



UNIVERSIDAD
Finis Terrae

FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

VARIABILIDAD CARDIACA DURANTE EL WEANING EN
PACIENTES PEDIÁTRICOS EN VENTILACIÓN MECÁNICA
INVASIVA DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS
PEDIÁTRICOS EN HOSPITAL SÓTERO DEL RÍO

Por

NICOLÁS ENRIQUE GARCÍA ESCOBEDO
JAVIER IGNACIO HABACH LAGOS
IGNACIO ANDRÉS VALDIVIA ROJAS

Tesis para ser presentada en la Escuela de Kinesiología de la Universidad
Finis Terrae para optar al título de Kinesiólogo.

Profesor Guía: Klgo. David Wood V.
Santiago de Chile
2018

ÍNDICE

1	Portada.....	i
1.1	Índice.....	ii
1.2	Índice Figuras.....	iv
1.3	Resumen.....	v
1.4	Abstract.....	vi
1.5	Glosario y abreviaturas.....	vii
2	Introducción.....	8
2.1	Marco teórico.....	13
	A. Variabilidad cardiaca.....	13
	B. Ventilación mecánica.....	15
	C. Ventilación mecánica invasiva.....	15
	D. <i>Weaning</i> o Destete.....	17
	E. Prueba de Respiración Espontánea.....	17
	F. Extubación.....	19
	G. Sedación.....	19
	H. Importancia de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.....	20
	I. Valoración de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.....	20
	J. Variables VFC.....	21
	K. Relación VFC/VM.....	23
2.2	Formulación del problema.....	25
2.3	Objetivos generales y específicos.....	25
2.4	Hipótesis de trabajo e hipótesis nula.....	26
3	Material y Método.....	27

4	Análisis Estadístico.....	31
5	Resultados.....	32
6	Discusión.....	44
7	Conclusiones.....	49
8	Bibliografía.....	50
9	Anexos.....	56
	A. Consentimiento informado.....	56
	B. Hoja de registro VFC.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

GRÁFICOS

Gráfico N°1.....	32
Gráfico N°2.....	33
Gráfico N°3.....	33
Gráfico N°4.....	37
Gráfico N°5.....	39

TABLAS

Tabla N°1.....	34
Tabla N°2.....	35
Tabla N°3.....	35
Tabla N°4.....	36
Tabla N°5.....	38
Tabla N°6.....	40
Tabla N°7.....	40
Tabla N°8.....	41
Tabla N°9.....	42
Tabla N°10.....	43

RESUMEN

Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) se denomina a la variabilidad con la que se producen los latidos del corazón, esta permite estimar la relación entre el sistema nervioso autónomo y el sistema cardiovascular. El principal objetivo de este estudio es determinar si la VFC se puede utilizar como predictor de éxito o fracaso durante el destete de la Ventilación Mecánica (VM).

Este estudio incluye 15 pacientes pediátricos entre 1 y 156 meses de edad, bajo Ventilación Mecánica Invasiva (VMI) en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital Sótero del Río, utilizando como instrumento de medición el Polar V800. La metodología del estudio es de tipo cuantitativa, correlacional, descriptiva, longitudinal, observacional y prospectivo.

Aquellos pacientes que fallaron en la Prueba de Respiración Espontánea (P.R.E.) tuvieron un aumento en el Total Power (TP), contrario a lo esperado, sin embargo, aquellos pacientes que fallaron en la Extubación, tuvieron una baja en el TP en relación a aquellos extubados con éxito. Se debe seguir estudiando el tema en profundidad, dado que la VFC puede ser un dato predictor útil al momento de someter a este tipo de pacientes al destete de la VM.

Palabras claves: Variabilidad de la frecuencia cardíaca, Ventilación mecánica invasiva, Pediátrica, Weaning y Polar V800.

ABSTRACT

Heart rate variability (HRV) is referred to as the variability with which the heart beats occur, which can be translated as the relationship between the autonomic nervous system and the cardiovascular system. The main objective of this study is to determine if HRV can be used as a success or failure predictor during the weaning of the mechanical ventilation.

This study includes 15 pediatric patients aged between 1 and 156 months old under invasive mechanical ventilation (IVM) at the intensive care unit (ICU) of the Sótero del Río Hospital, using the Polar V800 as the measuring instrument. The methodology of this study will be quantitative, correlational, descriptive, longitudinal, observational and prospective.

Those patients who failed the Spontaneous Breathing Test (SBT) had an increase in Total Power (TP), opposite to what had been expected, however, those patients who failed extubation had a decrease in TP in relation to those who have been successfully extubated. Is for this reason that it is necessary to examine in greater depth this topic, as other studies reports that HRV can be a useful predictor data in patients during the weaning of mechanical ventilation.

Key Words: Heart rate variability, Invasive mechanical ventilation, Pediatric, Weaning and Polar V800.

GLOSARIO Y ABREVIATURAS

- BRS:** Prueba de sensibilidad Barorrefleja
- CASR:** Centro Asistencial Sótero del Río
- ECG:** Electrocardiograma
- FC:** Frecuencia Cardíaca
- FIO₂:** Fracción de Inspiración de Oxígeno
- FR:** Frecuencia Respiratoria
- HF:** High Frequency
- IRR:** Intervalo RR
- LF:** Low Frequency
- PAS:** Presión Arterial Sistólica
- PRE:** Prueba de Respiración Espontánea
- SIMV:** Ventilación Obligatoria Sincronizada Intermitente
- SNA:** Sistema Nervioso Autónomo
- TET:** Tubo endotraqueal
- TP:** Total Power
- UCI:** Unidad de Cuidados Intensivos
- ULF:** Ultra Low Frequency
- VC:** Variabilidad Cardíaca
- VFC:** Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca
- VLF:** Very Low Frequency
- VM:** Ventilación Mecánica
- VMI:** Ventilación Mecánica Invasiva
- VMNI:** Ventilación Mecánica No Invasiva

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la VFC, sirve como una prueba no invasiva e indirecta de la función del sistema nervioso autónomo. Es de interés desde una serie de perspectivas básicas, pero también puede tener posibles aplicaciones clínicas (Goldberger & Stein, 2017), sobre todo en el área de la salud, donde la monitorización de los signos vitales y en especial la frecuencia cardiaca es prioridad.

Existen tres enfoques para la evaluación no invasiva del funcionamiento del SNA que proporcionan información complementaria sobre mecanismos de regulación: Intervalo RR (IRR) o variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) que se realiza a partir del monitoreo a corto o largo plazo; Prueba de sensibilidad Barorrefleja (PSB) y Pruebas de función autonómica en camilla (por ejemplo, maniobra de Valsalva, prueba de inclinación, etc) (Goldberger & Stein, 2017).

La VFC se ve significativamente influenciada por la edad, la raza, el sexo, la condición física, las condiciones clínicas y el tratamiento farmacológico, pero, en su mayoría, la VFC parece ser estable cuando se mide diariamente y durante períodos de días a semanas, cuando no hay eventos clínicos importantes que la intervengan (Goldberger & Stein, 2017).

La VFC puede variar, especialmente en pacientes hospitalizados (Nagler & Cheifetz, 2017), sobre todo cuando se habla de una unidad de cuidados

intensivos, donde los pacientes tienden a estar internados días o incluso meses (en casos extremos).

En la mayoría de los casos, los pacientes se encuentran bajo el uso de VM, aquellos más graves se encuentran bajo VMI y aquellos menos graves se encuentran bajo Ventilación Mecánica No Invasiva (VMNI). Son los que se encuentran bajo VMI los que pueden tener riesgo de la disminución de la VFC, debido a que la VMNI permite mayor movilidad del paciente, por lo que la VFC puede no alterarse (Gilman, 2016).

En relación a la capacidad física y la inmovilización prolongada de estos pacientes, es que existen muchos cambios fisiológicos a nivel sistémico, debido a que las demandas del organismo cambian, en especial en niños (Blaufox, 2017). Para evitar estos cambios y también los efectos adversos que puedan ocurrir por el uso de la VMI, como el daño en las cuerdas vocales, la glotis o por el discomfort que pueda provocar en el paciente pediátrico, es que se busca extubar a este tipo de pacientes. La manera de realizarlo es a través del *weaning* o destete, proceso que permite el paso gradual de la ventilación mecánica a la respiración espontánea que culmina con la extubación.

En la bibliografía disponible, existen muy pocos artículos que mencionan algún protocolo o marcador fisiológico confiable para determinar cuándo comenzar el proceso de *weaning*. En la mayoría de lugares donde se realizan este tipo procedimientos netamente está regulado por algún protocolo de la unidad o por experiencia del profesional de la salud para encaminar al paciente al destete.

Por otro lado, tampoco existe un criterio o marcador que determine el éxito o fracaso del *weaning* y posterior extubación.

Cuando se realiza la extubación, esta puede ser exitosa o fallida. La extubación fallida ocurre incluso en 20% de los pacientes de las unidades de cuidados intensivos, y esta falla de procedimiento está acompañada de un efecto importante en la evolución y sobre todo en la mortalidad, que se incrementa en 25 a 50% por cada re-intubación (Medellín & Romero, 2017).

