VMI en pacientes lesionados medulares es del 63% y en centros de rehabilitación del 82%.⁽²⁾ En este caso, si bien la desvinculación total se concluyó en el centro de la rehabilitación, esta fue a los 3 días de su ingreso al mismo y el paciente toleraba desvinculaciones de 7 horas en la UCI previo a la derivación.

En la revisión de la literatura no se describen protocolos de desvinculación de estos pacientes, sólo se menciona como estrategia el aumento progresivo de la duración de PRE. Dentro de estas estrategia se plantea alternar entre periodos de PRE en TT, alternancia entre TT y ventilación mandatoria intermitente (SIMV por sus siglas en inglés), el uso de presión continua en la vía aérea (CPAP por sus siglas en inglés) o ventilación en modo presión soporte. (PC-CSV por su taxonomía en inglés).^(14,21–26).

Al momento de redactar esta tesis, los criterios de búsqueda bibliográfica no arrojaron artículos científicos que mencionen la implementación de PAV+® en esta población de pacientes. Si se plantea como estrategia de desvinculación en otras patologías y muestra no inferioridad frente a estrategias comúnmente utilizadas como son la prueba TT y el uso de PC-CSV.^(17–19)

También se plantean protocolos de rehabilitación que combinen tanto la terapia respiratoria como física y entrenamiento de músculos respiratorios, pero sin describir los protocolos utilizados.^(2,26–28).

Gundogdu y col. ⁽²⁸⁾ describieron el entrenamiento de músculos respiratorios para facilitar la desvinculación de la VMI. Durante el mismo se desinflaron los balones de neumotaponamiento de TQT y se retiró el ventilador a los pacientes dependientes de VMI. Se colocó un tapón de TQT y una una pinza nasal, a través de la boca se utilizó un dispositivo Threshold® para las sesiones. Las mismas se realizaron con el paciente en cama con una inclinación de cabeza hacia arriba de aproximadamente 30 a 45 grados después de la higiene bronquial. Se utilizó un dispositivo umbral con sesiones de entrenamiento que consistieron en 10 repeticiones, tres veces al día, cinco días a la semana hasta la decanulación del paciente. Se agregó oxígeno suplementario y los

pacientes dependientes de VMI regresaron a VMI. Esto no sería aplicable en el caso presentado ya que no se cuenta en el servicio con un equipo de entrenamiento de músculos inspiratorios.

Wallbom y col.(29) describieron que el enfoque de estos pacientes debe basarse en una comprensión neuromuscular y biomecánica de sus necesidades, especialmente en la fase temprana de una LME. Ellos como protocolo de desvinculación realizaron una prueba inicial de 15 a 30 minutos, con la PIMAX y capacidad vital (CV) medidas inicialmente y se midió la CV 30 minutos inmediatamente después de la prueba. Luego de esto aumentaban 1 hora dos veces al día durante las primeras 72hs. Si la CV disminuía en un 25% desde el inicio de la prueba el paciente debía ser colocado nuevamente en VMI. Los pacientes debían tener un descanso de 3hs entre las pruebas durante las primeras 72hs.(29) El promedio de días hasta el destete desde el ingreso fue de 22,3 días (DE =61.2) con un rango de 0 a 434 días. Había una tendencia hacia un tiempo más corto para el destete individuos con tetraplejía C4, $19,9 \pm 63,7$ días (rango, 0-434), en comparación con tetraplejía C3, $39,5 \pm 47,0$ días (rango, 0-123); esto no fue estadísticamente significativo, $t(1) = 0,836$, $p = 0,41$. (29)

Ante la falta de protocolos claros, se planteó adaptar la capacidad del paciente y la tolerancia a las PRE a un plan de desvinculación progresivo realizando las mismas en modo PAV+®, en un rango de tolerancia y sin llegar a la fatiga del paciente. Se tuvo en cuenta la individualización de la carga y la progresión de la misma en base al rango de normoasistencia y la clínica del paciente, como plantea Georgopoulos(20) y el fabricante del modo ventilatorio.

Dentro de los predictores de desvinculación en esta población se plantea el número de comorbilidades, el nivel de lesión cervical (C1-C3 vs C4-C7), frecuencia cardíaca, presencia de TQT, atención precoz de la lesión medular, lesión completa, menor volumen tidal, presión positiva al final de la espiración(PEEP) elevada dentro de las primeras 24hs de VMI como factores asociados a requerimiento de VMI prolongada. (2)

También se presentan como criterios para la desvinculación CV de al menos 15 ml/kg, gasometría arterial sin signos de hipoxemia o hipercapnia, radiografía de tórax normal, máxima fracción de oxígeno inspirado(FIO₂) del 25% en el ventilador.(29)

El paciente no presentaba enfermedades preexistentes, el nivel de lesión medular C5 permitió la posibilidad de recuperación diafragmática, se utilizaron niveles

de VT de protección pulmonar de 6 a 8 ml/kg, al momento de comenzar con las PRE, presentaba fracción inspirada de oxígeno del 25% (ver Anexo 2), con lo cual cumplía con los criterios de desvinculación planteados por la bibliografía citada.

