

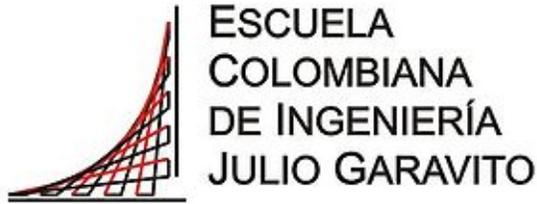
ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD MUTUA ENTRE LA SEÑAL CARDÍACA Y RESPIRATORIA EN PACIENTES EN PROCESO DE DESTETE



Cristian Alberto Vélez Silva
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Maestría en Ingeniería Electrónica

Trabajo de grado para optar por el título de
Magister en Ingeniería Electrónica

2018



ESTUDIOS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD MUTUA
ENTRE LA SEÑAL CARDÍACA Y
RESPIRATORIA EN PACIENTES EN PROCESO
DE DESTETE.**

REALIZADO POR:

Cristian Alberto Vélez Silva

DIRIGIDO POR:

Javier A. Chaparro PhD

DECANATURA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Bogotá, Junio de 2018

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Identificación de la Problemática.	1
1.2. Análisis de la Dimensión Social	5
1.3. Justificación.	8
1.4. Objetivos.	10
1.4.1. Objetivo General.	10
1.4.2. Objetivos específicos.	10
2. Marco Referencial.	13
2.1. Ventilación mecánica	13
2.1.1. Generalidades	13
2.1.2. Tipos de Ventilación.	15
2.1.2.1. Ventilación no invasiva	15
2.1.2.2. Ventilación invasiva.	16
2.1.3. Complicaciones de la ventilación mecánica.	16
2.1.3.1. Complicaciones relacionadas con la vía aérea.	17
2.1.3.2. Complicaciones relacionadas con la presión positiva en la vía aérea.	18
2.1.4. Desconexión de la ventilación mecánica.	18
2.1.4.1. Prueba de tubo en T	18
2.1.4.2. Ventilación asistida	19
2.1.4.3. CPAP	19
2.1.4.4. Flujo Continúo	19
2.1.4.5. SIMV	20
2.1.4.6. Presión de Soporte	20
2.1.4.7. Monitorización de CO_2 espirado	20
2.2. Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC).	21
2.3. Variabilidad del patrón respiratorio	22

ÍNDICE GENERAL

2.4. Técnicas de procesamientos de señales.	24
2.5. Métodos de correlación	24
2.5.1. Coherencia	25
2.5.2. <i>Mutual information</i>	25
3. Metodología	27
3.1. Datos	27
3.1.0.1. Caracterización de la población	27
3.1.0.2. Adquisición de los datos	27
3.1.0.3. Datos disponibles	28
3.2. Variables de la Base de Datos WEANDB	28
3.2.1. Variables dependientes	29
3.2.2. Proceso de análisis	30
3.2.2.1. Selección de la Herramienta de Análisis	30
3.2.2.2. Análisis de las Variables	30
4. Análisis y Resultados	33
4.1. Caracterización Temporal	33
4.2. Caracterización Frecuencial	36
4.3. Análisis de dinámica conjunta.	40
5. Conclusiones	45
A. Resultados análisis temporal	47
A.1. Estadísticas de la serie RR - Grupo Éxito	47
A.2. Estadísticas de la serie TT - Grupo Éxito	48
A.3. Estadísticas de la serie RR - Grupo Fracaso	49
A.4. Estadísticas de la serie TT - Grupo Fracaso	50
A.5. Estadísticas de la serie RR de 5 minutos - Grupo éxito	51
A.6. Estadísticas de la serie TT de 5 minutos - Grupo éxito	52
A.7. Estadísticas de la serie RR de 5 minutos - Grupo fracaso	53
A.8. Estadísticas de la serie TT de 5 minutos - Grupo fracaso	54
A.9. Estadísticas de la serie RR de 20 minutos - Grupo éxito	55
A.10. Estadísticas de la serie TT de 20 minutos - Grupo éxito	56
A.11. Estadísticas de la serie RR de 20 minutos - Grupo fracaso	57
A.12. Estadísticas de la serie TT de 20 minutos - Grupo fracaso	58

B. Resultados análisis frecuencial	61
B.1. Densidad espectral de potencia de la serie RR de 5 minutos - Grupo éxito	61
B.2. Densidad espectral de potencia de la serie TT de 5 minutos - Grupo éxito	62
B.3. Densidad espectral de potencia de la serie RR de 5 minutos - Grupo fracaso	64
B.4. Densidad espectral de potencia de la serie TT de 5 minutos - Grupo fracaso	64
B.5. Densidad espectral de potencia de la serie RR de 20 minutos - Grupo éxito	65
B.6. Densidad espectral de potencia de la serie TT de 20 minutos - Grupo éxito	66
B.7. Densidad espectral de potencia de la serie RR de 20 minutos - Grupo fracaso	68
B.8. Densidad espectral de potencia de la serie TT de 20 minutos - Grupo fracaso	68

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras

1.1. Proporción de IIH según diagnóstico, Bogotá D.C. 2010	4
2.1. Volúmenes y capacidades respiratorias[1].	14
2.2. Ondas del electrocardiograma. [1]	22
2.3. Representación gráfica de las series temporales tiempo de inspiración (T_I), tiempo de exspiración (T_E) y duración del ciclo respiratorio (T_{Tot}) [2].	23
3.1. Diagrama de bloques para calcular la VFC	30
3.2. Diagrama de bloques para obtener la serie temporal de frecuencia cardíaca	30
4.1. Series promedio RR y TT en el tiempo para los grupos de éxito vs el grupo de fracaso.	33
4.2. Valores medios de la varianza en el transcurso del tiempo de las series temporales RR y TT por cada grupo éxito y fracaso.	36
4.3. Valores PSD promedio de las series RR y flujo respiratorio en los cinco (5) primeros minutos del proceso de desconexión.	37
4.4. Valores PSD promedio de las series RR y flujo respiratorio en los 20 últimos minutos del proceso de desconexión.	37
4.5. Valores PSD promedio por segmento de 5 y 20 minutos para cada los grupos de éxito y fracaso.	39
4.6. Valor de la coherencia promedio para los 5 y 20 minutos por grupo de éxito y fracaso.	40
4.7. Resultados de la información mutua entre las series RR y TT por cada grupo comparado entre los segmentos de 5 y 20 minutos.	42
4.8. Resultados de la información mutua entre las series RR y TT por cada segmento comparado entre cada grupo éxito y fracaso.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Indice de Tablas

1.1. Indicadores de la Unidad de Neonatología – Clínica Palermo	5
3.1. Variables de la base de datosWEANDB	29
3.2. Distribución de frecuencias	31
4.1. Media y desviación de estándar (SD) de las series temporales promedio por cada grupo de éxito y fracaso.	34
4.2. Resultados estadísticos de cada serie temporal RR y TT para el grupo de fracaso.	35
4.3. Distribución de las bandas de frecuencia para el calculo de la densidad de potencia	38
4.4. Densidad espectral promedio por grupo y segmentos (unidades normalizadas)	38
4.5. Valores medio de la información mutua por cada segmento (5 y 20 min) para los grupos de éxito y fracaso.	41

INDICE DE TABLAS

Capítulo 1

Introducción

1.1. Identificación de la Problemática.

En la actualidad, Colombia enfrenta una crisis en su sistema de salud debido al mecanismo de manejo económico de la seguridad social implementada por la Ley 100 del 1993. Uno de los servicios más costosos para los pacientes que requieren hospitalización es la una Unidad de Cuidado Intensivo (UCI) y “la principal razón por la cual ingresan pacientes a una unidad de cuidado intensivo es la necesidad de recibir soporte ventilatorio.” [3].

La principal actividad en la UCI es la ventilación mecánica (VM), la cual tiene como fin sustituir de forma artificial la ventilación y la oxigenación cuando la función del sistema respiratorio fracasa o es insuficiente, reemplazando total o parcialmente la función de los músculos ventilatorios, permitiendo el intercambio de gases entre el medio ambiente y el alvéolo.

Las enfermedades que requieren ventilación mecánica como parte del tratamiento abarcan un gran número de patologías que incluyen trauma, complicaciones quirúrgicas, infecciones y neumonías, entre otras, siendo muchos pacientes los que necesitan de dicha terapia. El objetivo de la ventilación mecánica es primordialmente, disminuir el trabajo de respirar y revertir la hipoxemia o la acidosis respiratoria progresiva aguda, las cuales con llevan a la muerte [3].

La ventilación mecánica es una alternativa terapéutica usada en la unidad de cuidados intensivos, la cual gracias a los avances tecnológicos permite brindar soporte de vida a los pacientes. Para administrar el soporte se requiere de una interface que actúa sobre la vía aérea superior del paciente, mientras se produce la mejoría de la función respiratoria.

Si bien la ventilación mecánica tiene efectos benéficos, también presenta consecuencias negativas sobre la condiciones fisiológicas de los pacientes con soporte venti-

1. INTRODUCCIÓN

latorio. Por otra parte, la ventilación mecánica se asocia a diferentes complicaciones, relacionadas con su duración, por lo que una vez iniciada la ventilación debería retirarse lo antes posible.

El uso prolongado del ventilador genera dependencia del paciente al equipo, ya que el trabajo respiratorio es realizado en gran parte por este, sustituyendo el trabajo que ejercen los músculos en condiciones fisiológicas normales. Como resultado de esta falta de actividad, los músculos responsables del trabajo respiratorio terminan perdiendo parte de su tono y funcionalidad. Por esta razón, entre más tiempo está conectado el paciente al ventilador, mayor será la dependencia del mismo a la ventilación mecánica. Para que vuelva a funcionar de manera fisiológica se necesita un periodo de adaptación, el cual en la práctica se conoce con diferentes términos como el destete o “weaning” [4].

El destete se define como “la remoción gradual del soporte respiratorio cuando un paciente que se encuentra bajo ventilación mecánica, recupera sus habilidades respiratorias” [5]. Por lo general es un proceso rápido y sin problemas en la mayoría de los pacientes sin embargo, esto puede convertirse en un proceso progresivo y prolongado en 20-25 % de los casos [6]. Determinar el momento adecuado para realizar el destete es de carácter crítico ya que “una extubación fallida o prematura puede causar distrés cardiopulmonar significativo y demoras innecesarias en el proceso de discontinuación que puede inducir lesiones pulmonares o traumáticas.” [6]

La desconexión de la ventilación es uno de los procesos más frecuentes en la UCI, el cual supone un 40 % del tiempo total de soporte ventilatorio, ocupando un tiempo significativo de las actividades diarias de los médicos [6], razón por la que la desconexión ventilatoria es uno de los procedimientos más estudiados en los últimos 25 años, donde se han identificado diferentes métodos y criterios basados en la evidencia para determinar el momento indicado en que se realice el destete.

“La decisión de los médicos para la discontinuación de la ayuda mecánica es una tarea desafiante que involucra un conocimiento completo de un gran número de parámetros clínicos, además de su evolución en el tiempo” [5]. Los parámetros clínicos incluyen la saturación de oxígeno en sangre, la presión arterial de oxígeno, la frecuencia respiratoria, el volumen corriente y el nivel de presión positiva al final de la espiración, además del estado de la enfermedad base que originó la necesidad de implementar el soporte ventilatorio [5, 7]. Analizar todos estos parámetros junto con la historia clínica del paciente requiere de amplia experiencia por parte de los médicos tratantes.

1.1 Identificación de la Problemática.

Al considerar la cantidad de recursos especializados, el tiempo y los costos utilizados en la estancia prolongada en UCI del paciente “es sorprendente que el proceso continúe siendo manejado de manera empírica y que un enfoque estandarizado no se haya desarrollado” .

La interrupción de la ventilación en la actualidad presenta un reto en los pacientes, sobre todo en aquellos con insuficiencias respiratorias y los que han recibido soporte ventilatorio por tiempos prolongados, generando una re-intubación, elevando ocho veces la posibilidad de desarrollar una infección intrahospitalaria (neumonía nosocomial, neumonía asociada al ventilador, entre otras), lesiones en la vía aérea superior e incrementar de seis a doce veces el riesgo de muerte en los pacientes [7, 5], cuanto más pronto se libere el paciente del ventilador, menor es la probabilidad de generar otras patologías inducidas por la ventilación, disminución de la estancia en la UCI y la morbimortalidad.

La neumonía asociada al ventilador (NAV) es la infección nosocomial más común en los pacientes sometidos a ventilación mecánica y es responsable de casi la mitad de los antibióticos utilizados en la UCI. Su incidencia depende de la mezcla de casos, la duración de la VM y el criterio diagnóstico aplicado. Ocurre en el 9-27 % de los pacientes ventilados mecánicamente [8]. La enfermedad se asocia con aumento de los días de internación en la unidad de cuidado intensivo.

Las infecciones nosocomiales son un gran problema en la UCI, afectan más de 20 % de los pacientes, resultan en una mortalidad mayor del 30 % [8] y aumentan además los costos del manejo [9, 10].

Una encuesta de prevalencia realizada bajo los auspicios de la OMS en 55 hospitales de 14 países representativos de 4 Regiones (Europa, Mediterráneo Oriental, Asia Sudoriental y Pacífico Occidental) mostró que un promedio de 8,7 % de los pacientes hospitalizados presentaba infecciones nosocomiales. En un momento dado, más de 1,4 millones de personas alrededor del mundo sufren complicaciones por infecciones contraídas en el hospital. En un estudio realizado en una UCI quirúrgica de Iowa se demostró que las infecciones nosocomiales aumentaban los costos en \$40.000 dólares por persona, tienen una mortalidad atribuible del 35 % y prolongan la estancia en UCI y hospitalización en 8 y 24 días respectivamente [10].

El estudio EPIC, estudio europeo de prevalencia, evaluó 10038 pacientes en 1417 UCIs en 17 países de Europa Occidental. Excluyó UCI coronarias y pediátricas. Encontró que 44.8 % de los pacientes estaban infectados y 20.6 % tenían infección adquirida en la UCI. Se identificaron siete factores de riesgo para las infecciones adquiridas en UCI, estancia en UCI > 48 horas, ventilación mecánica, diagnóstico de trauma,

1. INTRODUCCIÓN

cateterización venosa central, de la arteria pulmonar y urinaria y profilaxis de úlceras de estrés [11].

De acuerdo con el boletín epidemiológico de infecciones intrahospitalarias del año 2010 de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, la neumonía asociada al ventilador es una de las infecciones nosocomiales más frecuentes adquiridas por niños y adultos en las unidades de cuidado intensivo, con una índice de 3.2 casos por 1000 días ventilador (Figura 1.1) [12].

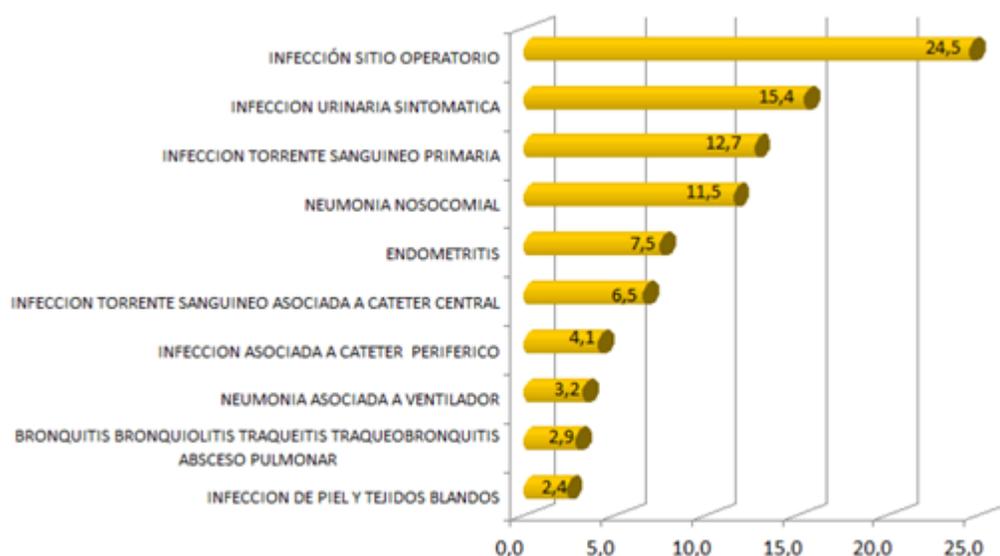


Figura 1.1: Proporción de IIH según diagnóstico, Bogotá D.C. 2010

El Grupo Nacional de Vigilancia Epidemiológica de las Unidades de Cuidados Intensivos de Colombia (Gruveco) en el informe del año 2010 en el Acta Colombiana de Cuidado Intensivo, describen que la neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAVМ) es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en los pacientes en unidad de cuidados intensivos. Varios países han informado de las tasas de mortalidad relacionadas con esta entidad, desde 24 % hasta 76 %. Como resultado de esto, la prevención de la NAVМ se ha convertido en un foco de iniciativas de seguridad de los pacientes. En múltiples instituciones alrededor del mundo, la vigilancia de infecciones nosocomiales se ha convertido en un elemento vital, no sólo del control de infecciones, sino en indicador de la calidad de la atención [13].

La Clínica Palermo de la ciudad de Bogotá DC cuenta con tres unidades de cuidados intensivos (12 camas de UCI adultos, 16 cunas para la UCI recién nacidos y UCI intermedios), presenta entre sus indicadores de gestión de calidad la tasa de neumonía asociada al ventilador (UCI recién nacidos) 7.0 por 1000 días de ventilación mecánica

1.2 Análisis de la Dimensión Social

Cuadro 1.1: Indicadores de la Unidad de Neonatología – Clínica Palermo

Indicadores de la Unidad de Neonatología	2008	2009	2010	2011
Nº de egresos – UCI recién nacidos	467	599	699	953
Promedio días de estancia - UCI recién nacidos	8.5	8.5	6.7	5.5
% de ocupación de camas - UCI recién nacidos	57.5	59.0	60.0	64.0
Giro cama año - UCI recién nacidos	25.2	26.4	33.9	41.4
Tasa de neumonía asociada al ventilador UCI recién nacidos	28.2	8.8	10.5	7.0
Índice de infección intrahospitalaria - UCI recién nacidos	5.1	4.9	1.9	2.0

(ver Tabla 1.1), donde su tasa es el doble del expuesto por la Secretaría Distrital de Salud en su boletín epidemiológico de infecciones intrahospitalarias del año 2010 para la neumonía asociada a la ventilación, evidenciado que la UCI recién nacidos de la clínica presenta infecciones asociados a la ventilación mecánica y su proceso de destete o weaning.

1.2. Análisis de la Dimensión Social

El informe de 2002 de la Organización Mundial de la Salud con relación a la calidad de la atención y seguridad del paciente establece que “Las intervenciones de atención de salud se realizan con el propósito de beneficiar al paciente, pero también pueden causarles daño. La combinación compleja de procesos, tecnologías e interacciones humanas que constituyen el sistema moderno de prestación de atención de salud puede aportar beneficios importantes. Sin embargo, también conlleva un riesgo inevitable de que ocurran eventos adversos y, efectivamente, ocurren con demasiada frecuencia” [14].

La atención en salud conlleva el riesgo de que ocurran eventos adversos que pueden ocasionar lesiones, discapacidades, e incluso la muerte. Dada la complejidad de la atención del paciente crítico, la UCI constituye un ámbito de alto riesgo para la aparición de eventos adversos, muchos de ellos evitables. Varios estudios demuestran la influencia de factores organizativos y enfocados en el sistema en la reducción del riesgo asistencial y en el resultado de los pacientes críticos.

La atención en salud conlleva el riesgo de que ocurran eventos adversos que pueden ocasionar lesiones, discapacidades, e incluso la muerte. Dada la complejidad de la atención del paciente crítico, la UCI constituye un ámbito de alto riesgo para la aparición de eventos adversos, muchos de ellos evitables. Varios estudios demuestran la influencia de factores organizativos y enfocados en el sistema en la reducción del riesgo asistencial y en el resultado de los pacientes críticos.

1. INTRODUCCIÓN

La atención médica en las unidades de Cuidado Intensivo concentra la mayor cantidad de intervenciones y recursos tecnológicos posible. Esto significa también la concentración de la mayor cantidad de dificultades éticas en toma de decisiones, mucho más allá del uso o no de un método, intervenciones con implicaciones serias, repercusiones a largo plazo y decisiones urgentes.

La atención a los pacientes con soporte ventilatorio debe tener objetivos claros: ofrecer el cuidado más correcto y oportuno; guardar proporción con la enfermedad, con el pronóstico y sobre todo, adecuarse todo lo posible a los deseos, expectativas y esperanzas del paciente, siempre en procura del mejor bienestar de él mismo y de sus familiares.

Muchas de las dificultades que se presentan en el cuidado Intensivo se originan con la prolongación de la ventilación mecánica del paciente, pues en la mayoría de los casos la desconexión ventilación mecánica se asocia a graves complicaciones, tales como daño de la vía aérea superior, barotrauma e infecciones, especialmente neumonía nosocomial asociada al ventilador.

