Las investigaciones que se realizan en la actualidad en cualquier ciencia se han convertido en trabajos multidisciplinarios. La física ha sido de gran utilidad como apoyo para otras ciencias, haciendo importantes aportaciones.

En los últimos años ha sido notoria la estrecha relación entre la Medicina y la Física, desde el ámbito tecnológico (en cuanto a máquinas, instrumentos y equipos se refiere), hasta rubros como la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como en la explicación del funcionamiento integral del cuerpo humano.

PRELIMINARES

APARATO CIRCULATORIO.

El aparato circulatorio transporta la sangre a todos los órganos, tejidos y células para distribuir oxígeno, nutrientes y otras sustancias y componentes del organismo, además de recoger desechos del metabolismo de las células. La sangre circula desde el corazón, pasando por arterias, arteriolas y capilares y regresa al corazón por las vénulas y venas.

CORAZÓN

El corazón es el órgano principal del sistema cardiovascular, está compuesto principalmente por tejido muscular (miocardio) y se considera como una bomba que tiene como función distribuir la sangre a todo el cuerpo. Está cubierto por dos membranas, una adherida al corazón llamada epicardio, y la otra que rodea el epicardio se llama pericardio, estas membranas permiten el movimiento del corazón y a la vez que permanezca en una posición unido al cuerpo.

Este órgano tiene cuatro cavidades, dos superiores y dos inferiores, las cavidades superiores son las Aurículas (A. Derecha y A. Izquierda), y las cavidades inferiores son los Ventrículos (V. Derecho y V. Izquierdo). También se suele hacer la distinción de nombrar corazón derecho a la Aurícula y Ventrículo derechos, y se nombra corazón izquierdo a la Aurícula y Ventrículo izquierdos.

El corazón derecho se encarga de recibir la sangre que viene de recorrer el cuerpo para enviarla a los pulmones y que sea oxigenada, por otra parte el corazón izquierdo tiene la labor de recibir la sangre ya oxigenada y enviarla nuevamente a que se distribuya y circule por todo el cuerpo.

El corazón tiene válvulas que regulan el paso de la sangre a través de él, en el corazón derecho hay una válvula llamada Tricúspide, que es la que controla el flujo sanguíneo de la aurícula al ventrículo; la válvula Pulmonar es la que regula el paso de la sangre del ventrículo derecho a los pulmones. La válvula Mitral es la responsable de controlar el flujo de la aurícula izquierda al ventrículo izquierdo; y finalmente, la válvula Aórtica es la que regula el paso del flujo sanguíneo del ventrículo izquierdo a la aorta (esta última es la que se encarga de impulsar la distribución de la sangre por todo el cuerpo).

El bombeo que realiza el corazón se debe a impulsos eléctricos, dichos impulsos se generan en el nodo sinusal (siendo éste el nodo principal, ya que es el que marca el ritmo en un corazón sano) y se transmiten al nodo sinoauricular (SA), este último envía el impulso eléctrico a las aurículas, produciéndoles contracción, de esta manera la sangre que contienen se transfiere a los ventrículos, enseguida pasa la señal a los ventrículos haciendo que éstos se contraigan y expulsen la sangre, de modo que se genere la circulación. El nodo SA genera impulsos eléctricos con una frecuencia de 60-100 veces por minuto.

Cabe hacer mención que el nodo auriculoventricular (AV), es capaz de generar impulsos eléctricos con una frecuencia de 40-60 veces por minuto y funcionar como marcapasos cuando el nodo SA falla. También la importancia del nódulo AV radica en que cuando el nódulo SA genera el impulso y lo transmite por el nodo AV, este último retrasa el paso del impulso a través de él, dando tiempo de que las aurículas se contraigan antes de que se contraigan los ventrículos.

A pesar de que este sistema puede generar estímulos autonómicamente, el sistema nervioso autónomo SNA (sistema simpático y parasimpático) desempeña un papel importante en la regulación de la frecuencia y velocidad de los estímulos, así como en la fuerza de contracción del corazón. Las fibras simpáticas inervan las aurículas y los ventrículos en toda su extensión; mientras que las fibras parasimpáticas inervan principalmente el nodo sinusal y el nodo auriculoventricular.

De manera general, el proceso que sigue un ciclo cardiaco es: Sístole y Diástole. Este proceso consiste en contracción, relajación y llenado ventriculares. La función sistólica permite la expulsión ventricular, mientras que la función diastólica permite el llenado. Esta secuencia está regulada por el marcapasos que se autogenera en el nodo sinusal. La diástole (llenado ventricular) comienza cuando las válvulas auriculoventriculares se abren y permiten el flujo de la sangre de las aurículas a los ventrículos. La sístole (contracción ventricular) sucede cuando el ventrículo comienza a contraerse como respuesta al estímulo eléctrico (esto se registra como el complejo QRS del trazo de un electrocardiograma).

ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

Es un gráfico que registra la actividad eléctrica del corazón. Se tiene identificado un trazado particular de ECG para una persona sana. Este gráfico es una herramienta para interpretar defectos de generación y conducción del impulso eléctrico, además de que se pueden diagnosticar enfermedades cardiovasculares.

La manera de obtener un electrocardiograma es mediante un electrocardiógrafo; se colocan electrodos adheridos en la piel, los cuales están conectados al electrocardiógrafo. Dichos electrodos son los encargados de captar la actividad eléctrica del corazón, midiendo la diferencia de potencial entre algunos sitios del cuerpo.

En la señal que se registra del ECG se pueden identificar los puntos PQRST. Cuando se genera el impulso en el nódulo SA, la aurícula se despolariza y genera un registro como onda P. El tiempo que tarda el impulso en atravesar el nodo AV se registra como una línea de base, llamada segmento PR. La despolarización ventricular es compleja, y su registro está formado por tres ondas en el ECG llamado QRS (Q es la primera onda negativa del complejo, R es la primera onda positiva y S es la onda negativa que sigue a R).

La repolarización ventricular se registra en el segmento ST y la onda T. En algunas ocasiones se llega a registrar una onda después de la onda T, llamada onda U asociada con la activación tardía de algunos sectores del miocardio, esta onda se atribuye también a la disminución de la frecuencia cardiaca (Bradicardia) o marcapasos ectópicos.

Dentro del registro del ECG se pueden encontrar anomalías asociadas con defectos genéticos, con enfermedades o con infartos. Entre las anomalías más comunes se encuentran los registros de latidos ectópicos, que son latidos extras que da el corazón que no son generados por el nodo sinusal; aunque también es común no encontrar el registro de un latido, lo que significaría el bloqueo de el nodo sinusal.

El ritmo sinusal puede verse afectado por distintos factores, algunos de ellos son: el estrés, la anemia, la actividad física y la respiración, este último es denominado arritmia sinusal respiratoria.

La arritmia sinusal puede ser el resultado de reflejos circulatorios o efectos nerviosos que alteran la intensidad de las señales nerviosas del nódulo sinusal, en el tipo respiratorio de arritmia, las señales procedentes del centro respiratorio medular son las que afectan el centro vasomotor (durante la inspiración y espiración). En el ciclo de la respiración se provoca un incremento en el número de latidos por minuto mientras se realiza la inspiración y menor número de latidos al realizar espiración.

VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA

En un ECG el tiempo que transcurre entre dos ondas R sucesivas (intervalo R-R) se considera un periodo cardiaco. La manera de obtener una frecuencia cardiaca instantánea es calculando el inverso del periodo (R-R), es importante mencionar que los periodos no se mantienen constantes, en consecuencia las frecuencias tampoco lo son, de ahí que a la variabilidad en la serie de intervalos R-R se le dé el nombre de variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). Aunque existen muchos factores que influyen en la VFC, tales como el estrés, la edad, la posición corporal, etc., un factor interesante es la arritmia sinusal respiratoria, ya que provoca que el intervalo R-R se acorte durante la inspiración y se alargue durante la espiración, siendo además útil para distintos aspectos de estudio este factor, ya que la respiración puede ser controlada en profundidad y frecuencia.

Concretamente el Sistema Nervioso Autónomo (SNA) es el principal responsable de la VFC; ya que es el sistema que regula las funciones involuntarias o viserales del cuerpo, controla parcial o totalmente funciones como: la presión arterial, la movilidad gastrointestinal, la sudoración, la temperatura corporal, entre otras. Las señales del SNA se transmiten a través de dos sistemas: Sistema Nervioso Simpático (SNS) y Sistema Nervioso Parasimpático (SNP).

Los nervios simpáticos tienen su origen en la médula espinal y de ahí pasan a los tejidos y órganos como el corazón, los bronquios, el ojo, entre otros. La mayoría de las terminaciones del SNS secretan neurotransmisores llamados adrenalina y noradrenalina; es por ello que ante la percepción de algún estímulo o desequilibrio interno del cuerpo, este sistema produce una respuesta estimulante como un mecanismo de alerta en el cuerpo, provocando un reflejo masivo.

Por otra parte, el SNP se origina en los nervios craneales y sacros, la mayor parte de sus fibras se encuentran en los nervios vagos, inervando el corazón, hígado, pulmones, estómago, vesícula, entre otros. Todas las terminaciones nerviosas parasimpáticas secretan acetilcolina; este neurotransmisor tiende a disminuir los mecanismos de alerta (ejerciendo la función opuesta al SNS). Este sistema controla discreta y directamente a los órganos inervados.