La alta tasa de éxito del destete en los centros de rehabilitación puede reflejar que las LME de niveles más altos se destetan tardíamente después de la resolución de la parálisis flácida aguda inducida por denervación, y después del entrenamiento del diafragma, o lesiones torácicas y cervicales inferiores, que también pueden requerir ventilación mecánica, debido a la dificultad respiratoria asociada a la pérdida de la función de los músculos abdominales. En este caso se logró comenzar con las PRE al momento que comenzó a recuperarse de la parálisis flácida, anterior a eso no se habían realizado debido a que el paciente no lograba disparar el respirador a pesar de presentar un GCS 15/15, estaba orientado en tiempo y espacio y respondía a órdenes simples.

Si bien PC-CSV es la modalidad más utilizada al momento de la desvinculación de la VMI, esta proporciona un soporte constante durante la ventilación. En contraposición a esto PAV+® se adapta instantáneamente a cambios en la demanda del paciente y mejora la interacción paciente ventilador.(19)

Aguirre Bermeo y col.(30) Compararon ambas estrategias en el proceso de desvinculación, no existieron diferencias en la duración total de VM (10 [5-18] días en PC-CSV frente a 9 [7-19] días en PAV+®; $p = 0,85$). Tampoco existieron diferencias en términos de reintubación (5 [31%] en PC-CSV frente a 3 [19%] en PAV+®; $p = 0,69$) ni de mortalidad (4 [20%] en PSV frente a 5 [25%] en PAV+®; $p = 1$). Ocho pacientes (40%) en PC-CSV y 6 en PAV+® (30%) ($p = 0,74$) presentaron deterioro clínico y requirieron regresar a la modalidad asistida controlada por volumen. No existen diferencias estadísticamente significativas en la duración de la VMI. Estos datos demuestran que estas 2 modalidades, de la manera en que se han utilizado, son clínicamente similares.(30)

O-Yang y col.(18) realizaron un metaanálisis donde compararon PAV+® y presión de soporte en la desvinculación de la VMI de pacientes adultos. Los estudios incluidos evaluaron a 634 pacientes asignados al azar a dos intervenciones: 326 pacientes que recibieron PAV como el método de destete y 308 recibiendo PC-CSV. La tasa de éxito de desvinculación fue significativamente mayor en los pacientes sometidos a PAV en comparación con pacientes sometidos a PC-CSV.

Kataoka y col(31) realizaron un metaanálisis comparando modos de ventilación proporcional asistida, PAV+® y ventilación ajustada neuralmente (NAVA de sus siglas en inglés) frente a PC-CSV, los resultados primarios fueron índice de asincronía (IA), fracaso de la desvinculación y duración de la VMI. El uso de modos proporcionales se asoció con una reducción de pacientes con IA>10% (RR 0,15; IC 95% 0,04-0,58; p=0,006; PAV+®: dos estudios y NAVA: cinco estudios), en comparación con PC-CSV. Hubo una heterogeneidad significativa entre los estudios de IA, especialmente con NAVA. En comparación con el PC-CSV, el uso de modos proporcionales se asoció con una reducción del fracaso del destete (RR 0,44; IC 95 % 0,26–0,75; p=0,003; PAV+®: tres estudios) y duración de la VMI (DMP -1,78 días; IC del 95 %: -3,24 a -0,32; p=0,017; PAV+®: tres estudios y NAVA: dos estudios). Se encontró una duración reducida de la VMI con PAV+® pero no con NAVA. El uso de modos proporcionales se asoció a una reducción de la incidencia con IA>10%. Sin embargo, la reducción del fracaso de la desvinculación y la duración de VMI se encontraron solo con PAV.

Texzira y col. (17) no observaron diferencias significativas entre las PRE realizadas en TT, PAV+® y PS-CSV en cuanto a la tasa de fracaso de la extubación, duración de la mecánica ventilación y estancia en UCI y hospitalaria, lo que indica que la PAV+® es una alternativa para su uso como PRE.

Bosma y col. (19) compararon la fisiología, la tasa de fracaso, seguridad y factibilidad de protocolos que utilizan prueba de respiración espontánea diaria en PC-CSV frente a PAV+® hasta la interrupción de la ventilación. De 54 pacientes aleatorizados, la mediana del tiempo desde la aleatorización hasta la extubación exitosa fue de 3,9 días (2,8–8,4 días) PAV+® frente a 4,9 días (2,9-26,3 d) con PC-CSV (p = 0,39). El tiempo de vida al alta de la UCI fue de 7,3 días (5,2–11,4 d) en PAV+® frente a 12,4 días (7,5-30,8 d) en PC-CSV (p = 0,03). Si bien fue un estudio piloto demuestra la utilidad, seguridad y viabilidad de los protocolos de desvinculación y proporciona información importante para guiar el diseño de un futuro ensayo controlado aleatorio comparar la desvinculación de la VMI con ventilación con PC-CSV versus PAV+®.