En algunos casos, pueden generar trastornos discapacitantes que reducen la calidad de la vida siendo estos una de las principales causas de generar altos costos, al prolongar la estancia hospitalaria [10], al causar días de trabajo perdido, por el mayor uso de medicamentos, la necesidad de aislamiento y el uso de más estudios diagnósticos entre otros.

La prolongación de la ventilación mecánica no afecta únicamente al paciente sino además la sociedad que lo rodea. La decisión de terminar la desconexión del soporte puede presentar diferentes involucrados como lo son:

1. Los Profesionales de la salud: en las unidades de cuidados intensivos se encuentran pacientes en condiciones de salud críticas, y es allí donde la interacción de los conocimientos médicos, la tecnología (dispositivos médicos) y las técnicas o métodos de tratamiento intervienen de forma conjunta para mantener al paciente con vida. En la unidad de cuidado intensivo encierra la mayor cantidad de decisiones complejas para los médicos y demás profesionales que trabajan en el área. La dificultad de dichas decisiones está que muchas veces depende la vida misma del paciente, en la cantidad de variables biológicas y alternativas terapéuticas, así como también en sus aspectos éticos y jurídicos. El médico de la UCI, es sobre quien recae la responsabilidad de las condiciones del paciente con soporte ventilatorio, deberá tomar el mayor número de decisiones adecuadas en los tratamientos que involucren el soporte con ventilador y el proceso de desconexión del mismo. Sus habilidades y experiencia desarrollada durante su

formación influirán en su actuar profesional y en la condición del paciente. En ocasiones la decisión médica es la correcta, pero la tecnología biomédica usada en el cuidado intensivo puede llegar a presentar limitaciones para definir los parámetros o las variables adecuadas para el mejoramiento de las condiciones fisiológicas del paciente, limitando las acciones que desarrollan los médicos en la UCI.

2. Clínicas y/o Hospitales: las instituciones prestadoras de servicios de cuidado intensivo se ven afectadas de manera negativa, pues al aumentar la estancia del paciente en la UCI, incrementa las actividades laborales de los profesionales (médicos, enfermeras) y el consumo de medicamentos, insumos médicos o un reproceso en la atención. Ocasionalmente las infecciones se presentan en forma de brotes epidémicos, generando visitas por las entidades de control a verificar las condiciones de habilitación de sus servicios y los procesos en los que pudieron verse involucrados en la infección, pudiendo ocasionar sanciones sanitarias y económicas.
3. Familiares de los pacientes: la situación de generar una nueva patología (neumonía asociada al ventilador) diferente a la tratada, con lleva una connotación psicológica sobre los familiares de los pacientes, quienes en espera de una recuperación de su familiar observan un deterioro mayor en la condiciones fisiológicas de su pariente. A lo anterior se agrega que los tratamientos para la infección tienen elevados costos que finalmente tiene que financiar la familia, el seguro de salud o el estado, lo cual constituye un problema legal de quien debe asumir los gastos por la prolongación de la estancia en la UCI.

La prolongación de la ventilación mecánica así como puede llegar afectar a diferentes componentes de la sociedad, de igual manera puede tener diferentes causas, múltiples consecuencias y diferentes factores asociados, entre los que se encuentran:

- Factores Humanos: La complejidad y gravedad de los pacientes, las condiciones fisiológicas propias de los pacientes, las múltiples interacciones entre el paciente y los profesionales, la necesidad de una comunicación estrecha entre los diferentes profesionales, la subjetividad de profesional de la salud tratante para definir el tiempo y la técnica adecuada para la extubación, entre otros, hacen que los pacientes en las UCI se encuentren en un ambiente de alto riesgo.

1. INTRODUCCIÓN

- Factor Organizacional: Falta de una estandarización de una metodología que defina la técnica apropiada para predecir el momento en el cual al paciente se debe realizar una extubación y esta sea exitosa y una vigilancia epidemiológica para recopilación, análisis e interpretación de forma sistemática y constante de datos específicos, para usarlos en la planificación, ejecución y evaluación de la prolongación de la estancia hospitalaria asociada a la ventilación mecánica. Además involucra la capacidad para analizar y difundir en forma oportuna a las personas actividades de prevención y controles eficaces a implementar que permitan minimizar el aumento de las infecciones por la ventilación.

- Factor Tecnológico: la mayoría de las infecciones nosocomiales diagnosticadas en la UCI se relacionan con la utilización de dispositivos externos que alteran las barreras de defensa naturales y facilitan la transmisión cruzada de los agentes patógenos. Ocasionalmente las infecciones se presentan en forma de brotes epidémicos, cuyo origen se ha identificado en reservorios como los ventiladores mecánicos, sistemas de monitorización o en portadores crónicos como trabajadores de salud o enfermos colonizados que realizan actividades dentro de las unidades de cuidado intensivo, y/o son facilitadas mediante la transmisión cruzada durante las técnicas básicas de higiene y/o manipulación de los pacientes. La falta de tecnología al servicios de los profesionales en salud que ayuden a determinar el momento oportuno de finalizar el soporte ventilatorio.

1.3. Justificación.

La ventilación mecánica (VM) tiene como fin sustituir de forma artificial la ventilación y la oxigenación cuando la función del sistema respiratorio fracasa o es insuficiente, reemplazando total o parcialmente la función de los músculos ventilatorios, permitiendo el intercambio de gases entre el medio ambiente y el alvéolo[15]. La VM es una alternativa terapéutica en la unidad de cuidados intensivos (UCI), la cual gracias a los avances tecnológicos permite brindar soporte de vida a los pacientes.

Para administrar el soporte se requiere de una interfaz que actúa sobre la vía aérea superior del paciente, mientras se produce la mejoría de la función respiratoria. Si bien la VM tiene efectos benéficos, también tiene consecuencias negativas sobre la

condiciones de los pacientes. Por otra parte, la ventilación mecánica se asocia a diferentes complicaciones, relacionadas con su duración, por lo que una vez iniciada la VM debería retirarse lo antes posible.

La VM genera en los pacientes dependencia a que le suministren apoyo ventilatorio. Para que vuelva a funcionar de manera espontánea se necesita un periodo de adaptación, a este periodo en la práctica se conoce con diferentes términos, “*weaning*” o destete de la ventilación mecánica. Por lo general es un proceso rápido y sin problemas en la mayoría de los pacientes sin embargo, esto puede convertirse en un proceso progresivo y prolongado en 20-25 % de los casos[16].

La interrupción de la ventilación en la actualidad presenta un reto en los pacientes, sobre todo en aquellos con insuficiencias respiratorias y los que han recibido soporte ventilatorio por tiempos prolongados, pues el fallo en la extubación debe ser mínimo, debido que la necesidad de una re-intubación eleva ocho veces la posibilidad de desarrollar una infección nosocomial, lesiones en la vía aérea superior e incrementar de seis a doce veces el riesgo de muerte en los pacientes[7][5][17], cuanto más pronto se libere el paciente del ventilador, menor es la probabilidad de generar otras patologías.

La desconexión de la VM es uno de los procesos más frecuentes en la UCI, el cual supone un 40 % del tiempo total de soporte ventilatorio[16], ocupando un tiempo significativo de las actividades diarias de los médicos, razón por la cual, la desconexión ventilatoria es uno de los procedimientos más estudiados en los últimos 25 años identificando diferentes métodos y criterios basados en la evidencia para la predicción del momento de reiniciar la ventilación espontánea.

Sin importar el método seleccionado para la desconexión, es necesario incluir pruebas que consisten en dejar respirar al paciente de forma espontánea. Los dos métodos que permiten una ventilación espontánea son primero, la prueba de tubo en T, la cual implica desconectar al paciente del ventilador y dejarlo respirar con el tubo endotraqueal durante un periodo de tiempo, mientras se registra el flujo respiratorio en una pieza llamada tubo en T conectado en la boca del paciente. En el segundo método, el paciente continúa conectado al ventilador con un flujo continuo de aire permitiendo respirar al paciente según sus necesidades. En ambos casos, según el desempeño de la ventilación espontánea del paciente, los médicos definen si el paciente está listo para ser extubado, pero esto no garantiza el éxito de la desconexión.

1. INTRODUCCIÓN

Esto permite evidenciar la importancia y el vacío en la predicción del momento oportuno que conduzca al éxito de desconexión de la VM, pero también es cierto que la decisión de interrumpir el soporte de la ventilación no se basa únicamente en la experiencia del médico o en las pruebas de respiración espontánea, sino en la integración con estrategias que faciliten la decisión del retiro del soporte ventilatorio[18][19].

Por lo descrito anteriormente, en los últimos años el impacto del destete en los pacientes ha atraído la atención de la comunidad científica, con el fin de identificar parámetros o generar predictores para garantizar el éxito de la extubación. Por esta razón, se plantea la necesidad de continuar explorando la información que se puede obtener del patrón respiratorio, particularmente durante la prueba de tubo en T, para determinar si se puede definir un mecanismo de predicción del resultado del destete.

En la actualidad, se han desarrollado estudios para demostrar la relación entre la frecuencia cardíaca y la respiración en pacientes en pruebas de desconexión del soporte ventilatorio [20] , por esta razón, se puede llegar a obtener un parámetro cualitativo de la relación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la variabilidad de la respiración durante la prueba en T, que permita predecir el éxito del destete de la ventilación mecánica.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Identificar relaciones entre la variabilidad mutua de la señal cardíaca y respiratoria en pacientes en proceso de extubación, y establecer su relación con el éxito o fracaso del mismo.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Calcular las series temporales de las señales cardíaca y respiratoria de los pacientes de la base datos WEANDB con éxito y fracaso en la prueba de tubo en T.
- Determinar la variabilidad de las series temporales cardíaca y respiratoria estadísticamente y mediante modelado AR en grupos de pacientes con éxito y fracaso en la prueba en T.

1.4 Objetivos.

- Analizar la variabilidad mutua cardíaca y respiratoria usando técnicas como correlación, coherencia y “*mutual information*”.
- Identificar la relación entre la variabilidad mutua cardíaca y respiratoria con el éxito o fracaso en la prueba de tubo en T.

1. INTRODUCCIÓN

Capítulo 2

Marco Referencial.

2.1. Ventilación mecánica

2.1.1. Generalidades

El sistema respiratorio se encuentra formado por un órgano que intercambia gases (los pulmones) y una “bomba” que ventila los pulmones. La bomba se compone de pared torácica; músculos respiratorios, los cuales aumentan o disminuyen el tamaño de la cavidad torácica; áreas del cerebro que controlan los músculos y haces y nervios que conectan el cerebro con los músculos. En reposo, el ser humano normal respira 12 a 15 veces por minuto. Se inspiran y espiran cerca de 500ml de aire en cada respiración, o 6 a 8 L/min . Este aire se mezcla con el gas presente en los alvéolos y, por difusión simple, el oxígeno entra en la sangre de los capilares pulmonares mientras el dióxido de carbono ingresa a los alvéolos. De esta manera, 250ml de oxígeno entran en el organismo cada minuto y se excretan 200 ml de dióxido de carbono.

En una respiración normal, el aire entra y sale por la nariz. La principal función de las vías aéreas superiores es acondicionar el aire inspirado de tal manera que al llegar a la tráquea, éste se encuentre a la temperatura corporal y completamente humidificado. La nariz también funciona para filtrar, atrapar y limpiar partículas de un tamaño de más de $10\mu\text{m}$. Finalmente, la nariz proporciona el sentido del olfato. Después de pasar por las cavidades nasales y la faringe, donde se calienta y capta vapor de agua, el aire inspirado pasa por la tráquea. Para poder realizar el intercambio de gases, los pulmones reciben sangre de la arteria pulmonar, la cual sale del ventrículo derecho del corazón y se divide en una rama para cada pulmón y enseguida pasa por los bronquios, los bronquiolos respiratorios y los conductos alveolares hasta los alvéolos, donde ocurre el intercambio gaseoso.

2. MARCO REFERENCIAL.

La cantidad de aire que ingresa a los pulmones con cada inspiración (o la cantidad que sale con cada espiración) se llama volumen de ventilación pulmonar (volumen corriente), la suma de dos o más volúmenes pulmonares se les denomina capacidades pulmonares; la usada más frecuentemente es la capacidad vital (CV).

En la figura 2.1, se presentan los valores normales de estos volúmenes pulmonares y a continuación la definición de cada uno:

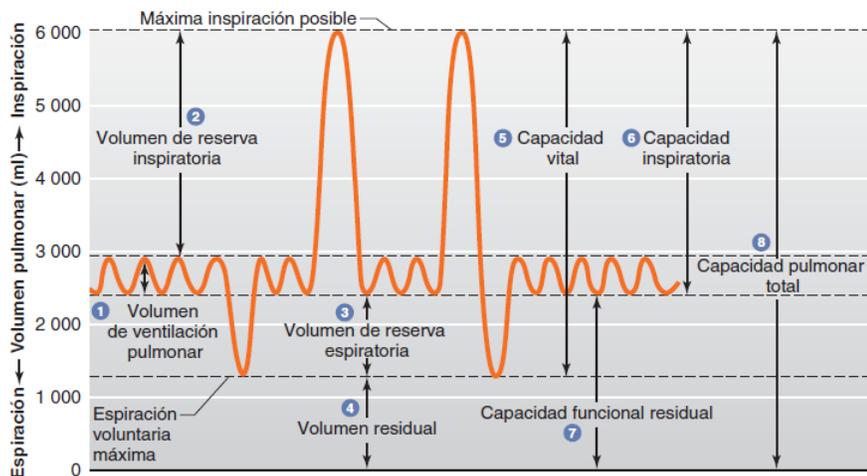


Figura 2.1: Volúmenes y capacidades respiratorias[1].

Volúmenes:

1. Volumen Corriente o Tidal (VC): volumen de aire que el humano mueve en una respiración normal (ya sea en reposo o en ejercicio). El ser humano inspira y expira entre 12 y 15 veces por minuto, movilizandolos unos 400 a 550 ml en cada uno de los movimientos.
2. Volumen de Reserva Inspiratoria (VRI): cantidad máxima de aire que la persona puede inspirar realizando un esfuerzo por encima de la inspiración espontánea. Se encuentra alrededor de 3.3 litros.
3. Volumen de Reserva Espiratoria (VRE): si se realiza un esfuerzo de espiración, es la máxima cantidad de aire que se puede expulsar a partir del nivel espiratorio espontáneo. Se encuentra alrededor de 1 litro.
4. Volumen Residual (VR): volumen remanente que no puede ser expulsado a pesar de realizar una espiración forzada máxima, el cual es de unos 1.2 litros.

Capacidades:

1. Capacidad pulmonar total (CPT): cantidad de gas contenido en el pulmón en inspiración máxima. Corresponde a la suma de los cuatro volúmenes ya descritos.
2. Capacidad vital (CV): cantidad total de aire movilizado entre una inspiración y espiración máximas.
3. Capacidad inspiratoria (CI): máximo volumen de gas que puede inspirarse a partir de una espiración normal. Comprende el volumen corriente y el volumen de reserva inspiratoria.
4. Capacidad residual funcional (CRF): volumen de gas que permanece en el pulmón al término de la espiración normal; representa la suma del volumen residual y volumen de reserva espiratoria.

2.1.2. Tipos de Ventilación.

El soporte ventilatorio mecánico puede establecerse generando de forma no invasiva una presión negativa, subatmosférica, alrededor del tórax (ventilación con presión negativa), o aplicando una presión positiva, supraatmosférica, al interior de la vía aérea (ventilación con presión positiva) durante la fase inspiratoria. En ambos casos, la espiración se produce de forma pasiva. Si bien la ventilación con presión negativa puede resultar útil en algunos pacientes con enfermedad neuromuscular que requieren ventilación a largo plazo, en el paciente gravemente enfermo sólo se emplea ventilación con presión positiva.

Dependiendo del requerimiento o no de una vía aérea artificial, la ventilación mecánica con presión positiva puede clasificarse como invasiva (intubación endotraqueal o cánula de traqueostomía) o no invasiva (mascarilla oronasal o facial), respectivamente.

2.1.2.1. Ventilación no invasiva

El uso de ventilación no invasiva puede tener éxito en algunos pacientes con condiciones patológicas rápidamente reversibles, tales como la exacerbación de una bronquitis crónica con acidosis respiratoria, y presenta múltiples ventajas sobre el soporte ventilatorio invasivo. Sin embargo, cuando es necesario aplicar niveles elevados de

2. MARCO REFERENCIAL.

presión en la vía aérea para asegurar un intercambio gaseoso satisfactorio y en situaciones donde la ventilación no invasiva se considera inapropiada o ha fracasado, se requiere intubación endotraqueal y el inicio de ventilación mecánica invasiva.

2.1.2.2. Ventilación invasiva.

La ventilación mecánica invasiva se implementa con el objetivo de ayudar al paciente que sufre de insuficiencia respiratoria grave a mantener la ventilación alveolar, la oxigenación arterial, el volumen pulmonar y a reducir el trabajo de los músculos respiratorios. A nivel clínico, se busca revertir la hipoxemia o la acidosis, prevenir o revertir atelectasias, permitir la sedación y curarización, reducir el consumo de oxígeno sistémico o miocárdico, reducir la presión intracraneal y estabilizar la pared torácica. Esta es una terapia invasiva porque el paciente requiere la intubación o introducción de un tubo conocido como endotraqueal en las vías aéreas superiores. Existe la ventilación no invasiva, la cual involucra el uso de máscara facial o cánulas para oxigenoterapia.

2.1.3. Complicaciones de la ventilación mecánica.

Debido a la naturaleza invasiva de esta opción terapéutica, la implementación de la ventilación mecánica como parte del tratamiento del paciente tiene muchos riesgos asociados.

El proceso de retirar el tubo endotraqueal, llamado extubación puede generar incapacidad de toser, acumulación de líquido o edema, contracciones involuntarias o espasmos a nivel glótico, broncoaspiración por incompetencia laríngea, en el cual, debido a una función inadecuada de los músculos de la laringe, partículas que deberían pasar al sistema digestivo, entran a las vías arespiratorias. También puede ocurrir parálisis de cuerdas vocales, estridor que es un sonido de alta frecuencia que indica obstrucción de la vía aérea, ronquera y traqueomalacia, la cual está definida como la debilidad o acidez en las paredes de la tráquea. Además, pueden presentarse granulomas en la laringe, tráquea o alrededor del punto de traqueostomía, los cuales son masas de células inmunes que forma el sistema inmunológico cuando intenta aislar sustancias extrañas.

Por otro lado durante la ventilación mecánica pueden producirse numerosas complicaciones, algunas potencialmente letales. Por esta razón, la ventilación mecánica sólo debe aplicarse en unidades de cuidados intensivos, con personal médico y de enfermería entrenado en esta técnica.

2.1.3.1. Complicaciones relacionadas con la vía aérea.

- Infección.

El uso de una vía aérea artificial puede introducir gérmenes del ambiente y de las vías aéreas superiores al pulmón, al sobrepasar las barreras anatómicas normales. La contaminación con gérmenes del ambiente puede reducirse con una adecuada esterilización de los equipos, cambio cada 48 horas de los circuitos del ventilador y técnicas asépticas del personal. Sin embargo, el enfermo puede ser también origen de los gérmenes, colonizando los circuitos del respirador con bacterias de su vía aérea alta o de su aparato digestivo y permitiendo así la directa inoculación de éstos en su pulmón e incluso la diseminación al ambiente, con el riesgo de infecciones cruzadas. No existen aún métodos de rendimiento probado que controlen totalmente este tipo de colonización.

- Intubación monobronquial.

El tubo endotraqueal puede deslizarse hacia dentro e intubar inadvertidamente un solo bronquio, generalmente el derecho, lo que suele resultar en atelectasia del pulmón contralateral y barotrauma del pulmón intubado. Para prevenir esta complicación es necesario controlar radiográficamente el tubo después de instalado, cuidando que su extremo distal quede a una distancia $> 2 \text{ cm}$ de la carina principal. También debe fijarse cuidadosamente a su entrada en la arcada bucal y anotar la longitud introducida para detectar precozmente sus desplazamientos accidentales.

- Ulceras traqueales.

La estenosis es el resultado de la ulceración isquémica de la mucosa, que se produce siempre que la presión aplicada a la pared exceda por un tiempo prolongado la presión de perfusión de la mucosa, que es de 20-30 mmHg . Por lo tanto, el empleo de presiones menores de 25 mmHg en el manguito del tubo disminuye la frecuencia y la magnitud de estas lesiones. Para esto es necesario medir periódicamente la presión del manguito.

2. MARCO REFERENCIAL.

2.1.3.2. Complicaciones relacionadas con la presión positiva en la vía aérea.

- Efectos cardiovasculares.

La presión positiva intratorácica puede reducir el gasto cardíaco a través de una disminución del retorno venoso y, a la vez, por un aumento de la post-carga del ventrículo derecho determinada por compresión de los capilares en las áreas mejor ventiladas. Este efecto es más marcado cuando se utiliza PEEP.

- Barotrauma.

El barotrauma pulmonar es la ruptura alveolar debida al uso de presión positiva. Las manifestaciones clínicas del barotrauma son múltiples: enfisema intersticial, neumotórax, neumomediastino, enfisema subcutáneo, neumoperitoneo, quistes pulmonares a tensión, y quistes aéreos subpleurales. Como se ha señalado, todas estas formas de barotrauma se desarrollan por la ruptura de un alvéolo sobredistendido con penetración de aire al intersticio perivascular o enfisema intersticial.

