



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DR “ANTONIO FRAGA MOURET”
CENTRO MÉDICO NACIONAL “LA RAZA”**

**CORRELACIÓN DE VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA
CON ESTRÉS AGUDO Y LA EXPERIENCIA DE CIRUJANOS DEL
HOSPITAL ESPECIALIDADES LA RAZA**

TESIS PARA OBTENER EL:

TÍTULO DE ESPECIALISTA
EN CIRUGÍA GENERAL

PRESENTAN:

DR. RALERO CASTELLO EFRAIN

DRA. TORRES FERNÁNDEZ KAREN ITZEL

ASESOR DE TESIS

DR. RIVERA MARTÍNEZ JUAN CARLOS

JESUS ARENAS OSUNA

Ciudad de México, 2022.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**CORRELACIÓN DE VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA CON
ESTRÉS AGUDO Y LA EXPERIENCIA DE CIRUJANOS DEL HOSPITAL
ESPECIALIDADES LA RAZA**

No. De registro R-2021 – 3501 – 065

Dr. José Arturo Velázquez García

Profesor titular del curso de Cirugía General

UMAE Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional “La Raza” IMSS

Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3501

Dr. Juan Carlos Rivera Martínez.

Tutor de tesis

Médico adscrito al servicio de cirugía general en el Hospital de Especialidades

Antonio Fraga Mouret, Matrícula: 99367343

Dirección: Seris y Zaachila s/n, Col La Raza Azcapotzalco, CDMX.

Teléfono: 5522609161, Correo: drcarlosrivera10@gmail.com

Medicos residentes

Dr. Efrain Ralero Castello

Dra. Karen Itzel Torres Fernández

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	6
MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÓN.....	26
CONCLUSIÓN.....	31
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS.....	35

RESUMEN

ANTECEDENTES: El estrés asociado a la cirugía afecta la calidad en la atención. La variabilidad de la frecuencia cardiaca ha demostrado ser confiable y mejor relacionada con los momentos de estrés que otros marcadores.

OBJETIVO: Correlacionar los años de experiencia de médicos adscritos a cirugía general del Hospital de Especialidades La Raza con la intensidad del estrés durante las cirugías electivas.

MATERIAL Y MÉTODOS: Diseño observacional, prospectivo, transversal y descriptivo en cirujanos adscritos a quienes se midió; la frecuencia cardiaca empleando una banda Polar H10, y una aplicación de celular PolarFlow, que se colocaron antes y durante la cirugía, posterior análisis con software KubiosHRV obteniendo datos de variabilidad de la frecuencia cardiaca. Análisis estadístico: estadística descriptiva, prueba de rangos de Wilcoxon, para muestras relacionadas, R Spearman.

RESULTADOS: El ratio LF/HF tiene una correlación fuerte positiva de acuerdo al coeficiente de correlación Rho de Spearman (0.729)

CONCLUSIONES: Los cirujanos de mayor experiencia tienen ratio LF / HF elevado al momento de la cirugía lo cual se traduce como un mejor control de tono parasimpático y por ende menos estrés mental, lo que traduce mejor control del mismo durante los procedimientos quirúrgicos.

Palabras clave: Cirujanos, estrés mental, variabilidad de frecuencia cardiaca.

ABSTRACT

BACKGROUND: Stress associated with surgery affects quality of care. Heart rate variability has been shown to be reliable and better related to moments of stress than other markers.

OBJECTIVE: Correlate the years of experience of doctors assigned to general surgery department at the “Hospital de Especialidades La Raza” with the intensity of stress during elective surgeries.

MATERIAL AND METHODS: The population will be assigned surgeons who meet the inclusion criteria. Heart rate will be measured using a Polar H10 band, and a PolarFlow cell phone application, which will be placed before and during surgery, subsequent analysis with KubiosHRV software, obtaining heart rate variability data.

A database was created in the Excel program, the statistical evaluation was carried out in the SPSS v. 25, with the Wilcoxon rank test, for related samples, and for the correlation between mental stress variables as a function of heart rate variability compared with the variable of interest: years of experience, the Spearman correlation test was used.

RESULTS: The LF/HF ratio has a strong positive correlation according to Spearman's Rho correlation coefficient (0.729).

CONCLUSIONS: Surgeons with more experience have a high LF/HF ratio at the time of surgery, which translates into better parasympathetic tone control and therefore less mental stress. This supports our hypothesis: more experienced surgeons control stress better during surgery.

Keywords: Surgeons, mental stress, heart rate variability.

INTRODUCCIÓN

La medicina es una profesión demandante, con altas exigencias y sobre todo con precio muy alto a pagar cuando se cometen errores. El estrés se puede definir como el desequilibrio que ocurre cuando los individuos perciben que las exigencias en cuanto conocimiento y habilidades sobrepasan sus capacidades. (1) La Asociación Estadounidense de Psicología lo define como "el patrón de respuestas específicas e inespecíficas de un organismo a los eventos o estímulos que perturban su equilibrio y exceden su capacidad para afrontar los mismos. (2) Es una respuesta física y psicológica a las demandas ambientales y se reconoce como respuesta de "huida o lucha". En tareas técnicamente desafiantes, como realizar una cirugía, un nivel apropiado de excitación es importante para el adecuado rendimiento, (3) mejora la alerta, enfoque, eficiencia de acción, y desempeño en general (estrés bueno), sin embargo un estrés excesivo y prolongado altera las habilidades tanto técnicas como no técnicas (comunicación, trabajo en equipo, juicio y toma de decisiones), en laparoscopia el estrés excesivo está relacionado con tiempo de cirugía prolongado, Las causas más frecuentes de estrés excesivo en el quirófano son: problemas técnicos, complejidad del procedimiento, fallas en el equipo, complicaciones de los pacientes, interrupciones, y sobrecarga de trabajo. Mala eficiencia motriz, y un mayor número de errores (4). El estrés al que son expuestos los cirujanos por las largas jornadas laborales, la sobrecarga de pacientes, lidiar con la vida y la muerte, así como la realización de procedimientos complejos, desafíos técnicos, quirúrgicos y clínicos, los retos continuos que aparecen durante los procedimientos, además de los problemas con el equipo y presión por el tiempo en el que se deben realizar los mismos, hacen de esta especialidad una de las más demandantes física, mental y psicosocialmente. Estos factores pueden contribuir al estrés en el personal, el cual si se hace crónico aumenta el riesgo de problemas en las relaciones, depresión, burnout, aumenta el riesgo cardiovascular y disminuye la expectativa de vida. (4,1,3,5) el estrés laboral duradero, así como los entornos de trabajo físicos y psicosociales adversos, así como las condiciones de trabajo se han considerado factores de riesgo independientes de enfermedad coronaria. (6) Las causas más

frecuentes de estrés excesivo en el quirófano son: problemas técnicos, complejidad del procedimiento, fallas en el equipo, complicaciones de los pacientes, interrupciones, y sobrecarga de trabajo. (4) El estrés asociado con la cirugía ha recibido recientemente una atención creciente, ya que los problemas que enfrentan los cirujanos, afectan la calidad en la atención; como se mencionó antes el estrés puede afectar tanto las habilidades no técnicas como el rendimiento operativo, con el consiguiente impacto en la seguridad y los resultados del paciente, así mismo el estrés laboral y situaciones de estrés repetitivo tiene un impacto tanto en la salud a largo plazo, morbilidad y en la esperanza de vida de los cirujanos. (3,5) Se han sugerido muchos factores que afectan en la práctica quirúrgica, como estresores mentales y del entorno de trabajo, mala calidad del sueño, altos niveles de compromiso, cansancio emocional, realización de técnicas poco comunes, casos complejos o raros, poca experiencia en nuevos procedimientos, y mala asistencia en quirófano. Por lo que se deben buscar estrategias para la disminución del estrés en quirófano, y mejorar el desempeño, por lo que el entrenamiento sobre cómo manejar el estrés dentro del quirófano se ha vuelto una necesidad. (1)

La medición del estrés es un desafío, ya que es percibido y enfrentado de manera diferente por los individuos. (7) Existen formas de medir el estrés de forma objetiva tales como ritmo cardiaco, variabilidad del ritmo cardiaco, conductancia de la piel, parpadeos y marcadores en saliva tales como alfa amilasa, inmunoglobulina secretora A, Cromogranina A, y cortisol salival, el cual es el más estudiado y el que hasta el momento cuenta con mejor correlación en cuanto a niveles séricos y salivales; otros métodos objetivos son conductancia de la piel y actividad térmica.(4,1) Durante años, las personas han sido conscientes de la conexión entre el estrés y el corazón.(6) Existen estudios en los que se ha demostrado que varias áreas que incluyen la amígdala y la corteza prefrontal medial, que están involucradas en las percepciones de amenaza y seguridad también se asocian con la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC).(8) Además se ha evidenciado su alteración en los cirujanos cuando realizan procedimientos quirúrgicos, (9) y es suficientemente sensible para diferenciar en gran medida entre los cambios por