El método de titulación del factor de ganancia seleccionado para el uso de PAV+® fue la visualización de la barra de trabajo propuesta por el fabricante. En la misma se observó el nivel de normoasistencia y se realizó hincapié en que no se sobrepasara al área de subasistencia mayor a 0.7 J/lt (ver Anexo 3).

Tal vez, habría sido una alternativa más completa realizar la titulación basándonos en los cálculos de presión muscular y producto presión tiempo propuestos

por Carteux quién mostró que ajustar el nivel de asistencia para mantener un límite predefinido presión muscular es factible, simple y, a menudo, suficiente para ventilar pacientes hasta la extubación.(3)

El promedio de días de VMI descrito utilizando estrategias de PRE en TT o CPAP es de 27 días. La estadía en UCI de 23 días y la estadía hospitalaria de 44.(2) En este caso, utilizando la estrategia propuesta que realiza PRE en modo PAV+® se logró la desvinculación de la ventilación mecánica a los 26 días y la estadía hospitalaria fue de 23 días.

En promedio se estima que se traqueostomizan el 81% de los pacientes con LMT cervical y el 30% de los mismos se logra descanular.(2) Jones y col.(32) registraron y analizaron pacientes que ingresaron en un período de 15 años, aquellos con LME en segmento C5 o superiores requirieron de ventilación mecánica prolongada y presentaron una desvinculación dificultosa con lo cual la indicación de la traqueotomía temprana facilitó la atención de los mismos y su proceso de desvinculación de la VMI.

En el caso de este paciente, el mismo se traqueostomizó de forma precoz posterior a la realización de la fijación cervical. Estudios describen como complicación la infección de la zona quirúrgica asociada a la TQT pero no se reportó en este paciente.(33,34) A su vez, la TQT precoz posibilitó el descenso de sedación, la evaluación neurológica del paciente y el inicio de la estimulación de la deglución en el mismo.

La complicación más reportada en estos pacientes es la neumonía asociada a la ventilación mecánica con una incidencia del 36%.(2) El paciente presentó en dos oportunidades esta complicación.

IX. CONCLUSIÓN

La desvinculación de VMI de pacientes con LME cervical con modo PAV+® debe considerarse como una estrategia terapéutica que se ajusta de manera individualizada y proporcional a la demanda ventilatoria del paciente y su capacidad funcional sin haber encontrado diferencias significativas en cuanto a días de VMI y días de internación en UCI.

Para seleccionar correctamente el ajuste del factor de ganancia, no sólo se debe monitorizar la barra de trabajo propuesta por el fabricante, también se deben realizar cálculos de presión muscular y producto presión tiempo para confirmar que el valor seleccionado sea el que más se ajuste a la capacidad de tolerar la carga del paciente.

Para optimizar el monitoreo, es necesario que el servicio cuente con un protocolo de implementación y seguimiento del paciente en modo PAV+®, con el objetivo de tener el factor de ganancia óptimo y no subasistir o sobreasistir al paciente durante su vinculación a la VMI, como así también lograr el descenso del factor de ganancia hasta lograr la desvinculación de la VMI.

Es de suma importancia contar con un servicio de Kinesiología que además de permanecer las 24 hs, haya realizado la curva de aprendizaje en relación a la implementación de éste modo ventilatorio, no sólo en esta población, sino en todo aquel que se beneficie de su uso al momento de la desvinculación de la VMI.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