Es en este punto donde la VFC juega un papel importante, dado que podrá ser un marcador útil para la prueba de respiración espontánea (P.R.E.) y posterior extubación. El objetivo de este estudio es determinar la capacidad de adaptación de la VFC del paciente pediátrico con VMI sometido a *weaning* o destete, ayudando al pronóstico del paciente y evitando que este sea sometido al estrés innecesario que produce esta prueba.

Lo esperado al estar en condiciones de reposo o bajo esfuerzo, es tener una alta VFC y una baja FC, por el contrario, al tener un alto esfuerzo, la VFC debe ser más bien baja y la FC alta (Huang et al, 2014).

Cuando nos referimos a pacientes pediátricos, se debe tener claro de que rango etario se está hablando, ya que se puede abarcar desde recién nacido hasta adolescente (0 meses hasta 18 años aproximadamente). Existen diferentes clasificaciones para poder dividir según edad; Recién nacido (0-28 días),

Lactante menor (29 días- 12 meses), Lactante mayor (12-24 meses), Pre escolar (2-5 años), Escolar (6-11 años) y Adolescente (12-18 años) (Dini et al, 2011). Para esta investigación se trabajó con pacientes entre 1 y 156 meses de vida.

En los pacientes pediátricos, la VFC puede ser un método no invasivo útil para el estudio de la disfunción del SNA, sin embargo, en pocas ocasiones, se ha investigado durante el *weaning* del ventilador. Es por esta razón que actualmente no se puede discernir un mecanismo de acción particular que explique las diferencias en la VFC entre recién nacidos que hayan sido sometidos a un *weaning* exitoso y aquellos que hayan fracasado (Kaczmarek et al, 2013).

A la fecha, en Chile (e incluso en el mundo), no existen muchos estudios acerca de la VFC en pacientes pediátricos que estén bajo VMI, es ahí donde radica la relevancia de este estudio, puesto que se trata de un trabajo pionero en el tema, debido a la escasa información que existe, sobretodo en la población pediátrica.

Este parámetro puede ser útil de conocer al momento de intervenir en este tipo de pacientes, tomando en cuenta las consecuencias o beneficios que el uso de la VMI puede traer consigo (Carvalho et al, 2013). El conocimiento de cómo se comporta el Sistema Cardiovascular luego de estar con un facilitador respiratorio (VMI) nos puede ayudar a saber si, eventualmente, el paciente tolerará con éxito la extubación.

El objetivo de este estudio será determinar la relación de la VFC y el éxito o fracaso del *weaning* y posterior extubación en 15 pacientes pediátricos

hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del hospital Sótero del Río, bajo el uso de VMI, utilizando como indicador el análisis de la variable Total Power (TP), medido a través del reloj Polar v800.

MARCO TEÓRICO

Variabilidad Cardíaca

Dentro de los parámetros no invasivos para el análisis y valoración de la actividad cardíaca, se encuentra la Frecuencia Cardíaca (FC). En una persona sin afecciones cardíacas, que se encuentre en reposo, se producen latidos de frecuencia variable, es decir, el tiempo (en milisegundos) entre latido y latido va variando (Rodas, Pedret, Ramos & Capdevila, 2008). Es a esta variación a la que se le denomina variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC) o simplemente variabilidad cardíaca (VC) (Rodas et al, 2008).

La VFC es el resultado de las interacciones entre el Sistema nervioso autónomo (SNA) y el sistema cardiovascular (Goldberger & Stein, 2017), es por ello que el análisis de este parámetro permite estudiar el comportamiento de la actividad del SNA de manera no invasiva, lo cual es especialmente importante en el ámbito de la medicina deportiva (Rodas et al, 2008), pero también lo es en aquellas áreas de la salud donde existe un contacto con personas hospitalizadas por periodos prolongados, debido a que la VFC puede ser afectada por múltiples factores, entre ellos la obesidad (ya que puede afectar la modulación autonómica cardíaca), los lípidos de la sangre, la capacidad física (este último asociado también a tiempos de inmovilización prolongada), la edad, la raza, el sexo, las condiciones clínicas y el tratamiento con fármacos, si es que existe (Goldberger & Stein, 2017).

En relación a la capacidad física y la inmovilización prolongada, es que existen muchos cambios fisiológicos a nivel sistémico, debido a que las demandas del organismo cambian, en especial en niños (Blaufox, 2017).

Dentro de estos periodos de inmovilización prolongada en pacientes pediátricos, es habitual el uso de Ventilación Mecánica (VM). La VM es una estrategia de tratamiento que tiene como objetivo dar soporte o reemplazar la respiración, llamadas Ventilación Mecánica Invasiva (VMI) y Ventilación Mecánica No Invasiva (VMNI) (Schifelhain et al, 2011) (Eichenwald, 2017) (Kneyber, Zhang & Slutsky ,2014), las cuales están implementadas en todo tipo de paciente que no se estabiliza con oxigenoterapia por sí sola, vía aérea inestable y/o pacientes neuromusculares (Carvalho, Silveira & Procianoy, 2013) (Eichenwald, 2017)

En el caso de los pacientes pediátricos, una FC irregular es un problema común que tiene numerosas etiologías, que van desde variantes benignas normales hasta arritmias malignas (Blaufox, 2017). Determinar la causa subyacente de un ritmo irregular es importante, ya que puede ser una condición potencialmente mortal o grave (Goldberger & Stein, 2017). En la mayoría de los niños, la causa de una frecuencia cardiaca irregular se identifica mediante una historia profunda y un examen físico (Blaufox, 2017).

Ventilación Mecánica

La introducción de la ventilación mecánica en la década de 1960 fue una de las principales intervenciones nuevas en neonatología, que proporcionó soporte para neonatos que cursan con insuficiencia respiratoria (Eichenwald, 2017).

Junto con otros avances tecnológicos, como la terapia con surfactante de reemplazo, la ventilación mecánica ha conducido a una mejor supervivencia neonatal, especialmente para los recién nacidos prematuros nacidos con menos de 30 semanas de gestación, que presentaban función pulmonar inmadura (Eichenwald, 2017).

Algunos de los principales beneficios de la ventilación mecánica neonatal durante la insuficiencia respiratoria son la mejora del intercambio de gases, principalmente mediante el reclutamiento pulmonar para mejorar la relación ventilación / perfusión (V / Q), Disminuir el trabajo de respiración y proporcionar una ventilación minuto adecuada (es decir, eliminación de dióxido de carbono) en bebés con depresión respiratoria o apnea (Eichenwald, 2017).

Ventilación Mecánica Invasiva

La VMI se define como un medio de soporte vital típicamente reservado como última opción para la insuficiencia respiratoria aguda (Gilman, 2016), el cual se entrega a través de un tubo endotraqueal o un tubo de traqueostomía, supliendo completamente la función respiratoria del paciente.

La VMI causa cambios cíclicos en los volúmenes pulmonares y las presiones intratorácicas, también origina modificaciones en el tono del sistema nervioso autónomo, la resistencia vascular pulmonar y el retorno venoso, además de efectos opuestos sobre la poscarga biventricular, fenómenos englobados como interacciones corazón-pulmón (Donoso, Arriagada, Diaz & Cruces, 2013).

La VMI se utiliza en pacientes con dificultad respiratoria potencialmente mortal, falta de oxigenación y/o ventilación; y con alteraciones neuromusculares, incapaces de respirar por cuenta propia. La decisión de utilizar la ventilación mecánica invasiva en esta población se basa, generalmente, en un conjunto de signos y síntomas clínicos (en algunos lugares se cuantifica a través de escalas) en el contexto de las necesidades del paciente (Gilman, 2016).

Antiguamente, los pacientes eran intubados tardíamente en el curso de su enfermedad aguda (p. Ej., Paro respiratorio). Actualmente la práctica clínica es compatible con la intubación temprana (Gilman, 2016).

Cuando se cursa con insuficiencia respiratoria, se debe considerar la intubación y el uso de la VMI inmediata, especialmente en aquellos pacientes con características que pongan en riesgo su vida (Gilman, 2016).

La VMI siempre llevará a un tipo de adaptación cardiovascular que generará alteraciones al momento del destete o weaning (el retiro del equipo), como el aumento del retorno venoso, aumento de la precarga, aumento del consumo de

oxígeno y aumento en la liberación de catecolaminas producto de la sobrecarga que se somete al sistema cardiovascular en este proceso (Schifelhain et al, 2011). Por lo tanto, el médico debe utilizar todos sus esfuerzos para suspender la ventilación tan pronto el paciente sea capaz de mantener una respiración espontánea. Para lograr esta suspensión, el paciente debe someterse al proceso denominado *weaning* (Carrasco, 2017).

***Weaning* o Destete**

El *weaning* o destete es un proceso que permite el paso gradual de la VM a la respiración espontánea, esta termina con el restablecimiento del eje faringo-laríngeo-traqueal mediante la extubación, cuando la razón de la conexión a la VM ha mejorado o ha sido resuelta. (Carrasco, 2017)

Prueba de Respiración Espontánea

La Prueba de Respiración Espontánea (P.R.E.), es la forma de evaluar la factibilidad de retirar la VM, simulando condiciones relativamente cercanas a las de un paciente extubado. (Carrasco, 2017). Por lo tanto, la evaluación de la función del sistema nervioso autónomo durante la P.R.E. del ventilador puede proporcionar información sobre desequilibrios fisiológicos o patológicos (Kaczmarek et al; 2013).