esfuerzo físico y por exigencias mentales; (10) además se ha documentado ya su relación con momentos de estrés subjetivo percibido por cirujanos. (11, 12) y es apropiado para documentar el estrés mental incluso con mediciones de 5 minutos. (13) La frecuencia cardíaca (FC) es uno de los parámetros no invasivos más utilizado en el análisis y en la valoración de la actividad cardíaca. En una persona sana, en reposo, los latidos se van produciendo con una frecuencia variable, es decir, el tiempo (en milisegundos) entre dos latidos va variando latido a latido. Este aspecto representa el concepto de VFC, que se define como la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido con anterioridad (nunca superior a 24 horas). (14) La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en particular ha demostrado ser confiable y mejor relacionado con los momentos de estrés que otros marcadores, (4,1) a pesar de que la tensión mental en el quirófano es muy difícil de definir y medir, parece que medir la VFC es actualmente el mejor método para evaluar la tensión mental (15); se ha demostrado que disminuye a medida que aumenta el estrés mental; (7) este parámetro nos permite calcular la contribución relativa de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático. El estrés mental produce un aumento de la actividad del sistema nervioso autónomo simpático, que se refleja en las grabaciones de VFC, por lo tanto, la VFC se puede usar como una medida indirecta de la carga cognitiva y la tensión mental que se ejerce sobre los cirujanos durante la operación. (3) El análisis adecuado de este parámetro permite el estudio de la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA) de manera no invasiva, lo que lo hace ideal para estudios en áreas como el quirófano, la actividad del SNA se basa en un equilibrio entre el sistema nervioso simpático (SNS) y el sistema nervioso parasimpático (SNP). En un estado de reposo predomina la estimulación vagal (SNP), mientras que en estados de ansiedad, estrés y ejercicio físico predomina la estimulación del SNS. (14) Así mismo se ha destacado la importancia de la VFC como un marcador de estrés y salud por la evidencia que sustenta su esta relación con el sistema nervioso. (8) El análisis del poder espectral de la VFC, el cual se mide en Hertz (Hz), y se puede dividir en componentes de baja frecuencia (LF) que van de 0.04-0.15 Hz, y alta frecuencia que van de 0.15- 0.4 Hz (HF), cuya

relación LF/HF nos ayuda a medir objetivamente la modulación de la frecuencia cardiaca por el sistema autónomo; (16) cuando aumenta la actividad simpática, aumenta el poder de LF, a la inversa, cuando aumenta la actividad vagal, aumenta el poder de HF, la relación LF/HF es directamente proporcional al grado de estrés. (10)

El SNP se encarga de realizar una rápida disminución de la FC por impulsos eléctricos vagales de alta frecuencia. Este proceso viene dado por la liberación de acetilcolina por parte del nervio vago. Algunos de sus efectos son la contracción pupilar, la disminución de la FC y de la contractilidad cardiaca, el aumento de la motilidad y de la secreción del tracto gastrointestinal, el aumento de la secreción de insulina, el aumento de la secreción bronquial y la relajación de los esfínteres vesical y anal entre otras funciones. Básicamente, el SNP gestiona los cambios reflejos de la FC debidos a señales procedentes de los barorreceptores arteriales y del sistema respiratorio. El SNS aumenta la FC mediante impulsos lentos de baja frecuencia. La respuesta es más lenta que la del SNP (necesita 20-30 latidos para producirse). Este proceso está basado en la liberación de adrenalina y de noradrenalina. Entre sus efectos principales se encuentran la dilatación pupilar, el aumento de la frecuencia y de la contractilidad cardiaca, la vasoconstricción, el aumento de lipólisis, el aumento de gluconeogénesis y glicogenólisis, la disminución de la motilidad y de la secreción del tracto gastrointestinal, la contracción de los esfínteres y el aumento de la sudoración. El SNS es el responsable de los cambios en la FC debidos a stress físico y mental La relación entre la FC y la VFC respecto a la intensidad y la carga de trabajo es inversamente proporcional; es decir, cuanto más aumentan la FC y la carga de trabajo, más disminuye la VFC. (14) El VFC alto se asocia con una buena adaptabilidad e indica mecanismos de control autónomo que funcionan bien. Más allá de lo que proporcionan los factores de riesgo tradicionales, la VFC ofrece información pronóstica sobre eventos cardíacos. Las asociaciones entre VFC y la tensión laboral duradera se han presentado en muchos estudios. Los niveles más altos de estrés laboral se asociaron con valores más bajos de VFC. (6) Algunos investigadores analizaron la tensión mental intraoperatoria al interpretar la

respuesta fisiológica del sistema nervioso autónomo, (FC, VFC, LF/HF) (6) marcadores sensibles a condiciones de estrés tanto físico como psicológico (17).

Hay muchos y variados factores que pueden influir en el análisis de la VFC. Por ejemplo, puede influir el propio sistema nervioso central con determinados procesos mentales y emociones, el sistema termorregulador, el sistema respiratorio, el sistema barorreceptor y el sistema renina-angiotensina-aldosterona. Además de todos los citados hay que tener también en cuenta los factores que afectan reconocidamente a la FC en sí misma, como pueden ser la edad (la FC aumenta con la edad), el género (en general, la FC es mayor en las mujeres), la posición del cuerpo (la FC es menor en posición supina), la hora del día (la FC es más alta a primeras horas de la mañana), la temperatura, la ingesta de alcohol, de cafeína o de medicaciones diversas (atropina, beta bloqueantes, fenilefrina), el consumo de tabaco, la condición física de resistencia, el stress y la actividad muscular, entre otros. La determinación adecuada del equilibrio del SNA, principalmente mediante la VFC y en menor parte por la sensibilidad barorrefleja y quimiorrefleja, nos puede aportar información muy útil y valiosa tanto en personas enfermas como en personas sanas. (14) Existen dispositivos portátiles que permiten un monitoreo no invasivo y preciso de FC (18); La precisión de la medición tanto de la FC como de la VFC depende del seguimiento del tiempo transcurrido entre dos ondas R consecutivas en el electrocardiograma, que se denominan intervalos RR. Por lo tanto, la calidad de la señal RR es crucial para los dispositivos de medición que cuantifican FC y VFC. El estándar de oro para la cuantificación de los intervalos RR es la electrocardiografía (ECG), que registra cada impulso eléctrico del corazón. Un método de referencia establecido para evaluar los intervalos RR en un entorno clínico ambulatorio es un monitor Holter ECG. Sin embargo, el alto costo, la dificultad de acceso, la incomodidad y la complejidad de la colocación de electrodos restringen su uso en ciertos medios. Si bien los dispositivos de ECG ambulatorios de múltiples cables han servido como el estándar de oro, los dispositivos alternativos múltiples, principalmente basados en ECG de un solo cable y fotopleletismografía (FPG), son más convenientes y prácticos para medir los parámetros de VFC. (17) Recientemente se ha hecho

accesible el uso de dispositivos portátiles para su uso en los cuidados de la salud, los cuales pueden monitorizar de manera continua los signos vitales tales como la frecuencia cardiaca de una manera fácil y confiable. (4) los monitores de FC recientes que usan una correa para el pecho para la detección de ECG afirman que también miden con precisión los intervalos RR. Estos monitores son fáciles de usar y permiten registrar los datos de FC y VFC en situaciones en las que antes no era factible con ECG de laboratorio o incluso ambulatorios. Recientemente, varios estudios de validación en diferentes poblaciones han comparado los intervalos RR obtenidos por dispositivos de ECG y monitores de FC; sus resultados demostraron un buen acuerdo en las grabaciones de intervalos RR de los monitores de FC con niveles de variación pequeños pero aceptables en comparación con los ECG de 2, 3 o 12 derivaciones registrados simultáneamente. (18)

Polar Electro Oy ha lanzado una nueva generación de tecnología Polar. El Polar H10 afirma ofrecer mejoras en las mediciones de FC y VFC en comparación con la generación anterior de tecnología H7, cuyo rendimiento ha sido aclamado y ha sido ampliamente utilizado como referencia para los sistemas de medición de FC portátiles. Los cinturones de pecho HR avanzados como el Polar H10 son tan precisos como el estándar de oro (electrocardiografía) durante actividades de intensidad baja y moderada e incluso se demostró que dicha banda puede ser recomendada como el gold standard para la medición del intervalo RR durante actividades intensas para obtener HR y HRV (17)

Con la evolución constante que se presenta de las técnicas quirúrgicas, los cirujanos continuarán presentando situaciones de estrés agudo, haciendo que la evaluación del mismo sea más importante que en el pasado. (1) Se ha demostrado que el entrenamiento para el manejo del estrés aumenta las habilidades de afrontamiento al mismo y reduce el estrés reflejado en el VFC. (6) La detección del estrés mental no solo es extremadamente importante para detectar, reducir y prevenir los efectos adversos del estrés mental en la calidad de la atención, sino también en los propios médicos, y su calidad de vida. (7)

MATERIAL Y MÉTODOS:

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, transversal y descriptivo con el objetivo de relacionar los años de experiencia de médicos adscritos a cirugía general del Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional La Raza y cómo estos se relacionaron con la intensidad del estrés agudo durante las cirugías programadas; para esto se realizó monitorización de la frecuencia cardíaca y de la variabilidad de la frecuencia cardíaca 5 minutos en reposo 30 minutos previos al procedimiento quirúrgico, y 5 minutos durante el mismo, todas las mediciones de la frecuencia cardíaca y la variabilidad de la frecuencia cardíaca se realizaron con una banda ajustada al pecho de los cirujanos con un sensor Polar H10. Las mediciones objetivas de la FC y VFC, se compararon antes y durante el procedimiento, con el fin de contar con una medición objetiva del estrés agudo durante el procedimiento quirúrgico. Del mismo modo, como parte del análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, se realizó la medición de la relación de componente de baja frecuencia (LF) 0.04-0.15 Hz, y alta frecuencia (HF) de 0.15 – 0.4 Hz. (LF/HF).

El estudio incluyó adscritos del servicio de cirugía general del HECMNR que cumplieron con los criterios de inclusión, que contestaron el cuestionario (Anexo 1), y firmaron el consentimiento informado (Anexo 2), quedando en total 13 sujetos de estudio. La recolección de datos se realizó con un sensor polar H10 colocado en el pecho de cada uno de los participantes en reposo y posteriormente en su primera cirugía electiva del día.