1. Lee BB, Cripps RA, Fitzharris M, Wing PC. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate. *Spinal Cord*. febrero de 2014;52(2):110-6.
2. Schreiber AF, Garlasco J, Vieira F, Lau YH, Stavi D, Lightfoot D, et al. Separation from mechanical ventilation and survival after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care*. 24 de octubre de 2021;11(1):149.
3. Carreaux G, Mancebo J, Mercat A, Dellamonica J, Richard JCM, Aguirre-Bermeo H, et al. Bedside adjustment of proportional assist ventilation to target a predefined range of respiratory effort. *Crit Care Med*. septiembre de 2013;41(9):2125-32.
4. Kirshblum S, Snider B, Rupp R, Read MS, International Standards Committee of ASIA and ISCoS. Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury: 2015 and 2019. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. agosto de 2020;31(3):319-30.
5. Winslow C, Rozovsky J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. *Am J Phys Med Rehabil*. octubre de 2003;82(10):803-14.
6. Loring SH. Coordination of Respiratory Muscles. En: Rügheimer E, editor. *New Aspects on Respiratory Failure*. Berlin, Heidelberg: Springer; 1992. p. 227-32.
7. Como JJ, Sutton ERH, McCunn M, Dutton RP, Johnson SB, Aarabi B, et al. Characterizing the need for mechanical ventilation following cervical spinal cord injury with neurologic deficit. *J Trauma*. octubre de 2005;59(4):912-6; discussion 916.
8. Terson de Paleville DGL, McKay WB, Folz RJ, Ovechkin AV. Respiratory motor control disrupted by spinal cord injury: mechanisms, evaluation, and restoration. *Transl Stroke Res*. 1 de diciembre de 2011;2(4):463-73.
9. Galeiras Vázquez R, Rascado Sedes P, Mourelo Fariña M, Montoto Marqués A, Ferreiro Velasco ME. Respiratory management in the patient with spinal cord injury. *BioMed Res Int*. 2013;2013:168757.
10. Schilero GJ, Spungen AM, Bauman WA, Radulovic M, Lesser M. Pulmonary function and spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol*. 15 de mayo de 2009;166(3):129-41.
11. Velmahos GC, Toutouzas K, Chan L, Tillou A, Rhee P, Murray J, et al. Intubation after cervical spinal cord injury: to be done selectively or routinely? *Am Surg*. octubre de 2003;69(10):891-4.
12. Leelapattana P, Fleming JC, Gurr KR, Bailey SI, Parry N, Bailey CS. Predicting the need for tracheostomy in patients with cervical spinal cord injury. *J Trauma Acute Care Surg*. octubre de 2012;73(4):880-4.
13. Malas FÜ, Köseoğlu F, Kara M, Ece H, Aytakin M, Öztürk GT, et al. Diaphragm ultrasonography and pulmonary function tests in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*. agosto de 2019;57(8):679-83.

14. Chiodo AE, Scelza W, Forchheimer M. Predictors of ventilator weaning in individuals with high cervical spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2008;31(1):72-7.
15. Béduneau G, Pham T, Schortgen F, Piquilloud L, Zogheib E, Jonas M, et al. Epidemiology of Weaning Outcome according to a New Definition. The WIND Study. *Am J Respir Crit Care Med.* 15 de marzo de 2017;195(6):772-83.
16. Kacmarek RM. Proportional assist ventilation and neurally adjusted ventilatory assist. *Respir Care.* febrero de 2011;56(2):140-8; discussion 149-152.
17. Teixeira SN, Osaku EF, Costa CRL de M, Toccolini BF, Costa NL, Cândia MF, 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.* noviembre de 2015;60(11):1527-35.
18. Ou-Yang LJ, Chen PH, Jhou HJ, Su VYF, Lee CH. Proportional assist ventilation versus pressure support ventilation for weaning from mechanical ventilation in adults: a meta-analysis and trial sequential analysis. *Crit Care Lond Engl.* 14 de septiembre de 2020;24(1):556.
19. Bosma KJ, Read BA, Bahrgard Nikoo MJ, Jones PM, Priestap FA, Lewis JF. A Pilot Randomized Trial Comparing Weaning From Mechanical Ventilation on Pressure Support Versus Proportional Assist Ventilation. *Crit Care Med.* junio de 2016;44(6):1098-108.
20. Amargiannitakis V, Gialamas I, Pediaditis E, Soundoulounaki S, Prinianakis G, Vaporidi K, et al. Validation of a Proposed Algorithm for Assistance Titration During Proportional Assist Ventilation With Load-Adjustable Gain Factors. *Respir Care.* enero de 2020;65(1):36-44.
21. Füssenich W, Hirschfeld Araujo S, Kowald B, Hosman A, Auerswald M, Thietje R. Discontinuous ventilator weaning of patients with acute SCI. *Spinal Cord.* mayo de 2018;56(5):461-8.
22. Wang XR, Zhang Q, Ding WS, Zhang W, Zhou M, Wang HB. Comparison of clinical outcomes of tracheotomy in patients with acute cervical spinal cord injury at different timing. *Clin Neurol Neurosurg.* noviembre de 2021;210:106947.
23. Wang HC, Chen KY, Lin YT, Chen WF, Liaw MY, Lin YJ, et al. Factors Associated With Prolonged Mechanical Ventilation and Reventilation in Acute Cervical Spinal Cord Injury Patients. *Spine.* 1 de mayo de 2020;45(9):E515-24.
24. Korupolu R, Uhlig-Reche H, Achilike EC, Reeh C, Pedroza C, Stampas A. Factors Associated With Ventilator Weaning Success and Failure in People With Spinal Cord Injury in an Acute Inpatient Rehabilitation Setting: A Retrospective Study. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2022;28(2):129-38.
25. Kornblith LZ, Kutcher ME, Callcut RA, Redick BJ, Hu CK, Cogbill TH, et al. Mechanical ventilation weaning and extubation after spinal cord injury: a Western Trauma Association multicenter study. *J Trauma Acute Care Surg.* diciembre de 2013;75(6):1060-9; discussion 1069-1070.
26. Gómara-Toldrà N, Sliwinski M, Dijkers MP. Physical therapy after spinal cord injury: a systematic review of treatments focused on participation. *J Spinal Cord Med.* julio de 2014;37(4):371-9.