Con respecto a los pacientes que frecuentan el uso de ventilación mecánica, es importante mencionar lo dicho por Latremouille et al, 2017 al señalar que la

mayoría de los infantes de pretérmino requieren ser intubados y asistidos por VM, pero, para evitar las complicaciones de esta última, deben ser extubados lo antes posible para pasar a VMNI. Siguiendo este último punto, McConville & Kress, 2012, señalan que un weaning rápido y seguro es esencial para evitar un tiempo hospitalario aún mayor y disminuye los riesgos de contraer neumonía asociada a VM.

Cuando se empieza el proceso de weaning, se realiza la prueba de respiración espontánea (PRE), la cual se desarrolla para identificar pacientes que están listos para discontinuar el apoyo ventilatorio (Nascimento, Rebello, Vale, Santos & Prado, 2007). Según un *review* de Zein H, 2016; esta prueba dura mínimo 30 minutos y no más de 120 minutos, dado que en un tiempo mayor a este, se suprimen los mecanismos de cierre glótico y se pierde el efecto de presión positiva fisiológica dado por las cuerdas vocales (Carrasco, 2017).

Para lograr el éxito es necesario cumplir con criterios como $FR < 35$, buena tolerancia a la prueba, $FC < 140$ o variabilidad mayor a 20%, Saturación de oxígeno mayor a 90% o PaO_2 mayor a 60 mmHg con una FiO_2 menor a 0.40 y sin signos de dificultad respiratoria durante el procedimiento.

La prolongación innecesaria de la VM, en relación con los factores de riesgo asociados a cada paciente, puede ocasionar una alta morbimortalidad. Existe evidencia de que una parte importante de la duración del soporte ventilatorio se destina a la desconexión del paciente (Donoso, Arriagada, Diaz & Cruces, 2013). En la población pediátrica general, la capacidad de los tradicionales predictores

pronósticos de destete tras una PRE han mostrado un escaso resultado. (Donoso, Arriagada, Diaz & Cruces, 2013).

Extubación

La extubación planeada se define como la remoción del tubo endotraqueal (TET) por parte del médico con respecto a un determinado protocolo (Lee et al., 2015). Este proceso es beneficioso debido a que elimina el trabajo respiratorio impuesto por el TET, disminuye el riesgo de contraer neumonía por aspiración, mejora la comodidad del paciente y mejora el clearance de la vía aérea al permitir una tos efectiva (Artime & Hagberg, 2014).

La extubación fallida se refiere a la reconexión de la VM dentro de las 48 posteriores a la extubación, debido a la incapacidad del paciente de tolerar la ventilación espontánea (Carrasco, 2017).

Sedación

La sedación, se utiliza como una estrategia en pacientes conectados a VM, para facilitar la misma ventilación, analgesia, disminución del estrés psicológico y prevención de traumas asociados (Pomeranz et al., 1985). Dentro de sus efectos secundarios se encuentra el disminuir la VFC y FR en sujetos con falla orgánica leve; ante el cese de ésta, hay mayor probabilidad de restauración estas últimas, a diferencia de lo que ocurre en sujetos con daño orgánico de mayor gravedad (Bradley, Green, Ramsay & Seely, 2013).

Importancia de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca

En adultos, la disminución de la VFC fue el principal cambio en los pacientes que presentaban un fracaso durante la P.R.E. Recientemente, se ha informado una combinación de disminución de la VFC y de la frecuencia respiratoria durante la P.R.E (Kaczmarek et al; 2013).

Además, la VFC se ha utilizado para la estratificación del riesgo de muerte por infarto agudo al miocardio, sin embargo el papel preciso de las pruebas de VFC en la práctica clínica sigue sin definirse, debido a cambios en los enfoques terapéuticos y también porque la comprensión del mensaje de VFC es dependiente del contexto (Goldberger & Stein, 2017) (Ernst, 2017).

Clínicamente, se ha demostrado que la reducción de la VFC refleja el pronóstico de enfermedades cardiovasculares, neuropatía diabética, hipertensión arterial, infarto agudo de miocardio y otras afecciones cardíacas (Draper, Giles & Neil, 2015). La variabilidad de la frecuencia cardíaca también puede proporcionar una idea de la capacidad de un organismo para funcionar eficazmente en condiciones ambientales, fisiológicas y psicológicas complejas (Draper, Giles & Neil, 2015).

Valoración de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca

Existen tres maneras de evaluar (de manera no invasiva o mínimamente invasiva) el funcionamiento del sistema nervioso autónomo, que proporcionan información complementaria sobre los mecanismos reguladores autonómicos

(Goldberger & Stein, 2017). Estas son: Intervalo RR (IRR) o variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) a partir del seguimiento a corto o largo plazo del electrocardiograma (ECG) (Rodas et al, 2008) (Goldberger & Stein, 2017), Prueba de sensibilidad barorrefleja (PSB) y pruebas de función autónoma en cama (por ejemplo, maniobra de Valsalva, pruebas de inclinación y otros desafíos ortostáticos) (Goldberger & Stein, 2017).

La manera habitual de medir la VFC es a través del electrocardiograma (ECG), donde se detecta cada una de las ondas R y se calcula el tiempo entre las diferentes ondas R consecutivas o intervalo RR (Rodas et al, 2008). Este intervalo RR mide el período cardíaco y la función inversa mide la FC. La serie de intervalos RR es lo que llamamos VFC (Rodas et al, 2008).

En condiciones normales, la VFC es inversamente proporcional a la FC, así, al medir a un paciente en reposo, lo esperado es que este tenga una alta VFC y una baja FC, por otro lado, si el paciente se encuentra realizando algún trabajo, lo esperado es que tenga una disminución de la VFC y una alta FC (Huang et al, 2014).

Variables VFC

La VFC se puede medir en muchos parámetros: tiempo (en milisegundos), frecuencia (espectro de la frecuencia) y geométrico (histogramas creados a partir de las ondas RR) (Rodas et al, 2008).

El parámetro de predominio de tiempo, contiene diferentes variables, entre ellas: RRSD (la desviación estándar de todos los intervalos RR del periodo medido), RMSSD (la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos), pNN50 (porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan en más de 50 ms. entre sí), SDANN (desviación estándar de los periodos RR con una media de medida de 5 min), ASDNN (índice de las desviaciones estándar de todas las medidas de los intervalos RR de 5 min. a lo largo de 24 horas) (Rodas et al, 2008). Así, por ejemplo, la disminución en los valores de parámetros como pNN50 o rMSSD también se ha mostrado útil como marcador de riesgo de mortalidad en un grupo de pacientes en tratamiento trombolítico (Rodas et al, 2008).

Por otro lado también existe el dominio frecuencia, que permite descomponer la energía (potencia) de la señal RR en diferentes componentes frecuenciales (Rodas et al, 2008). Estos componentes del dominio de frecuencia, permiten correlacionarse con el funcionamiento del SNA (Rodas et al, 2008). Entre estos componentes se encuentran:

HF (High Frequency): Frecuencia situada entre 0,15 y 0,4 Hz. La HF está claramente relacionada con la actividad del SNP y tiene un efecto relacionado con la relajación sobre la FC.

LF (Low Frequency): La cual se encuentra entre 0,04 y 0,15 Hz, es la zona más controvertida en su interpretación ya que puede atribuirse a influencias del SNS y/o a las del SNP. De todas maneras, según diferentes estudios, parece ser que en registros a largo plazo nos proporciona más información sobre la actividad del SNS.

VLF (Very Low Frequency): En este rango de frecuencias (0,003 a 0,04 Hz) muy bajas, se muestran las influencias hormonales, vasomotoras y termoregulatoras, y también la influencia del sistema renina-angiotensina-aldosterona.

ULF (Ultra Low Frequency): Esta abarca el rango de frecuencias inferiores a 0,003 Hz. Son más visibles en periodos largos de medida (24 horas) .

LF/HF (Proporción LF/HF): De esta proporción entre las bajas frecuencias y las altas se puede estimar la influencia vagal (más confiable que LF por sí sola)

TP (Total Power): Este último es la suma de HF, LF y VLF, además se considera el espectro general. Es la varianza de todas las componentes de los intervalos RR inferiores a 0,4 Hz. (Rodas et al, 2008)

Una VFC alta puede ser un indicador de un persona saludable, de menor morbimortalidad. Debido a la controversia en la interpretación de las LF de forma aislada, se utiliza la proporción LF/HF para estimar de manera más efectiva la actividad del SNS (Rodas et al, 2008)

Relación VFC/VM

La VFC está relacionada con el equilibrio entre las entradas neurales simpáticas y parasimpáticas (Rodas et al, 2008). La variación latido / latido de la frecuencia cardíaca se puede atribuir a los efectos de la respiración. La inspiración generalmente aumenta la actividad vagal, lo que produce una disminución en la frecuencia cardíaca; la espiración, por otro lado, reduce la actividad vagal, lo que provoca un aumento de la frecuencia cardíaca. Una reducción en la VFC puede

deberse a una disminución en el tono parasimpático y / o un aumento en la actividad neural simpática, los cuales pueden facilitar el inicio de una arritmia (Podrid & Ganz, 2017).