Todas estas complicaciones junto con muchas otras asociadas a la implementación de la ventilación mecánica constituyen la justificación de encontrar el índice de predicción del resultado de la extubación efectivo que busca el presente trabajo.

2.1.4. Desconexión de la ventilación mecánica.

Existen distintos métodos para realizar la retirada del ventilador. La selección del método se realiza según varios parámetros que se evalúan en la clínica, los cuales incluyen parámetros radiológicos, mecánicos pulmonares, gasimétricos, neurológicos, hemodinámicos y nutricionales.

A continuación se procede a explicar brevemente en qué consiste cada uno de los métodos para realizar el destete. Es importante aclarar que sin importar el mecanismo empleado, se recomienda someter al paciente a una prueba de respiración espontánea a través del tubo en T antes de proceder a la extubación y desconexión definitiva.

2.1.4.1. Prueba de tubo en T

Consiste en la desconexión periódica del ventilador para que el paciente respire de manera espontánea, mientras todavía tiene el tubo endotraqueal conectado al tubo en T en la boca. Durante la desconexión, el paciente se debe conectar a un sistema que

le proporcione un alto flujo de oxígeno con el fin de prevenir la hipoxemia. Esta prueba se realiza de manera gradual, empezando con periodos cortos (alrededor de cinco minutos) que se van incrementando hasta que existe la seguridad de que el paciente es capaz de asumir todo el trabajo respiratorio sin alterar sus parámetros hemodinámicos, gasimétricos o mecánicos. La desventaja que se tiene durante la prueba de tubo en T es que no se pueden monitorear los parámetros que normalmente mide un ventilador, ni se cuenta con las alarmas de los mismos. Debido a que el paciente se encuentra respirando abiertamente, no se pueden monitorear presiones. Sólo se pueden conectar equipos que midan flujo y calcular volúmenes a partir de esta señal.

2.1.4.2. Ventilación asistida

Consiste en la disminución progresiva de la sensibilidad de disparo del ventilador, lo cual obligará al paciente a incrementar su esfuerzo inspiratorio para lograr disparar el inicio del ciclo automático. El esfuerzo inspiratorio del paciente implica trabajo muscular y cierta independencia psicológica. De esta manera, la frecuencia respiratoria es la impuesta por el paciente mismo, pero el volumen entregado por el ventilador será aquel configurado previamente, lo que no permite evaluar fielmente el nivel de trabajo muscular realizado por el paciente.

2.1.4.3. CPAP

El CPAP se puede usar solo, combinado con tubo en T o con presión de soporte. Los efectos positivos de este método incluyen el aumento de la Capacidad Residual Funcional, la mejora de la distensibilidad pulmonar, la oxigenación y la disminución del trabajo respiratorio. También puede prevenir la aparición de atelectasias asociadas a bajos volúmenes durante el destete. La principal desventaja, la activación de las válvulas dependen de un estímulo provocado por el paciente, por lo tanto el tiempo de respuesta y la alta resistencia de dichas válvulas aumentan los efectos negativos.

2.1.4.4. Flujo Continuo

También conocido como flow-by. Consiste en que durante la fase espiratoria, el ventilador le proporciona al paciente un flujo base de gas. En la espiración, el flujo total de gas medido en la línea espiratoria es mayor al flujo de base. Al iniciar la inspiración, el paciente toma gas del circuito con lo cual, el sensor de flujo espiratorio detecta un flujo inferior al flujo de base. Cuando la diferencia entre el flujo de base y el flujo medido en la línea inspiratoria alcanza cierto nivel, el cual ha sido configurado como

2. MARCO REFERENCIAL.

sensibilidad de flujo, se abre la válvula inspiratoria proporcionando cierta cantidad de gas con el objeto de mantener la presurización de los circuitos.

2.1.4.5. SIMV

En este modo ventilatorio parte de los ciclos respiratorios están desencadenados espontáneamente por el paciente, lo cual disminuye la dependencia psicológica del ventilador y facilita el trabajo de los músculos inspiratorios. Una vez se ha logrado disminuir la FiO_2 a 0.5 o menos, y el requerimiento de PEEP es bajo (5 cmH_2O) se puede iniciar el destete mediante la disminución progresiva de la frecuencia de SIMV. Esta disminución se puede realizar en pasos de 4 cmH_2O en los adultos.

Durante el proceso de retirada, se deben monitorizar los signos vitales, incluyendo a los gases arteriales con el fin de prevenir la retención de CO_2 y la acidosis respiratoria consecuente, la cual constituye la principal causa del fracaso del destete en la mayoría de los casos. Si se llega a presentar la acidosis, se debe retroceder en el procedimiento aumentando la frecuencia en la SIMV e intentando nuevamente la disminución progresiva de la frecuencia pero con pasos más pequeños (de 2 en 2). Como el paciente se encuentra conectado al ventilador con este método, el modo SIMV se puede combinar con CPAP, en los casos que se requiera.

2.1.4.6. Presión de Soporte

En este modo ventilatorio, se configura una presión soporte (usualmente 20 cmH_2O), con la cual se busca obtener una frecuencia respiratoria adecuada y nula contracción de los músculos accesorios de la inspiración, los cuales constituyen los signos clínicos que indican ineficacia de la PSV. Después, en función de la evolución de los parámetros ventilatorios del paciente, se realizan descensos progresivos del nivel de PSV hasta valores entre 5 y 8 cmH_2O .

Este valor final de PSV es suficiente para vencer la resistencia impuesta por el tubo endotraqueal y por el circuito paciente, además de que la actividad muscular espontánea del paciente es similar a la que necesitaría sin ninguna vía aérea o circuito artificial.

2.1.4.7. Monitorización de CO_2 espirado

Esta técnica, también llamada CO_2MV , requiere de un capnógrafo rápido de infrarrojos, un ventilador que combine períodos de ventilación espontánea con ventilación controlada en períodos diferentes y no intermitentes (como IMV), los cuales se

2.2 Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC).

determinan por la presión del CO₂ espirado, la cual es constantemente monitorizada.

La diferencia de presiones entre CO₂ arterial y CO₂ espirado, se considera constante, se calcula con $D(a - E)CO_2 = PaCO_2 - PECO_2$ y se obtiene con la medición de gases arteriales durante ventilación espontánea. Se determinan tres umbrales: máximo, mínimo e intermedio. El umbral máximo (ECO_2M) se escoge en función de la $PaCO_2$ máxima tolerable para el paciente, el umbral mínimo (ECO_2m) es un umbral de seguridad de apnea y debe ser superior al 1% de $PECO_2$. El umbral intermedio (ECO_2I) depende de la $PaCO_2$ bajo ventilación controlada. Los umbrales mencionados se deben controlar a través de tres potenciómetros de regulación y necesita un dispositivo manual para permitir la recuperación de modo controlado en cualquier momento.

A pesar de que este método limita considerablemente el riesgo de hipercapnia, tiene adaptación de paciente inmediata e inicia el modo controlado según las necesidades del paciente, se requiere equipo adicional y personal muy calificado, lo cual incrementa sus costos. Adicionalmente, la CO_2MV no mejora la calidad del intercambio gaseoso ni la calidad mecánica del pulmón, por lo que su desempeño es inferior a otros métodos. Todos estos factores hacen que la CO_2MV sea un método de destete poco funcional.

2.2. Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC).

En un registro de un electrocardiograma (ECG) como el que se muestra en la figura 2.2, se observan varias deflexiones, llamadas en electrocardiografía “ondas” y “Complejos”. Einthoven llamó a estas “ondas” P, Q, R, S y T, según su orden en el ciclo cardíaco. La onda P corresponde a la despolarización auricular; las deflexiones Q, R, y S, llamado complejo QRS, representa la propagación de la despolarización ventricular; y la onda T la repolarización ventricular.

2. MARCO REFERENCIAL.

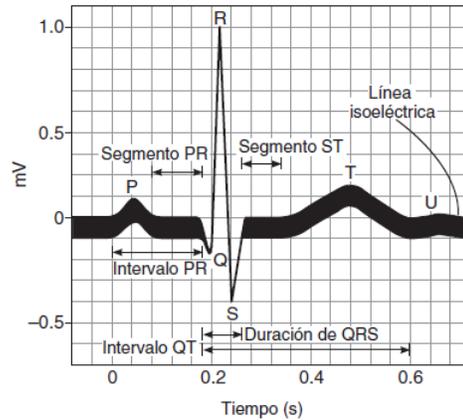


Figura 2.2: Ondas del electrocardiograma. [1]

Para el diagnóstico clínico, los intervalos temporales entre las distintas ondas de cada latido son de mucha importancia. El intervalo PR es la distancia desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS. El segmento ST comprende desde el final del complejo QRS al inicio de la onda T. El intervalo QT indica la duración total de la sístole ventricular, finalmente el intervalo RR (o NN), es usado para cuantificar la frecuencia cardíaca. La representación del valor de los intervalos RR consecutivos de manera secuencial en un gráfico se denomina tacograma.

La VFC es el término convencionalmente aceptado para describir las variaciones tanto de la frecuencia cardíaca instantánea como de los intervalos RR [21]. Esta es definida como una medida indirecta de la actividad del SNA a través de sus dos ramos: Simpático y Parasimpático[22], el comportamiento de la VFC depende de la variación de la presión arterial y de la respiración[23], las cuales al ser interpretadas por el encéfalo emiten una respuesta a través del SNA.

2.3. Variabilidad del patrón respiratorio

El modelo respiratorio que describe la función del sistema pulmonar puede ser caracterizado a partir de las siguientes temporales :

- Tiempo de inspiración (T_I)
- Tiempo de espiración (T_E)
- Ciclo respiratorio (T_{Tot})
- Volumen circulantes (V_T)

2.3 Variabilidad del patrón respiratorio

- Fracción inspiratoria (T_I/T_{Tot})
- Flujo inspirado medio (V_T/T_I)
- Frecuencia respiratoria (f)

En la figura 2.3 se observan las series temporales para el tiempo de inspiración (T_I), tiempo de espiración (T_E) y el ciclo respiratorio (T_{Tot}).

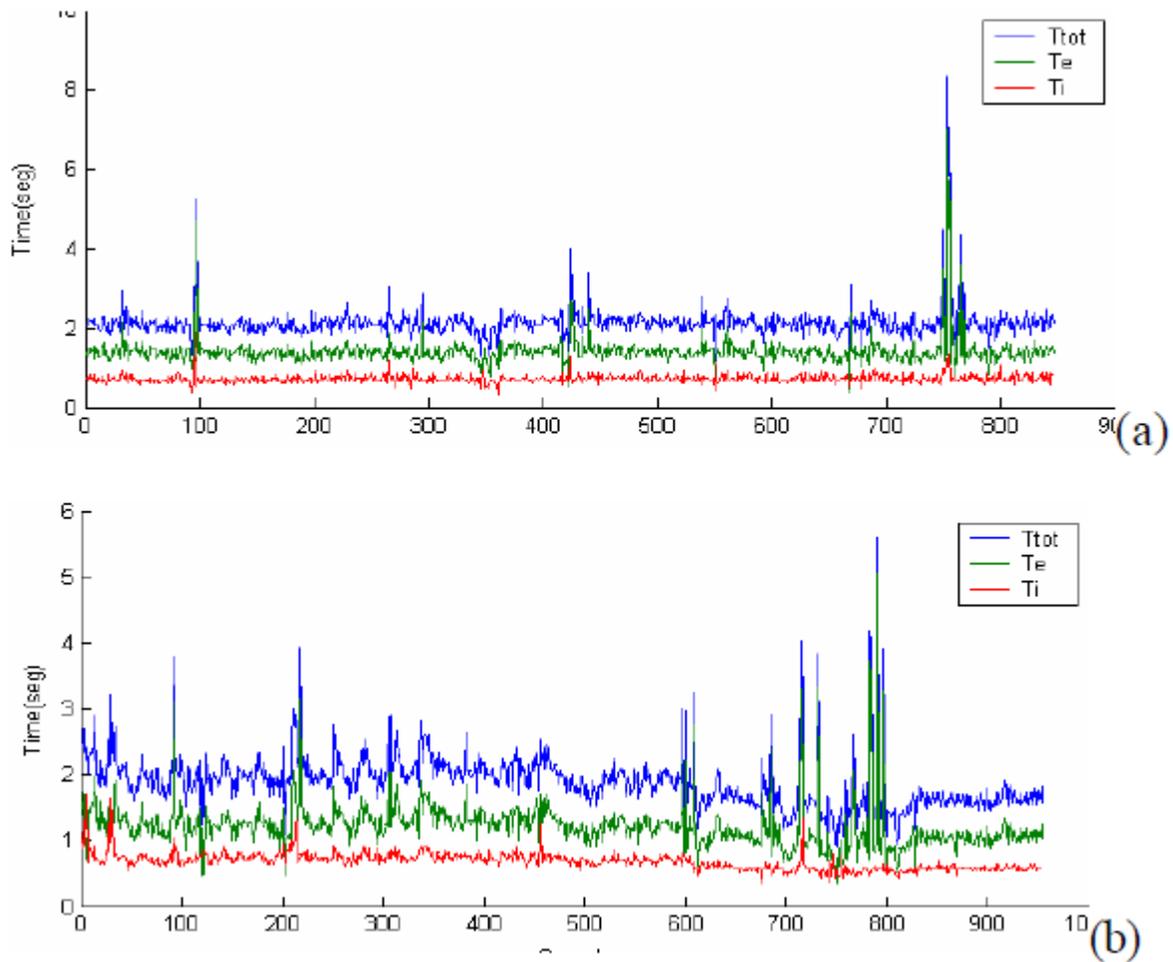


Figura 2.3: Representación gráfica de las series temporales tiempo de inspiración (T_I), tiempo de experación (T_E) y duración del ciclo respiratorio (T_{Tot}) [2].

Una de las formas para el estudio del patrón respiratorio es por medio del fraccionamiento de la actividad de la variación de la señal. Esta variabilidad esta compuesta por una parte fija y una parte variable[2]. La parte fija está determinada por los valores medios de las series respiratorias y la parte variable corresponde a la magnitud de la desviación con respecto al valor medio de las series.

2. MARCO REFERENCIAL.

2.4. Técnicas de procesamientos de señales.

El análisis de la variabilidad es una importante herramienta para el estudio de la actividad del sistema nervioso autónomo; entre las primeras aplicaciones clínicas se encuentran hallazgos de disminución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) asociada a la mortalidad en pacientes con infarto agudo del miocardio, algunas patologías han sido estudiadas con la variabilidad [21][24].

Los métodos tracionales de análisis de la VFC es la siguiente: en el dominio del tiempo y la Frecuencia. Esta investigación se centrara en el análisis de la VFC en la frecuencia.

El análisis en el dominio de la frecuencia permite extraer mayor información del comportamiento del sistema nervioso autónomo, para el análisis en el dominio de la frecuencia se estima el poder de densidad espectral (PSD) donde se se encuentran los métodos paramétricos como la la Transformada Rápida de Fourier (FFT) y los métodos no paramétricos basados en el uso de un modelo para la estimación del PSD [22, 23, 25, 26, 27, 28, 29].

- Transformada Rápida de Fourier: es un método matemático para la transformación de una función del tiempo en una función de la frecuencia, basado en la extracción de series de senos y cosenos que reproducen la señal original.
- Método de Welch: es una técnica empleada para estimar la densidad espectral de potencia de una señal. Consiste, esencialmente, en dividir la señal en ventanas consecutivas y calcular para cada una de ellas la densidad espectral. Con el conjunto de transformadas obtenidas, que se denominan periodogramas, se realiza un promedio y se obtiene el espectro de la señal.

2.5. Métodos de correlación

El estudio de dos señales, registradas simultáneamente en un sistema, es una tarea muy interesante. En caso de que el sistema en consideración sea parte del cuerpo humano y grabemos señales relacionadas con la actividad de algún órgano, también puede llegar a proporcionar un valor de diagnóstico. Para este fin podemos aplicar métodos de correlación.

El concepto de relación o correlación entre dos variables se refiere al grado de parecido o variación conjunta existente entre las mismas. Para variables cuantitativas, es decir, aquellas que se miden en una escala de intervalo o de razón, las medidas

2.5.1. Coherencia

La palabra "coherencia" proviene de la palabra latina *cohaerentia*: significa conexión natural o lógica o consistencia. La función de coherencia nos permite encontrar frecuencias comunes y evaluar la similitud de las señales.

La función de coherencia esta definida como:

$$C_{xy}(w) = \frac{P_{xy}(w)}{\sqrt{P_{xx}(w) P_{yy}(w)}} \quad (2.1)$$

donde P_{xx} y P_{yy} son potencia espectral de las señal x y y , P_{xy} es la potencia cruzada de las estas señales, w es la frecuencia.

2.5.2. Mutual information

La *mutual information* $I(\zeta, \eta)$ relaciona la cantidad de información con respecto a otra, si se conocen las cantidades aleatorias η , basado en una medida de la información H , definida en el caso de un número aleatorio discreto ζ , por medio de una distribución de probabilidad $\{p_m\}$.

$$H(\zeta) = - \sum_m p_m \log(p_m) \quad (2.2)$$

La información mutua $I(\zeta, \eta)$ queda:

$$I(\zeta, \eta) = H(\eta) - [H(\zeta, \eta) - H(\zeta)] \quad (2.3)$$

donde $H(\eta)$ es la incertidumbre a priori con respecto a η , y $[H(\zeta, \eta) - H(\zeta)]$ es la incertidumbre a posteriori restante[30]

2. MARCO REFERENCIAL.

Capítulo 3

Metodología

3.1. Datos

Los datos empleados en el presente proyecto, corresponden a la base de datos WEANDB, los pacientes de la base fueron sometidos a la prueba de tubo en T para la desconexión a la ventilación mecánica, manteniendo la respiración espontánea por un periodo de 30 minutos.

3.1.0.1. Caracterización de la población

La población a estudiar corresponde a pacientes internados en los Departamentos de Cuidados Intensivos del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau y del Hospital de Getafe, en Barcelona, España, que durante la adquisición de las señales se encontraban en proceso de desconexión de la ventilación mecánica.

3.1.0.2. Adquisición de los datos

En este caso, la calidad de los datos adquiridos están definidos por los equipos usados durante la captura de las señales de la base de datos WENADB, los cuales fueron capturados por el Grupo de Señales y Sistemas Biomédicos de la Universidad Politécnica de Cataluña.

La señal respiratoria fue obtenida con un neumotacógrafo conectado a un tubo traqueal utilizando un monitor Datex-Ohmeda con transductor de reluctancia variable Validyne, modelo MP45-1-871 y la señal de ECG fue adquirida usando un monitor Spacelab. Las señales fueron registradas con una tarjeta National Instruments modelo DAQCard 6024 E, utilizando software Labview, a una frecuencia de muestreo de 250 Hz durante 30 minutos.

3. METODOLOGÍA

3.1.0.3. Datos disponibles

La base de datos consta de 154 pacientes sometidos a ventilación mecánica, en proceso de extubación a través la prueba de tubo en T con un registro de 30 minutos. De acuerdo con los criterios clínicos basados en esta prueba, los pacientes fueron clasificados en tres grupos:

- Grupo de éxito: 94 pacientes que superaron la prueba y que mantuvieron la respiración espontánea pasadas las 48 horas.
- Grupo de fracaso: 39 pacientes que no superaron la prueba y fueron conectados de nuevo al ventilador.
- Grupo de re-intubados: 21 pacientes que superaron la prueba durante 30 minutos, fueron extubados pero antes de 48 horas tuvieron que ser re-intubados [31].

Para esta investigación, los pacientes del grupo de re-intubados no se estudiarán.

3.2. Variables de la Base de Datos WEANDB

La Base de Datos WEANDB, se utilizará como fuente de datos secundarios, posee algunas variables definidas, las cuales se definen en la tabla 3.1

De estas variables, se utilizarán como variables principales:

- Resultado de la extubación: el cual se tendrá en cuenta tanto para establecer la relación de la variabilidad mutua de entre la señal cardíaca y respiratoria con el éxito o fracaso.
- Señal de electrocardiografía: registro eléctrico del corazón de los pacientes durante la prueba en T, la cual se utilizara para calcular la VFC
- Señal de flujo respiratorio: la cual representa los datos que serán utilizados para el calculo de la variabilidad de la respiración.

3.2 Variables de la Base de Datos WEANDB

Tabla 3.1: Variables de la base de datos WEANDB

Nombre	Tipo	D. Conceptual	D. Operativa
Causa	Discreta nominal	Causa de la falla respiratoria	Patología
Calif	Discreta nominal	Validez del registro para el estudio	0 =No valido 1= Valido
Diagnóstico principal	Discreta nominal	Diagnóstico que originó la instalación del soporte ventilatorio	Patología
Días de ventilación	Discreta Ordinal	Tiempo que lleva el paciente conectado al ventilador	Días
ECG	Continua cardinal por razón	Señal electrocardiográfica	<i>mV</i>
Edad	Continua cardinal por razón	Años cumplidos del paciente	[18 – 110]
Flujo	Continua cardinal por razón	Señal de flujo respiratorio	<i>mL/min</i>
Hospital	Discreta nominal	Hospital de internación del paciente	1. Hospital A 2. Hospital B
Paciente	Discreta nominal	código de identificación del paciente	pXXXX
Sexo	Discreta nominal	Género del paciente	1. Hombre 2. Mujer
Test	Discreta Ordinal	Resultado de la extubación	1.Exito en el momento de la prueba 2. falla en el momento de la prueba.3.Desteste exitoso.4.Re-intubado

3.2.1. Variables dependientes

En la primera parte de la investigación se calcula las series temporales de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y la frecuencia respiratoria.