27. Chang JE, Park SH, Do SH, Song IA. Successful weaning from mechanical ventilation in the quadriplegia patient with C2 spinal cord injury undergoing C2-4 spine laminoplasty -A case report-. *Korean J Anesthesiol.* junio de 2013;64(6):545-9.
28. Gundogdu I, Ozturk EA, Umay E, Karaahmet OZ, Unlu E, Cakci A. Implementation of a respiratory rehabilitation protocol: weaning from the ventilator and tracheostomy in difficult-to-wean patients with spinal cord injury. *Disabil Rehabil.* junio de 2017;39(12):1162-70.
29. Wallbom A, Naran B, Thomas E. Acute Ventilator Management and Weaning in Individuals with High Tetraplegia. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 28 de diciembre de 2004;10(3):1-7.
30. Aguirre-Bermeo H, Bottiroli M, Italiano S, Roche-Campo F, Santos JA, Alonso M, et al. Ventilación con presión de soporte y ventilación proporcional asistida durante la retirada de la ventilación mecánica. *Med Intensiva.* 1 de agosto de 2014;38(6):363-70.
31. Kataoka J, Kuriyama A, Norisue Y, Fujitani S. Proportional modes versus pressure support ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care.* 10 de diciembre de 2018;8(1):123.
32. Jones TS, Burlew CC, Johnson JL, Jones E, Kornblith LZ, Biffi WL, et al. Predictors of the necessity for early tracheostomy in patients with acute cervical spinal cord injury: a 15-year experience. *Am J Surg.* febrero de 2015;209(2):363-8.
33. Ross J, White M. Removal of the tracheostomy tube in the aspirating spinal cord-injured patient. *Spinal Cord.* noviembre de 2003;41(11):636-42.
34. O'Keeffe T, Goldman RK, Mayberry JC, Rehm CG, Hart RA. Tracheostomy after anterior cervical spine fixation. *J Trauma.* octubre de 2004;57(4):855-60.

XI. ANEXOS

Anexo 1: Clasificación internacional de la lesión medular.



INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI)



Patient Name _____ Date/Time of Exam _____

Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES

Light Touch (LTR) Pin Prick (PPR)

UER (Upper Extremity Right)

Elbow flexors C5
 Wrist extensors C6
 Elbow extensors C7
 Finger flexors C8
 Finger abductors (little finger) T1

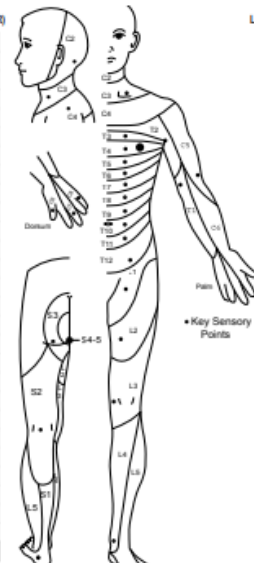
LER (Lower Extremity Right)

Hip flexors L2
 Knee extensors L3
 Ankle dorsiflexors L4
 Long toe extensors L5
 Ankle plantar flexors S1

(VAC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No)

RIGHT TOTALS (MAXIMUM)

LTR (50) PPR (50)



Disturbance

Pain

• Key Sensory Points

LEFT

MOTOR KEY MUSCLES

Light Touch (LTL) Pin Prick (PPL)

UEL (Upper Extremity Left)

Elbow flexors C5
 Wrist extensors C6
 Elbow extensors C7
 Finger flexors C8
 Finger abductors (little finger) T1

LEL (Lower Extremity Left)

Hip flexors L2
 Knee extensors L3
 Ankle dorsiflexors L4
 Long toe extensors L5
 Ankle plantar flexors S1

(DAP) Deep Anal Pressure (Yes/No)

LEFT TOTALS (MAXIMUM)

LTL (50) PPL (50)

MOTOR SUBSCORES

UER + UEL = UEMS TOTAL MAX (25) (25) (50)

LER + LEL = LEMS TOTAL MAX (25) (25) (50)

SENSORY SUBSCORES

LTR + LTL = LT TOTAL MAX (50) (50) (112)

PPR + PPL = PP TOTAL MAX (50) (50) (112)

NEUROLOGICAL LEVELS Steps 1-6 for classification are on reverse

1. SENSORY R L

2. MOTOR R L

3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NL)

4. COMPLETE OR INCOMPLETE? (In injuries with absent motor OR sensory function in S4-S5)
 Incomplete = Any sensory or motor function in S4-S5

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS)