Existe evidencia que en VMI/VMNI y en su posterior *weaning* podrían haber modificaciones en la VFC. Pacientes que fallaron en el primer intento de *weaning*, redujeron significativamente su VFC (Kaczmarek et al; 2013), por lo que en ese mismo estudio se señala que la VFC es un buen predictor de éxito o fracaso del proceso de *weaning*.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Existe una relación entre la variabilidad de la frecuencia cardiaca en pacientes pediátricos sometidos a weaning, y el éxito o fracaso de la P.R.E y la extubación?

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.

❖ **Objetivo General:**

- Determinar la relación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en pacientes pediátricos sometidos a *weaning*, con el éxito o fracaso de la P.R.E. y extubación.

❖ **Objetivos Específicos:**

- Determinar la Variabilidad de la frecuencia cardiaca en pacientes en P.R.E.
- Determinar la Variabilidad de la frecuencia cardiaca en pacientes Extubados.
- Comparar la Variabilidad de la frecuencia cardiaca de pacientes en P.R.E exitosa vs fallida
- Comparación de la Variabilidad de la frecuencia cardiaca de pacientes extubados exitosa vs fallida
- Comparar la Variabilidad de la frecuencia cardiaca de la P.R.E y Extubados.

HIPÓTESIS DE TRABAJO E HIPÓTESIS NULA.

H1: La variabilidad de la frecuencia cardíaca de pacientes en *weaning* tiene relación con el éxito y/o falla de la P.R.E. y extubación en pacientes pediátricos conectados a VMI.

H nula: La variabilidad de la frecuencia cardíaca en pacientes en *weaning* no tiene relación en el éxito y/o falla de la P.R.E. y extubación en pacientes pediátricos conectado a VMI.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño de la Investigación

El Diseño de la investigación es Cuantitativa, Correlacional, Descriptiva, Longitudinal, Observacional y Prospectiva. Al solo tener un grupo de intervención, la aplicación del test t de student pareado es la mejor opción para el análisis de los diferentes datos. La toma de datos se realizará a pacientes pediátricos hospitalizados en la UCI pediátrica del CASR, el tipo de muestreo es probabilístico.

La realización de este estudio fue aprobada por el comité Ético Científico del Centro Asistencial Dr. Sotero del Rio y por el comité Ético Científico de la Universidad Finis Terrae.

Elección y Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra ideal es de 19 sujetos, debido a que según las cifras del invierno pasado, del lugar donde hará la intervención, un total de 20 pacientes fueron candidatos al uso de VMI, por ende, una muestra representativa en base a esos datos, sería del n ya mencionado, dado que alcanza de mejor manera el número total de pacientes del año pasado, disminuyendo el error estándar. El cálculo de la muestra fue realizado con la aplicación Sample Size Calculator.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión: Pacientes pediátricos que se encuentren bajo VMI, que sean candidatos a *weaning* o destete, que poseen el consentimiento informado firmado y que se encuentren hospitalizados en UCI pediátrica.

Criterios de exclusión: que posean algún tipo de cardiopatía, inestable hemodinámicamente, que deban ser re-intubados por colapso de vía aérea alta, y datos obtenidos con muchos artefactos en la gráfica.

Protocolo de Weaning

Para la toma de datos, se siguió el protocolo estándar de la UPCP del CASR. En resumen, los kinesiólogos de la unidad evaluaban la condición del paciente para la preparación del destete y P.R.E., según una hoja de registro. Durante el período de estudio, la P.R.E. se realizó en modalidad CPAP, los criterios de la P.R.E. fueron los siguientes: FiO₂, p° Soporte, Saturación O₂, Frecuencia Respiratoria (FR), FC, p° arterial, Signos de Dificultad Respiratoria, Volumen Corriente y P 0.1 (presión de oclusión de la VA). Se consideró que los pacientes tenían éxito en la P.R.E. si no se observaba nada de lo siguiente al final de la prueba: Sat. O₂ < 90%, FR fuera de rango aceptable para la edad del paciente, Signos de aumento en el Trabajo Respiratorio, FC fuera del rango aceptable para la edad y Presión Arterial Sistólica (PAS), si el paciente presentaba alguno de estos síntomas, se volvía a la modalidad de VMI. Si la P.R.E. tenía éxito, el

paciente sería extubado de inmediato. El fallo de la extubación se definió como la re-intubación dentro de las 48 horas posteriores a la extubación.

Toma de Datos

Para la obtención de datos, se recogió la muestra a través de los criterios de inclusión, una vez seleccionado el paciente, se entregó el consentimiento informado a los padres. Luego de ello y una vez indicado el retiro de la VMI se equipó al paciente con el Polar V800, la medición se realizó durante un tiempo promedio de 5 ± 3 minutos antes de que comience el *weaning*, es decir, durante el uso de VMI, luego durante la P.R.E. y finalmente post extubación. Este Polar se posicionó en el tórax del paciente (el cual se fijó con cinta de papel sobre una interfaz de gel conductor), en la posición que el paciente se encuentre (decúbito supino), que entrega a un receptor (un reloj) la información constante de VFC, esta última fue procesada en un software llamado FlowSync (que permite sincronizar los datos obtenidos por el polar) una vez finalizado el procedimiento (Giles, 2015). También se tomarán datos obtenidos en la hoja de registro de *weaning* de la unidad, principalmente la hora de inicio, parámetros hemodinámicos, respiratorios y otros asociados a la VM.

Luego de sincronizar los datos a FlowSync, se extrajeron y se realizó el análisis estadístico de estos, estos fueron extrapolados con el programa Kubios HRV.

Kubios HRV, es un software que permite importar datos de VFC (Tanto ECG como intervalo R-R) para el análisis de variables como dominio - tiempo y dominio - frecuencia (Tarvainen, Niskanen, Lipponen, Ranta-aho & Karjalainen, 2014) y para su funcionamiento, es necesario el programa MATLAB®. Producto de su amplia gama de opciones, es el software más utilizado por investigadores para analizar la VFC (Laborde, Mosley & Thayer, 2017).

Variables del estudio

Las variables independientes son la edad (expresada en meses), el peso (expresado en kilogramos), el motivo de ingreso y el género (masculino o femenino).

Las variables dependientes son FR, FC, Saturación, días hospitalizados, días bajo VM, Fracción de Inspiración de O₂ (FIO₂), PAS y VFC, esta última se operacionalizó a través de las variables que se medirán con el Polar V800 las cuales son las que pertenecen al dominio tiempo, frecuencia y medición geométrica, pero las utilizadas en este estudio serán las de dominio frecuencia es decir VLF, LF, HF y TP, siendo esta última la más importante.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La diferencia entre las variables clínicas basales (FC, FR, etc), motivo de ingreso, días de hospitalización, días de VMI y variables de la VFC se calcularon a través de la media.

La suma de variables del dominio de frecuencia (HF, LF, VLF) dadas por el software Kubios VFC, permitieron la obtención del Total Power (TP), siendo esta la variable a utilizar.

La distribución normal del TP fue realizada convirtiendo al logaritmo natural (ln) de dicho valor. La comparación entre los diferentes grupos fue realizada utilizando la prueba T student pareado.

RESULTADO

Los datos fueron analizados con el software estadístico SPSS versión 23.

Las variables categóricas se representan en gráficos, mientras que para las variables numéricas, se calculó estadística descriptiva.

Para verificar la normalidad de las variables numéricas, se usó la prueba de Normalidad Shapiro Wilk.

En las pruebas de hipótesis se utilizó la prueba T para muestras independientes y prueba para muestras relacionadas. Se usó un 5% de significación.

GRÁFICO N°1



GRÁFICO N°2



GRÁFICO N°3



TABLA N°1: Estadística descriptiva para edad y peso.

	Edad meses	Peso
Media	28,5	13,4
Mediana	11,0	10,0
Mínimo	1,0	2,9
Máximo	156,0	50,0
Desv. estándar	41,2	12,0
N válido	13	13

La edad de los pacientes varía entre 1 y 156 meses, con un promedio de 28,5 meses y 41,2 meses de desviación estándar. Cabe destacar que la mediana es 11 meses, es decir la mitad de los niños tiene no más de 11 meses.

El peso fluctúa entre 2,9 y 50 kilos, con un peso medio de 13,4 kilos. La mitad de los niños pesa no más de 10 kilos.

Durante el período de estudio, 15 pacientes fueron examinados (5 mujeres y 10 hombres); se excluyeron 2 pacientes por falla del equipo y muchos artefactos en la toma de datos. La demografía, las características clínicas basales, las comorbilidades, las causas de uso de VMI, parámetros de VMI y la duración de VMI antes de la P.R.E. fueron similares entre los pacientes con éxito y aquellos con P.R.E. fallido. Antes de la P.R.E., no se encontraron diferencias significativas entre los grupos con respecto a los parámetros de FC, PAS, oxigenación, FR e Intervalo RR. Las variables de VFC durante el modo SIMV, en la P.R.E. y durante la extubación.

Tabla 2. Parámetros cardiorrespiratorios durante el seguimiento.