Cuando la estimulación simpática produce efectos excitadores en algunos órganos, la estimulación parasimpática a veces los inhibe, actuando de manera recíproca (aunque los órganos están controlados de manera dominante por uno u otro sistema). El efecto que tienen ambos sistemas sobre algún órgano, por ejemplo en el corazón, es el siguiente: el SNS aumenta el ritmo cardíaco y la fuerza de contracción, es decir la actividad global del corazón aumenta tanto la propulsión del corazón como la resistencia al flujo, lo que provoca que la presión aumente; la inervación del SNS sobre los ventrículos es mayor que el SNP; la estimulación del ganglio derecho (que inerva el epicardio anterior y septo ventricular) provoca aumento de la frecuencia cardiaca. La estimulación del ganglio izquierdo aumenta la tensión arterial y la contractilidad del ventrículo izquierdo sin alterar la frecuencia cardiaca. Por otra parte, el SNP disminuye el bombeo del corazón, (produciendo efectos contrarios) provocando una disminución de la presión. El SNP tiene mayor control sobre los nodos Sinoauricular y Auriculoventricular, y el efecto provocado por el nervio vago es la disminución de la frecuencia cardiaca por disminución de la descarga del nodo sinoauricular y disminución de la excitabilidad de las fibras auriculoventriculares.

Si no existe VFC, es un indicio de que no hay una adecuada interacción de los 2 sistemas (SNS y SNP). Aunque lo más común es que, a lo largo de todo un día, estamos expuestos a distintos estímulos externos e internos, por lo que hay interacción de los dos Sistemas, entonces estamos sujetos a cambios en la frecuencia cardíaca; es así que si la VFC no cambia, es un indicio de mal funcionamiento del Sistema Nervioso Autónomo; de ahí la relevancia del estudio de la VFC, por permitir el análisis del funcionamiento del SNA.

Ahora bien, los padecimientos cardiovasculares en la actualidad se han incrementado, por lo que las muertes debido a estos padecimientos han tenido gran impacto en la investigación, esto como una búsqueda de prevención. Dentro de estas investigaciones se ha destacado la importancia del estudio de la VFC, ya que estudios clínicos señalan que conociendo la VFC se considera como un marcador pronóstico en las personas que padecen cardiopatía isquémica, insuficiencia cardiaca, además se puede predecir la mortalidad después de un infarto, detectar neuropatía diabética, y ciertos patrones en la VFC fetal durante las contracciones uterinas del trabajo de parto predicen sufrimiento fetal agudo. Además que cabe destacar un aspecto de suma importancia, que es que el análisis de la VFC es usado como una herramienta no invasiva para evaluar la regulación autonómica del corazón, y de diagnóstico de un gran número de enfermedades cardiovasculares (J. Mateo Gascón, “Análisis de la variabilidad del ritmo cardiaco: representación temporal e índices clínicos”, 1999)

Para poder realizar un análisis de la VFC es necesario tomar un electrocardiograma, y a partir de éste aplicar el método más conveniente (en el dominio del tiempo o en de la frecuencia).

Para la evaluación numérica de la VFC se han distinguido índices, a partir de un análisis en el dominio del tiempo, se pueden obtener algunas medidas estadísticas significativas, como: La desviación estándar de todos los intervalos R-R (SDNN) calculados en periodos de captura de 24 horas. El índice SDNN (ms) son promedios de las desviaciones estándar de los intervalos R-R (que puede medirse en capturas de 24 horas o periodos más cortos que se han estandarizado a 5 minutos). El índice SDNN es un reflejo de la influencia de los dos sistemas SNS y SNP. También se puede obtener la desviación estándar de los promedios de intervalos R-R (SDANN) de segmentos de 5 min. a lo largo de 24 horas, medida en ms. Estudios han revelado que el índice SDNN (ms), puede considerarse como un parámetro de utilidad para predecir la mortalidad en pacientes que sufrieron infarto agudo. (Kleiger 1987, Bigger, Jr. 1992, Tsuji, 1994)

Los parámetros asociados a la actividad Parasimpática, son el RMSSD (raíz cuadrada del promedio de la suma de las diferencias al cuadrado, entre intervalos R-R adyacentes). Dicho índice revela información sobre las variaciones a corto plazo de los intervalos R-R. (G. Rodas, P.Carballido, J. Ramos, L.Capdevila, Variabilidad de la frecuencia cardiaca: Concepto, medidas y relación con aspectos clínicos, 2007). Otra medida estadística en el dominio del tiempo es el índice NN50, el cual indica el número de pares de intervalos R-R sucesivos que tienen una diferencia mayor a 50 milisegundos. Mientras que el índice pNN50 está definido como el porcentaje de intervalos R-R consecutivos que discrepan más de 50 milisegundos entre sí, de tal manera que, pNN 50=(NN 50)/(NNtotal); esto es la fracción de intervalos consecutivos NN que difieren por más de 50 ms.