Se excluyeron aquellos que se encontraban incapacitados para la realización de procedimientos quirúrgicos, aquellos que contaban con alguna morbilidad que condicione una alteración de la respuesta normal del ritmo cardíaco, o que gozaran de su periodo vacacional o permiso. La medición se realizó antes y durante un procedimiento quirúrgico electivo, dichas mediciones se llevaron a cabo durante los meses de septiembre y octubre del 2021. La frecuencia cardíaca se midió utilizando una banda de medición Polar H10, validada en otros estudios

junto con una aplicación de celular Polar Flow, y el software Kubios HRV para el análisis de datos.

Posteriormente se transmitieron los datos a través de la aplicación Polar Flow con el reloj Polar Vantage M y a través de internet se transmitieron esos datos al software KubiosHRV para el análisis electrofisiológico.

Fueron capturados los resultados recabados de las unidades de observación en una hoja de recolección electrónica (hoja(s) de cálculo) de Excel de Microsoft Office 2019 para Windows para desarrollar una base de datos suficiente y precisa para efectuar una vez concluida el análisis estadístico utilizando la paquetería IBM SPSS Statistics 25 en español.

Para el análisis estadístico, fueron utilizadas medidas de dispersión (desviación estándar), o de tendencia central (media, porcentaje), según se trate de variables paramétricas o no paramétricas); se efectuó el análisis estadístico correspondiente para una muestra (Correlaciones de Spearman, prueba de Kolmogórov-Smirnov, y test de rangos de Wilcoxon) según corresponda) y se elaboró con base a estos, el análisis mediante estadística descriptiva.

La presentación de los datos fue a través de herramientas de estadística descriptiva, a criterio del investigador, asimismo fueron utilizadas herramientas graficas generadas por medio del programa Excel de Microsoft Office 2019 para Windows como gráficos de correlación a fin de dar la explicación más adecuada para el lector a quien va dirigido el presente estudio.

RESULTADOS

Se realizó la medición de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en los dominios de frecuencia y poder cardiaco (ms) previo a una intervención quirúrgica y durante la misma encontrando los siguientes resultados. (Se anexan gráficos del sujeto de menor experiencia y el de mayor experiencia de acuerdo a su análisis electrofisiológico en reposo y durante la cirugía en Anexo 3)

Del total de participantes N=13, 12 (92.3%) fueron del género hombre, 1 (7.7%) participante fue del género femenino. Las edades promedio de los participantes fue de 40 años (+/- 9 años) siendo la mínima 30 años y la máxima de 49 años.

La experiencia laboral de los sujetos de estudio seguía una distribución normal, en relación con la edad de los sujetos con un promedio de 9 años (rango 19) siendo la experiencia mínima de un año, la máxima de 20 años.

De los factores basales que pueden modificar el resultado de la frecuencia cardiaca, se analizaron las siguientes variables:

Enfermedades de base como diabetes, el 100% de los participantes no se conocía con enfermedad de diabetes mellitus tipo 2 diagnosticada al momento del estudio.

Uso de sustancias psicoactivas de las cuales 9 (69.2%) de los 13 sujetos refirieron haber consumido café previo a la intervención quirúrgica, 1 de los participantes (7.7%) refirió haber consumido cigarrillo de tabaco (nicotina) previo a la intervención quirúrgica.

Uso de medicamentos con efecto cronótopo negativo los 13 cirujanos negaron haber usado beta bloqueadores previo a la intervención quirúrgica.

Respecto a la intervención quirúrgica fueron clasificadas de acuerdo con la complejidad en alta y baja complejidad, 3 de los 13 eventos quirúrgicos (23.1%) fueron de alta complejidad. La duración promedio de los eventos quirúrgicos fue

de 62 minutos (rango de 74 minutos) la duración mínima fue de 32 minutos, la duración máxima fue de 106 minutos.

Ninguno de los eventos quirúrgicos reportó complicaciones durante el mismo, de los 13 eventos solo 2 (15.4%) presentaron fallas. Durante la intervención.

Para el análisis estadístico de las variables de interés se utilizó SPSS V25. En el análisis bivariado se sometieron las variables de interés las cuales, no comportándose como variables de distribución normal, se aplicó modelo estadístico de rangos de Wilcoxon para muestras relacionadas, considerando como significancia estadística una $p < 0.05$.

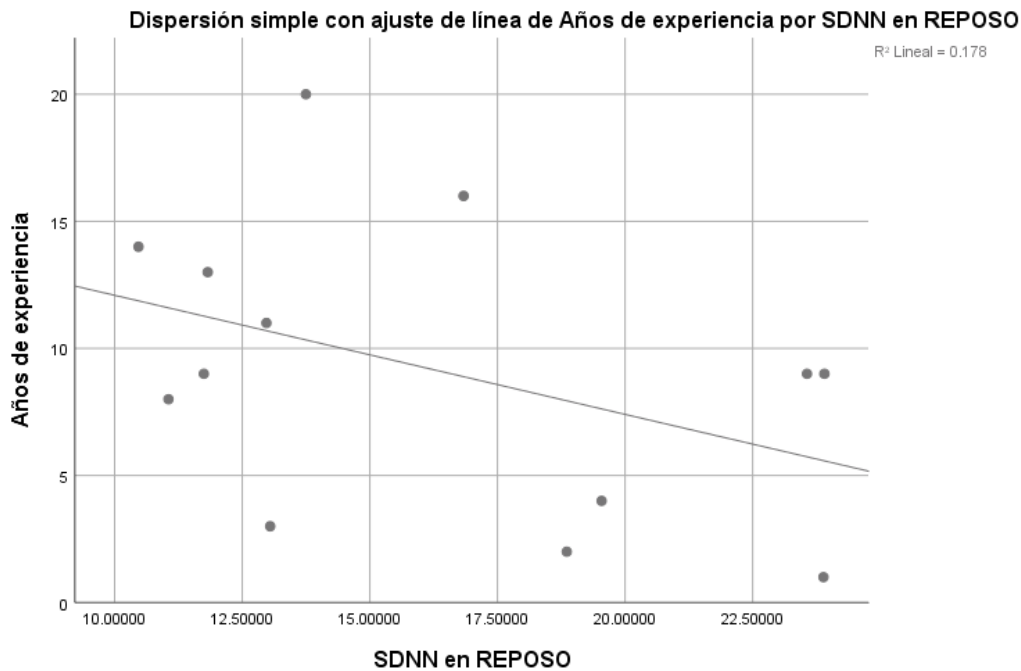
La variabilidad cardiaca fue medida en dos espectros principalmente el espectro de poder cardiaco usando la transformación de Fourier, del sistema KubiosHRV. Considerando el componente de baja frecuencia (LF 0.04hz – 0.15 Hz) y el componente de alta frecuencia (HF 0.15 Hz – 0.4 Hz). En el dominio de frecuencia se midieron intervalos NN, RR, SDNN en milisegundos. Fueron medidos durante el reposo, 30 minutos previos a la intervención quirúrgica durante 5 minutos, y durante la intervención quirúrgica por 5 minutos.

VARIABLES DURANTE EL REPOSO

Encontramos que la FC promedio fue de 84.66 minutos (IQR 59 – 109 minutos), la frecuencia cardiaca mínima en el reposo promedio fue de 76.41 minutos (IQR 54-95 minutos), la frecuencia cardiaca máxima durante el reposo promedio fue de 93.62 minutos (IQR 63 – 116 minutos). El SDNN en reposo fue de 16.26 milisegundos (IQR 10.46 – 23.90), El intervalo RR en reposo promedio fue de 729.65 milisegundos (IQR 550.49 – 1023.37).

Respecto a los componentes del espectro poder cardiaco nos centramos en los componentes de alta frecuencia y baja frecuencia encontramos: Para los componentes del dominio de baja frecuencia de 0.04 – 0.15 Hz, encontramos que la media es de 0.57 Hz. (IQR 0.040 – 0.143 Hz), los componentes de alta frecuencia 0.15Hz – 0.4 Hz la media es de 0.174 Hz.