3. METODOLOGÍA

3.2.2. Proceso de análisis

3.2.2.1. Selección de la Herramienta de Análisis

La herramienta de software para obtener las series temporales de las variabilidades de la frecuencia cardíaca y respiratoria, el análisis estadístico de las variables y el análisis espectral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca se implementan funciones de Matlab 7

3.2.2.2. Análisis de las Variables

- Calculo de la Variabilidad de la frecuencia Cardíaca (VFC)

En la figura 3.1, se observa la etapas para determinar la VFC.

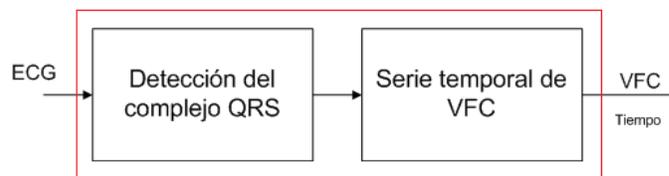


Figura 3.1: Diagrama de bloques para calcular la VFC

La obtención de la serie temporal de la variabilidad de la frecuencia cardíaca esta basado en el modelo de M.Sundeep Krishna [24], en el cual implementa las siguientes etapas: eliminación de la tendencia, filtrado, derivación, filtrado, umbral e interpolación, como se observa en la figura 3.2.

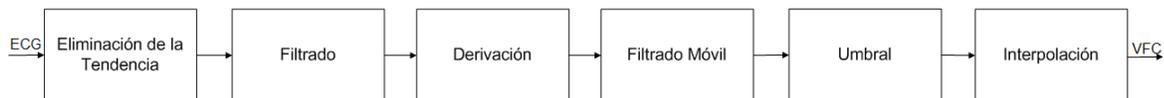


Figura 3.2: Diagrama de bloques para obtener la serie temporal de frecuencia cardíaca

- Calculo de la variabilidad de la respiración

Por cada una de las señales de flujo respiratorio de los pacientes con éxito y fracaso de la base de datos WEANDB, se obtendrán la correspondientes series temporales:

- Tiempo de inspiración (T_I)
- Tiempo de espiración (T_E)

3.2 Variables de la Base de Datos WEANDB

- Ciclo respiratorio (T_{Tot})

Para el análisis espectral en el dominio de la frecuencia de las series de la señal cardíaca y respiratoria, se implementan funciones en Matlab 7 para la estimación de la densidad espectral de potencia (PSD), basada en el método de Welch.

Tabla 3.2: Distribución de frecuencias

Tipo	Nombre	Rango de Frecuencia Hz
LF	Baja frecuencia	$(0.04 - 0.15) Hz$
HF	Alta frecuencia	$(0,15 - 0,4) Hz$

En cada banda de frecuencia definida en la tabla 3.2 se calcula la potencia espectral de las series, a esto se calcula el área bajo la curva de las bandas del espectro por el método del trapecoide.

Posteriormente calculan los valores de coherencia e información mutua entre las series temporales del flujo respiratorio y la serie de la frecuencia cardíaca (RR), de cada paciente, obteniéndose un valor promedio por cada paciente y por cada grupo (éxito y fracaso).

3. METODOLOGÍA

Capítulo 4

Análisis y Resultados

A un total 72 de pacientes de la base de datos, se realizaron dos etapas en el procesamiento: la elaboración de las series RR y TT, para posteriormente caracterizar en el plano temporal y frecuencial de las series. Con la caracterización frecuencial se determina la coherencia e información mutua para el análisis conjunto de las series para cada grupo de pacientes en proceso de extubación, y establecer su relación con el éxito o fracaso del mismo.

4.1. Caracterización Temporal

La figura 4.1 representa el promedio de las series temporales en el tiempo para cada grupo de pacientes.

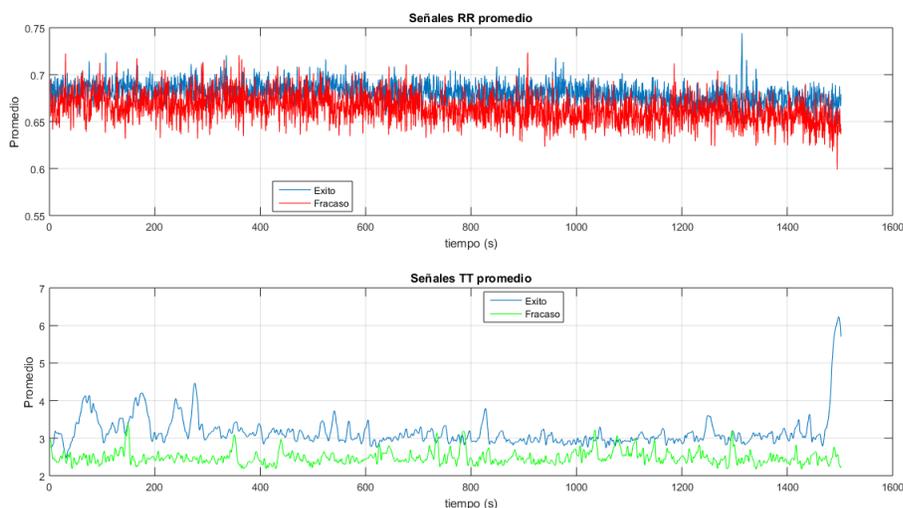


Figura 4.1: Series promedio RR y TT en el tiempo para los grupos de éxito vs el grupo de fracaso.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos, las series provenientes del ECG no se observan cambios representativos entre los grupos de éxito y fracaso, para el caso del ciclo respiratorio el grupo fracaso tiende a tener valores promedios menores y se aprecia que el grupo de éxito tiende a tener valores mayores en especialmente alrededor de los primeros 5 minutos del registro de las series temporales.

	Serie RR		Serie TT	
	Media	SD	Media	SD
Grupo Éxito	0,6805±0,01	0,1041	3,1623±0,18	0,8453
Grupo Fracaso	0,6641±0,01	0,1151	2,4848±0,96	0,9680

Tabla 4.1: Media y desviación de estándar (SD) de las series temporales promedio por cada grupo de éxito y fracaso.

La tabla 4.1 contiene los valores medios y la desviación estándar correspondientes a las series promedio en el tiempo de cada uno de los grupos. Donde se evidencia la diferencia notoria entre los grupos de las series temporales del flujo respiratorio.

Se realizó calculo estadístico para cada serie, donde se determino la media, la varianza, el rango intercuartil y la curtosis para los dos grupos de éxito y fracaso, en la tabla 4.2 se observa un ejemplo de los resultados obtenidos para el grupo de fracaso.

4.1 Caracterización Temporal

GRUPO FRACASO - TT					GRUPO FRACASO- RR				
Paciente	Media	Varianza	IQR	Curtosis	Paciente	Media	Varianza	IQR	Curtosis
<i>p0021.</i>	2,1067	0,8219	0,8338	5,0619	<i>p0021.</i>	0,5680	0,0009	0,0249	12,8838
<i>p0022.</i>	2,0007	0,1281	0,3208	8,1499	<i>p0022.</i>	0,6748	0,0003	0,0217	10,7035
<i>p0042.</i>	4,2937	0,4586	0,7801	16,7630	<i>p0042.</i>	0,9143	0,0037	0,0672	6,6493
<i>p0047.</i>	2,3699	2,8102	1,1538	53,2818	<i>p0047.</i>	0,6621	0,0008	0,0366	10,3793
<i>p0048.</i>	2,2802	0,0457	0,2803	4,1037	<i>p0048.</i>	0,7536	0,0151	0,1478	5,3956
<i>p0055.</i>	2,3837	0,0221	0,1983	6,3573	<i>p0055.</i>	0,6262	0,0110	0,1438	3,0964
<i>p0059.</i>	3,1336	0,2098	0,3508	29,4818	<i>p0059.</i>	0,4762	0,0069	0,1224	2,5779
<i>p0069.</i>	1,5536	0,0236	0,1801	14,3521	<i>p0069.</i>	0,6981	0,0014	0,0198	27,2811
<i>p0075.</i>	2,0906	1,9018	0,2567	104,0072	<i>p0075.</i>	0,8327	0,0005	0,0297	23,5051
<i>p0092.</i>	2,1231	0,6266	0,2946	32,4969	<i>p0092.</i>	0,6133	0,0002	0,0141	48,5791
<i>p0104.</i>	2,3750	0,0574	0,2593	7,0919	<i>p0104.</i>	0,7201	0,0014	0,0257	20,5689
<i>p0108.</i>	2,8446	0,9103	0,7513	29,8687	<i>p0108.</i>	0,7011	0,0022	0,0117	43,6634
<i>p0111.</i>	3,0532	0,2796	0,5638	9,6686	<i>p0111.</i>	0,8176	0,0005	0,0298	7,2302
<i>p0117.</i>	1,7574	0,1688	0,3918	34,7866	<i>p0117.</i>	0,5870	0,0098	0,1341	3,2229
<i>p0120.</i>	1,9867	0,1093	0,2640	25,3233	<i>p0120.</i>	0,5784	0,0023	0,0209	46,7640
<i>p0123.</i>	1,5536	0,0253	0,1754	11,1964	<i>p0123.</i>	0,5462	0,0002	0,0109	105,1613
<i>p1031.</i>	2,5155	3,7066	0,3602	17,0113	<i>p1031.</i>	0,7742	0,0062	0,1139	2,9757
<i>p1034.</i>	5,5720	0,1943	0,4361	5,7809	<i>p1034.</i>	0,6737	0,0003	0,0135	260,0654
<i>p1040.</i>	2,0364	0,4514	0,7405	17,8338	<i>p1040.</i>	0,5495	0,0127	0,1286	5,6349
<i>p1044.</i>	1,6656	0,0455	0,2578	4,4698	<i>p1044.</i>	0,5159	0,0001	0,0078	110,3219

Tabla 4.2: Resultados estadísticos de cada serie temporal RR y TT para el grupo de fracaso.

Al analizar los valores medios de la varianza en el transcurso del tiempo (figura 4.2) se observa que durante los 5 primeros minutos de la serie TT se observan los resultados más altos. Por lo anterior se define realizar análisis por separado de los cinco (5) primeros minutos versus los posteriores minutos.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

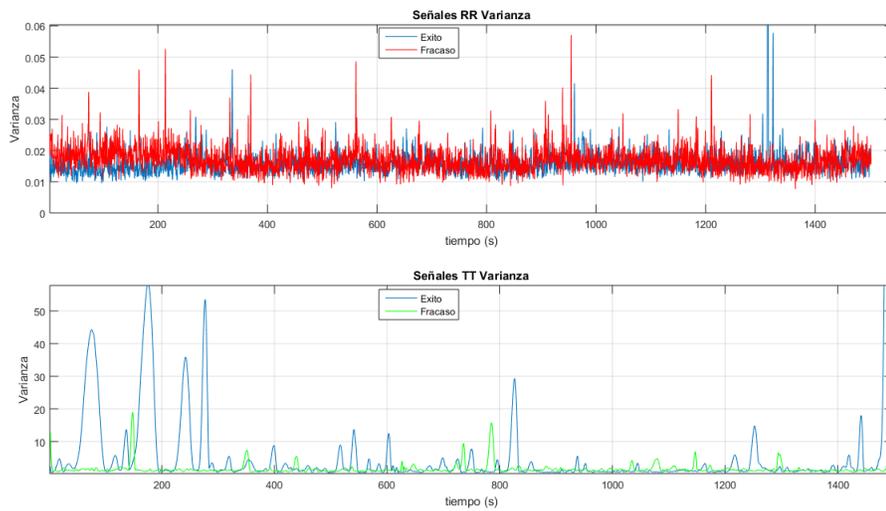


Figura 4.2: Valores medios de la varianza en el transcurso del tiempo de las series temporales RR y TT porcada grupo éxito y fracaso.

4.2. Caracterización Frecuencial

El análisis en el dominio de la frecuencia se estimó la densidad espectral de potencia (PSD) por el método de Welch, para cada uno de los grupos de trabajo, serie y segmentos definidos. En las figuras 4.3 y 4.4 se observan los valores promedio en relación a la frecuencia; evidenciando que durante los últimos 20 minutos no haya variaciones en la densidad espectral entre los grupos de éxito y frecuencia.

4.2 Caracterización Frecuencial

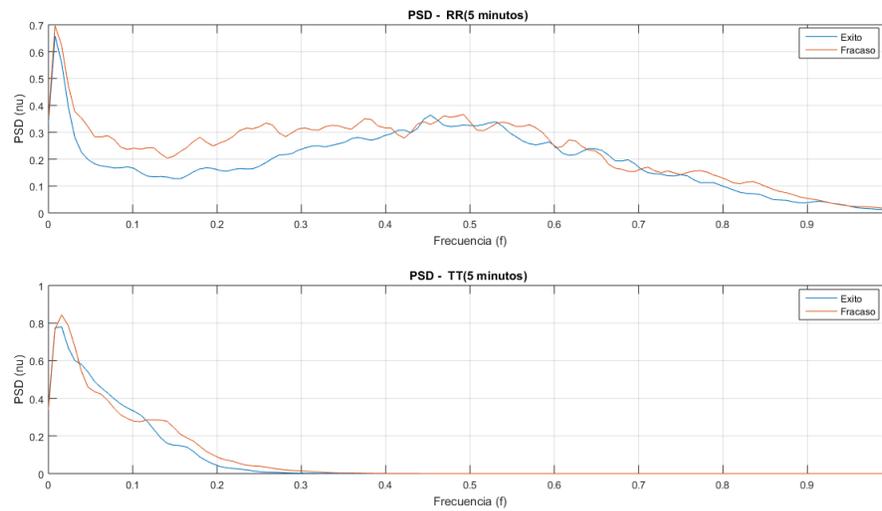


Figura 4.3: Valores PSD promedio de las series RR y flujo respiratorio en los cinco (5) primeros minutos del proceso de desconexión.

En los cinco (5) primeros minutos del proceso de desconexión se observan cambios en los valores de densidad especialmente en los rango de frecuencia por debajo de los 0.5 Hz, aun siendo más evidentes en las series RR correspondientes a la señal de electrocardiográfica de los pacientes.

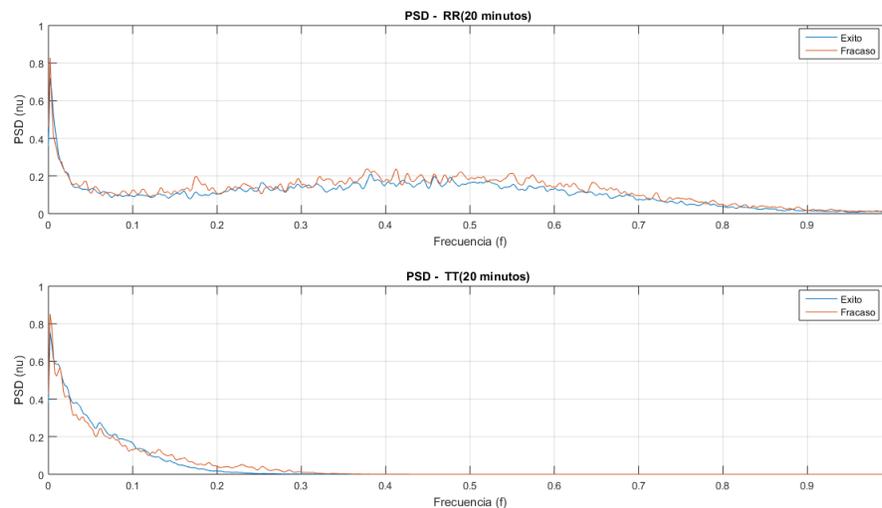


Figura 4.4: Valores PSD promedio de las series RR y flujo respiratorio en los 20 últimos minutos del proceso de desconexión.

Para cada uno de los grupos de pacientes se calcula la potencia espectral de las bandas de frecuencia definidas en la tabla 4.3, a esto se calcula el área bajo la curva

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

de las bandas del espectro por el método del trapecioide, las cuales al ser interpretada están asociadas a los dos ramos del sistema autónomo (Simpático y Parasimpático), donde el comportamiento del sistema autónomo depende los cambios en las series RR y flujo respiratorio [22, 23].

Tabla 4.3: Distribución de las bandas de frecuencia para el calculo de la densidad de potencia

Tipo	Nombre	Rango de Frecuencia Hz
LF	Baja frecuencia	$(0.04 - 0.15) Hz$
HF	Alta frecuencia	$(0,15 - 0,4) Hz$

En la tabla 4.4 se observan los valores promedios del poder espectral por cada grupo y rango de frecuencia, donde se identifica los valores mayores para el grupo de fracaso en las series RR.

El rango de alta frecuencia (HF) de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) esta relacionada con el sistema parasimpático y consecuentemente con la respiración, durante el proceso de desconexión los pacientes del grupo de fracaso presentan mayor incremento en las frecuencias respiratorias con mayor incremento en los pacientes que fracasaron en el proceso de extubación [32], lo anterior estaría representado en el aumento en cada uno de los segmentos en HF.

Tabla 4.4: Densidad espectral promedio por grupo y segmentos (unidades normalizadas)

GRUPO	Éxito		Fracaso	
Serie	LF	HF	LF	HF
RR 5 MIN	$1,6146 \pm 0,24$	$4,5937 \pm 0,53$	$2,6408 \pm 0,51$	$7,0467 \pm 1,08$
RR 20MIN	$1,9558 \pm 0,36$	$5,8612 \pm 0,88$	$2,6733 \pm 0,63$	$7,6329 \pm 1,54$
TT 5 MIN	$3,9595 \pm 0,29$	$0,7923 \pm 0,13$	$3,4648 \pm 0,46$	$1,4427 \pm 0,35$
TT 20MIN	$3,6443 \pm 0,29$	$0,5282 \pm 0,09$	$3,4139 \pm 0,51$	$1,2913 \pm 0,44$

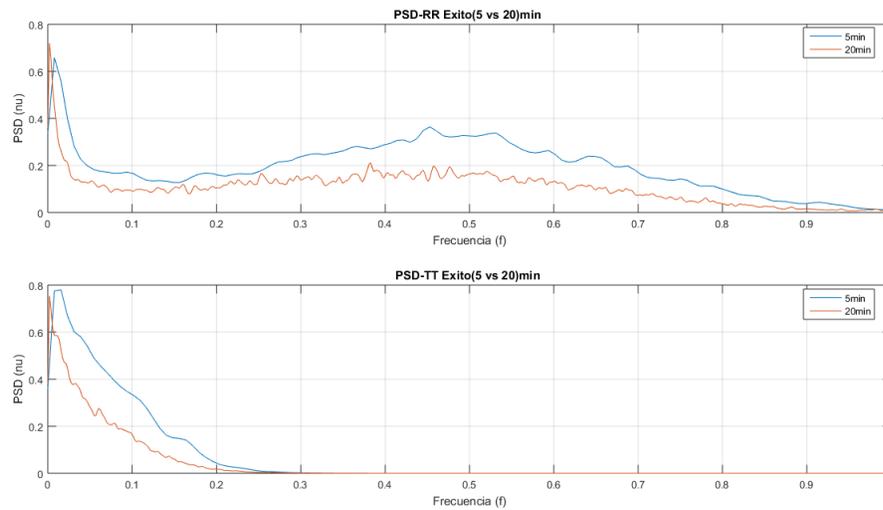
Los componentes espectrales donde se tiene los mayores valores de densidad espectral tiende a tender componente mayor de altas frecuencias, coincidiendo con los valores de HF de la tabla 4.5

Las mayores diferencia se han encontrado en el trazo de los cinco (5) primeros minutos del proceso de extubación, comparando los dos grupos y comparando cada rango de frecuencia. La mayor diferencia de la densidad espectral entre los grupos se encuentra en la señal correspondiente a la serie RR de los cinco (5) primeros minutos, donde su valor diferencia es 2,44 y 1,77 para la serie RR de los 20 últimos minutos.

4.2 Caracterización Frecuencial

La figura 4.5 representa el valor medio de la densidades espectral de potencia (PSD) para cada grupo de pacientes. De acuerdo con los resultados obtenidos, los valores de PSD para los primeros cinco (5) minutos de las series son mayores en los dos grupos de pacientes.