6. ZONE OF PARTIAL PRESERVATION R L
 Most caudal levels with any innervation

Page 12 This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. REV 14/19

Muscle Function Grading

- 0 = Total paralysis
 1 = Palpable or visible contraction
 2 = Active movement, full range of motion (ROM) with gravity eliminated
 3 = Active movement, full ROM against gravity
 4 = Active movement, full ROM against gravity and moderate resistance in a muscle specific position
 5 = (Normal) active movement, full ROM against gravity and full resistance in a functional muscle position expected from an otherwise unimpaired person
NT = Not testable (i.e. due to immobilization, severe pain such that the patient cannot be graded, amputation of limb, or contracture of > 50% of the normal ROM)
0*, 1*, 2*, 3*, 4*, NT* = Non-SCI condition present *

Sensory Grading

- 0 = Absent 1 = Altered, either decreased/impaired sensation or hypersensitivity
 2 = Normal **NT** = Not testable
0*, 1*, NT* = Non-SCI condition present *

Note: Abnormal motor and sensory scores should be tagged with a "" to indicate an impairment due to a non-SCI condition. The non-SCI condition should be explained in the comments box together with information about how the score is related for classification purposes (at least normal / not normal for classification).

When to Test Non-Key Muscles:

In a patient with an apparent AIS B classification, non-key muscle functions more than 3 levels below the motor level on each side should be tested to most accurately classify the injury (differentiate between AIS B and C).

Movement	Root level
Shoulder: Flexion, extension, abduction, adduction, internal and external rotation Elbow: Supination	C5
Elbow: Pronation Wrist: Flexion	C6
Finger: Flexion at proximal joint, extension Thumb: Flexion, extension and abduction in plane of thumb	C7
Finger: Flexion at MCP joint Thumb: Opposition, adduction and abduction perpendicular to palm	C8
Finger: Abduction of the index finger	T1
Hip: Adduction	L2
Hip: External rotation	L3
Hip: Extension, abduction, internal rotation Knee: Flexion Ankle: Inversion and eversion Toe: MP and IP extension	L4
Hallux and Toe: DIP and PIP flexion and abduction	L5
Hallux: Adduction	S1

ASIA Impairment Scale (AIS)

A = Complete. No sensory or motor function is preserved in the sacral segments S4-S5.

B = Sensory Incomplete. Sensory but not motor function is preserved below the neurological level and includes the sacral segments S4-S5 (light touch or pin prick at S4-S5 or deep anal pressure) AND no motor function is preserved more than three levels below the motor level on either side of the body.

C = Motor Incomplete. Motor function is preserved at the most caudal sacral segments for voluntary anal contraction (VAC) OR the patient meets the criteria for sensory incomplete status (sensory function preserved at the most caudal sacral segments S4-S5 by LT, PP or DAP), and has some sparing of motor function more than three levels below the ipsilateral motor level on either side of the body. (This includes key or non-key muscle functions to determine motor incomplete status.) For AIS C - less than half of key muscle functions below the single NLI have a muscle grade ≥ 3 .

D = Motor Incomplete. Motor incomplete status as defined above, with at least half (half or more) of key muscle functions below the single NLI having a muscle grade ≥ 3 .

E = Normal. If sensation and motor function as tested with the ISNCSCI are graded as normal in all segments, and the patient had prior deficits, then the AIS grade is E. Someone without an initial SCI does not receive an AIS grade.

Using ND: To document the sensory, motor and NLI levels, the ASIA Impairment Scale grade, and/or the zone of partial preservation (ZPP) when they are unable to be determined based on the examination results.



Page 2/2

Steps in Classification

The following order is recommended for determining the classification of individuals with SCI.

- Determine sensory levels for right and left sides.**
The sensory level is the most caudal, intact dermatome for both pin prick and light touch sensation.
- Determine motor levels for right and left sides.**
Defined by the lowest key muscle function that has a grade of at least 3 (pin aspirin testing), providing the key muscle functions represented by segments above that level are judged to be intact (graded as a 5).
Note: In regions where there is no myotome to test, the motor level is presumed to be the same as the sensory level, if testable motor function above that level is also normal.
- Determine the neurological level of injury (NLI).**
This refers to the most caudal segment of the cord with intact sensation and antigravity (3 or more) muscle function strength, provided that there is normal (intact) sensory and motor function rostrally respectively.
The NLI is the most cephalad of the sensory and motor levels determined in steps 1 and 2.
- Determine whether the injury is Complete or Incomplete.**
(i.e. absence or presence of sacral sparing)
If voluntary anal contraction = No AND all S4-S5 sensory scores = 0 AND deep anal pressure = No, then injury is **Complete**.
Otherwise, injury is **Incomplete**.
- Determine ASIA Impairment Scale (AIS) Grade.**
Is injury **Complete**? If YES, AIS=A

NO ↓

Is injury **Motor Complete**? If YES, AIS=B

NO ↓

(Non-voluntary anal contraction OR motor function more than three levels below the motor level) on a given side, if the patient has sensory incomplete classification)

Are at least half (half or more) of the key muscles below the neurological level of injury graded 3 or better?