Se obtuvo el cociente LH/FH durante el reposo encontrando una media de 10.165 Hz (IQR 0.740 – 10.095 Hz)

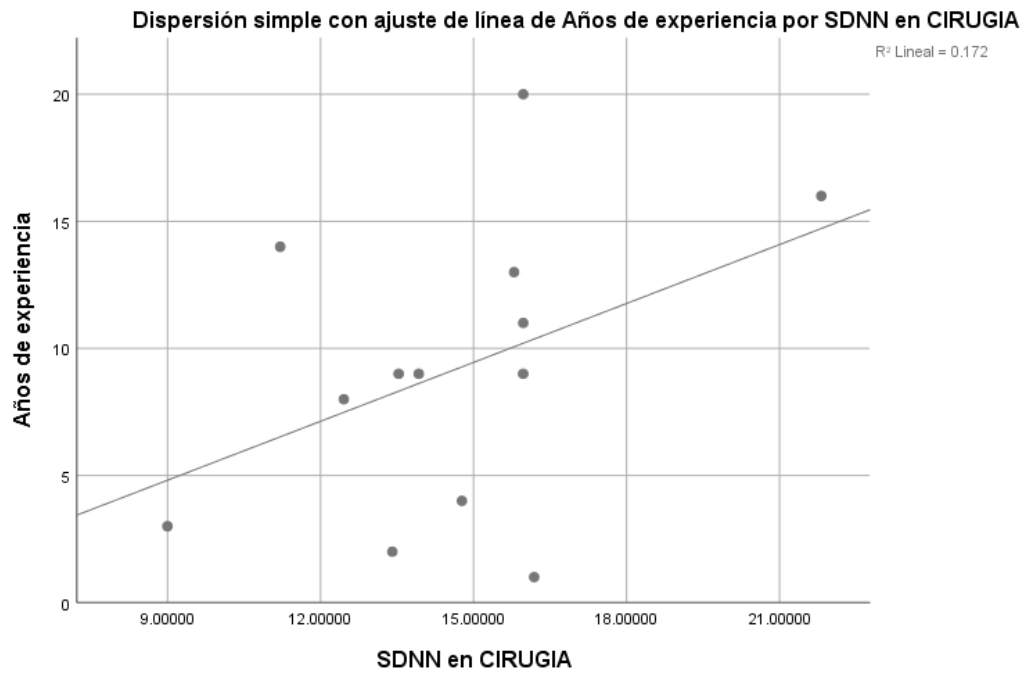


VARIABLES DURANTE LA CIRUGÍA

Encontramos que la frecuencia cardiaca promedio fue de 93.44 minutos (IQR 77 – 116 minutos), la frecuencia cardiaca mínima en promedio durante la cirugía fue de 83.98 minutos (IQR 68 – 108 minutos), la frecuencia cardiaca máxima en promedio durante la cirugía fue de 104.83 (IQR 91 – 122 minutos). El SDNN promedio durante la cirugía fue de 14.45 milisegundos (IQR 8.99 – 21.93 milisegundos), El intervalo RR promedio durante la cirugía fue de 650 milisegundos (IQR 518.22 – 774.34 milisegundos). Se analizaron además variables del dominio de frecuencia como poder cardiaco medidos en Hz. Encontrando lo siguiente.

En el rango de baja frecuencia de 0.04 – 0.15 Hz durante el evento quirúrgico el promedio es de 0.070 Hz (IQR 0.0433 – 0.120 Hz) en el rango de alta frecuencia la media fue de 0.162 Hz (IQR 0.150 – 0.183)

Se obtuvo el cociente de LH/FH durante la cirugía encontrando como promedio 12.127 Hz (IQR 1.7 – 22.1 Hz)



Características Demográficas	Total de participantes n= 13	Valor de p
Genero Mujer	M 1 (7.7%)	0.003
Genero Hombre	H 12 (92.3%)	2.28
Edad Media	40 años (IQR 30 – 49)	0.010
Factores demográficos modificables y no modificables		
Diabetes Mellitus	0 (0%)	NA
Uso de B- Bloqueadores	6 (18.8%)	0.072
Uso de psicoactivos		
Tabaco	1 (7.7%)	0.555
Cafeína	9 (69.2%)	0.353
Cannabis	0 (0%)	N/A
Alcohol	0 (0%)	N/A
Otras sustancias psicoactivas	0 (0%)	N/A
Variabilidad de la frecuencia cardiaca en dominio de frecuencia previo a la cirugía y durante la cirugía.		
(usando prueba de rangos de Wilcoxon, para muestras relacionadas)		
VARIABLE	Dif. de medias REPOSO / CIRIUGIA	Valor de p
Frecuencia cardiaca promedio	R 85 lpm (+/- 14.4) C 93 lpm (+/-11)	0.006
FC mínima	R 76 lpm (+/-12 lpm) C 86 lpm (+/-12)	0.016
FC Máxima	R 93 lpm (+/-16) C 104 lpm (+/-9)	0.011
Variabilidad de RR	R 729ms (+/- 135ms) C 650 (+/- 74 ms)	0.006
SDNN	R 16 (+/-5) C 14 (+/- 3)	0.276
Componentes de baja frecuencia LF	R 0.057 Hz (+/-0.03) C 0.07 Hz (+/-0.02)	0.077
Componentes de alta frecuencia HF	R 0.17 Hz (+/- 0.02) C 0.16 Hz (+/- 0.01)	0.086
RATIO LF/ HF	R 10.16 un (+/-4.5) C 12.127 (+/-8.53)	0.463

Tabla 1 variables demográficas.

Correlación entre las variables de estrés mental en función de la variabilidad cardiaca comparada con la variable de interés: años de experiencia.

Usando test de correlación de *Spearman*.

Frecuencia cardiaca mínima en reposo	Rho – 0.116	P 0.706
Frecuencia cardiaca mínima en cirugía	Rho -0.354	P 0.235
Frecuencia cardiaca máxima durante la cirugía	Rho -0.089	P 0.774
Frecuencia cardiaca máxima en reposo	Rho -0.011	P 0.971
Frecuencia cardiaca promedio en reposo	Rho -0.116	P 0.706
Frecuencia cardiaca promedio durante la cirugía	Rho -0.232	P 0.446
SDNN durante el reposo	Rho - 0.370	P 0.213
SDNN durante la cirugía	Rho 0.321	P 0,285
Intervalo RR durante el reposo	Rho 0.116	P 0.706
Intervalo RR durante la cirugía.	Rho 0.232	P 0.446
Componente de baja frecuencia durante el reposo	Rho -0.156	P 0.611
Componente de baja frecuencia durante la cirugía	Rho 0.000	P 1
Componente de alta frecuencia durante el reposo	Rho -0.157	P 0.608
Componente de alta frecuencia durante la cirugía	Rho 0.06	P 1
Ratio LF/HF durante el reposo	Rho 0.442	P 0.130
Ratio LF /HF durante la cirugía	Rho 0.729	P 0.005

R reposo, *C* cirugía, *lpm* latidos por minuto, *Hz* Hertz, *UN* unidades normalizadas.

Rho Coeficiente de correlación *Rho* de spearman, *P* significancia asintótica bilateral

Tabla 2. Comparación de RR con prueba de rangos de Wilcoxon, durante la cirugía – durante el reposo.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
RR promedio en CIRUGIA - RR	Rangos negativos	10 ^a	8.50	85.00
promedio en REPOSO	Rangos positivos	3 ^b	2.00	6.00
	Empates	0 ^c		
	Total	13		

- a. RR promedio en CIRUGIA < RR promedio en REPOSO
b. RR promedio en CIRUGIA > RR promedio en REPOSO
c. RR promedio en CIRUGIA = RR promedio en REPOSO

Estadísticos de prueba^a

	RR promedio en CIRUGIA - RR promedio en REPOSO
Z	-2.760 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	.006

- a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos positivos.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Componentes de baja frecuencia en CIRUGIA -	Rangos negativos	3 ^a	5.50	16.50
Componentes de baja frecuencia en REPOSO	Rangos positivos	9 ^b	6.83	61.50
	Empates	1 ^c		
	Total	13		

a. Componentes de baja frecuencia en CIRUGIA < Componentes de baja frecuencia en REPOSO

b. Componentes de baja frecuencia en CIRUGIA > Componentes de baja frecuencia en REPOSO

c. Componentes de baja frecuencia en CIRUGIA = Componentes de baja frecuencia en REPOSO

Estadísticos de prueba^a

	Componentes de baja frecuencia en CIRUGIA - Componentes de baja frecuencia en REPOSO
Z	-1.767 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	.077

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Correlaciones

			Componentes de baja frecuencia en REPOSO	Componentes de baja frecuencia en CIRUGIA
Rho de Spearman	Componentes de baja frecuencia en REPOSO	Coeficiente de correlación	1.000	.034
		Sig. (bilateral)	.	.911
	N	13	13	
	Componentes de baja frecuencia en CIRUGIA	Coeficiente de correlación	.034	1.000
	Sig. (bilateral)	.911	.	
	N	13	13	

Correlaciones

			Años de experiencia	RATIO LF /hf EN REPOSO
Rho de Spearman	Años de experiencia	Coeficiente de correlación	1.000	.442
		Sig. (bilateral)	.	.130
	N	13	13	
	RATIO LF /hf EN REPOSO	Coeficiente de correlación	.442	1.000
	Sig. (bilateral)	.130	.	
	N	13	13	

Correlaciones

			Años de experiencia	RATIO LF/HF CIRUGÍA
Rho de Spearman	Años de experiencia	Coeficiente de correlación	1.000	.729**
		Sig. (bilateral)	.	.005
		N	13	13
	RATIO LF/HF CIRUGÍA	Coeficiente de correlación	.729**	1.000
		Sig. (bilateral)	.005	.
		N	13	13