Valores PSD promedio (Éxito)



Valores PSD promedio (Fracaso)

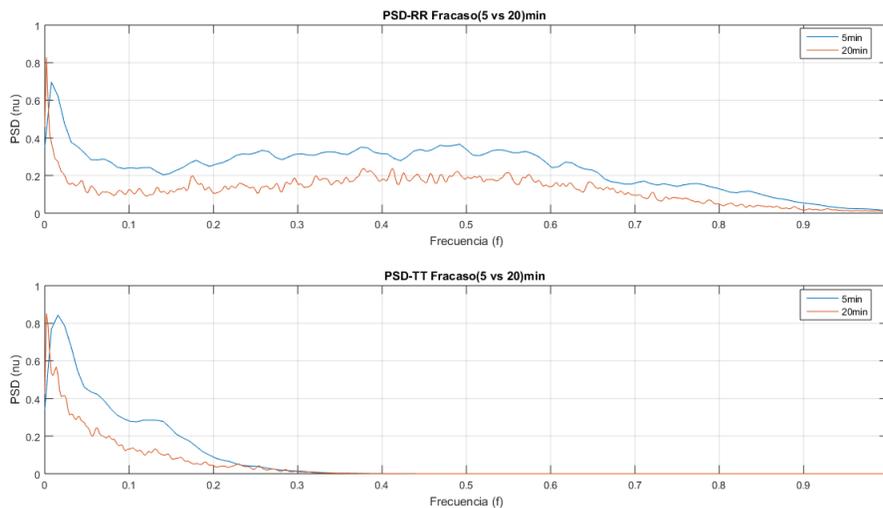


Figura 4.5: Valores PSD promedio por segmento de 5 y 20 minutos para cada los grupos de éxito y fracaso.

Igualmente, la figura 4.4 no se observan grandes diferencias entre las densidades espectrales medias durante los últimos 20 minutos para los dos grupos de pacientes, lo cual se podría definir el sistema cardiorespiratorio presenta un comportamiento

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

que varia durante los primeros minutos, en caso de este estudio los cinco (5) primeros minutos, seguidamente el sistema se comporta de forma estable posteriormente sin evidencias mayores cambios.

4.3. Análisis de dinámica conjunta.

En la actualidad existen varios estudios para determinar los parámetros relacionados con la interacción cardiorrespiratoria y su influencia en el proceso de destete ([32, 20, 2, 31, 4, 33, 34]). Sin embargo, no está claro si las relaciones funcionales entre las respiraciones y los latidos del corazón son más estables en pacientes con pruebas exitosas. Por otro lado, el análisis espectral de las señales de frecuencia cardíaca, respiración y presión arterial es un enfoque no invasivo que se usa ampliamente para investigar los mecanismos de control cardiovascular y cardiorrespiratorio.

El objetivo de este estudio es identificar relaciones entre la señal cardíaca y respiratoria, para lo cual se ha elegido dos técnicas: Coherencia y Información Mutua. Por lo tanto, estas funciones pueden ser útiles para analizar dos señales biomédicas grabadas simultáneamente y pueden proporcionar algún valor de diagnóstico. La función de coherencia permite utilizar para encontrar frecuencias comunes de dos señales y evaluar la similitud de estas señales. Otro método es utilizar la información mutua, se emplea para detectar dependencias estadísticas lineales y no lineales entre series de tiempo, y se considera como una alternativa al conocido análisis de correlación.

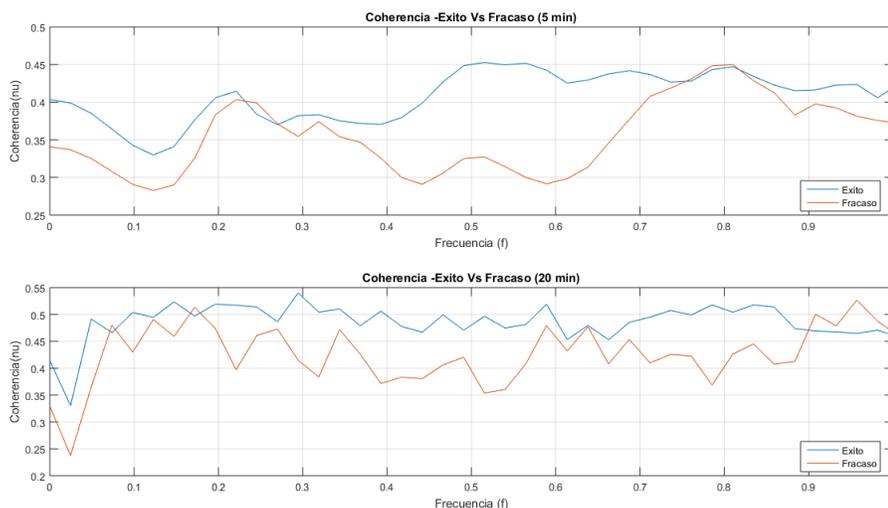


Figura 4.6: Valor de la coherencia promedio para los 5 y 20 minutos por grupo de éxito y fracaso.

4.3 Análisis de dinámica conjunta.

La figura 4.6 representa los valores de coherencia medios obtenidos por cada grupo de pacientes para los segmentos de 5 min y 20 min. De acuerdo con los resultados obtenidos en el segmento inicial de 5 minutos en el rango de frecuencia de 0.4 a 0.6 Hz los valores de coherencia para el éxito en la extubación son mayores, mientras que para el grupo de fracaso tiende a tener valores de coherencia menores.

Así mismo los valores de coherencia para el segundo segmento de 20 minutos tiende a tener el mismo comportamiento, en las bajas frecuencias son prácticamente iguales en los dos grupos, mientras en las altas frecuencias el grupo de éxito tiende a valores de coherencia mayores.

Tabla 4.5: Valores medio de la información mutua por cada segmento (5 y 20 min) para los grupos de éxito y fracaso.

ÉXITO				FRACASO			
5 min		20 min		5 min		20 min	
Media	± SD	Media	± SD	Media	± SD	Media	± SD
0,1012	0,0133	0,0486	0,0121	0,0509	0,0061	0,0230	0,0049
0,1042	0,0136	0,0490	0,0122	0,0544	0,0058	0,0225	0,0047
0,1055	0,0138	0,0495	0,0124	0,0536	0,0055	0,0226	0,0047
0,1070	0,0141	0,0500	0,0126	0,0527	0,0058	0,0225	0,0047
0,1088	0,0143	0,0507	0,0127	0,0526	0,0064	0,0224	0,0046
0,1090	0,0145	0,0513	0,0127	0,0517	0,0065	0,0225	0,0045
0,1094	0,0148	0,0517	0,0128	0,0534	0,0063	0,0222	0,0045
0,1082	0,0148	0,0518	0,0128	0,0529	0,0061	0,0218	0,0042
0,1078	0,0150	0,0520	0,0128	0,0523	0,0060	0,0212	0,0042
0,1085	0,0153	0,0521	0,0130	0,0516	0,0059	0,0213	0,0043
0,1088	0,0151	0,0521	0,0130	0,0516	0,0060	0,0210	0,0043
0,1075	0,0151	0,0526	0,0130	0,0536	0,0065	0,0207	0,0042
0,1071	0,0151	0,0533	0,0130	0,0543	0,0060	0,0203	0,0042
0,1076	0,0154	0,0534	0,0129	0,0559	0,0060	0,0200	0,0040
0,1091	0,0156	0,0529	0,0127	0,0560	0,0054	0,0201	0,0038
0,1092	0,0156	0,0523	0,0126	0,0545	0,0052	0,0200	0,0036
0,1088	0,0156	0,0511	0,0124	0,0537	0,0047	0,0200	0,0036
0,1082	0,0156	0,0502	0,0122	0,0523	0,0048	0,0201	0,0036
0,1065	0,0154	0,0496	0,0121	0,0515	0,0047	0,0203	0,0037
0,1052	0,0153	0,0493	0,0120	0,0510	0,0047	0,0201	0,0037
0,1045	0,0153	0,0490	0,0120	0,0495	0,0046	0,0194	0,0036
0,1037	0,0155	0,0489	0,0119	0,0478	0,0048	0,0192	0,0034
0,1031	0,0155	0,0484	0,0117	0,0481	0,0044	0,0187	0,0034
0,1023	0,0156	0,0478	0,0116	0,0476	0,0043	0,0187	0,0035
0,1012	0,0153	0,0472	0,0114	0,0467	0,0044	0,0187	0,0035

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En la tabla 4.5 se presentan los valores medios obtenidos de la información mutua por cada grupo de éxito y fracaso, así mismo por cada segmento de trabajo. Al realizar la diferencia entre los valores medios obtenidos entre los primeros cinco (5) minutos y el segundo segmento del grupo de éxito se obtiene una diferencia media 0,0560 en su información dejando entender que no existen grandes similitudes en el comportamiento de las series durante los primeros cinco (5) minutos en relación con el tiempo restante, situación muy parecida para la señal de fracaso, donde la diferencia media es de 0,03. La anterior es visible cuando se grafica los valores en un plano, ver figura 4.7.

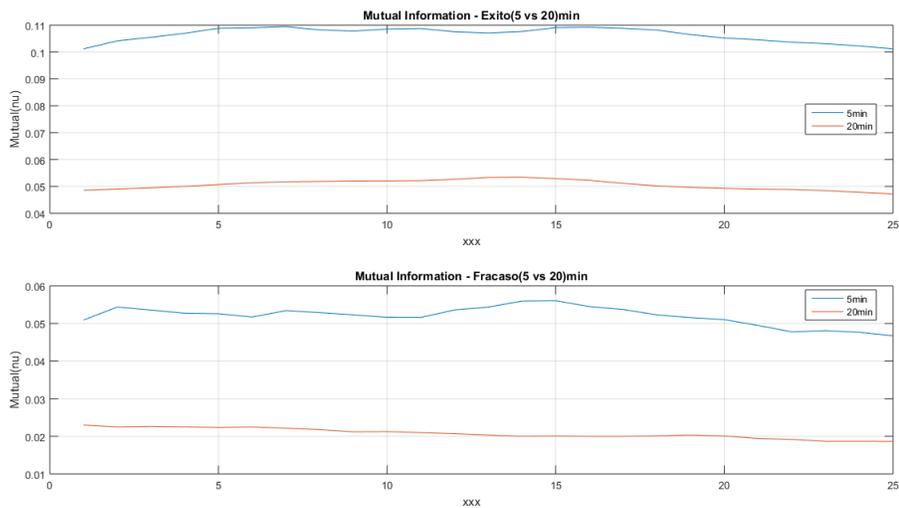


Figura 4.7: Resultados de la información mutua entre las series RR y TT por cada grupo comparado entre los segmentos de 5 y 20 minutos.

4.3 Análisis de dinámica conjunta.

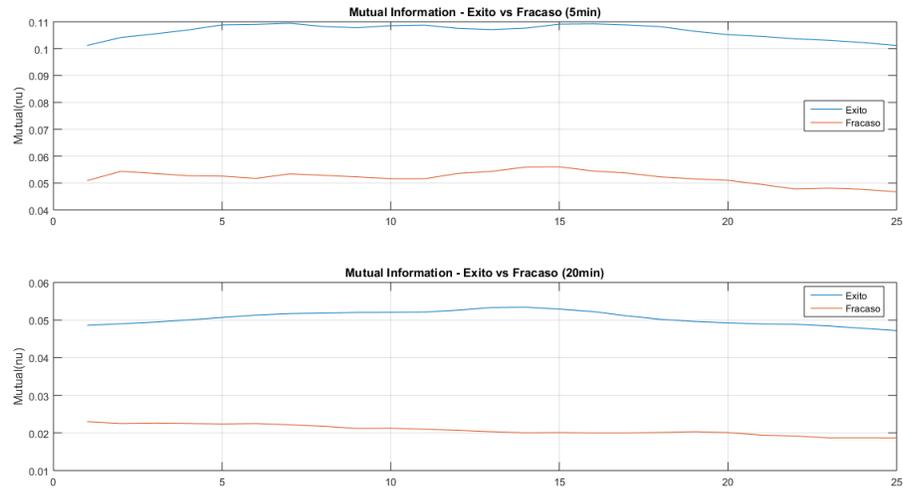


Figura 4.8: Resultados de la información mutua entre las series RR y TT por cada segmento comparado entre cada grupo éxito y fracaso.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Capítulo 5

Conclusiones

En la representación de los valores medios de las series temporales para la señales de ECG y flujo respiratorio requiere de una precisión suficiente de las variaciones de los intervalos RR y TT para evaluar la dinámica de la señal.

El análisis estadístico de las series temporales no permite observar diferencias significativas entre los grupos de éxito y fracaso, solo en el caso de la varianza, al analizar los valores medios de la varianza en el transcurso del tiempo (figura 4.2) se observa que durante los 5 primeros minutos de las serie TT, la varianza presenta cambios representativos para la serie del flujo respiratorio del grupo de éxito. Lo anterior supone el cambio a respiraciones espontaneas por el paciente durante el proceso de extubación.

La concentración de la densidad espectral de potencia en las series de la señal esta concentrada en el rango de la alta frecuencia (HF), situación que difiere en la serie del flujo respiratorio la cual presenta un decremento significativo en la banda de baja frecuencia (LF), lo cual concuerda dado que la frecuencia respiratorio maneja valores bajos en comparación con la frecuencia cardíaca.

Así mismo al comparar la densidad espectral entre los dos segmentos de 5 y 20 minutos, se concluye que existe mayor concentración en los primeros minutos de la prueba de desconexión, podría asociarse a la respuesta de sistema cardiorespiratorio en el momento de la desconexión.

La comunicación compleja en el sistema nervioso autónomo se basa en varios mecanismos fisiológicos interactivos que operan a diferentes escalas de tiempo. El flujo de información autonómico representa la comunicación compleja dentro de Sistema Nervioso Autónomo, puede evaluarse mediante la función de información mutua de las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca y el flujo respiratorio, respectivamente.

Las relaciones entre la variabilidad mutua de la señal cardíaca y respiratoria en pacientes en proceso de extubación, podrían llegar a establecer un índice de éxito

5. CONCLUSIONES

o fracaso del mismo, durante el desarrollo de la investigación se observan grandes diferencias en las relaciones de la coherencia como la información mutua durante los cinco primeros minutos de la extubación.

Apéndice A

Resultados análisis temporal

A.1. Estadísticas de la serie RR - Grupo Éxito

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0001.	0,728181505	0,0001965	0,016022187	15,85511899	0,24488978
P_p0008.	0,696147526	0,002365099	0,024950772	15,92691327	1,235452258
P_p0019.	0,747769144	0,021700362	0,226984701	2,512829628	0,066724675
P_p0027.	0,822958749	0,015517707	0,128044543	5,061749505	-0,056125257
P_p0028.	0,634932478	0,00634748	0,099151606	4,65308318	1,043235574
P_p0029.	0,589114005	0,000543647	0,015626806	25,3343263	-0,943826473
P_p0030.	0,667331488	0,000919941	0,035060462	5,680226334	0,380724185
P_p0035.	0,594905196	0,000190165	0,012391076	29,41119665	-1,431073515
P_p0036.	0,526874738	0,000633029	0,027480623	4,158959446	-0,678779266
P_p0038.	0,60380286	0,00024107	0,010363351	57,80332208	0,864781957
P_p0039.	0,600599749	0,000352334	0,022956765	7,376905069	-0,573597087
P_p0041.	0,593402753	0,015006913	0,177290605	3,046714967	0,548148226
P_p0044.	0,717632042	0,006501206	0,035704901	7,77217441	-1,355255057
P_p0049.	0,820554877	0,00082926	0,029323728	18,31057164	-1,030991366
P_p0054.	0,670645886	0,019831125	0,116459612	12,90042761	2,37831594
P_p0056.	0,503120352	4,53995E-05	0,004562803	14,39112303	2,309037347
P_p0061.	0,598453191	0,001231551	0,013976266	16,40932993	-0,663021047
P_p0064.	0,711986634	0,002016184	0,045789039	13,68566445	-0,791931348
P_p0067.	0,835762212	0,017376817	0,177146852	3,479749154	0,757416198
P_p0068.	0,803680969	0,001395811	0,026658452	43,19931932	-0,085846924
P_p0070.	0,710481382	0,001822626	0,063480694	2,693838268	-0,140757792
P_p0074.	0,793070232	0,007670751	0,094230919	3,47042235	0,360270626
P_p0076.	0,708111095	0,015439318	0,157701619	4,451773528	0,799634431
P_p0081.	0,573772931	0,002028369	0,024877197	8,150868119	-1,109247623
P_p0082.	0,680547038	0,00061728	0,029767801	3,720014426	-0,083789418
P_p0083.	0,71113258	0,000564893	0,020000445	35,18834655	2,829614182
P_p0087.	0,584937977	0,00039022	0,017475972	35,90377838	0,065226772

A. RESULTADOS ANÁLISIS TEMPORAL

P_p0088.	0,721065961	0,013672345	0,117080767	4,882193698	0,860349151
P_p0093.	0,567517411	0,000470558	0,009589657	82,80515849	1,090545606
P_p0097.	0,940440401	0,002074461	0,039100978	38,2988015	3,326143533
P_p0099.	0,784565033	0,002361796	0,029455421	20,67451926	-1,694796994
P_p0101.	0,680137518	0,001240941	0,031982337	5,943302659	-1,322778465
P_p0103.	0,499057656	4,75885E-05	0,007581714	7,746319721	0,298561435
P_p0109.	0,811554419	0,028533255	0,241554262	2,783327925	0,245665385
P_p0119.	0,570016562	0,000668123	0,041275784	4,470582002	-0,714774045
P_p0122.	0,651872094	0,000983862	0,009506176	35,30840414	1,014529985
P_p0124.	0,773918818	0,001616149	0,035880582	34,54781308	-3,044869217
P_p0125.	0,680979689	0,001410711	0,058041303	3,784576306	-0,27499375
P_p0127.	0,698966351	0,000396897	0,018375435	3,917506494	0,545993013
P_p1014.	0,783810873	0,000347596	0,017437528	39,11094169	-1,515485057
P_p1019.	0,520589103	0,000382828	0,025989999	7,155099721	-0,238329722
P_p1020.	0,788245224	0,000121065	0,012958728	8,649193617	0,701887734
P_p1054.	0,734246339	0,00040813	0,017394825	120,9027983	1,465203195
P_p1062.	0,634752714	0,018941588	0,278751315	1,550248732	0,223161451
P_p1084.	0,834177227	0,002236642	0,07256581	17,66611217	-1,794751207
P_p1092.	0,776952406	0,0014069	0,035339917	14,66670494	0,22652185
P_p1094.	0,511373326	0,000965778	0,04485167	5,195462597	0,491642383
P_p1100.	0,750586722	0,001808284	0,039617187	5,988442888	0,05800242
P_p1105.	0,680339933	0,007252731	0,121867292	4,774583926	0,274582314
P_p1110.	0,511373326	0,000965778	0,04485167	5,195462597	0,491642383
P_p1119.	0,693659911	0,013117366	0,146830494	4,296751725	0,741409449
P_p1121.	0,555747907	0,019913754	0,09659986	255,7319028	12,5985858

A.2. Estadísticas de la serie TT - Grupo Éxito

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0001.	1,955807804	0,032101673	0,105584632	75,9397654	6,932461257
P_p0008.	2,503690897	0,110268217	0,284845124	51,40381618	4,99875409
P_p0019.	2,75238627	0,195850053	0,489767321	5,096696296	0,172675479
P_p0027.	4,225558895	0,28739077	0,711033387	5,148774194	-0,672345905
P_p0028.	2,694845484	3,525441719	0,39548894	104,4870274	9,425106011
P_p0029.	3,910002199	0,036982164	0,241909113	6,118035344	0,454216622
P_p0030.	3,33582932	0,224473099	0,347338149	17,36776498	1,509690687
P_p0035.	4,420744203	0,291757634	0,565975008	10,27990216	-0,986963308
P_p0036.	3,180310288	0,085092077	0,320012251	4,033116036	0,23748822
P_p0038.	3,351685094	0,168259441	0,524469119	5,04391899	-0,623408816
P_p0039.	1,682260357	0,106478171	0,298688538	29,428073	2,074809476
P_p0041.	3,731745867	0,349087057	0,778804815	3,083575347	0,189485045
P_p0044.	2,595927819	0,418763714	0,785540834	8,584809859	1,565277869