Variables	Modo SIMV. (n=13)	P.R.E. (n=13)	Post extubación (n=11)
PAS, mmHg	112,0 (149,0 – 62,0)	107,0 (157,0 – 73,0)	106,0 (147,0 – 64,0)
FC, latxmin ⁻¹	118,0 (151,0 – 89,0)	115,0 (168,0 – 100,0)	118,0 (166,0 – 76,0)
Intervalo RR, ms	490,6 (637,8 – 359,5)	487,4 (685,4 – 368,5)	461,95 (841,8 – 436,7)
FR, respxmin ⁻¹	34,0 (56,0 – 17,0)	30,0 (53,0 – 16,0)	35,0 (50,0 – 18,0)
Saturación O ₂ , %	98,0 (100,0 – 92,0)	98,0 (100,0 – 95,0)	100,0 (100,0 – 97,0)
FiO ₂ , %	30,0 (45,0 – 25,0)	30,0 (45,0 – 25,0)	28,0 (50,0 – 28,0)

Resultados se muestran en mediana y rango; PAS: Presión arterial sistólica; PAD: Presión arterial diastólica; FC: Frecuencia cardíaca; FR: Frecuencia respiratoria; FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno.

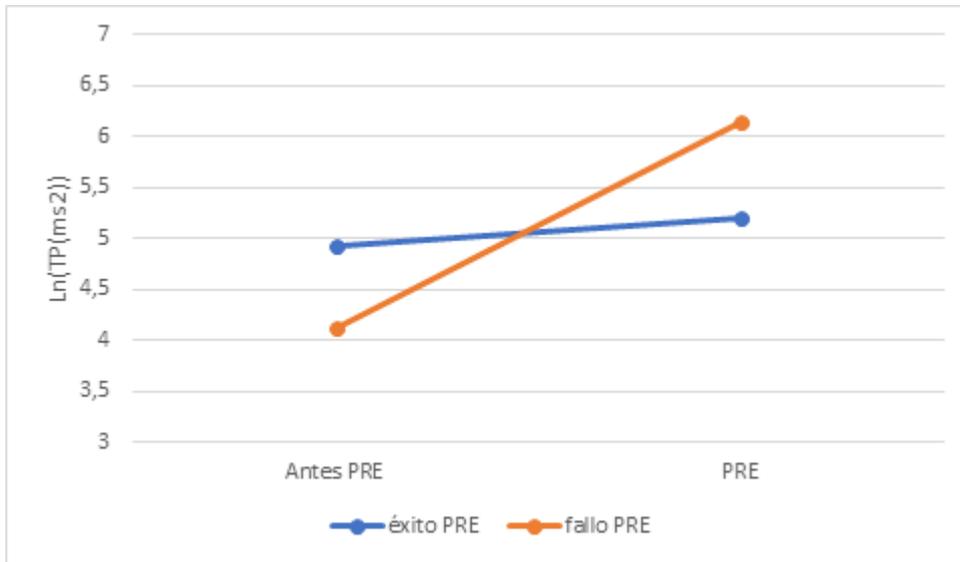
TABLA N°3: Estadística descriptiva para las mediciones de la variable Ln(Total Power).

Medida	ln(TP Modo SIMV)	ln(TP P.R.E)	ln(TP extubación)
Media	4,8	5,34	6,11
Mediana	5,13	5,55	6,67
Mínimo	2,48	3,64	4,26
Máximo	6,84	8,65	7,41
Desv. estándar	1,25	1,56	1,17
N válido	13	13	10

TABLA N°4: Estadística descriptiva para las mediciones de la variable Ln(TP), según Éxito o fallo en PRE.

ÉXITO PRE		ln(TP Modo SIMV)	ln(TP P.R.E)	ln(TP extubación)
Fallo	Media	4,11	6,14	.
	Mediana	4,11	6,14	.
	Mínimo	3,64	3,64	.
	Máximo	4,57	8,65	.
	Desv. estándar	0,66	3,54	.
	N válido	2	2	0
Éxito	Media	4,93	5,2	6,11
	Mediana	5,31	5,55	6,67
	Mínimo	2,48	3,64	4,26
	Máximo	6,84	7,3	7,41
	Desv. estándar	1,31	1,23	1,17
	N válido	11	11	10

GRÁFICO N°4: Comparación promedios Ln(TP) antes P.R.E y durante P.R.E, según fallo o éxito.

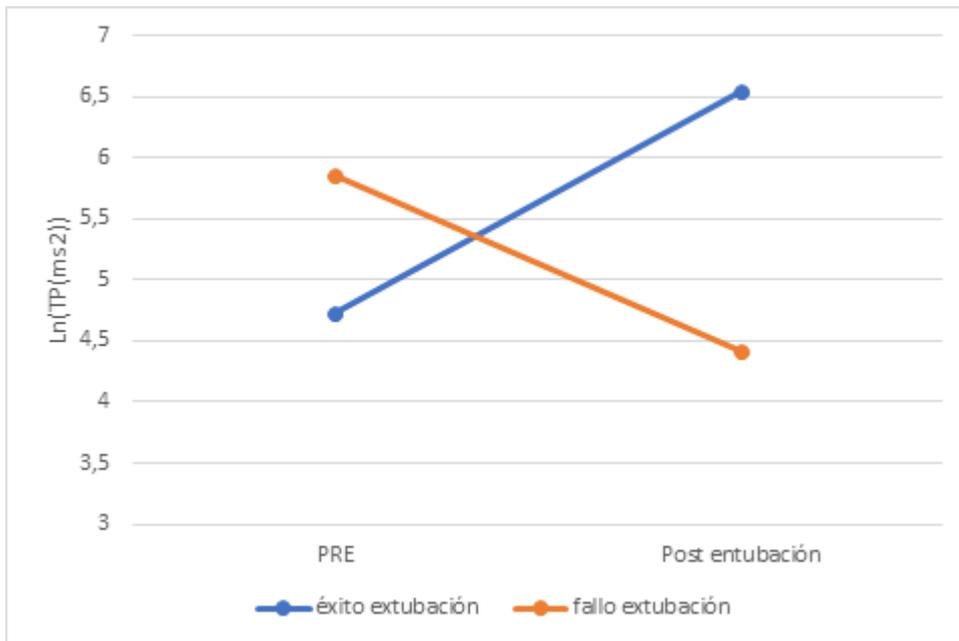


Pacientes que fallaron en la P.R.E tuvieron un aumento aún mayor del TP en comparación con los que tuvieron éxito ($p > 0,05$), los valores presentados están presentados en mediana. Ln, logaritmo natural.

TABLA N°5: Estadística descriptiva para las mediciones de la variable Ln(TP), según Éxito o fallo en Extubación.

ÉXITO EXTUBACIÓN		ln(TP Modo SIMV)	ln(TP P.R.E)	ln(TP extubación)
Fallo	Media	5,86	4,5	4,42
	Mediana	5,86	4,5	4,42
	Mínimo	5,77	3,69	4,26
	Máximo	5,95	5,3	4,57
	Desv. Estándar	0,12	1,14	0,22
	N válido	2	2	2
Éxito	Media	4,72	5,35	6,54
	Mediana	5,13	5,66	6,87
	Mínimo	2,48	3,64	4,85
	Máximo	6,84	7,3	7,41
	Desv. estándar	1,36	1,26	0,86
	N válido	9	9	8

GRÁFICO N°5: Comparación promedios $\text{Ln}(\text{TP})$ durante P.R.E y post extubación, según fallo o éxito extubación.



Pacientes que tuvieron éxito en la extubación tuvieron un aumento en el TP, en relación a aquellos que fallaron, no estadísticamente significativo ($p > 0,05$). Valores se presentan en mediana. Ln, logaritmo natural.

PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Prueba de Normalidad

H0: La variable tiene distribución normal.

TABLA N°6

Variable	Sig. (valor p)
In(TP modo SIMV)	0,19
In(TP P.R.E)	0,51
In(TP extubación)	0,08

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk, da cuenta que las tres variables tienen distribución normal ($p > 0,05$).

OBSERVACIÓN: SE RECHAZA HO SI VALOR P < 0,05

PRUEBA PARA MUESTRAS RELACIONADAS

H0: La variabilidad de la VFC tiene relación en el éxito y/o falla de la P.R.E. y Extubación en pacientes pediátricos conectados a VMI.

TABLA N°7

Variable 1	Variable 2	Sig (valor p)
In(TP Modo SIMV)	In(TP P.R.E)	0,338
In(TP P.R.E)	In(TP extubación)	0,094
In(TP Modo SIMV)	In(TP extubación)	0,050 *

La prueba para muestras emparejadas da cuenta que solo existe diferencia significativa en la variabilidad de la frecuencia cardiaca entre las mediciones antes y después de la extubación ($p \leq 0,05$).

PRUEBAS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES

H0: No existe relación de la VFC entre pacientes sometidos a PRE exitosa versus fallida.

TABLA N°8: Prueba muestras independientes según éxito PRE.

	Éxito PRE	N	Media	Desv. estándar	Sig (valor p)
ln(TP Modo SIMV)	Fallo	2	4,10	0,66	0,414
	Éxito	11	4,92	1,30	
ln(TP P.R.E)	Fallo	2	6,14	3,54	0,77
	Éxito	11	5,19	1,23	

No existe diferencia significativa en el dominio de tiempo (antes o durante) entre pacientes sometidos a PRE exitosa o fallida. ($p > 0,05$).

TABLA N°9: Prueba muestras independientes según éxito extubación.

H0: No existe relación de la variabilidad de la VFC entre pacientes pediátricos extubados exitosos versus fallidos.