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones

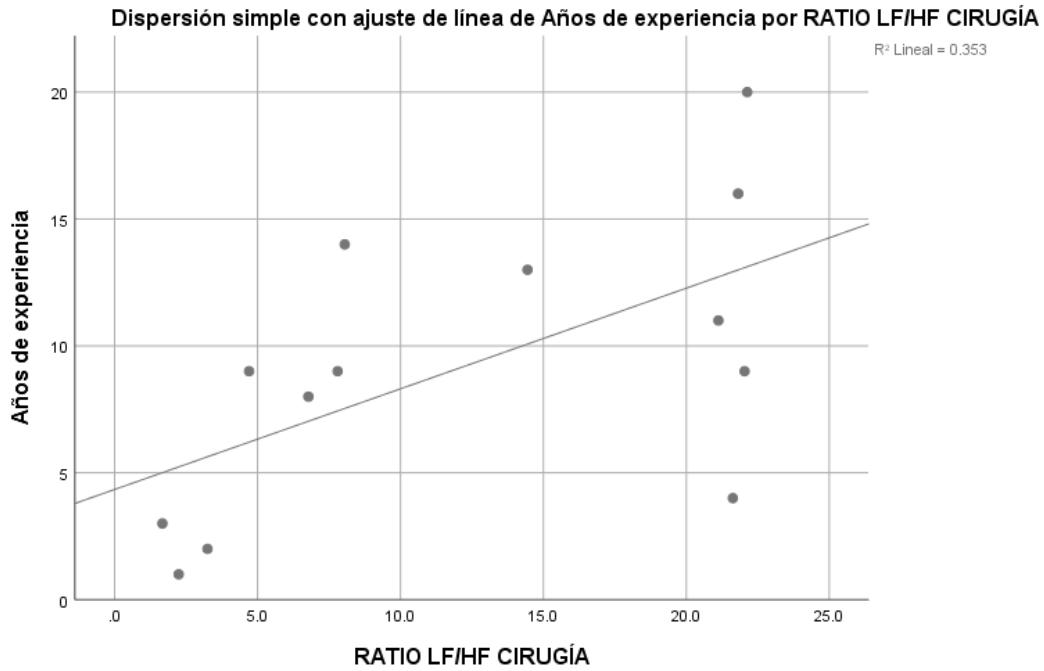
			Edad	RATIO LF/HF CIRUGÍA
Rho de Spearman	Edad	Coeficiente de correlación	1.000	.733**
		Sig. (bilateral)	.	.004
		N	13	13
	RATIO LF/HF CIRUGÍA	Coeficiente de correlación	.733**	1.000
		Sig. (bilateral)	.004	.
		N	13	13

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones

			Fallas durante la cirugía	RATIO LF/HF CIRUGÍA
Rho de Spearman	Fallas durante la cirugía	Coeficiente de correlación	1.000	.570*
		Sig. (bilateral)	.	.042
		N	13	13
	RATIO LF/HF CIRUGÍA	Coeficiente de correlación	.570*	1.000
		Sig. (bilateral)	.042	.
		N	13	13

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).



Correlaciones

			Años de experiencia a	RATIO LF/HF CIRUGÍA	RATIO LF /hf EN REPOSO
Rho de Spearman	Años de experiencia	Coeficiente de correlación	1.000	.729**	.442
		Sig. (bilateral)	.	.005	.130
		N	13	13	13
	RATIO LF/HF CIRUGÍA	Coeficiente de correlación	.729**	1.000	.648*
		Sig. (bilateral)	.005	.	.017
		N	13	13	13
	RATIO LF /hf EN REPOSO	Coeficiente de correlación	.442	.648*	1.000
		Sig. (bilateral)	.130	.017	.
		N	13	13	13

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

La frecuencia cardiaca promedio en reposo fue de 85 lpm (+/- 14.4) y durante la cirugía 93 lpm (+/-11) teniendo con esta prueba estadística una p 0.006, lo cual es estadísticamente significativo

La frecuencia cardiaca mínima en reposo fue 76 lpm (+/-12 lpm) y durante la cirugía 86 lpm (+/-12) teniendo con esta prueba estadística una p 0.016, lo cual es estadísticamente significativo

La frecuencia cardiaca máxima en reposo fue de 93 lpm (+/-16) y durante la cirugía 104 lpm (+/-9) teniendo con esta prueba estadística una p 0.011, lo cual es estadísticamente significativo

La variabilidad de RR en reposo fue de 729ms (+/- 135ms) y durante la cirugía 650ms (+/- 74 ms) teniendo con esta prueba estadística una p 0.006, lo cual es estadísticamente significativo

SDNN como marcador de variabilidad de la frecuencia cardiaca, en reposo 16 (+/- 5) y durante la cirugía 14 (+/- 3) teniendo con esta prueba estadística una p 0.276, lo cual no es estadísticamente significativo

Componentes de baja frecuencia LF en reposo 0.057 Hz (+/-0.03) y durante la cirugía 0.07 Hz (+/-0.02) teniendo con esta prueba estadística una p 0.077, lo cual no es estadísticamente significativo

Componentes de alta frecuencia HF en reposo 0.17 Hz (+/- 0.02) y durante la cirugía 0.16 Hz (+/- 0.01) teniendo con esta prueba estadística una p 0.086 lo cual no es estadísticamente significativo

DISCUSIÓN

Fue usado como prueba estadística test de rangos de Wilcoxon para muestras relacionadas, considerando como significancia estadística una $p < 0.05$ y para fuerte correlación positiva valores cercanos a 1, y fuerte correlación negativa valores cercanos a -1, con respecto a la variable de interés: Años de experiencia encontramos los siguientes resultados.

Con las variables de frecuencia cardiaca mínima, frecuencia cardiaca máxima, frecuencia cardiaca promedio y variabilidad del RR, con el test de Rangos se obtuvieron valores estadísticamente significativos al obtener $p < 0.05$ con significancia bilateral (no se deben al azar) esto explica que efectivamente se encuentra una relación de repuesta simpática durante un evento estresante como lo es la cirugía.

En cuanto a las variables de SDNN, componentes de baja frecuencia y componentes de alta frecuencia, no se encuentra una significancia estadística ya que de hecho los sujetos de estudio con mayor experiencia presentan SDNN más altos antes de comenzar el acto quirúrgico que pudiera estar en relación con menor variabilidad de la frecuencia cardiaca y por lo tanto mayor estrés en comparación con aquellos sujetos de menor experiencia, lo cual se explica más adelante.

RATIO LF/HF

Para el análisis bivariado de la variable de interés, en éste caso los años de experiencia comparada con la variabilidad cardiaca en el dominio de frecuencia cardiaca, variabilidad de la amplitud de los intervalos RR y los dominios de poder cardiaco tanto de alta frecuencia como de baja frecuencia. Encontramos lo siguiente:

El ratio LF/HF a pesar de no tener una distribución normal tiene una correlación fuerte positiva de acuerdo a coeficiente de correlación Rho de Spearman (0.729) con una significancia asintótica bilateral de 0.005 lo que indica que los sujetos de

mayor experiencia tienen ratio LF / HF elevado al momento de la cirugía se traduce como control de tono parasimpático que nos puede hablar de menos estrés mental, ello apoya nuestra hipótesis que los cirujanos más experimentados controlan mejor el estrés a pesar de un tono parasimpático incrementado previo a la intervención quirúrgica.

En las curvas de dispersión al correlacionar los sujetos con mayor experiencia presenta SDNN mayor durante la cirugía con relación a los sujetos de menor experiencia, mientras que SDNN en reposo es mayor en los sujetos de menor experiencia, lo que se podría traducir como que los sujetos con menor experiencia tienen menos estrés mental antes de la intervención que durante la cirugía y viceversa para los sujetos de mayor experiencia en función de la variabilidad cardiaca.

Las variables como edad, consumo de sustancias psicoactivas demostraron no correlación respecto a indicadores de tono para simpático o estrés mental.

Algunas de las probables áreas de interés o de oportunidad en investigaciones subsecuentes, pueden partir de la técnica quirúrgica utilizada, el tipo de ambiente laboral, factores que afecten el ritmo circadiano, el turno o la hora del día en la que se realiza la cirugía. La presencia de enfermedades cardiovasculares diferentes de diabetes mellitus, como SAHOS, patrón o presencia de patología respiratoria y en la actualidad antecedente de infección por SARS. COV2. Son factores tanto modificables como no modificables que pueden afectar de manera directa la variabilidad de la frecuencia cardiaca e interpretarse como estrés mental.

Los puntos fuertes incluyen la toma de constantes de variabilidad cardiaca en dos determinaciones distintas y la aplicación de un software inteligente que traduce e interpreta parte de los resultados, aplicando fórmulas de agrupación y distribución espectrales, lo que facilita la agrupación e interpretación de los datos obtenidos.

Aunque comparte las limitaciones inherentes de otros estudios. Nuestra base de datos tiene variables que pueden interferir de manera significativa en la variabilidad de la frecuencia cardiaca, que no fueron consideradas en protocolo de

manera inicial. Seguido, no podemos evaluar la complejidad de la intervención quirúrgica derivado de que existen intervenciones en las que cada cirujano puede considerarse un experto y ello depende exclusivamente de la curva de aprendizaje de cada individuo, aunado a que el tipo de intervención fue diferente en cada uno de los participantes lo que propicia un sesgo de selección de manera inicial. Finalmente, el número relativamente pequeño de participantes y, por lo tanto, los resultados obtenidos podrían no ser aplicables a otros centros en donde se realicen procedimientos de índole similar, o cirujanos de características similares.

Nuestro estudio, a pesar de contemplar como sujetos de análisis solamente a médicos de base, con respecto a años de experiencia, pudiera asemejarse a lo que encontraron Weenk et al. [4] ya que la media en años de experiencia fue de 11 en su estudio y en el nuestro de 9, por lo que su conclusión de que existe estrés durante la cirugía en particular en residentes, se asemeja a nuestra conclusión de que a menor experiencia mayor estrés.

Por la heterogeneidad de los procedimientos que realizan los cirujanos de nuestro hospital (desde tiroidectomías hasta pancreatoduodenectomías) nos fue imposible comparar el estrés en un mismo procedimiento quirúrgico porque no todos los cirujanos son programados para los mismos, lo cuál hubiera sido ideal para encontrar el punto de la cirugía en el que presentan más estrés; tal como lo encontraron Jones et al. [3] que en una resección anterior colorectal programada, el paso más estresante de la cirugía para los seis sujetos estudiados, fue la disección mesorectal. Por ello, el área de oportunidad se generaría al comparar quizá únicamente cirujanos de cabeza y cuello o comparar cirugías electivas contra urgencias en cada uno de los sujetos.