A.3 Estadísticas de la serie RR - Grupo Fracaso

P_p0049.	3,070413133	0,162188726	0,368551917	8,891939455	-1,828999244
P_p0054.	2,73170067	0,374273719	0,418351242	10,43768342	2,122196758
P_p0056.	3,763565661	0,193241286	0,558001368	4,74065279	-0,502308598
P_p0061.	4,802712443	14,97656026	1,024834238	32,91133765	5,148360897
P_p0064.	2,050646532	0,156058364	0,29654588	26,85752968	3,62509075
P_p0067.	3,557373053	0,114768709	0,353732606	9,29779378	0,179083193
P_p0068.	3,687578008	0,154902599	0,510809105	5,51450358	0,115234664
P_p0070.	4,162754169	1,417719841	0,491165417	64,32675572	6,458789766
P_p0074.	2,915413445	0,191886808	0,514511524	4,491061414	-0,754607356
P_p0076.	3,220933006	10,56522281	1,403900531	27,10573602	4,194984133
P_p0081.	3,192967271	1,795955863	0,584010743	28,44903981	4,457172891
P_p0082.	2,631075068	0,194376424	0,504000233	5,185921903	1,361603524
P_p0083.	2,791927089	1,849895919	0,227897916	75,79609776	7,726320958
P_p0087.	2,151144682	0,101670233	0,326536379	6,552591293	0,902736203
P_p0088.	2,732944655	0,215366889	0,631642415	4,143075533	-0,012905139
P_p0093.	4,940772492	23,08856416	4,207463246	18,94022549	3,295555904
P_p0097.	2,625758169	0,907819383	0,38041432	124,6254748	9,728461725
P_p0099.	3,925782606	1,822093943	1,369410203	35,2185928	3,212319701
P_p0101.	2,20056568	0,084354168	0,256757046	14,61637782	1,756245558
P_p0103.	2,399506516	0,109981407	0,338299086	8,460832371	1,114375415
P_p0109.	3,899207096	0,183882887	0,402630213	7,060989322	0,25083541
P_p0119.	2,670521436	0,13738059	0,589981866	2,599024387	-0,857562104
P_p0122.	2,25925841	0,095007234	0,245243828	21,38709022	2,441078645
P_p0124.	3,163836425	1,776295301	0,630294353	37,47264186	4,820363895
P_p0125.	3,598742128	0,959067296	0,926404062	10,24997863	1,792086015
P_p0127.	3,228972159	0,392093053	0,471056921	6,183673074	1,059665442
P_p1014.	3,956718073	0,110937424	0,291420032	18,46358948	1,777397232
P_p1019.	2,20616786	5,416173217	0,487247794	77,50734035	8,222817888
P_p1020.	2,278482263	0,105152714	0,146115644	46,24915313	5,261043195
P_p1054.	2,577911189	0,978996097	0,628868669	45,05954224	5,107430749
P_p1062.	5,948369643	105,472012	0,832600232	13,51144838	3,302275441
P_p1084.	4,424479076	173,4709185	0,457752716	83,49823814	8,901874559
P_p1092.	2,650132157	17,84672785	0,240323908	107,2614574	9,85983065
P_p1094.	2,900938196	0,069854444	0,239038383	12,6565157	1,722400422
P_p1100.	2,974444867	1,664696871	1,117615499	8,910318797	2,120473368
P_p1105.	3,434552532	2,676343042	0,756307326	21,06649477	3,808477139
P_p1110.	2,454814	1,643687791	0,515795368	70,64381213	6,963162876
P_p1119.	2,975496814	0,233110506	0,627978026	3,600409773	0,485379144
P_p1121.	2,939285772	0,30444352	0,61715901	4,223835599	-0,105360907

A.3. Estadísticas de la serie RR - Grupo Fracaso

A. RESULTADOS ANÁLISIS TEMPORAL

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0021.	0,567982301	0,000873331	0,024909166	12,88379137	-0,121048792
P_p0022.	0,674765725	0,000308323	0,021675077	10,70352435	-0,237323732
P_p0042.	0,914345539	0,003683269	0,067175244	6,649251858	-1,0214318
P_p0047.	0,662123351	0,000818849	0,036585491	10,37930541	-0,239448915
P_p0048.	0,753582938	0,015088122	0,147843962	5,395599881	0,582173646
P_p0055.	0,626179471	0,010972692	0,143837833	3,096373538	0,521240564
P_p0059.	0,476191632	0,006858133	0,122381652	2,577891684	0,509047244
P_p0069.	0,698139022	0,001382824	0,019785153	27,28112163	-0,267070875
P_p0075.	0,832722202	0,000503972	0,029707538	23,50511803	-1,377033716
P_p0092.	0,613260596	0,000220419	0,014125584	48,579141	-2,070369351
P_p0104.	0,72007636	0,001411149	0,02565314	20,56887069	-0,0730171
P_p0108.	0,701080888	0,00222508	0,011747546	43,66337879	-1,647321015
P_p0111.	0,817647735	0,000542378	0,029839201	7,230226996	-0,059335285
P_p0117.	0,586952768	0,009752578	0,134062292	3,222885157	0,494276034
P_p0120.	0,578364432	0,002321566	0,020915685	46,76404654	3,157990102
P_p0123.	0,546243045	0,00015991	0,010922463	105,1612957	0,168366627
P_p1031.	0,774170321	0,006221173	0,113930456	2,975748244	-0,145949921
P_p1034.	0,673671032	0,000283122	0,013488996	260,0653935	-11,84008605
P_p1040.	0,549491089	0,012675347	0,128572554	5,634853546	1,418067856
P_p1044.	0,515857254	0,000101346	0,007823998	110,3218919	-5,031499363

A.4. Estadísticas de la serie TT - Grupo Fracaso

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0021.	2,106700544	0,821879446	0,833793302	5,061871558	1,646953829
P_p0022.	2,000698993	0,128103211	0,320803983	8,149897614	1,258114497
P_p0042.	4,2937112	0,458569714	0,780097535	16,76304799	0,232985014
P_p0047.	2,369918551	2,810235921	1,153759801	53,28176675	5,750897769
P_p0048.	2,280176882	0,045709863	0,280270693	4,10370049	0,7284627
P_p0055.	2,38372431	0,02206361	0,198300576	6,357259563	0,364432544
P_p0059.	3,133632465	0,209751928	0,350769137	29,48182798	2,54848212
P_p0069.	1,553621177	0,0236192	0,18007442	14,35205076	1,908173144
P_p0075.	2,090562358	1,901765348	0,256696649	104,007228	9,481826049
P_p0092.	2,123082401	0,62658377	0,29460955	32,49685285	4,632977139
P_p0104.	2,37501113	0,057434365	0,259287731	7,091850514	-0,871181378
P_p0108.	2,844567176	0,910281138	0,75130745	29,86866023	3,645636965
P_p0111.	3,053198242	0,279613936	0,563822683	9,668629722	1,294980779
P_p0117.	1,757424724	0,168796189	0,391802068	34,7865802	3,60221879
P_p0120.	1,986729157	0,10928305	0,263962256	25,32327915	2,908585873
P_p0123.	1,553625234	0,025304895	0,175375591	11,19640438	1,565161769
P_p1031.	2,515459288	3,706584829	0,360169288	17,01125262	3,648490109

A.5 Estadísticas de la serie RR de 5 minutos - Grupo éxito

P_p1034.	5,571994675	0,194339333	0,436080827	5,780932836	-0,826144908
P_p1040.	2,036402828	0,451418935	0,740532795	17,8337612	2,579472214
P_p1044.	1,66556735	0,045465434	0,257837581	4,469844684	0,340712214

A.5. Estadísticas de la serie RR de 5 minutos - Grupo éxito

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0001.	0,724222092	0,000178223	0,016360247	4,617227973	0,047731599
P_p0008.	0,692551743	0,001411967	0,019457427	8,978512339	0,254963279
P_p0019.	0,745713419	0,020140137	0,226102581	2,432704288	0,155897777
P_p0027.	0,816968996	0,012662681	0,084508123	4,551880273	-0,45906988
P_p0028.	0,666412894	0,005702704	0,108108922	2,428329274	0,399378174
P_p0029.	0,589760318	0,000463856	0,016164412	28,04772716	-0,653031183
P_p0030.	0,658369929	0,000776292	0,035370193	5,927371525	-0,063892828
P_p0035.	0,604587158	0,000263867	0,012813906	27,51787386	-1,890562706
P_p0036.	0,509328429	0,00065291	0,02378201	3,065782136	-0,95919387
P_p0038.	0,605195343	7,04688E-05	0,009707435	18,48814202	-0,372280443
P_p0039.	0,609918118	0,00024424	0,019413883	38,7728572	-3,144655983
P_p0041.	0,575266914	0,013263435	0,160881581	3,057438543	0,578273343
P_p0044.	0,712005035	0,004235961	0,032644939	10,58572093	-1,649545321
P_p0049.	0,801321707	0,001015196	0,036503706	14,08663623	-0,884894446
P_p0054.	0,671414487	0,024301892	0,130151695	9,984980947	2,139728785
P_p0056.	0,502189946	7,93058E-05	0,005637857	9,249208274	2,147175909
P_p0061.	0,596934502	0,001080968	0,011815072	18,45541271	-1,329777139
P_p0064.	0,73481583	0,000151227	0,017775877	2,531495532	0,052319832
P_p0067.	0,835775729	0,019693196	0,188305611	3,634284588	0,840665404
P_p0068.	0,778847764	0,00120438	0,015633221	54,17945715	0,36691565
P_p0070.	0,676498529	0,00113777	0,040428762	2,892369582	0,112648248
P_p0074.	0,758680039	0,004704983	0,068719867	3,963538022	0,037685576
P_p0076.	0,709785287	0,015647863	0,16501782	3,702806092	0,65116201
P_p0081.	0,585690521	0,001417954	0,015912578	14,13266524	-1,30668365
P_p0082.	0,687016123	0,000595931	0,027579321	4,997328941	-0,265805392
P_p0083.	0,708510604	0,000517948	0,015291002	53,79069434	5,704460081
P_p0087.	0,578550973	0,000313538	0,008869842	64,15270303	0,874164398
P_p0088.	0,726695747	0,015393308	0,130096344	5,016616702	0,794196339
P_p0093.	0,561705848	0,000718606	0,007827315	59,34149661	1,036933373
P_p0097.	0,952852701	0,002205719	0,03254349	70,60349937	6,602784969
P_p0099.	0,776897691	0,002580508	0,017420656	19,33869915	-2,023202552
P_p0101.	0,680888005	0,00028187	0,015826389	7,99398988	1,154166284
P_p0103.	0,499439889	2,94857E-05	0,006724436	2,961578646	0,016663812

A. RESULTADOS ANÁLISIS TEMPORAL

P_p0109.	0,838691733	0,030169542	0,25182364	2,6082492	0,107747795
P_p0119.	0,530353795	0,000198739	0,011836063	61,66901217	-0,292951179
P_p0122.	0,651530899	0,00213473	0,008801084	15,9742696	0,469498759
P_p0124.	0,808604483	0,000448773	0,030857323	2,593106943	0,028046221
P_p0125.	0,697233057	0,000889057	0,04804115	2,130979749	-0,578604747
P_p0127.	0,686531881	0,000106856	0,008883001	4,273033931	-1,124537309
P_p1014.	0,787684869	0,0001748	0,016889292	5,669527755	-0,398608885
P_p1019.	0,540531409	0,000244527	0,016180113	23,06287642	-1,669546633
P_p1020.	0,783617838	0,000114175	0,012022582	4,072780201	-0,919997447
P_p1054.	0,742836012	0,000399896	0,013649647	109,9829348	0,462957725
P_p1062.	0,774950046	0,001446291	0,012322925	57,55097121	-6,507774928
P_p1084.	0,833019687	0,001425174	0,056651844	6,109324507	-0,671037063
P_p1092.	0,774640956	0,002012216	0,039879806	16,43796267	-0,351049971
P_p1094.	0,536390795	0,000829304	0,010787571	7,835114304	0,007875809
P_p1100.	0,757262193	0,000751708	0,030546432	6,467814485	0,124820384
P_p1105.	0,672916865	0,00612547	0,11364812	4,055614191	-0,475768749
P_p1110.	0,536390795	0,000829304	0,010787571	7,835114304	0,007875809
P_p1119.	0,713058483	0,012148462	0,146238149	3,416224539	0,469547029
P_p1121.	0,574855745	0,010946912	0,150378027	4,516046241	1,04558594

A.6. Estadísticas de la serie TT de 5 minutos - Grupo éxito

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0001.	1,929263241	0,009800128	0,09412412	11,02349086	0,218955895
P_p0008.	2,553939566	0,281231001	0,304440719	35,21749533	5,020707849
P_p0019.	2,788804669	0,218088765	0,485790878	4,929710417	0,156974028
P_p0027.	4,053652317	0,206821522	0,617283141	4,990965092	-0,636308285
P_p0028.	2,534471299	0,152421504	0,257833188	11,2650342	-0,091515611
P_p0029.	3,94113876	0,035109213	0,305608286	2,787141631	-0,338983554
P_p0030.	3,310575705	0,216154925	0,322839081	9,307244417	1,782845599
P_p0035.	4,445549776	0,421723471	0,634499131	13,71306878	-1,693539543
P_p0036.	3,067999132	0,071116903	0,224080705	3,986324558	-0,064819771
P_p0038.	3,201409588	0,101079498	0,375909021	4,425066662	-0,607995144
P_p0039.	1,809886138	0,03273905	0,169041846	7,880144691	-1,696969068
P_p0041.	3,332250131	0,21781878	0,514030738	3,658450116	-0,235509132
P_p0044.	3,106045588	0,393513405	0,703592515	9,006815329	0,847957058
P_p0049.	2,753896005	0,254880755	0,388584732	3,234288109	-1,048438373
P_p0054.	3,057364655	0,823800527	1,01093597	5,356561504	1,603249003
P_p0056.	3,604998362	0,27405691	0,675969099	5,102392286	-0,482669601
P_p0061.	4,076316573	3,176842352	0,601138619	16,32606974	3,508257343

A.7 Estadísticas de la serie RR de 5 minutos - Grupo fracaso

P_p0064.	2,037914147	0,042549487	0,158871971	13,69657339	2,393656234
P_p0067.	3,575035299	0,092429187	0,319737615	5,998762332	0,896389389
P_p0068.	3,294631224	0,141009746	0,492210211	3,410675251	0,250876721
P_p0070.	3,957666449	0,795138357	0,468722992	11,37466375	-0,719065614
P_p0074.	2,680902714	0,148835933	0,353752319	5,67359314	-1,534024274
P_p0076.	3,134351139	6,721872137	1,702924739	10,20651899	2,604236076
P_p0081.	3,081742884	0,124486925	0,47177262	3,044707224	-0,199575863
P_p0082.	2,653446024	0,224333635	0,475186642	5,650618313	1,678904438
P_p0083.	2,72834277	1,529517293	0,272183345	15,99655507	3,435421423
P_p0087.	2,09899205	0,039130496	0,217684002	6,173312648	0,029881685
P_p0088.	2,85925802	0,268969672	0,611712368	4,716594567	0,153074291
P_p0093.	4,999452568	6,744900732	3,315626778	4,750389295	1,181571755
P_p0097.	2,449583889	0,14953112	0,25021278	13,61606468	2,871650557
P_p0099.	4,00788878	1,494361713	1,612266532	3,357780412	0,317184562
P_p0101.	2,217317817	0,083616576	0,343525515	6,467246575	1,304476217
P_p0103.	2,254410185	0,03062055	0,261106887	2,34618579	0,026912759
P_p0109.	3,889376936	0,119010698	0,369847148	4,781306614	0,252017873
P_p0119.	2,100404995	0,043330335	0,216437528	3,559395043	-0,255889742
P_p0122.	2,310728827	0,051535638	0,179987469	17,95239728	2,657201712
P_p0124.	3,104800768	0,404938187	0,615327559	7,136657751	1,154970392
P_p0125.	3,439257322	0,679155537	0,724044944	4,836829695	1,385027225
P_p0127.	2,883626242	0,055068479	0,230689831	16,14077684	-1,743425094
P_p1014.	3,972435342	0,166917159	0,224967319	23,40830531	3,309317752
P_p1019.	2,149100562	0,075981586	0,323578641	10,40962375	1,294932715
P_p1020.	2,362361259	0,324527549	0,158701864	19,65179407	3,758538309
P_p1054.	2,574791305	0,266584658	0,56159094	5,48114832	0,629899074
P_p1062.	18,85098142	315,0584841	28,37955222	2,192766886	0,663889783
P_p1084.	2,627329838	0,073825753	0,22864501	14,89280139	2,261936944
P_p1092.	5,044115028	81,32195527	1,812982524	20,91473032	4,259167577
P_p1094.	2,791284355	0,030052342	0,218647454	4,207947703	0,166456916
P_p1100.	4,726810328	2,307784467	2,393850676	2,339777564	-0,028773311
P_p1105.	4,148123273	3,669017903	0,995603553	7,729135175	2,069405419
P_p1110.	2,400585356	0,62581371	0,566587905	11,24584277	2,259964028
P_p1119.	3,219296979	0,321981187	0,799122645	2,914923727	0,076785395
P_p1121.	2,94898113	0,413859567	0,726608871	3,327261139	0,2892721

A.7. Estadísticas de la serie RR de 5 minutos - Grupo fracaso

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0021.	0,582529371	0,000665013	0,009626973	20,22730333	-0,205867701

A. RESULTADOS ANÁLISIS TEMPORAL

P_p0022.	0,683071699	0,000154081	0,018158691	2,738364576	0,167813413
P_p0042.	0,922231652	0,004360034	0,07135847	4,565486634	-0,786147528
P_p0047.	0,676295314	0,000597707	0,019963579	41,0017596	0,075289143
P_p0048.	0,760615428	0,016805346	0,152466565	6,340192273	0,755409408
P_p0055.	0,613253151	0,009798746	0,139854495	2,824617768	0,389814364
P_p0059.	0,435972033	0,004066391	0,055717536	6,348394196	1,558418271
P_p0069.	0,708269486	0,001348828	0,017331679	30,77200277	-0,138317669
P_p0075.	0,847463534	0,000309349	0,020774806	5,647739416	0,941841523
P_p0092.	0,602310055	0,000289414	0,015560714	101,4305186	-0,895135823
P_p0104.	0,726338997	0,001627771	0,027928277	21,05935877	0,860958928
P_p0108.	0,68817001	0,007242795	0,007825827	7,396776935	-2,031115411
P_p0111.	0,809312644	0,000313219	0,024581145	2,777812891	-0,102288204
P_p0117.	0,632341343	0,010978096	0,136114506	3,169626939	0,641237662
P_p0120.	0,581471871	0,001177217	0,0148468	28,07153386	0,728826468
P_p0123.	0,552015054	0,000234589	0,011978238	89,88188248	-2,859583189
P_p1031.	0,838831835	0,004442854	0,105269316	2,21328871	-0,417428182
P_p1034.	0,679154767	0,000706023	0,011308529	158,2072717	-10,8958485
P_p1040.	0,543439345	0,010471525	0,127351124	4,50650948	1,191493898
P_p1044.	0,522204533	0,000179696	0,01282507	64,73288425	-4,336052491

A.8. Estadísticas de la serie TT de 5 minutos - Grupo fracaso

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0021.	1,972127563	0,602091225	0,404886621	8,65603149	2,413975929
P_p0022.	2,096622485	0,123364864	0,350818371	7,780863178	1,672101172
P_p0042.	4,171275972	0,293692603	0,710158584	3,341087418	0,437500104
P_p0047.	3,201242403	9,332625463	1,733170174	19,4227803	3,772755786
P_p0048.	2,201608682	0,030300948	0,229502478	5,211144057	0,793697299
P_p0055.	2,322447592	0,011623397	0,131056857	5,106123309	0,331649994
P_p0059.	3,064588195	0,148653886	0,364384029	27,88018033	-3,672183831
P_p0069.	1,55198564	0,018696637	0,138122697	21,93438988	2,843085779
P_p0075.	1,949294083	0,268909398	0,25636977	24,14850969	3,991134454
P_p0092.	1,971330596	0,574993075	0,381559372	12,68693476	2,826995482
P_p0104.	2,431777342	0,045839165	0,220079054	16,93542739	-1,823708876
P_p0108.	3,001639466	0,661552911	0,769462207	6,427341024	0,736092704
P_p0111.	3,259859982	0,384125437	0,584894858	8,258875624	0,653359264
P_p0117.	1,843667466	0,147835074	0,3408981	7,165114836	1,415553766
P_p0120.	2,083698524	0,183759615	0,306895137	25,58450562	3,566860597
P_p0123.	1,522971469	0,031167129	0,185199006	7,650388775	1,494500069
P_p1031.	1,970848282	0,053395834	0,191642413	24,20373545	3,475132824

A.9 Estadísticas de la serie RR de 20 minutos - Grupo éxito

P_p1034.	5,574722665	0,172629686	0,388890817	7,661161489	-1,457992197
P_p1040.	1,81419851	0,169104073	0,525045095	5,85311646	1,404345362
P_p1044.	1,649894293	0,045525134	0,224901478	4,807134795	1,140583482