NO ↓

AIS=C

YES ↓

AIS=D

If sensation and motor function is normal in all segments, AIS=E
 Note: AIS E is used in follow-up testing when an individual with a documented SCI has recovered normal function. If at initial testing no deficits are found, the individual is neurologically intact and the ASIA Impairment Scale does not apply.

- Determine the zone of partial preservation (ZPP).**

The ZPP is used only in injuries with absent motor (no VAC) OR sensory function (no DAP, no LT and no PP sensation) in the lowest sacral segments S4-S5, and refers to those dermatomes and myotomes caudal to the sensory and motor levels that remain partially innervated. With sacral sparing of sensory function, the sensory ZPP is not applicable and therefore "NA" is recorded in the block of the worksheet. Accordingly, if VAC is present, the motor ZPP is not applicable and is noted as "NA".

Lesión completa A	Ausencia de función motora y sensitiva que se extiende hasta los segmentos sacros S4-S5.
Lesión incompleta B	Preservación de la función sensitiva por debajo del nivel neurológico de la lesión, que se extiende hasta los segmentos sacros S4-S5 y con ausencia de función motora.
Lesión incompleta C	Preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos llave por debajo del nivel neurológico tienen un balance muscular menor de 3.
Lesión incompleta D	Preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico, y más de la mitad de los músculos llave por debajo del nivel neurológico tienen un balance muscular de 3 o más.
Normal E	Las funciones sensitiva y motora son normales.

Anexo 2: Planillas de monitoreo de ventilación mecánica del servicio de kinesiología.

Fecha	26-ene	26-ene	27-ene	27-ene	28-ene	28-ene	29-ene	29-ene	30-ene
Modo ventilatorio.	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV
Frecuencia. Resp.	20	20	18	22	24	24	24	24	24
VT.	430	436	435	455	447	460	434	461	458
VT/BWT	5,9	5,9	5,9	6,2	6,1	6,3	5,9	6,3	6,2
P	14	12	12	12	14	16	16	16	16
PS - % Gananc									
TRIGEER INSP	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TRIGEER ESP									
PEEP	8	8	8	8	8	8	8	8	8
FiO ₂	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,4	0,4
FLUJO									
TI	0,98	0,98	0,9	0,9	0,9	1,2	0,9	0,95	0,95
Pres. pico	22	20	20	20	22	24	24	24	24
Pres. meseta	18	17	16	16	18	21	21	22	20
Pres. media	14	13	12	12	14	16	15	15	15
Delta P	10	9	8	8	10	13	13	14	12
Csr estática	59	57	54	65	49	39	36	37	38
Csr dinámica	67	62	60	67	56	42	39	42	42
Res Espiratoria	16	14	14	15	16	12	17	16	17
ph	7,49	7,38	7,35	7,28	7,4	7,38	7,4	7,43	7,38
PcO ₂	24	33	38	45	37	40	36	32	38
PO ₂	181	96	143	101	115	110	74	110	129
EB	-3	-1	-4	-5,7	-1,6	0	-2	-2,4	-2,1
Sat %	99	98	99	96	98	99	96	98	98
Bic re	18	24	21	21	23	24	22	21	22
PaFiO₂	724	384	572	404	460	367	247	275	323
Pmusc									
P01									

Fecha	30-ene	31-ene	31-ene	1-feb	1-feb	2-feb	2-feb	3-feb	3-feb
Modo ventilatorio.	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV
Frecuencia. Resp.	24	24	24	24	24	24	24	24	24
VT.	447	446	483	487	467	440	483	528	533
VT/BWT	6,1	6,1	6,6	6,6	6,4	6,0	6,6	7,2	7,3
P	16	16	16	16	16	16	16	16	16
PS - % Ganan									
TRIGEER INSP	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TRIGEER ESP									
PEEP	8	8	8	8	8	8	8	8	8
FiO ₂	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
FLUJO									
TI	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Pres. pico	24	24	24	25	25	24	24	25	24
Pres. meseta	22	22	21	21	21	21	21	21	21
Pres. media	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Delta P	14	14	13	13	13	13	13	13	13
Csr estática	33	35	40	41	38	33	41	43	47
Csr dinámica	35	34	42	44	42	39	43	50	53
Res Espiratoria	15	15	16	16	17	17	16	15	16
ph	7,37	7,35	7,37	7,43	7,44	7,44	7,42	7,4	7,43
PcO ₂	39	42	40	36	37	38	37	44	36
PO ₂	79	73	77	88	83	93	83	76	78
EB	-2,6	-2	-2,3	-0,8	1,1	1,2	-0,3	1,8	0,2
Sat %	95	95	95	97	97	98	96	95	96
Bic re	22	22	23	23	24	25	23	27	24
PaFiO ₂	316	292	308	352	332	372	332	304	312
Pmusc									
P01									