Nuestro estudio coincidió con lo descrito en la literatura por Arora et al [9] en que los cirujanos con mayor experiencia presentan menor estrés durante la cirugía.

Los efectos de tener episodios frecuentes de alto estrés potencialmente conducen a una alteración de la toma de decisiones, y un impacto en la salud a largo plazo. Está bien documentado que la función autonómica cardíaca alterada está

asociada con un mayor riesgo de morbilidad [3] por lo que deberíamos realizar esfuerzos en encontrar estrategias que disminuyan esto en los cirujanos.

Dado que la variabilidad de la frecuencia cardíaca es una medida con un complejo subyacente de mecanismos fisiológicos, puede ser afectado por muchos factores, como la edad, el peso, la actividad física, inervación cardíaca, tabaquismo, consumo de alcohol, consumo de cafeína, uso de medicamentos y temperatura. Es por ello que la mayoría de los estudios revisados informaron sobre algunos [7] y utilizaron estos factores como criterios de exclusión al igual que nosotros. Es por ello que, por las diferencias interpersonales en la VFC, se recomienda que los participantes de este tipo de estudios sirvan como su propio control, cumpliéndose esto en nuestro estudio al comparar al mismo sujeto antes y durante la cirugía.

En este estudio al igual que en el de Castaldo et al [13] se obtienen resultados estadísticamente significativos con mediciones de la VFC de 5 min, que reflejan el estrés mental al que se someten los cirujanos.

En una revisión sistemática de la Variabilidad de la frecuencia cardíaca como medida de estrés mental en cirugía [7] Fleur A. et al, encontraron que casi todos los estudios en esta revisión utilizaron medidas del dominio de la frecuencia, mientras que la mitad de los estudios también incluyeron medidas de dominio de tiempo. El hecho de que las medidas del dominio de la frecuencia sean utilizadas con más frecuencia puede deberse al hecho de que se analizan grabaciones estacionarias a corto plazo, sin embargo, el grupo de trabajo recomienda el uso de métodos de medidas del dominio de la frecuencia (Grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología y la Sociedad Norteamericana de Marcapasos y Electrofisiología 1996). En nuestro estudio utilizamos ambos dominios, y efectivamente, al que le dimos más peso fue a una medida de frecuencia que es el LF/HF ratio tal cuál es recomendado.

En nuestro estudio al igual que en el de Gilgen-Ammann et al [17], se comprobó el excelente resultado del uso de la banda polar h10 para monitorización de la VFC ya que no se detectaron fallas en esta durante todo el estudio.

Debido a que no se cuenta con un mayor número de mujeres en este estudio, una comparación de los resultados por sexo no se puede llevar a cabo.

Aunque el tamaño de nuestra muestra pudiera parecer reducido, esto es bastante cercano a lo que se ha reportado en otros estudios, tal cual lo demuestran en su revisión sistemática Georgiu et al. [1] que incluyeron 33 estudios, de los cuáles la muestra más pequeña fue de un cirujano y un cirujano en entrenamiento (2 sujetos) y la muestra más grande fue de setenta y cinco residentes; dando una media de tamaño de la muestra entre los 33 estudios de 16. Con lo anterior podemos intuir que para poder tener una mayor muestra (y quizá con ello un mejor análisis al tener más datos), podríamos incluir en futuros estudios a médicos residentes o incluir a otros servicios quirúrgicos de nuestro hospital.

Este trabajo muestra el potencial de la factibilidad de usar tecnología portátil y móvil para identificar situaciones estresantes en procedimientos quirúrgicos realizados por un cirujano, e incluso poder realizar una comparación como la hecha por Pimentel et. Al [16] quienes encontraron que el cambio de rol de ayudante a cirujano principal parece inducir un cambio medible en el equilibrio autonómico, lo que sugiere que el cirujano asociado al rol principal puede estar expuesto a altos niveles de estrés al tener que realizar procedimientos exigentes; por el contrario, el cirujano cuando cambia al rol de ayudante muestra un patrón fisiológico que pudiera asociarse a fatiga mental. Este cambio detectado de cuando el cirujano actúa como principal ejecutor o como ayudante de un residente y viceversa, sería quizá muy interesante evaluarlo en un futuro estudio, ya que nuestro Hospital tiene el programa académico de residencia en Cirugía General.

CONCLUSIONES

- 1) Los procedimientos quirúrgicos son tareas estresantes, los cuales tienen efectos a nivel cardiovascular
- 2) Existen muchos marcadores para medición del estrés mental, siendo la variabilidad de la frecuencia cardiaca un parámetro fidedigno fácilmente medible y analizable.
- 3) La variabilidad de la frecuencia cardiaca es inversamente proporcional al nivel del estrés mental, es decir, a mayor variabilidad mejor control del sistema parasimpático y por ende menor estrés.
- 4) El SDNN medido en milisegundos, presentó un valor menor en reposo en cirujanos de mayor experiencia antes del procedimiento quirúrgico, que se traduce como que los sujetos con menor experiencia tienen menos estrés mental antes de la intervención que durante la cirugía y viceversa para los sujetos de mayor experiencia en función de la variabilidad cardiaca.
- 5) Los sujetos de mayor experiencia tienen ratio LF / HF elevado al momento de la cirugía lo cual se traduce como un mejor control de tono parasimpático que nos puede hablar de menor estrés mental.
- 6) Los cirujanos más experimentados controlan mejor el estrés a pesar de un tono parasimpático incrementado previo a la intervención quirúrgica.
- 7) Sería importante realizar estudios subsecuentes similares con una muestra mayor y con procesos más controlados en lo que nosotros identificamos como áreas de oportunidad, pudiendo partir de la técnica quirúrgica utilizada, el tipo de ambiente laboral, factores que afecten el ritmo circadiano, el turno o la hora del día en la que se realiza la cirugía.

REFERENCIAS

- 1.- Georgiou K, Laranzakis A, Papabassiliou AG, Surgeons and surgical trainees acute stress in real operations or simulation: a systematic review. *The Surgeon* 2017; 1-11.
- 2.- R. J. Gerrig and P. G. Zimbardo, American Psychological Association: Glossary of Psychological Terms: Pearson Education, Education, Incorporated (COR), 2002.
- 3.- Jones KI, Amawi F, Bhalla A, Peacock O, Williams JP, Lund JN. Assessing surgeon stress when operating using heart rate variability and the state trait anxiety inventory: will surgery be the death of us? *Colorectal disease* 2014; 335-341.
- 4.- Weenk M, Alken APB, Engelen LJLPG, Bredie SJH, Van de Belt TH, Van Goor H. Stress measurement in surgeons and residents using a smart patch. *The American Journal of Surgery* 2017; 1-8.
- 5.- Liyun Y, Money SR, Morrow MM, Lowndes R, Weidner TK, Fortune E, et al. Impact of procedure type, case, duration, and adjunctive equipment on surgeon intraoperative musculoskeletal discomfort. *The American College of Surgeons* 2020; 554-560.
- 6.- Rieger A, Stoll R, Kreuzfeld S, Behrens K, Weippert M. Heart rate and heart rate variability as indirect markers of surgeons intraoperative stress. *Int Arch Occup Environ Health* 2013; 165–174.
- 7.- Fleur A, Reijmerink I, Van del Laan M, Cnossen F. Heart rate variability as a measure of mental stress in surgery: A Systematic Review. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2020; 1-17.
- 8.- Thayer JF, Ahs F, Fredriksonc M, Sollers III JJ, Wager TD. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* [Internet]. 2011 [citado el 05 de junio de 2021]; 0(36): 1 Disponible en: doi:10.1016/j.neubiorev.2011.11.009

- 9.- Arora S, Sevdalis N, Nestel D, Woloshynowych M, Darzi A, Kneebone R. The impact of stress on surgical performance: A systematic review of the literature. *SURGERY* [Internet]. 2010 [citado 8 junio 2021];147(3):318–336. Disponible en: doi:10.1016/j.surg.2009.10.007
- 10.- Bohm B, Rotting N, Schwenk W, Grebe S, Mansmann U. A prospective randomized trial on heart rate variability of the surgical team during laparoscopic and conventional sigmoid resection. *Arch Surg* [Internet]. 2001 [citado 8 junio 2021];136:305–310. Disponible en: <http://archsurg.jamanetwork.com>
- 11- Langelotz C, Scharfenberg M, Haase O, Schwenk W. Stress and Heart Rate Variability in Surgeons During a 24-Hour Shift. *ARCH SURG* [Internet]. 2008 [citado 8 junio 2021];143(8):751–755. Disponible en: <http://archsurg.jamanetwork.com>
- 12.- Schöniger C, Braun D, Siepmann M, Petrowski K. Comparison of the HRV of Emergency Physicians in the HEMS During Helicopter Operations: Analysis of Differences as a Function of Number of Operations and Workload. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* [Internet]. 2020 [citado 8 junio 2021];45:249–257. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09480-1>
- 13.- Castaldo R, Montesinos L, Melillo P, James C, Pecchia L. Ultra-short term HRV features as surrogates of short term HRV: a case study on mental stress detection in real life. *BMC Medical Informatics and Decision Making* [Internet]. 2019 [citado 8 junio 2021];19(12):1–13. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0742-y>
- 14.- Rodas G, Pedret Carbarillo C, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas Y Relación Con Aspectos Clínicos. *Archivos de medicina del deporte* 2008; 41-47.
- 15.- Song M-H, Tokuda Y, Nakayama T, Sato M, Hattori K. Intraoperative heart rate variability of a cardiac surgeon himself in coronary artery bypass grafting

surgery. Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery [Internet]. 2009 [citado 8 junio 2021];8:639–641. Disponible en: doi:10.1510/icvts.2008.195941

16.- Pimentela G, Rodriguesa S, Silva PA, Vilarinhoc A, Vazc R, Silva Cunhaa J P. A wearable approach for intraoperative physiological stress monitoring of multiple cooperative surgeons. International Journal of Medical Informatics [Internet]. 2019 [citado 8 junio 2021]; 129:60–68. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.05.028>

17.- Gilgen Ammann R, Schweizer T, Wyss T. RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ecg holter at rest and during exercise. European Journal of Applied Physiology 2019; 1525-1532.