A.9. Estadísticas de la serie RR de 20 minutos - Grupo éxito

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0001.	0,729171152	0,000196208	0,01564705	18,71936733	0,28222812
P_p0008.	0,697046284	0,002599635	0,026669328	15,72815662	1,290557252
P_p0019.	0,748282968	0,022093293	0,228142194	2,526668726	0,046386938
P_p0027.	0,824455875	0,01622289	0,142564329	5,078463912	0,005686898
P_p0028.	0,627064013	0,006200182	0,090470466	5,664461232	1,272095899
P_p0029.	0,58895246	0,000563561	0,015580532	24,71232141	-0,992441641
P_p0030.	0,669571411	0,00093092	0,034565262	5,616951574	0,448909334
P_p0035.	0,592485209	0,000142502	0,010386723	41,8039705	-2,210521336
P_p0036.	0,531260402	0,000531989	0,027606499	4,263907951	-0,54325908
P_p0038.	0,603454812	0,00028313	0,011486836	52,17181044	0,907339001
P_p0039.	0,598270642	0,000352274	0,023021761	5,019806954	-0,178201091
P_p0041.	0,597935768	0,015342765	0,181081824	3,0273345	0,532554682
P_p0044.	0,719038501	0,007058505	0,03602401	7,322067316	-1,326017546
P_p0049.	0,825362168	0,000667394	0,026051736	25,14928831	-0,983284888
P_p0054.	0,670453776	0,018718311	0,11387948	13,89509017	2,45029582
P_p0056.	0,503352905	3,6669E-05	0,004670709	17,36890342	2,405595574
P_p0061.	0,598832785	0,001268702	0,015500662	15,9595732	-0,536231772
P_p0064.	0,706280524	0,002319595	0,045585794	12,56822096	-0,495076002
P_p0067.	0,835758833	0,016801825	0,174177959	3,406285553	0,729409562
P_p0068.	0,809887977	0,001251212	0,019897981	54,06451678	-0,151882324
P_p0070.	0,718975326	0,001633207	0,055745178	2,999982281	-0,275982165
P_p0074.	0,801665989	0,0080436	0,100123469	3,305272695	0,308946158
P_p0076.	0,707692635	0,015389566	0,155802748	4,647302796	0,837536106
P_p0081.	0,570794154	0,002136886	0,026405917	7,447409206	-1,044835534
P_p0082.	0,678930104	0,000609664	0,029805301	3,503828466	-0,042232314
P_p0083.	0,711787938	0,000574589	0,02093789	31,8739572	2,220984525
P_p0087.	0,586534395	0,000396708	0,017976245	33,49291177	-0,116641168
P_p0088.	0,719658808	0,013235407	0,115490696	4,807643925	0,874418484
P_p0093.	0,568969999	0,000398141	0,008419334	96,41955605	1,305040955
P_p0097.	0,937337973	0,001993963	0,041516535	28,64549842	2,466731912
P_p0099.	0,78648147	0,002289285	0,031239495	21,18877789	-1,599190247
P_p0101.	0,679949935	0,001480591	0,035591498	5,119580455	-1,280860026
P_p0103.	0,498962118	5,20747E-05	0,007914575	7,863996755	0,341472995

A. RESULTADOS ANÁLISIS TEMPORAL

P_p0109.	0,804771503	0,027900342	0,234897144	2,850014392	0,276509937
P_p0119.	0,579930189	0,000293926	0,019942538	8,331175196	-0,681558232
P_p0122.	0,651957375	0,000696554	0,009725001	50,61489677	1,519878095
P_p0124.	0,765249208	0,001532135	0,025462526	43,81476061	-3,817692368
P_p0125.	0,676917193	0,00145876	0,057313126	4,037705155	-0,151471214
P_p0127.	0,702074321	0,000421114	0,017686207	3,656602802	0,373355704
P_p1014.	0,782842575	0,000386142	0,017390733	39,01229374	-1,50846249
P_p1019.	0,515604565	0,00029318	0,021051172	9,643352343	-0,351903068
P_p1020.	0,789401829	0,00011612	0,012964705	9,532321304	1,170972989
P_p1054.	0,732099368	0,000387216	0,014901485	138,8300218	1,830578281
P_p1062.	0,599710681	0,017173691	0,217027679	2,386335338	0,810585873
P_p1084.	0,834466551	0,002439388	0,077326457	18,08154757	-1,902167377
P_p1092.	0,777530148	0,00125432	0,034221133	12,41147301	0,54407357
P_p1094.	0,505120261	0,000804492	0,038838639	6,178083737	0,625473513
P_p1100.	0,748918202	0,00205866	0,042731057	5,554282979	0,122134994
P_p1105.	0,682195313	0,007518604	0,125673757	4,805892351	0,400775299
P_p1110.	0,505120261	0,000804492	0,038838639	6,178083737	0,625473513
P_p1119.	0,688811278	0,013244532	0,146436092	4,569819686	0,819873736
P_p1121.	0,550971942	0,022043653	0,093373847	262,2776686	13,47887583

A.10. Estadísticas de la serie TT de 20 minutos - Grupo éxito

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0001.	1,962442562	0,037458918	0,109315919	68,58724759	6,79220812
P_p0008.	2,491131346	0,066797104	0,280010519	10,97282594	1,952857416
P_p0019.	2,743283567	0,189921359	0,489812528	5,135678196	0,168413512
P_p0027.	4,268526588	0,298341595	0,712037912	5,357328068	-0,768087171
P_p0028.	2,734930679	4,360691399	0,430257734	84,71088228	8,508987945
P_p0029.	3,90221968	0,037154765	0,234700476	7,063589297	0,647338994
P_p0030.	3,342141409	0,226398388	0,329998213	19,23135462	1,446011605
P_p0035.	4,414544102	0,259161756	0,552069047	7,35575999	-0,618714756
P_p0036.	3,208382229	0,08465904	0,329967484	4,015175522	0,278634822
P_p0038.	3,389246145	0,178018677	0,528579241	5,293734777	-0,756066302
P_p0039.	1,650360557	0,119829878	0,298244308	29,76964624	2,422164956
P_p0041.	3,831598999	0,332077569	0,774584731	2,940027361	0,185539721
P_p0044.	2,46842494	0,343842868	0,62842062	12,18907013	2,12245837
P_p0049.	3,149525933	0,107762907	0,332482025	15,12263279	-2,072925955
P_p0054.	2,650301631	0,228922201	0,356082362	8,35295592	1,413484298
P_p0056.	3,803199229	0,165237431	0,515885491	3,886941852	-0,330391919
P_p0061.	4,984273586	17,76226752	0,951701286	28,31512923	4,81141486

A.11 Estadísticas de la serie RR de 20 minutos - Grupo fracaso

P_p0064.	2,053828966	0,18439379	0,350737661	23,77085319	3,444808563
P_p0067.	3,552958412	0,120275363	0,367370773	9,667170366	0,066696782
P_p0068.	3,785794242	0,110154957	0,437874903	8,020634081	0,78646882
P_p0070.	4,214015419	1,56038736	0,464758384	64,41982755	6,99802585
P_p0074.	2,974028916	0,185495224	0,520205066	4,419870807	-0,760193017
P_p0076.	3,242573964	11,52511834	1,311473059	27,52673284	4,304923264
P_p0081.	3,220767575	2,209983298	0,594171328	23,1793627	4,029491516
P_p0082.	2,625483494	0,18677747	0,514411649	4,930448201	1,247298094
P_p0083.	2,807819857	1,92904585	0,222125196	84,34339711	8,457044845
P_p0087.	2,164180125	0,116463387	0,369742616	5,9197188	0,843682441
P_p0088.	2,701372891	0,197036479	0,609506449	3,680075594	-0,162525133
P_p0093.	4,926105529	27,1748092	4,228991073	17,05244053	3,196077707
P_p0097.	2,669792565	1,087723824	0,394492828	106,9186993	9,127540996
P_p0099.	3,905260339	1,902231719	1,297321719	40,07923027	3,718821825
P_p0101.	2,196378518	0,084468291	0,230212427	16,66748105	1,870491745
P_p0103.	2,435773044	0,123249229	0,349762122	7,856609009	0,956959559
P_p0109.	3,901664125	0,200095532	0,409881335	7,028614455	0,240677009
P_p0119.	2,813020859	0,059333675	0,259273652	3,720027292	-1,205671655
P_p0122.	2,246393486	0,105058028	0,267300074	21,00281932	2,455963274
P_p0124.	3,178592266	2,118129859	0,608653793	32,69533354	4,578760502
P_p0125.	3,638605025	1,021238494	0,934192768	10,56451184	1,81239317
P_p0127.	3,315290656	0,439092283	0,532092647	5,456683725	0,828401503
P_p1014.	3,952789574	0,09690007	0,309973949	12,56941969	0,826017926
P_p1019.	2,220431713	6,750219286	0,392031056	62,21402609	7,37090169
P_p1020.	2,257516882	0,048178055	0,140931583	27,39422206	3,14143156
P_p1054.	2,578690998	1,157151454	0,619301371	40,23098064	4,949231002
P_p1062.	2,723388571	1,119013779	0,566578608	25,96745775	4,214962859
P_p1084.	4,873672803	215,8109536	0,538049486	66,4636804	7,92790257
P_p1092.	2,0517611	0,203952061	0,196850273	44,01769308	5,532471973
P_p1094.	2,928345947	0,076053898	0,238595547	12,35673542	1,71921149
P_p1100.	2,536444752	0,544825515	0,551021292	60,77644162	5,326696775
P_p1105.	3,256197004	2,269825583	0,656641817	31,18592396	4,789796855
P_p1110.	2,468368337	1,897367744	0,498793892	65,71198065	6,891546727
P_p1119.	2,914559468	0,192386152	0,579404446	3,810582797	0,447128658
P_p1121.	2,936862437	0,277146355	0,583493685	4,503219191	-0,290249676

A.11. Estadísticas de la serie RR de 20 minutos - Grupo fracaso

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0021.	0,564346291	0,000859421	0,022549678	13,2518038	-0,064293915

A. RESULTADOS ANÁLISIS TEMPORAL

P_p0022.	0,672689664	0,000325357	0,021409735	11,5366011	-0,128326151
P_p0042.	0,912374421	0,003495553	0,0654285	7,410296996	-1,132783183
P_p0047.	0,658581098	0,000811498	0,044108813	7,130538318	-0,245679802
P_p0048.	0,751825181	0,014646862	0,147443529	5,043091345	0,522593314
P_p0055.	0,629410378	0,011216007	0,146256007	3,114111901	0,539800429
P_p0059.	0,486244437	0,007051432	0,125926757	2,399932262	0,313491352
P_p0069.	0,695606934	0,001359534	0,018419759	27,5298917	-0,311439089
P_p0075.	0,829037637	0,000484787	0,02917162	28,98422131	-1,832851039
P_p0092.	0,615997661	0,000165759	0,011854399	28,54742507	-2,833430839
P_p0104.	0,718511027	0,001345077	0,025691081	20,27111909	-0,412280178
P_p0108.	0,704307935	0,000920071	0,010154932	181,0973982	5,667930646
P_p0111.	0,819731074	0,000578023	0,031074149	7,651463811	-0,166654562
P_p0117.	0,575607988	0,008804724	0,128701248	2,926983553	0,381544829
P_p0120.	0,577587734	0,002604881	0,021969492	45,18472108	3,291078739
P_p0123.	0,544800344	0,000130879	0,009074979	127,6628109	1,668313119
P_p1031.	0,758008309	0,005360135	0,105736453	3,318844838	-0,197263423
P_p1034.	0,672300384	0,000168146	0,014478172	259,5764592	-9,958615918
P_p1040.	0,551003709	0,01321704	0,12978682	5,735866116	1,44676545
P_p1044.	0,514270764	6,92066E-05	0,006043008	192,2274531	-7,632074874

A.12. Estadísticas de la serie TT de 20 minutos - Grupo fracaso

PACIENTE	MEAN	VARIANZA	IQR	KURTOSIS	SKEWNEES
P_p0021.	2,140336782	0,871292833	0,960023906	4,551405782	1,507082777
P_p0022.	1,976723115	0,126438207	0,323602684	8,363622389	1,201866395
P_p0042.	4,324313632	0,495165877	0,779584749	17,64713064	0,157747152
P_p0047.	2,162130877	0,965623283	0,992502936	6,130053034	1,748473949
P_p0048.	2,299814841	0,047639434	0,298467261	3,924413077	0,667877381
P_p0055.	2,399040298	0,023502747	0,20406378	6,453465155	0,248923142
P_p0059.	3,150889937	0,223567748	0,34151201	28,55276328	3,356156662
P_p0069.	1,554029976	0,0248529	0,190208389	13,10593836	1,744704925
P_p0075.	2,12587207	2,303799142	0,249305503	87,70645172	8,78833358
P_p0092.	2,161012451	0,632405093	0,289141413	36,69291242	5,088094345
P_p0104.	2,360822532	0,059335756	0,267449698	5,82624124	-0,690979329
P_p0108.	2,805307283	0,964891432	0,722445144	33,03041715	4,108223771
P_p0111.	3,001543569	0,240220057	0,544084345	10,67714974	1,496268344
P_p0117.	1,73586853	0,171743047	0,387053921	41,23092419	4,12486516
P_p0120.	1,962491864	0,087763859	0,253466793	17,84923206	2,076985724
P_p0123.	1,561287078	0,023552201	0,167999263	12,84000327	1,660962633
P_p1031.	2,65158368	4,527209204	0,538402674	13,41106914	3,191814079

A.12 Estadísticas de la serie TT de 20 minutos - Grupo fracaso

P_p1034.	5,57131282	0,199800383	0,447937967	5,411942158	-0,697629765
P_p1040.	2,091942337	0,506603911	0,801730281	16,75572792	2,495652305
P_p1044.	1,669484799	0,045383232	0,256329641	4,463912037	0,141131991

A. RESULTADOS ANÁLISIS TEMPORAL

Apéndice B

Resultados análisis frecuencial

B.1. Densidad espectral de potencia de la serie RR de 5 minutos - Grupo éxito

Paciente	VLF	LF	HF	Total
P_p0001.	0,907210666	0,675641533	4,592227444	6,175079642
P_p0008.	0,156656578	0,589052436	10,76295947	11,50866849
P_p0019.	1,223276901	2,69901371	8,159795449	12,08208606
P_p0027.	0,403606241	2,100038232	7,474385551	9,978030024
P_p0028.	2,301661886	1,293873762	0,606484682	4,202020329
P_p0029.	1,506082285	0,380443372	4,39880213	6,285327786
P_p0030.	1,878215778	3,052643766	8,017529061	12,9483886
P_p0035.	1,447473223	1,185137351	6,715886384	9,348496957
P_p0036.	1,808851264	0,36421517	0,05629085	2,229357285
P_p0038.	1,969600507	0,269609011	1,652712724	3,891922241
P_p0039.	1,799107891	0,862764612	1,082869672	3,744742174
P_p0041.	0,580600219	4,707014725	9,719950344	15,00756529
P_p0044.	0,496967299	1,247466717	9,471517064	11,21595108
P_p0049.	1,315395434	0,595958539	8,876401856	10,78775583
P_p0054.	2,459058395	6,311626931	6,197974464	14,96865979
P_p0056.	2,734557367	0,298441143	0,096449416	3,129447926
P_p0061.	1,499801128	1,139223385	5,775913295	8,414937809
P_p0064.	2,265586302	1,665335164	1,498552919	5,429474384
P_p0067.	0,717696962	4,152951336	6,041703371	10,91235167
P_p0068.	0,538488484	0,6759061	9,739160145	10,95355473
P_p0070.	1,99271279	0,350158101	0,226596337	2,569467228
P_p0074.	2,031105834	0,651327884	0,660897233	3,343330951
P_p0076.	2,375307504	5,556534918	11,36416369	19,29600611
P_p0081.	0,465886311	0,635873259	4,803101361	5,904860931
P_p0082.	1,119433629	0,949360799	7,669121856	9,737916284

B. RESULTADOS ANÁLISIS FRECUENCIAL

P_p0083.	2,257143942	1,385018868	0,725744377	4,367907187
P_p0087.	0,183308718	0,191518396	3,8944394	4,269266514
P_p0088.	0,869163077	6,274543286	9,687597353	16,83130372
P_p0093.	1,637211562	0,871010229	8,304570813	10,8127926
P_p0097.	2,304700002	1,077300304	1,09247231	4,474472617
P_p0099.	0,574462285	2,213313855	9,444709805	12,23248595
P_p0101.	2,662516499	2,867772626	0,316633564	5,846922689
P_p0103.	2,8723439	2,078934321	2,785453296	7,736731518
P_p0109.	2,099612285	6,774395148	13,93506456	22,809072
P_p0119.	1,642954365	0,522318106	5,618923396	7,784195868
P_p0122.	0,210193452	0,582363593	4,443436639	5,235993684
P_p0124.	1,609518186	0,105022196	0,081478745	1,796019128
P_p0125.	1,865425043	0,389246828	0,099448753	2,354120624
P_p0127.	2,146062533	0,502776611	0,046805126	2,695644271
P_p1014.	2,163200492	0,724600217	1,446634186	4,334434895
P_p1019.	0,496518929	0,316172756	2,346525629	3,159217315
P_p1020.	2,68927483	0,425349749	0,376330465	3,490955044
P_p1054.	2,51177614	2,536129176	3,513150866	8,561056182
P_p1062.	1,789387214	1,83471275	1,693857684	5,317957648
P_p1084.	1,97836191	0,983377567	1,424186851	4,385926328
P_p1092.	1,829104745	0,586598326	2,340279731	4,755982801
P_p1094.	0,383131157	0,24354029	3,365346905	3,992018352
P_p1100.	1,601900151	1,10604938	2,39927606	5,107225592
P_p1105.	1,876369102	1,756841601	5,839141774	9,472352476
P_p1110.	0,383131157	0,24354029	3,365346905	3,992018352
P_p1119.	1,502017552	4,591823591	12,91082487	19,00466602
P_p1121.	1,760854716	0,366539355	1,713625917	3,841019988

B.2. Densidad espectral de potencia de la serie TT de 5 minutos - Grupo éxito

Paciente	VLF	LF	HF	Total
P_p0001.	1,895890458	5,441736858	3,791382788	11,1290101
P_p0008.	1,801031649	3,272548776	0,650968321	5,724548746
P_p0019.	2,416839005	4,866818757	1,15707389	8,440731652
P_p0027.	1,660499709	0,634300071	0,00662258	2,301422359
P_p0028.	0,795751022	6,819122577	3,231873768	10,84674737
P_p0029.	2,415380313	2,791468616	0,015951068	5,222799997
P_p0030.	1,999017923	2,907991657	0,171172694	5,078182274
P_p0035.	2,260458611	8,96953046	1,001865199	12,23185427
P_p0036.	2,299016984	3,640090843	0,290854065	6,229961892

B.2 Densidad espectral de potencia de la serie TT de 5 minutos - Grupo éxito

P_p0038.	2,814164793	3,164215366	0,43574609	6,41412625
P_p0039.	1,887109866	3,325820772	1,622064759	6,834995397
P_p0041.	2,283028462	2,445327312	0,375078349	5,103434124
P_p0044.	2,264175522	1,290681702	0,186652582	3,741509806
P_p0049.	1,802554631	0,485763934	0,087850398	2,376168963
P_p0054.	2,004942205	1,269018291	0,079391282	3,353351778
P_p0056.	2,590124317	5,489506193	0,14888801	8,228518521
P_p0061.	2,946391419	1,93761525	0,005828215	4,889834884
P_p0064.	1,023445329	5,846392625	3,811059377	10,68089733
P_p0067.	1,244351885	4,056867876	0,054801017	5,356020778
P_p0068.	1,826933182	7,940323654	1,068677929	10,83593476
P_p0070.	0,441423922	6,145649078	0,435239329	7,022312329
P_p0074.	1,889107252	0,758858407	0,143625368	2,791591028
P_p0076.	2,192995282	0,690881943	0,022089815	2,90596704
P_p0081.	1,711078234	1,537874403	0,073745281	3,322697919
P_p0082.	2,445562076	4,252444567	0,354771174	7,052777817
P_p0083.	2,055904765	3,290882588	0,180465434	5,527252787
P_p0087.	2,136356977	6,805042392	2,856224499	11,79762387
P_p0088.	3,248000045	4,116391297	0,886350768	8,25074211
P_p0093.	2,548957611	4,984930705	0,044190414	7,578078729
P_p0097.	3,142752432	4,068364714	0,603108842	7,814225988
P_p0099.	2,470372062	1,688900593	0,117010808	4,276283463
P_p0101.	1,302635302	5,169767335	0,962848821	7,435251458
P_p0103.	3,08647422	5,386969469	1,883403798	10,35684749
P_p0109.	1,480423091	6,176642198	0,068750045	7,725815334
P_p0119.	2,414295171	3,045438139	1,099493045	6,559226355
P_p0122.	2,408286283	5,915605367	2,10360574	10,42749739
P_p0124.	2,617754845	3,43893944	0,748209912	6,804904197
P_p0125.	2,090182964	3,764472742	0,083432976	5,938088682
P_p0127.	2,308659565	3,464311571	0,967410836	6,740381971
P_p1014.	2,150337783	7,042202932	0,073902039	9,266442753
P_p1019.	2,08989678	5,85665011	2,177765894	10,12431278
P_p1020.	2,685493978	3,731327438	1,519291776	7,936113192
P_p1054.	2,154605057	5,031023006	0,918578169	8,104206232
P_p1062.	2,26274971	0,118003551	0,000424255	2,381177516
P_p1084.	3,324995993	6,88697755	1,46742709	11,67940063
P_p1092.	2,484865054	0,994743928	0,024940358	3,50454934
P_p1094.	1,408868565	4,512184473	0,842442294	6,763495333
P_p1100.	1,987704015	4,14095858	0,064797258	6,193459853
P_p1105.	2,421636682	1,069285083	0,016296771	3,507218535
P_p1110.	2,80655881	7,3324775	1,343192626	11,48222894
P_p1119.	1,949044902	3,325092057	0,181013547	5,455150505

B. RESULTADOS ANÁLISIS FRECUENCIAL

P_p1121.	1,786522313	4,555028741	0,74015876	7,081709814
----------	-------------	-------------	------------	-------------