	Éxito extubación	N	Media	Desv. estándar	Sig (Valor p)
ln(TP Modo SIMV)	Fallo	2	5,86	0,12	0,287
	Éxito	9	4,72	1,36	
ln(TP P.R.E)	Fallo	2	4,49	1,14	0,403
	Éxito	9	5,35	1,26	
ln(TP extubación)	Fallo	2	4,41	0,22	0,01 *
	Éxito	8	6,53	0,85	

La prueba da cuenta que solo existe diferencia significativa entre éxito y fallo, en la variable Ln(TP extubación) ($p < 0,05$).

En la siguiente tabla, se muestra la mediana de las diferentes variables que se pueden obtener del polar v800, a través del programa Kubios HRV. En esta tabla se refleja una tendencia en aquellos pacientes que tuvieron éxito en la P.R.E., dado que tuvieron un mayor tono parasimpático, menor tono simpático y mayor variabilidad del ritmo cardiaco. Valor de p no es significativo.

TABLA N°10: Variabilidad del ritmo cardíaco.

Variables	Pre weaning (n=13)	P.R.E. falla (n=2)	P.R.E. éxito (n=11)	Post extubación falla (n=2)	Post extubación éxito (n=9)
<i>Dominio tiempo</i>					
SDNN	16,4 (49,0 – 24,0)	81,4 (155,7 – 7,2)	17,9 (31,3 – 6,7)	11,65 (12,3 – 11,0)	38,7 (146,0 – 13,6)
RMSSD	12,8 (41,0 – 2,5)	101,2 (197,4 – 5,0)	15,8 (34,3 – 4,1)	10,5 (12,3 – 9,0)	27,85 (325 – 9,0)
NN50	1,0 (81,0 – 0,0)	23,4 (24,0 – 0,0)	3,0 (48,0 – 0,0)	0,5 (1,0 – 0,0)	32 (245,0 – 0,0)
<i>Método geométrico</i>					
Triangula r index	4052,0 (10860,0 – 2344,0)	2330,0 (2390,0 – 2270,0)	5034,0 (8588,0 – 2289,0)	3338,0 (3560,0 – 3116,0)	8105 (15478,0 – 4681,0)
TINN	86,0 (237,0 – 29,0)	475,0 (912,0 – 38,0)	136,0 (233,0 – 35,0)	66,0 (76,0 – 56,0)	197,5 (706,0 – 69,0)
<i>Dominio frecuencia</i>					
HF	45,0 (642,0 – 4,0)	26,0 (44,0 – 8,0)	48,0 (436 – 2,0)	16,0 (26,0 – 6,0)	264,0 (956,0 – 20,0)
LF	103,0 (1482,0 – 19,0)	2551,0 (5083,0 – 19,0)	161,0 (1065,0 – 17,0)	54,0 (54,0 – 54,0)	252,0 (1281,0 – 62,0)
VLF	21,0 (356,0 – 3,0)	288,0 (565,0 – 11,0)	46,0 (68,0 – 1,0)	14,0 (17,0 – 11,0)	31,0 (934,0 – 5,0)
LF/HF	2,40 (7,2 – 0,1)	1,54 (2,3 – 0,8)	2,90 (16,8 – 0,5)	5,82 (9,6 – 2,0)	1,01 (4,0 – 0,2)

SDNN: *Standard deviation of NN interval*; SDANN: *Standard deviation of average NN Interval*;

RMSSD: *Root mean square of succesive NN difference*; NN50: El numero de intervalos con diferencia mayor de 50 ms; TINN: *Triangular interpolation of NN interval histogram*; HF: *High frequency*; LF: *Low frequency*; VLF: *Very low frequency*.

DISCUSIÓN

Este es un estudio piloto en Chile, dado que no existen estudios de la VFC en pacientes pediátricos sometidos al uso de VMI sometidos a P.R.E. y posterior extubación.

La finalidad de este estudio era observar si existía algún cambio en la VFC en dos estadios diferentes para un mismo paciente, estos son: durante la P.R.E. y finalmente post extubación, además de determinar si estos cambios en la VFC, pueden funcionar como marcador fisiológico de éxito o fracaso la PRE y la Extubación. Por otro lado, también se midió el cambio de la VFC durante el uso de la VMI y se comparó con la P.R.E. y posterior extubación.

El peso, edad y patologías por la que los pacientes fueron conectados a VMI son variables más bien homogéneas.

Dentro de los datos analizados en las diferentes variables de VFC, obtuvimos diferentes resultados interesantes. En primer lugar no se obtuvo un valor de p significativo al relacionar los grupos P.R.E. y extubación ($p > 0.05$); sin embargo, al relacionar a los pacientes durante la modalidad SIMV del ventilador y posterior extubación, tenemos una diferencia significativa del TP ($p < 0,05$), lo que es interesante de mencionar, debido a que este parámetro puede ser utilizado en algún estudio futuro como marcador para evitar el estrés innecesario del paciente al momento de la extubación.

Tampoco se obtuvo un valor de p significativo al comparar los grupos de extubación exitosa vs fallida, pero existe una tendencia al aumento del $\ln TP$ en aquellos pacientes que tuvieron una extubación exitosa, lo que se traduce como una disminución en la actividad del SNA (Rodas et al, 2008). También se comparó aquellos pacientes que tuvieron éxito en la P.R.E. vs los que fallaron en la P.R.E, a diferencia de aquellos que tuvieron éxito, los que fallaron, obtuvieron un valor mucho mayor de $\ln TP$, es decir, un aumento en la actividad del SNA.

Esto es de suma importancia, tomando en cuenta que el TP , es la suma de las variables HF, LF y VLF, especialmente cuando se habla de la variable HF, esta se ve influenciada directamente por la FR, por lo que si la FR aumenta, la HF debería de aumentar también (Rodas et al, 2008). Es normal que en pacientes pediátricos la FR sea elevada, por lo que un valor de HF elevado no sería algo anormal (Kaczmarek et al, 2013).

Dentro de los hallazgos interesantes encontrados en nuestro estudio, se encuentra la relación existente en el aumento del TP y la falla de la P.R.E. y por otro lado, la disminución del TP y la falla de la extubación.

Como se pudo observar, aquellos pacientes que fallaron en la P.R.E. tuvieron un aumento en el TP (lo que se puede explicar por el n pequeño del estudio), sin embargo, aquellos pacientes que fallaron en la Extubación, tuvieron una baja en el TP en relación a aquellos exitosamente extubados, al contrastarlo con el estudio de Huang et al, 2014; encontramos similitudes en el comportamiento de

la VFC en los pacientes extubados, pero no así en aquellos sometidos a la P.R.E., aunque esto es solo una tendencia, debido a que el valor de significancia no es mayor al 5%.

Si bien se esperaba un aumento del TP ante el éxito de la P.R.E y post extubación, y una disminución del TP ante el fallo de la P.R.E y extubación, existe un caso particular, donde hubo un aumento no significativo del TP (gráfico 4) en los sujetos que fracasaron en la P.R.E, cuyo motivo de fallo fueron los volúmenes corrientes bajos. Este aumento del TP se explicaría en parte por la sedación de los sujetos, la cual pudo influir en la obtención de estos resultados, lo que se condice con lo dicho por Bradley 2013, donde tenemos como efectos secundarios, la disminución de la FC y VFC. También esta discordancia puede deberse a que la toma de datos por parte del clínico podría no ser del todo correcta, al no existir una correlación entre los datos recibidos por el polar y los parámetros explicitados en el monitor de ambos pacientes. De todos modos el número de sujetos con fallo en la P.R.E es muy pequeño ($n=2$), por tanto no es suficiente para poder sacar alguna conclusión representativa o confiable.

Otro hallazgo interesante, es la relación que existe en el aumento del TP y la variación de las fases, es decir, cuando el paciente se encuentra en modalidad SIMV, el TP tiende a ser más bajo comparado con aquellos pacientes sometidos a P.R.E. y la diferencia tiende a ser aún mayor al comparar a aquellos que se encuentran en modalidad SIMV con pacientes que se encuentran extubados ($p=0,01$) como se mencionó anteriormente, esto se podría explicar debido a que, en estas condiciones, el trabajo respiratorio de los pacientes comienza a realizarse

por esfuerzo del mismo y la asistencia del ventilador comienza a disminuir o se hace nula (Huang et al, 2014), por lo que este parámetro puede ser un indicador de estrés del paciente (debido a la relación con el SNA) y determinar de manera objetiva, si es candidato a *weaning*.

Algunos de los datos obtenidos en este estudio, se condicen con lo publicado por Kaczmarek et al, 2013. En donde se observó que aquellos pacientes que fallaron en el primer intento de *weaning*, redujeron significativamente su VFC, pero debido al n pequeño utilizado en este estudio, los datos no son concluyentes.