18.- Duking P, Giessing L, Frenkel MO, Koehler K, Holmberg HCSperlich B. Wrist worn wearables for monitoring heart rate and energy expenditure while sitting or performing light to vigorous physical activity: validation study. JMIR MHEALTH AND UHEALTH 2020; 1-13.

20.- Estados Unidos Mexicanos. Ley General de Salud. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 1984. TEXTO VIGENTE. Última reforma publicada DOF 19-02-2021. Disponible en: URL: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142_190221.pdf

Anexos

1) Formato a llenar por los médicos adscritos que cumplan los criterios de inclusión; en la parte frontal el cuestionario a llenar antes de la cirugía, y al reverso el cuestionario a llenar al término de la misma.

Nombre:.....

Favor de responder las siguientes preguntas antes de iniciar el procedimiento quirúrgico

Edad	Años
Género	Masc / Fem
Años de experiencia (Como adscrito)	Años
¿Ha consumido sustancias psicoactivas el día de hoy?	Café / alcohol / nicotina / cannabis / Ninguna de las anteriores
¿Es diabético?	Si/ No
¿Consume Betabloqueadores?	Si/ No

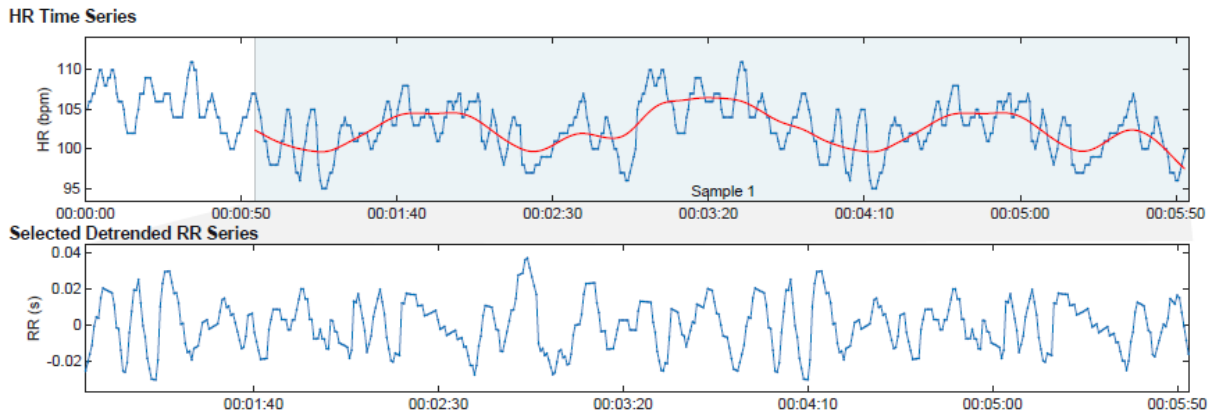
Reverso:

Favor de responder las siguientes preguntas al término de la cirugía

Duración del acto quirúrgico	Minutos
Complicaciones Quirúrgicas	Si / No
Fallas	Si / No
Complejidad del procedimiento	Alta / Baja

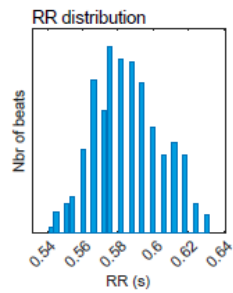
3) Ejemplos de los resultados de análisis con KubiosHRV Software

Sujeto de 20 años de experiencia en reposo



Time-Domain Results

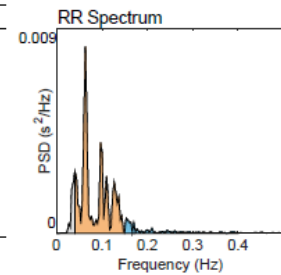
Variable	Units	Value
Mean RR*	(ms)	585
Mean HR*	(bpm)	103
Min HR	(bpm)	95
Max HR	(bpm)	110
SDNN	(ms)	13.7
RMSSD	(ms)	6.6
NN50	(beats)	0
pNN50	(%)	0.00
RR triangular index		5.06
TINN	(ms)	66.0
Stress Index (SI)		33.9



Frequency-Domain Results (FFT spectrum)

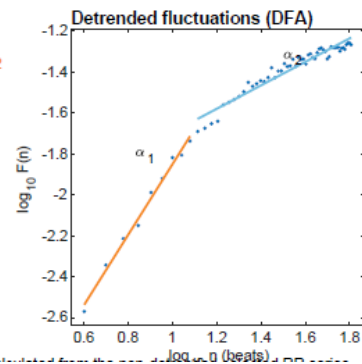
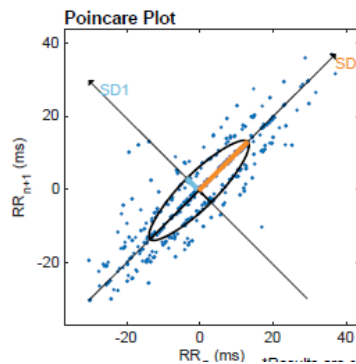
Variable	Units	VLF	LF	HF
Frequency band (Hz)		0.00-0.04	0.04-0.15	0.15-0.40
Peak frequency (Hz)		0.040	0.063	0.153
Power	(ms ²)	21	177	18
Power	(log)	3.028	5.176	2.864
Power	(%)	9.60	82.25	8.15
Power	(n.u.)		90.98	9.01

Total power	(ms ²)	215		
Total Power	(log)	5.372		
LF/HF ratio		10.095		
RESP	(Hz)	-		

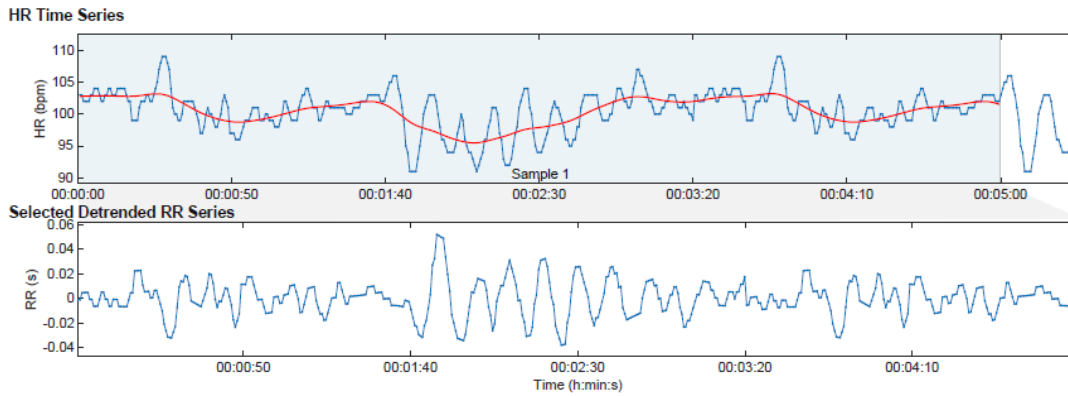


Nonlinear Results

Variable	Units	Value
Poincare Plot		
SD1	(ms)	4.7
SD2	(ms)	18.8
SD2/SD1		4.031
Approximate Entropy (ApEn)		1.004
Sample Entropy (SampEn)		1.110
Detrended Fluctuation Analysis (DFA)		
Short-term fluctuations, α_1		1.722
Long-term fluctuations, α_2		0.573

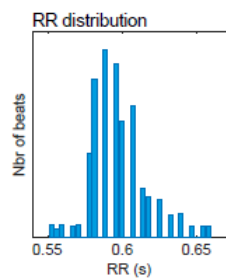


Sujeto de 20 años de experiencia durante la cirugía



Time-Domain Results

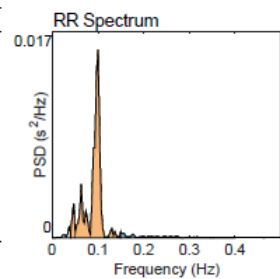
Variable	Units	Value
Mean RR*	(ms)	597
Mean HR*	(bpm)	101
Min HR	(bpm)	91
Max HR	(bpm)	109
SDNN	(ms)	13.9
RMSSD	(ms)	6.4
NN50	(beats)	0
pNN50	(%)	0.00
RR triangular index		3.80
TINN	(ms)	69.0
Stress Index (SI)		25.9



Frequency-Domain Results (FFT spectrum)