B.3. Densidad espectral de potencia de la serie RR de 5 minutos - Grupo fracaso

Paciente	VLF	LF	HF	Total
P_p0021.	0,209946345	0,313251764	4,502830363	5,026028473
P_p0022.	2,180892261	2,079455204	0,615950368	4,876297833
P_p0042.	1,002433487	2,329781133	11,06819029	14,40040491
P_p0047.	1,776407119	0,472951979	2,00010925	4,249468348
P_p0048.	2,123047422	5,594413738	13,80066539	21,51812655
P_p0055.	1,870654868	5,344047956	11,38204503	18,59674785
P_p0059.	1,66983443	0,254707037	0,395184777	2,319726244
P_p0069.	0,172307458	0,509268525	6,177384783	6,858960766
P_p0075.	2,593328606	2,025150411	0,802969912	5,421448929
P_p0092.	1,588822379	0,45448876	2,532848741	4,57615988
P_p0104.	2,619856462	0,876024792	6,172659655	9,668540909
P_p0108.	2,107574174	2,703447147	2,166573834	6,977595155
P_p0111.	2,210664462	0,98115511	4,530239505	7,722059077
P_p0117.	0,908324854	4,553681245	9,764168244	15,22617434
P_p0120.	1,595709487	1,420368742	4,631612436	7,647690666
P_p0123.	2,468348339	4,025935783	13,6512454	20,14552952
P_p1031.	1,552007113	8,20266795	13,7473924	23,50206747
P_p1034.	1,799258633	5,59654369	12,00152854	19,39733086
P_p1040.	1,809037933	4,002664393	12,08306431	17,89476663
P_p1044.	2,017575596	1,076787271	8,906994036	12,0013569

B.4. Densidad espectral de potencia de la serie TT de 5 minutos - Grupo fracaso

Paciente	VLF	LF	HF	Total
P_p0021.	2,081080231	1,424109631	0,112928063	3,618117925
P_p0022.	2,809003377	1,928175784	0,407186861	5,144366022
P_p0042.	2,032238633	5,133872218	0,03031108	7,196421931
P_p0047.	2,081018479	1,572199587	0,075527559	3,728745626
P_p0048.	2,255661807	1,534449264	0,639280803	4,429391874
P_p0055.	3,068420736	3,426704414	0,814870507	7,309995657
P_p0059.	2,436492302	2,079955949	0,34027128	4,856719531
P_p0069.	2,261959914	6,287688398	3,347451727	11,89710004
P_p0075.	3,160660624	6,00911698	1,169236153	10,33901376

**B.5 Densidad espectral de potencia de la serie RR de 20 minutos -
Grupo éxito**

P_p0092.	3,223523059	3,501554933	1,605835773	8,330913765
P_p0104.	2,158700727	3,199471672	5,105260635	10,46343303
P_p0108.	2,123181342	7,786141145	2,207401035	12,11672352
P_p0111.	2,036827701	2,849545008	1,094118931	5,98049164
P_p0117.	2,237791798	7,709659874	5,511838573	15,45929025
P_p0120.	2,447185563	2,136175589	0,493115264	5,076476417
P_p0123.	2,343547989	2,325428542	1,885465537	6,554442068
P_p1031.	2,495716894	4,359419825	1,972225112	8,827361831
P_p1034.	2,369903744	2,690014264	0,001678885	5,061596893
P_p1040.	2,023134192	0,646220597	0,188366633	2,857721422
P_p1044.	2,981502715	2,695241028	1,851598725	7,528342468

**B.5. Densidad espectral de potencia de la serie RR
de 20 minutos - Grupo éxito**

Paciente	VLF	LF	HF	Total
P_p0001.	2,063649473	0,688821173	4,043280237	6,795750883
P_p0008.	1,291248755	7,090869352	17,5427242	25,92484231
P_p0019.	1,525697761	4,093683978	8,979685142	14,59906688
P_p0027.	0,296843617	0,91612649	7,067895843	8,28086595
P_p0028.	2,455865923	2,850569859	2,163130872	7,469566654
P_p0029.	1,598540575	0,661892377	9,467248135	11,72768109
P_p0030.	2,153690915	0,818644127	1,053994019	4,026329061
P_p0035.	1,976633728	2,217937319	12,88738581	17,08195686
P_p0036.	1,942817629	0,209527827	0,081500527	2,233845983
P_p0038.	2,17084737	0,664553727	3,347948676	6,183349774
P_p0039.	2,027452219	0,305748138	0,404924728	2,738125085
P_p0041.	1,783736585	6,49046578	18,09253625	26,36673861
P_p0044.	0,420906308	1,058307509	8,046336498	9,525550315
P_p0049.	0,663823566	0,96735854	14,29450363	15,92568574
P_p0054.	2,225764108	7,964746793	8,944034155	19,13454506
P_p0056.	2,612658129	0,529428083	0,331414826	3,473501039
P_p0061.	2,042923466	1,308359808	6,159250907	9,51053418
P_p0064.	1,271005113	0,498903145	1,798625966	3,568534224
P_p0067.	2,103809007	8,578376961	16,45662153	27,1388075
P_p0068.	1,237623204	1,044297373	11,0299918	13,31191238
P_p0070.	1,94903873	0,739268136	0,394929862	3,083236729
P_p0074.	2,524505813	0,980017925	1,140710925	4,645234664
P_p0076.	2,735022392	7,845879944	18,65618763	29,23708997
P_p0081.	2,226078407	1,799577791	5,233535139	9,259191336
P_p0082.	1,546703536	1,300206751	10,96663119	13,81354148

B. RESULTADOS ANÁLISIS FRECUENCIAL

P_p0083.	2,365435187	0,578381317	0,891245216	3,83506172
P_p0087.	0,957073499	0,150561581	1,986670818	3,094305898
P_p0088.	2,26395796	8,536683621	16,90579238	27,70643396
P_p0093.	2,146308213	1,418358183	7,882004862	11,44667126
P_p0097.	2,750199984	1,116053142	1,534161827	5,400414953
P_p0099.	1,415702027	2,018517365	11,9691959	15,40341529
P_p0101.	1,111461979	0,171949021	0,067598264	1,351009264
P_p0103.	2,579161121	0,633071806	0,62874389	3,840976816
P_p0109.	1,89561811	6,301134543	21,02804764	29,2248003
P_p0119.	1,021373085	0,043867378	0,321670048	1,386910512
P_p0122.	0,761537492	0,968424229	9,700355461	11,43031718
P_p0124.	1,892234977	0,432770595	1,673955767	3,998961339
P_p0125.	2,734848774	0,683009574	0,171973825	3,589832173
P_p0127.	2,01525643	0,369031793	0,028578806	2,412867029
P_p1014.	2,035425372	0,276981615	1,342794051	3,655201038
P_p1019.	1,726640854	0,175272263	0,938608961	2,840522078
P_p1020.	2,981077755	0,909759648	0,332287791	4,223125194
P_p1054.	2,017386197	0,972055541	4,18280129	7,172243028
P_p1062.	1,070304094	0,478890257	1,488826191	3,038020542
P_p1084.	1,489998661	0,13455752	0,078948821	1,703505002
P_p1092.	1,715777422	0,367722806	0,27260249	2,356102718
P_p1094.	1,556715022	0,262565981	2,861171782	4,680452785
P_p1100.	1,294533563	0,139689007	0,201380302	1,635602872
P_p1105.	0,624187979	0,729067326	2,753129446	4,106384751
P_p1110.	1,556715022	0,262565981	2,861171782	4,680452785
P_p1119.	2,435507492	8,349382487	20,25783205	31,04272203
P_p1121.	2,57090738	3,59842514	3,833779109	10,00311163

B.6. Densidad espectral de potencia de la serie TT de 20 minutos - Grupo éxito

Paciente	VLF	LF	HF	Total
P_p0001.	3,18984524	6,373917682	1,60371341	11,16747633
P_p0008.	3,437808131	9,554615072	2,123976128	15,11639933
P_p0019.	3,21508372	5,950063016	1,305641894	10,47078863
P_p0027.	2,741132145	1,459847033	0,078544713	4,27952389
P_p0028.	3,404840087	1,536022589	0,050068813	4,990931489
P_p0029.	2,589991186	4,256927198	0,06086886	6,907787245
P_p0030.	2,09197693	3,105618545	0,309860637	5,507456112
P_p0035.	3,12559204	4,480040089	0,021538188	7,627170317
P_p0036.	3,116353612	5,851520747	0,367070433	9,334944792

B.6 Densidad espectral de potencia de la serie TT de 20 minutos - Grupo éxito

P_p0038.	2,516012476	0,9903266	0,141815714	3,648154791
P_p0039.	3,11871568	4,044790063	2,193511093	9,357016835
P_p0041.	2,774777616	4,237788622	0,064092094	7,076658332
P_p0044.	2,852736078	2,948182641	0,347298242	6,148216961
P_p0049.	3,429554102	4,713248095	0,366961857	8,509764054
P_p0054.	2,276317281	2,211444688	0,262354741	4,750116709
P_p0056.	2,729516729	6,46807969	0,156880959	9,354477378
P_p0061.	2,195616687	1,888916749	0,024629062	4,109162498
P_p0064.	2,737452136	5,5259325	1,42978137	9,693166006
P_p0067.	3,325544878	5,389689267	0,436455356	9,151689501
P_p0068.	3,220262563	4,913526375	0,061784964	8,195573902
P_p0070.	2,747828666	1,944147352	0,012559892	4,70453591
P_p0074.	2,939282148	2,976797284	0,346477039	6,262556471
P_p0076.	3,008711712	1,392732247	0,052191976	4,453635934
P_p0081.	2,630090542	3,088887881	0,078967503	5,797945927
P_p0082.	2,109333358	2,257953658	0,187150749	4,554437765
P_p0083.	2,506923765	1,261133011	0,121088876	3,889145652
P_p0087.	3,126456559	5,321238814	1,814536045	10,26223142
P_p0088.	2,70245184	2,197911173	0,300513247	5,200876259
P_p0093.	2,934218694	1,669659944	0,017611247	4,621489885
P_p0097.	3,313314933	3,664262643	0,270345088	7,247922663
P_p0099.	3,193917168	4,641166845	0,408244653	8,243328665
P_p0101.	3,024389083	4,963332046	2,183705484	10,17142661
P_p0103.	2,484239346	2,274312302	0,572952029	5,331503677
P_p0109.	2,722445674	4,881771171	0,122055724	7,726272569
P_p0119.	1,406847277	1,168469615	0,23650037	2,811817262
P_p0122.	3,345662806	6,159741727	2,099998668	11,6054032
P_p0124.	3,085820666	1,214834457	0,174755904	4,475411027
P_p0125.	2,530380458	2,212472596	0,116149198	4,859002253
P_p0127.	2,203243473	0,962402624	0,16918689	3,334832988
P_p1014.	2,753643806	3,299871179	0,036709712	6,090224697
P_p1019.	3,082441487	0,933020729	0,024689847	4,040152062
P_p1020.	2,973373824	6,125328564	1,859409063	10,95811145
P_p1054.	3,366334864	4,198614653	0,310313917	7,875263434
P_p1062.	2,176183854	1,387187217	0,065620913	3,628991985
P_p1084.	1,820718774	0,075480463	0,006165781	1,902365018
P_p1092.	2,646149613	2,680822061	0,616646896	5,943618569
P_p1094.	3,318490552	8,570062699	1,02197109	12,91052434
P_p1100.	2,336902135	4,91686105	1,023128328	8,276891514
P_p1105.	2,877475082	0,797459365	0,019400872	3,694335319
P_p1110.	3,458275313	4,735080424	0,429925288	8,623281024
P_p1119.	2,418115274	5,69330313	0,391084094	8,502502497

B. RESULTADOS ANÁLISIS FRECUENCIAL

P_p1121.	2,589930767	5,93783181	0,969406227	9,497168804
----------	-------------	------------	-------------	-------------

B.7. Densidad espectral de potencia de la serie RR de 20 minutos - Grupo fracaso

Paciente	VLF	LF	HF	Total
P_p0021.	0,69493527	0,490456418	7,719693362	8,90508505
P_p0022.	2,828552568	1,721332889	0,752146708	5,302032164
P_p0042.	2,490795069	4,310673723	18,52290564	25,32437443
P_p0047.	1,792533024	0,378775577	0,307056598	2,478365198
P_p0048.	2,590962559	9,306999383	21,07544281	32,97340476
P_p0055.	2,713704524	8,437530835	20,06584894	31,2170843
P_p0059.	1,390222027	0,26881053	0,653263269	2,312295826
P_p0069.	0,856181313	1,134909021	7,93046721	9,921557544
P_p0075.	2,553279206	1,80501248	4,696988518	9,055280205
P_p0092.	1,81434277	0,37230625	0,446503303	2,633152323
P_p0104.	1,55695665	0,743114947	10,87532555	13,17539715
P_p0108.	2,05306687	2,677720514	8,515002547	13,24578993
P_p0111.	1,704193911	0,388726091	1,657051116	3,749971117
P_p0117.	1,966299371	7,752458123	17,83620515	27,55496265
P_p0120.	1,397405137	3,084134338	4,916882499	9,398421974
P_p0123.	2,415468498	1,194038983	4,164537499	7,77404498
P_p1031.	2,368602825	3,060754088	6,948196623	12,37755354
P_p1034.	2,594616419	1,168466784	3,362626151	7,125709354
P_p1040.	2,612565684	4,711495159	10,91676725	18,2408281
P_p1044.	1,742428138	0,457673186	1,295342896	3,49544422

B.8. Densidad espectral de potencia de la serie TT de 20 minutos - Grupo fracaso

Paciente	VLF	LF	HF	Total
P_p0021.	2,191006904	0,597362102	0,069980855	2,85834986
P_p0022.	2,843696889	2,723510367	0,695595085	6,262802341
P_p0042.	3,305760232	7,296162019	0,606637584	11,20855983
P_p0047.	2,660160402	2,229469067	0,531618135	5,421247604
P_p0048.	3,027610898	1,791692069	0,346135468	5,165438436
P_p0055.	2,487879941	1,698218496	0,42436424	4,610462677
P_p0059.	2,862416884	3,524829494	0,146046692	6,533293069
P_p0069.	2,445473179	4,058224392	2,660026232	9,163723802
P_p0075.	2,984788519	1,169748426	0,04409565	4,198632595

B.8 Densidad espectral de potencia de la serie TT de 20 minutos - Grupo fracaso

P_p0092.	3,453144479	4,943368931	1,110405786	9,506919196
P_p0104.	2,617561184	3,464752718	1,450996569	7,533310471
P_p0108.	3,122725233	4,099887864	0,394020149	7,616633246
P_p0111.	2,229737168	1,961820689	0,303265524	4,494823381
P_p0117.	3,26911488	9,614669804	8,087418488	20,97120317
P_p0120.	2,71326559	2,257976633	1,060557727	6,03179995
P_p0123.	2,94063605	5,584550334	4,618144957	13,14333134
P_p1031.	3,06608094	1,500675806	0,045969901	4,612726647
P_p1034.	2,692155816	4,820691534	0,002359767	7,515207117
P_p1040.	2,11412697	0,549740166	0,184903334	2,84877047
P_p1044.	2,423484556	4,390364883	3,043587906	9,857437346

B. RESULTADOS ANÁLISIS FRECUENCIAL

Bibliografía

- [1] K. E. Barret, *Ganong Fisiología Medica*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, 2010.
- [2] J. C. Beatriz Giraldo, "Estudio de la variabilidad del patrón respiratorio durante "weaning" de la ventilación mecánica," *XXJornadas de automática*, 2004.
- [3] M. J. Tobin, "Advances in mechanical ventilation," *New England Journal of Medicine*, vol. 344, pp. 1986–96, 2001.
- [4] P. C. J. A. Chaparro, B. F. Giraldo and S. Benito, "Analysis of the respiratory-pattern variability of patients in weaning process using autoregressive modeling," 2011.
- [5] F. S.-W. P. Casaseca-de-la Higuera, "A multichannel model-based methodology for extubation readiness decision of patients on weaning trials.," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 56, pp. 1849–1863, 2009.
- [6] A. J. I. Fernández, "Tratado de enfermería en cuidados críticos pediátricos y neonatales," 10 2012.
- [7] M. J. T. Andrés Esteban, Fernando Frutos, "A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation.," *New England Journal of Medicine*, pp. 345–350, 1995.
- [8] J. D. Hunter, "Neumonía asociada a la ventilación mecánica," 06 2012.
- [9] N. N. Orsi GB, Di Stefano L, "Hospital-acquired, laboratory confirmed bloodstream infection: increased hospital stay and direct costs.l," *Infect Control Hosp Epidemio*, vol. 23, pp. 190–197, 2002.
- [10] W. R. Pittet D, Tarara D, "Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients: excess length of stay, extra costs and attributable mortality.," *JAMA*, vol. 271, pp. 1598–1601, 1994.

BIBLIOGRAFÍA

- [11] S. P. Vincent JL, Bihari DJ, “The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in europe.,” *JAMA*, vol. 274, pp. 639–6449, 1995.
- [12] M. E. R. Daibeth Elena Henríquez Iguarán, “Boletín epidemiológico de infecciones intrahospitalarias,” tech. rep., Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, 2011.
- [13] N. F. Guillermo Ortiz, “Epidemiología de la neumonía asociada a ventilador en 39 unidades de cuidados intensivos de colombia,” *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*, vol. 11, pp. 12–19, 2011.
- [14] W. H. Organization, “The world health report 2002. reducing risks,” 2002.
- [15] C. Lovesio, *Medicina Intensiva*. 2001.
- [16] M. J. A. Nizar Eskandar, “Weaning from mechanical ventilation,” *Crit. Care Clin.*, vol. 23, pp. 263 – 274, 2007.
- [17] B. L. Thille AW, Richard JC, “The decision to extubate in the intensive care unit.,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 187, pp. 1294–302, 2013.
- [18] N. R. M. Dean R. Hess, “Ventilator discontinuation: Why are we still weaning?,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 184, pp. 392 – 393, 2011.
- [19] A. E. F. Frutos-Vivar, “Desconexión de la ventilación mecánica. ¿ por qué seguimos buscando métodos alternativos?,” *Medicina Intensiva*, pp. 1–3, 2012.
- [20] M. I.-P. C. S. B. A. V. Andres Arcentales, Beatriz F. Giraldo, “Recurrence quantification analysis of heart rate variability and respiratory flow series in patients on weaning trials,” in *33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 2011.
- [21] R. R. T. N. E. A. D. Jugo, R. Medina, “Nuevos métodos de análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca,” *IFMBE Proceedings*, vol. 18.
- [22] F. B. André E. Aubert, Bert Seps, “Heart rate variability in athletes,” *Sports Med*, vol. 33, pp. 889–919, 2003.
- [23] D. R.-R. M. Q. y. J. G.-M. Y. de Saa, S. Sarmientoa J.M. Martín-González, “Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en la caracterización de deportistas de élite de lucha canaria con diferente nivel de rendimiento,” *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, pp. 120 – 125, 2009.

- [24] C. M. Sundeep Krishna, “Power spectral analysis of heart rate variability of myocardial infarcted patients (non-invasive method),” in *IEEE/EMBS International Summer School on Medical Devices and Biosensors (ISSS-MD)*, 2004.
- [25] C. P. Badilini F, Maison-Blanche P, “Heart rate variability in passive tilt test: comparative evaluation of autoregressive and fft spectral analyses.,” *Pacing and Clinical Electrophysiology*, vol. 25, pp. 1122–32, 1998.
- [26] L. F. J. J. S. J. L. A. Carvalho, A. F. Rocha, “A tool for time-frequency analysis of heart rate variability,” in *Proceedings of the 25 Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 2003.
- [27] O. H. Colak, “Preprocessing effects in time frequency distributions and spectral analysis of heart rate variability,” *Digital Signal Processing*, vol. 19, pp. 731 – 739, 2009.
- [28] K. S. H. F. D. P. Goncalo Vilhena Mendonca, Bo Fernhall, “Spectral methods of heart rate variability analysis during dynamic exercise,” *Clinical Autonomic Research Society*, 2009.
- [29] G. T. T. A. M. K. Islam, A. N. M. M. Haque and M. R. H. Khondokar, “Study and analysis of ecg signal using matlab & labview as effective tools,” *International Journal of Computer and Electrical Engineering June*, vol. Vol. 4, No. 3, 2012.
- [30] B. G. P. C. O. Tibaduisa, M. Vallverdú, “Estudio de la información mutua de la variabilidad del patrón respiratorio,” in *XXV Jornadas de Automática*, 2004.
- [31] J. A. Chaparro., *Técnicas para la caracterización del patrón respiratorio y análisis de su variabilidad en pacientes asistidos mediante ventilación mecánica*. PhD thesis, Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), 2010.
- [32] S. B. I. D. P. C. Andres Arcentales, Beatriz F. Giraldo, “Análisis de coherencia y densidad espectral de potencia entre las señales de flujo respiratorio y la variabilidad del ritmo cardiaco en pacientes en proceso de extubación,” in *Actas del XXVII Congreso Anual de la Sociedad Española de la Ingeniería Biomédica*, 2009.
- [33] P. J. Maria Hansson, “Estimation of hrv spectrogram using multiple window methods focussing on the high frequency power,” *Medical Engineering & Physics*, vol. 28, pp. 749 – 761, 2006.

BIBLIOGRAFÍA

- [34] J.-W. Chun-Ta Huang, Yi-Ju Tsai, “Application of heart-rate variability in patients undergoing weaning from mechanical ventilation,” *Crit. Care*, vol. 18, 2014.