Al ser un estudio piloto, recomendamos tener en cuenta las siguientes consideraciones para estudios a futuro: aumentar el n de pacientes (que dificulta de manera importante la obtención de los valores de p que sean estadísticamente significativos), tomar en cuenta los artefactos que se encontraron en el análisis de la VFC, debido a fallas en el equipo de medición, movimiento del paciente (puesto que en un comienzo se encuentran sedados, pero luego están alerta, lo que dificulta la toma de datos, dado que no son pacientes que puedan colaborar), captación de señal, experiencia del investigador al momento de tomar la muestra, además de observar constantemente al paciente al momento de medir, considerando la adaptación que se tuvo que realizar al polar (debido a que el polar está diseñado para adultos y que podría ocasionar una interferencia en la transmisión de la señal al dispositivo), además de la condiciones del lugar (por ejemplo que otro profesional de la salud se encuentre atendiendo al paciente), toma de datos en pacientes

con bajo nivel de estrés y que los registros alcancen, por lo menos, 10 minutos de duración por cada paciente para que en el análisis de los datos se pueda obtener una curva ideal y que esta sea interpretable, esto para tener resultados más concluyentes y confiables, debido a que esto permite tener una muestra más fidedigna de la VFC, disminuyendo la presencia de artefactos y asegurándose de que la medición se realizó de forma correcta.

CONCLUSIÓN

En base al estudio realizado podemos concluir que se acepta la hipótesis nula, es decir, “la variabilidad de la frecuencia cardiaca en pacientes en weaning no tiene relación en el éxito y/o falla de la P.R.E. y extubación en pacientes pediátricos conectado a VMI”.

Lamentablemente por el n utilizado, estos datos no son del todo confiables, por lo que se debe seguir investigando y profundizando en este tema, debido a la utilidad que puede dar la VFC en el éxito o falla de un paciente pediátrico al ser retirado de la VMI, evitando un estrés innecesario en sistema cardiopulmonar del paciente, evitar una futura re-intubación, y las complicaciones que ello conlleva,.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arcentales, A., Caminal, P., Diaz, I., Benito, S. and Giraldo, B. (2015). Classification of patients undergoing weaning from mechanical ventilation using the coherence between heart rate variability and respiratory flow signal. *Physiological Measurement*, 36(7), pp.1439-1452.
2. Artime, C., & Hagberg, C. (2014). Tracheal Extubation. *Respiratory Care*, 59(6), 991-1005.
3. Bhandari, V. (2013). The potential of non-invasive ventilation to decrease BPD. *Seminars in Perinatology*, 37(2), pp.108-114.
4. Blackwood, B., Alderdice, F., Burns, K., Cardwell, C., Lavery, G., O'Halloran, P. (2011). Use of weaning protocols for reducing duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients: cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 342.
5. Blaurock A., MD. Irregular heart rate (arrhythmias) in children. Post TW, ed. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. <http://www.uptodate.com> (Accessed on September 12, 2017.)
6. Bradley, B., Green, G., Ramsay, T., & Seely, A. (2013). Impact of sedation and organ failure on continuous heart and respiratory rate variability monitoring in critically ill patients. *Critical Care Medicine*, 41(2), 433-444.
7. Brochard, L. (2014). Variability is adaptability...also during weaning!. *Critical care*, 18:127.
8. Carrasco, J. (2017). Weaning de la ventilación mecánica. Del arte a la ciencia. *Neumol Pediatr*, 12 (1), 28-33.
9. Carvalho, C., Silveira, R. and Procianny, R. (2013). Ventilator-induced lung injury in preterm infants. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 25(4).

10. Cavari, Y., Sofer, S., Rozovski, U., & Lazar, I. (2012). Non invasive positive pressure ventilation in infants with respiratory failure. *Pediatric Pulmonology*, 47(10), 1019-1025.
11. Dini, A. P., Fugulin, F. M. T., Veríssimo, M. D. L. Ó. R., & Guirardello, E. D. B. (2011). Pediatric Patient Classification System: construction and validation of care categories. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 45(3), 575-580.
12. Donoso, A., Arriagada, D., Diaz, F. & Cruces, P. (2013). Ventilación mecánica invasiva. Puesta al día para el médico pediatra. *Arch Argent Pediatr*; 111(5), 428-436.
13. Dohna-Schwake, C., Stehling, F., Tschiedel, E., Wallot, M., & Mellies, U. (2011). Non-invasive ventilation on a pediatric intensive care unit: Feasibility, efficacy, and predictors of success. *Pediatric Pulmonology*, 46(11), 1114-1120.
14. Draper, N., Giles, D., and Neil, W. (2015). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), pp.563-571.
15. Eichenwald E., MD. Mechanical ventilation in neonates. Post TW, ed. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. <http://www.uptodate.com> (Accessed on September 10, 2017.)
16. Espinoza-Salinas, Alexis, Zafra-Santos, Edson, Pavez-Von Martens, Gustavo, Cofré-Bolados, Cristian, Lemus-Zúñiga, Jorge, & Sánchez-Aguilera, Pablo. (2015). Análisis de variabilidad del ritmo cardiaco y su relación con la sensibilidad insulínica en pacientes obesos y con sobrepeso. *Revista médica de Chile*, 143(9), 1129-1135.
17. Ernst, G. (2017). Heart-Rate Variability—More than Heart Beats?. *Frontiers In Public Health*, 5.
18. Essouri, S., Chevret, L., Durand, P., Haas, V., Fauroux, B., & Devictor, D. (2006). Noninvasive positive pressure ventilation: Five years of experience in a pediatric intensive care unit*. *Pediatric Critical Care Medicine*, 7(4), 329-334.
19. García, L. A. C., Gil, V. P., & Álvarez, L. F. C. (2011). Influencia de la aterosclerosis carotídea en la variabilidad de la respuesta autonómica cardiovascular en pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2. *Medicina Interna*, 27(1).

20. Gilman B Allen, MD. Invasive mechanical ventilation in acute respiratory failure complicating chronic obstructive pulmonary disease. Post TW, ed. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. <http://www.uptodate.com> (Accessed on May 31, 2018.)
21. Giles, D., Draper, N. and Neil, W. (2016). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), pp.563-571.
22. Goldberger A., MD. Phyllis K Stein, PhD. Evaluation of heart rate variability. Post TW, ed. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. <http://www.uptodate.com> (Accessed on September 12, 2017.)
23. Gutiérrez, Oswaldo, Putvinsky, Alexei, Padilla, Juan I, Ramírez, Catalina, & Mora, Carlos. (2000). Utilidad del análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en la valoración de neuropatía autonómica diabética. *Revista Costarricense de Cardiología*, 2(3), 4-12.
24. Gutiérrez Sotelo, Oswaldo. (2000). Variabilidad de la frecuencia cardíaca en individuos sanos costarricenses. *Revista Costarricense de Cardiología*, 2(1), 2-10.
25. Huang, C., Tsai, Y., Lin, J., Ruan, S., Wu, H. and Yu, C. (2014). Application of heart-rate variability in patients undergoing weaning from mechanical ventilation. *Critical Care*, 18(1), p.R21
26. Huang, C., Yu, C. (2013). Conventional weaning parameters do not predict extubation outcome in intubated subjects requiring prolonged mechanical ventilation. *Respir care*, 58(8): 1307-14.
27. Joshua Nagler, MD, Ira M Cheifetz, MD. Noninvasive ventilation for acute and impending respiratory failure in children .Post TW, ed. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. <http://www.uptodate.com> (Accessed on October 05, 2017.)
28. Kaczmarek, J., Chawla, S., Marchica, C., Dwaihy, M., Grundy, L., & Sant'Anna, G. (2013). Heart Rate Variability and Extubation Readiness in Extremely Preterm Infants. *Neonatology*, 104(1), 42-48.
29. Kaczmarek, J., Kamlin, C. O. F., Morley, C. J., Davis, P. G., & Sant'Anna, G. M. (2012). Variability of respiratory parameters and extubation readiness in

ventilated neonates. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition*, fetalneonatal-2011.

30. Kneyber, M., Zhang, H. and Slutsky, A. (2014). Ventilator-induced Lung Injury: Similarity and Differences Between Children and Adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, p.140708115209002.
31. Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. (2017). Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. *Frontiers In Psychology*, 08.
32. Latremouille, S., Al-Jabri, A., Lamer, P., Kanbar, L., Shalish, W., Kearney, R. and Sant' Anna, G. (2017). Heart Rate Variability in Extremely Preterm Infants Receiving Nasal CPAP and Non-Synchronized Noninvasive Ventilation Immediately After Extubation. *Respiratory Care*, p.respcare.05672.
33. Lazner, M., Basu, A. and Klonin, H. (2012). Non-invasive ventilation for severe bronchiolitis: Analysis and evidence. *Pediatric Pulmonology*, 47(9), pp.909-916.
34. Lee, T., Hong, J., Yoo, J., Ju, S., Lee, S., & Lee, S. et al. (2015). Unplanned Extubation in Patients with Mechanical Ventilation: Experience in the Medical Intensive Care Unit of a Single Tertiary Hospital. *Tuberculosis And Respiratory Diseases*, 78(4), 336.
35. Lehavi, A., Golomb, N., Leiba, R., Katz, YS., Raz, A. (2019). One-minute heart rate variability-an adjunct for airway obstruction identification. *Physiological Reports*, 7(1), e13948.
36. Liu, H., Yang, Z., Huang, L., Qu, W., Hao, H. and Li, L. (201). Heart-rate variability indices as predictors of the response to vagus nerve stimulation in patients with drug-resistant epilepsy. *Epilepsia*, 58(6), pp.1015-1022.
37. Manso, J. M. G. (2013). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca al control del entrenamiento deportivo: análisis en modo frecuencia. *Arch Med Deporte*, 30(1), 43-51.
38. Mayordomo-Colunga, J., Medina, A., Rey, C., Concha, A., Menéndez, S., Arcos, M., & Vivanco-Allende, A. (2011). Non-invasive ventilation in pediatric status asthmaticus: A prospective observational study. *Pediatric Pulmonology*, 46(10), 949-955.
39. Medellín, S., & Romero, M. (2017). Extubación fallida en una unidad de cuidados intensivos de la ciudad de México. *Med Int Mex*. 33(4), 459-465.