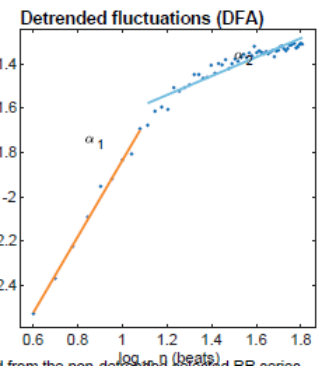
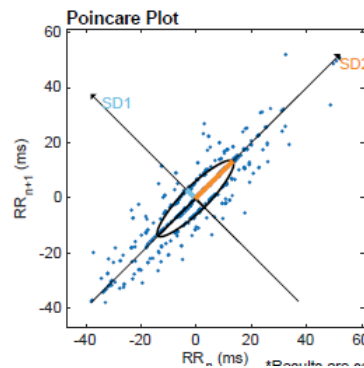
Variable	Units	VLF	LF	HF
Frequency band (Hz)		0.00-0.04	0.04-0.15	0.15-0.40
Peak frequency (Hz)		0.037	0.100	0.150
Power	(ms ²)	6	277	13
Power	(log)	1.830	5.623	2.526
Power	(%)	2.11	93.66	4.23
Power	(n.u.)		95.68	4.32

Total power	(ms ²)	296		
Total Power	(log)	5.689		
LF/HF ratio		22.131		
RESP	(Hz)	-		



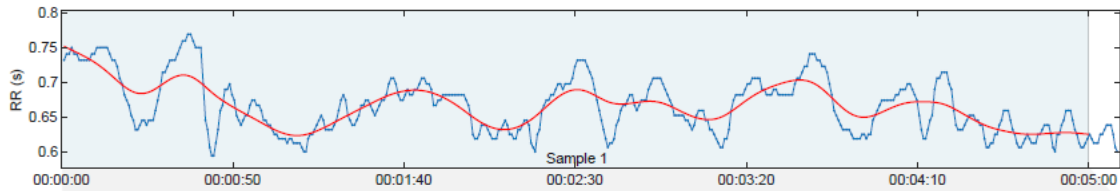
Nonlinear Results

Variable	Units	Value
Poincare Plot		
SD1	(ms)	4.5
SD2	(ms)	19.2
SD2/SD1		4.223
Approximate Entropy (ApEn)		0.900
Sample Entropy (SampEn)		0.969
Detrended Fluctuation Analysis (DFA)		
Short-term fluctuations, α_1		1.730
Long-term fluctuations, α_2		0.429

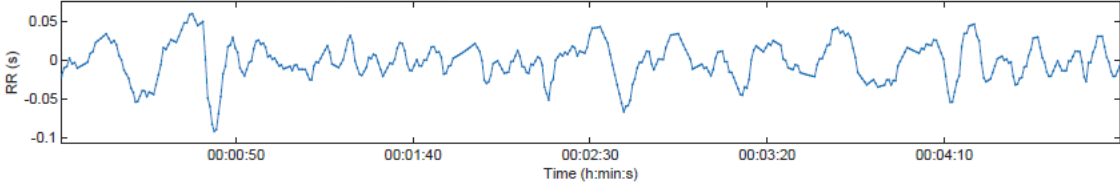


Sujeto de 1 año de experiencia en reposo

RR Time Series



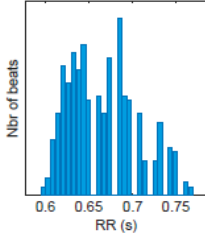
Selected Detrended RR Series



Time-Domain Results

Variable	Units	Value
Mean RR*	(ms)	664
Mean HR*	(bpm)	90
Min HR	(bpm)	79
Max HR	(bpm)	99
SDNN	(ms)	23.9
RMSSD	(ms)	9.6
NN50	(beats)	0
pNN50	(%)	0.00
RR triangular index		6.44
TINN	(ms)	123.0
Stress Index (SI)		17.8

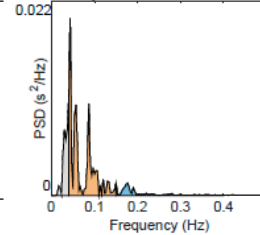
RR distribution



Frequency-Domain Results (FFT spectrum)

Variable	Units	VLF	LF	HF
Frequency band (Hz)		0.00-0.04	0.04-0.15	0.15-0.40
Peak frequency (Hz)		0.040	0.043	0.177
Power	(ms ²)	108	314	38
Power	(log)	4.681	5.750	3.642
Power	(%)	23.45	68.26	8.29
Power	(n.u.)		89.16	10.83
Total power	(ms ²)	460		
Total Power	(log)	6.132		
LF/HF ratio		8.232		
RESP	(Hz)	-		

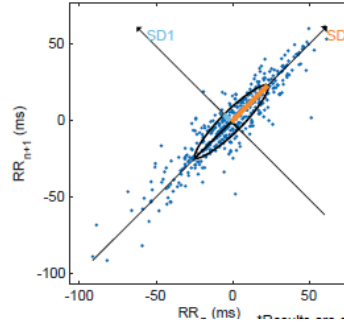
RR Spectrum



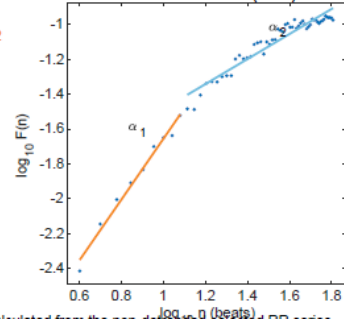
Nonlinear Results

Variable	Units	Value
Poincare Plot		
SD1	(ms)	6.8
SD2	(ms)	33.1
SD2/SD1		4.899
Approximate Entropy (ApEn)		0.947
Sample Entropy (SampEn)		1.044
Detrended Fluctuation Analysis (DFA)		
Short-term fluctuations, α_1		1.745
Long-term fluctuations, α_2		0.717

Poincare Plot

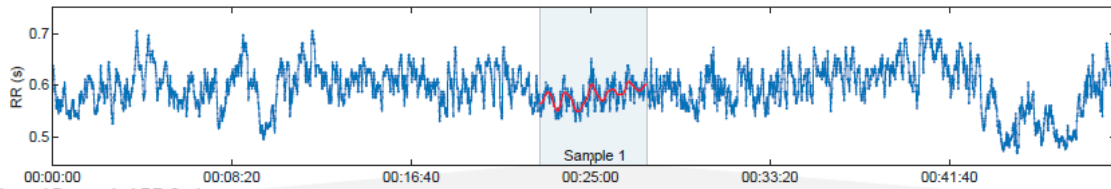


Detrended fluctuations (DFA)

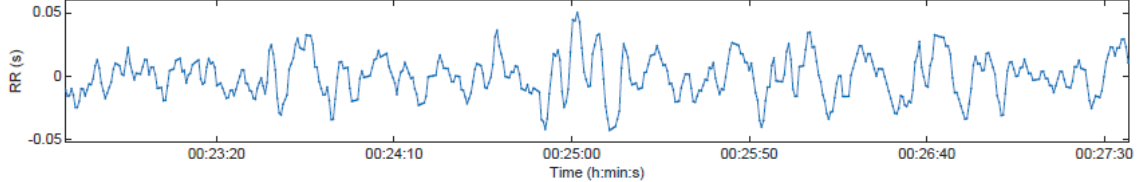


Sujeto de 1 año de experiencia durante la cirugía

RR Time Series



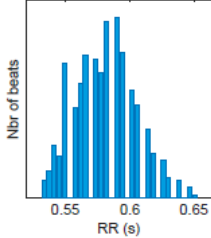
Selected Detrended RR Series



Time-Domain Results

Variable	Units	Value
Mean RR*	(ms)	580
Mean HR*	(bpm)	103
Min HR	(bpm)	93
Max HR	(bpm)	113
SDNN	(ms)	16.2
RMSSD	(ms)	8.3
NN50	(beats)	0
pNN50	(%)	0.00
RR triangular index		5.22
TINN	(ms)	79.0
Stress Index (SI)		27.7

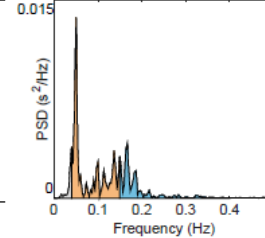
RR distribution



Frequency-Domain Results (FFT spectrum)

Variable	Units	VLF	LF	HF
Frequency band	(Hz)	0.00-0.04	0.04-0.15	0.15-0.40
Peak frequency	(Hz)	0.040	0.050	0.167
Power	(ms ²)	21	208	93
Power	(log)	3.031	5.336	4.529
Power	(%)	6.45	64.68	28.86
Power	(n.u.)		69.14	30.85
Total power		(ms ²)	321	
Total Power		(log)	5.771	
LF/HF ratio			2.241	
RESP	(Hz)		-	

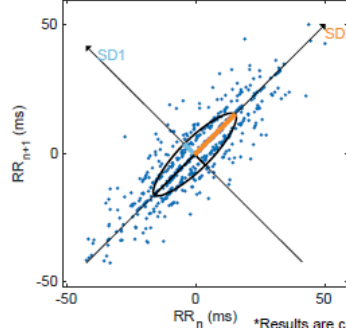
RR Spectrum



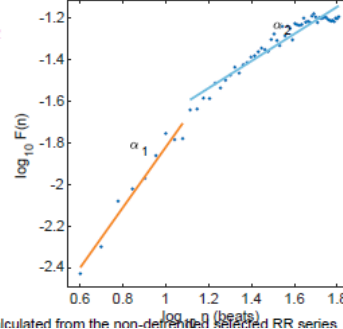
Nonlinear Results

Variable	Units	Value
Poincare Plot		
SD1	(ms)	5.8
SD2	(ms)	22.1
SD2/SD1		3.792
Approximate Entropy (ApEn)		1.151
Sample Entropy (SampEn)		1.320
Detrended Fluctuation Analysis (DFA)		
Short-term fluctuations, α_1		1.455
Long-term fluctuations, α_2		0.653

Poincare Plot



Detrended fluctuations (DFA)



*Results are calculated from the non-detrended selected RR series