Fecha	4-feb	4-feb	5-feb	5-feb	6-feb	6-feb	7-feb	7-feb	8-feb
Modo ventilatorio.	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV
Frecuencia. Resp.	24	24	24	24	24	24	24	24	24
VT.	490	413	489	551	544	490	500	493	433
VT/BWT	6,7	5,6	6,7	7,5	7,4	6,7	6,8	6,7	5,9
P	16	16	18	18	16	16	16	14	14
PS - % Ganan									
TRIGEER INSP	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TRIGEER ESP									
PEEP	8	8	8	8	8	8	8	8	8
FiO ₂	0,25	0,35	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,25	0,25
FLUJO									
TI	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Pres. pico	25	25	27	25	25	25	25	23	22
Pres. meseta	20	21	20	22	20	20	20	22	22
Pres. media	15	14	16	15	15	15	15	14	14
Delta P	12	13	12	14	12	12	12	14	14
Csr estática	44	31	38	37	47	49	47	42	41
Csr dinámica	52	35	41	37	54	54	51	34	42
Res Espiratoria	18	18	19	14	15	17	17	12	15
ph	7,48	7,44	7,45	7,44	7,49		7,46	7,44	7,44
PcO ₂	31	34	35	33	31		32	36	37
PO ₂	81	76	73	69	83		86	70	87
EB	0,3	-0,1	-0,5	-0,4	1		-0,5	0,8	1,2
Sat %	81	95	95	94	97		97	94	97
Bic re	98	23	22	23	24		22	24	25
PaFiO₂	324	217	146	173	208	0	287	280	348
Pmusc									
P01									

Fecha	8-feb	9-feb	9-feb	10-feb	10-feb	11-feb	11-feb	12-feb	12-feb
Modo ventilatorio.	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV
Frecuencia. Resp.	24	24	24	24	24	24	24	24	24
VT.	444	441	492	545	392	427	515	504	399
VT/BWT	6,1	6,0	6,7	7,4	5,3	5,8	7,0	6,9	5,4
P	14	14	14	14	14	14	14	14	10
PS - % Ganan									
TRIGEER INSP	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TRIGEER ESP									
PEEP	8	8	8	8	8	8	8	8	8
FiO ₂	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,25	0,25	0,3
FLUJO									
TI	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Pres. pico	23	23	23	23	23	23	23	23	19
Pres. meseta	20		21		21		20		
Pres. media	12	14	14	15	14	15	14	14	13
Delta P	12		13		13		12		
Csr estática	42	39	42	42	42		48		48
Csr dinámica	39	41	38	29	53	49	50	33	68
Res Espiratoria	15	15	12	19	16	11	13	16	12
ph	7,46	7,46	7,45	7,49	7,37	7,44	7,38	7,49	7,46
PcO ₂	36	38	37	31	44	37	43	31	32
PO ₂	67	82	78	82	68	135	79	75	85
EB	2	3,1	1,7	1	-0,1	1,5	0,6	1,1	-0,4
Sat %	94	96	96	97	93	99	95	96	97
Bic re	26	26	25	23	26	25	25	23	22
PaFiO₂	134	164	195	273	227	450	316	300	283
Pmusc									
P01									

Fecha	13-feb	13-feb	14-feb	14-feb	15-feb	15-feb	16-feb	16-feb	17-feb
Modo ventilatorio.	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PS-CSV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PC-CMV	PAV
Frecuencia. Resp.	24	24	24	16	24	24	22	18	16
VT.	574	385	660	495	440	439	670	557	438
VT/BWT	7,8	5,3	9,0	6,8	6,0	6,0	9,1	7,6	6,0
P	10	12	12		12	10	10	10	
PS - % Ganan				6					55
TRIGEER INSP	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TRIGEER ESP									
PEEP	8	8	8	8	8	6	6	6	6
FiO ₂	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
FLUJO									
TI	0,95	0,95	0,95	0,83	0,95	0,95	0,95	0,95	
Pres. pico	19	21	21	15	22	17	17	17	13
Pres. meseta		17	20		17	16	18		
Pres. media	13	14	14	15	14	11	12	10	7,8
Delta P		9				10			
Csr estática	48	53	59		55	37	79		
Csr dinámica	51	46	51		62	134	38		43
Res Espiratoria	15	13	14		15	12	12		3,8
ph	7,4	7,39	7,4	7,42	7,52	7,36	7,34	7,38	7,39
PcO ₂	39	42	40	39	27	39	28	37	36
PO ₂	127	69	128	92	82	86	107	113	143
EB	-0,5	-0,1	0,4	0,5	0,3	-3	2,1	-2,4	-1
Sat %	98,8	93	99	97	97	96	98	98	94
Bic re	24,1	25	25	24	22	22	29	22	22
PaFiO₂	423	276	512	368	328	344	428	452	572
Pmusc				-19					
P01				-0,8					

Anexo 3: Display de monitor de respirador Puritan Bennett 560® donde se observa la barra de monitoreo de trabajo ventilatorio.