40. McConville, J., & Kress, J. (2012). Weaning Patients from the Ventilator. *New England Journal Of Medicine*, 367(23), 2233-2239.
41. Nascimento, M., Rebello, C., Vale, L., Santos, É., & Prado, C. (2017). Spontaneous breathing test in the prediction of extubation failure in the pediatric population. *Einstein (São Paulo)*, 15(2), 162-166.
42. Najaf-Zadeh, A., & Leclerc, F. (2011). Noninvasive positive pressure ventilation for acute respiratory failure in children: a concise review. *Annals of intensive care*, 1(1), 15.
43. Liew, R., & Chiam, P. T. (2010). Risk stratification for sudden cardiac death after acute myocardial infarction. *Ann Acad Med Singapore*, 39(3), 237-246.
44. Pomeranz, B., Macaulay, R., Caudill, M., Kutz, I., Adam, D., & Gordon, D. et al. (1985). Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal Of Physiology-Heart And Circulatory Physiology*, 248(1), H151-H153.
45. Robert C Hyzy, MD. Overview of mechanical ventilation. Post TW, ed. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. <http://www.uptodate.com> (Accessed on May 16, 2018.)
46. Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J., Capdevila, L. (2008). Heart rate variability definition, measurement and clinical relation aspects (I). Sport medicine file, 41-47.
47. Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J., Capdevila, L. (2008). Heart rate variability: definition, measurement and clinical relation aspects (II). Sport medicine file, 119-127.
48. Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, 5, 258.
49. Schifelhain, Luciele Medianeira, Vieira, Silvia Regina Rios, Brauner, Janete Salles, Pacheco, Deise Mota, & Naujorks, Alexandre Antonio. (2011). Echocardiographic evaluation during weaning from mechanical ventilation. *Clinics*, 66(1), 107-111.
50. Stein, P. K., Ehsani, A. A., Domitrovich, P. P., Kleiger, R. E., & Rottman, J. N. (1999). Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. *American heart journal*, 138(3), 567-576

51. Tarvainen, M. P., Niskanen, J. P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV–heart rate variability analysis software. *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(1), 210-220.
52. Van de Louw, A. (2014). Heart rate variability analysis and weaning from mechanical ventilation: lessons from exercise physiology. *Critical Care*, 18(2), p.426.
53. Vandenberg, T., Stans, J., Van Schelvergem, G., Pelckmans, C., Smeets, C., Lanssens, D., De Cannière, H., Storms, V., Thijs, I. and Vandervoort, P. (2017). Clinical Validation of Heart Rate Apps: Mixed-Methods Evaluation Study. *JMIR mHealth and uHealth*, 5(8), p.e129.
54. Zein H, Baratloo A, Negida A, Safari S. Ventilator Weaning and Spontaneous Breathing Trials; an Educational Review. *Emerg (Tehran)*. 2016;4(2):65-71.

ANEXOS

1. Consentimiento Informado

Documento de Consentimiento Informado

Fecha: _____

Título del Estudio: Variabilidad cardiaca en segmento RR en weaning en pacientes pediátricos después de ventilación mecánica invasiva en unidad de cuidados intensivos pediátrica en hospital Sotero del Rio

Investigador Responsable:

Nicolas Enrique Garcia Escobedo ngarciae@uft.edu
Javier Ignacio Habach Lagos jhabachl@uft.edu
Ignacio Andres Valdivia Rojas ivaldiviar@uft.edu

El propósito de esta información es ayudarle a tomar la decisión de participar, (o permitir participar a su hijo/hija, familiar o representado) -o no- en una investigación, y, si es el caso, para autorizar el uso de muestras humanas o información personal (por ejemplo, información de la ficha clínica). Lea cuidadosamente este documento, puede hacer todas las preguntas que necesite al investigador y tomarse el tiempo necesario para decidir.

El objetivo de este estudio es medir la variabilidad cardiaca en pacientes pediátricos que estén con ventilación mecánica invasiva después de retirar el ventilador. La forma de obtener los datos numéricos se realizará mediante un polar (cinta que va adosada al pecho del paciente que no es invasivo y el paciente no sentirá ningún tipo de dolor al colocar ni retirar el polar). Esta investigación no tiene riesgos para usted ni para el paciente y no implica ningún tipo de financiamiento.

Usted ha sido invitado/invitada a participar en este estudio porque cumple con los criterios de inclusión propuestos por nuestro equipo de trabajo como por ejemplo estar con ventilación mecánica invasiva y ser menor de 2 años. Para nuestro estudio esperamos medir 20 pacientes en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Sotero del Rio, para extrapolar la información obtenida y poder ayudar a los demás pacientes cuando estén sometidos a este tipo de intervención.

El procedimiento que se realizará para medir la variabilidad cardiaca del paciente es de un tiempo de 30 minutos, en el momento que al paciente se le retire la ventilación mecánica invasiva, mediremos como se comporta el corazón durante ese tiempo. Utilizando un dispositivo que se llama “polar V800” que se asemeja a un reloj, se apoya en el pecho del paciente (que no provoca ningún tipo de malestar), entregara informacion de como se comporta el corazon cuando se retire la ventilación mecánica.

Usted (o su hijo/hija, familiar o representado) no se beneficiará por participar en esta investigación de salud. Sin embargo, la información que se obtendrá gracias a su participación será de utilidad para conocer más acerca de la variabilidad cardiaca en pacientes pediátricos y como se comporta con ventilación mecánica invasiva.

Es posible que los resultados obtenidos sean presentados en revistas y conferencias médicas, sin embargo, su nombre o datos personales (o el de su hijo/hija o familiar) no será conocido.

Esta investigación no presenta ningún riesgo para la salud de su hijo/hija.

Si tiene preguntas acerca de esta investigación médica puede contactar al investigador responsable del estudio mediante correo electrónico.

Este estudio fue aprobado por el comité ético científico de la universidad Finis Terrae. Si tiene preguntas acerca de sus derechos como participante en una investigación médica, usted puede escribir al correo electrónico cec@uft.cl del comité ético-científico, para que la presidenta, Pilar Busquets Losada, lo derive a la persona más adecuada.

Otros derechos del paciente: En caso de duda sobre sus derechos puede comunicarse con el presidente del “comité Ético Científico” Dr. Patricio Michaid, al telefono 225762401 o mail comiteeticocientifico@ssmsoc.cl

Su participación en esta investigación es completamente voluntaria. Usted tiene el derecho a no aceptar participar o a retirar su consentimiento y retirarse (o retirar a su hijo/hija, familiar o representado) de esta investigación en el momento que lo estime conveniente. Al hacerlo, usted (o su hijo/hija, familiar o representado) no pierde ningún derecho que le asiste como paciente de esta institución y no se verá afectada la calidad de la atención médica que merece.

- Se me ha explicado el propósito de esta investigación, los procedimientos, los riesgos, los beneficios y los derechos que me asisten (o a mi hijo/hija, familiar o representado) y que me puedo retirar (o a mi hijo/hija, familiar o representado) de ella en el momento que lo desee.
- Firmo este documento voluntariamente, sin ser forzado/forzada a hacerlo.
- No estoy renunciando a ningún derecho que me asista (o a mi hijo/hija, familiar o representado).
- Se me comunicará de toda nueva información relacionada con el estudio del fármaco / equipo / otro que surja durante la investigación y que pueda

tener importancia directa para mí o mi representado (o a mi hijo/hija, familiar o representado).

- Se me ha informado que tengo el derecho a reevaluar mi participación (o la de mi hijo/hija, familiar o representado) en esta investigación según mi parecer y en cualquier momento que lo desee. En el caso de retiro, no sufriré sanción o pérdida de derechos a la atención sanitaria.

Nombre, Firma y fecha. (Padre/Madre/Representante/tutor legal)

Nombre, Firma y fecha. (Investigador a cargo)

2. Hoja de registro VFC.

N° Paciente: _____

Fecha: _____

Hoja de Registro VFC

Nombre: _____ Edad: _____

Peso: _____ Rut: _____ Sexo: F__ M__ Día de Ingreso

UPCP: _____

Dg/s: _____

Motivo de conexión a VMI: _____

Fecha de conexión a VMI: _____ Fecha Desconexión de VMI:

Modalidad VMI: _____ Fecha/Hora de inicio weaning:

Hora termino weaning: _____ Sedación (tipo): _____

Tiempo suspendida: _____

Datos	Pre Weaning	Weaning (PRE)	Extubación (1° hora)
Hora			
Saturación O2			
FiO2 u O2			
FR			
FC			
PA Sistólica			

P° Soporte			
Volumen Corriente			
Signos de Dificultad Resp.			
Duración toma de datos			

Éxito PRE: Sí ___ No ___

Éxito de Extubación (48h sin necesidad de reintubación): Sí ___ No ___

Fecha y Hora de Reintubación: _____

Causa de Falla PRE: _____

Causa de Falla Extubación: _____

Nombre Encargado

Firma Encargado