El análisis en el dominio de la frecuencia permite estimar la Densidad Espectral de Potencia (DEP) de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, dicho análisis parte del tacograma (esto es un gráfico en donde la duración de los intervalos R-R consecutivos, de manera secuencial están en función del tiempo). Este análisis suele realizarse con periodos cortos de registro, de aproximadamente 5 minutos. Por medio del tacograma se revela cómo la potencia se distribuye como una función de la frecuencia. El análisis espectral puede realizarse utilizando diversos algoritmos matemáticos, entre los cuales los más conocidos son los métodos paramétricos como ARMA, ARMAX, BJ, Yule Walker; y los métodos no paramétricos como la transformada de Fourier. Las ventajas de los métodos paramétricos es su fácil post-procesamiento con un cálculo automático de bajas y altas frecuencias, con una fácil identificación de cada componente del espectro. Las técnicas no paramétricas para estimar el espectro de potencia tienen como ventajas: la simplicidad del algoritmo y la alta velocidad de procesamiento.

En el espectro del tacograma la potencia total va desde los 0.003Hz hasta los 0.4Hz, y se distinguen los siguientes cuatro intervalos (o bandas) de frecuencias: altas frecuencias (HF), bajas frecuencias (LF), muy bajas frecuencias (VLF), y ultra bajas frecuencias (ULF). Considerándose ULF frecuencias menores a 0.003Hz, VLF de 0.003Hz a 0.04Hz, para LF de 0.04Hz a 0.15Hz y las altas frecuencias de 0.15Hz a 0.4Hz. Siendo la potencia total (PT) la varianza de todas las componentes de los intervalos R-R inferiores a 0.4 HZ, y representada por el área bajo la curva.

Las ULF se distinguen con mayor claridad en periodos grandes de registro (24 horas), y se han asociado con el parámetro SDANN (del análisis en el dominio del tiempo). Las VLF tienen influencias temoreguladoras, hormonales y del sistema renina-angiotensina-aldosterona. La asociación que se tiene establecida de los otros indicadores de VFC en el dominio de las frecuencias con el Sistema Nervioso Autónomo, es la siguiente:

Las altas frecuencias se han encontrado asociadas con la actividad del sistema Parasimpático, mientras que las bajas frecuencias están influenciadas por la actividad del sistema Simpático y/o Parasimpático; aunque parece ser que en los registros a largo plazo proporciona más información sobre actividad del SNS, mientras que el SNP está asociado cuando existe una frecuencia respiratoria baja (inferior a 7 ciclos/min). Otro parámetro importante es el cociente de LF/HF, con el cual se puede estimar el equilibrio simpático-vagal. Esta proporción se utiliza para estimar de manera más efectiva la actividad de SNS.

Resultados de estudios revelan que si predomina la influencia del SNS de manera permanente, puede ser causa de trastornos de salud, depresiones, sobreentrenamiento y puede perjudicar el equilibrio biofísico de la persona. En tal caso, la VFC estaría disminuida, mientras que una VFC alta parece ser un indicador de buena salud, de menor morbi-mortalidad (en estado de post-enfermedad), o de correcta tolerancia a las cargas de trabajo o a entrenamientos (en el caso de deportistas). (G. Rodas, P.Carballido, J. Ramos, L.Capdevila, Variabilidad de la frecuencia cardiaca: Concepto, medidas y relación con aspectos clínicos, 2007)

Los estudios realizados a la VFC en personas que padecen ciertas enfermedades han arrojado información relevante, como por ejemplo: después de un infarto del miocardio, hay una disminución en la VFC, reflejando disminución de la actividad parasimpática, esto provoca inestabilidad eléctrica al existir un predominio del SNS, además de que hay disminución en la potencia total e individual de los componentes espectrales. (Kleiger RE, Miller, Decreased HRV and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. 1987)(Rottman JN, Steinman RC. Efficient estimation of heart period power spectrum suitable for physiological or pharmacologic studies. 1990) (Lombardi F, Sandrone G. Circadian variation of spectral índices of HRV after myocardial infarction. 1992). Una disminución de LF y HF en pacientes diabéticos refleja los inicios de neuropatía diabética. (Freeman R, Saul JP. Spectral analysis of HR in diabetic neuropathy. 1991). También se ha observado una disminución en la VFC que es consistente con la disfunción miocárdica (falla cardíaca). (Saul JP, Arai Y. Assessment of autonomic regulation in chronic congestive heart failure by heart rate spectral analysis. 1988). En pacientes que han tenido un trasplante cardíaco hay una disminución muy marcada de la VFC; y se considera que la aparición de componentes espectrales discretos es seña particular de reinervación cardíaca, aunque aún no se asocia algún cambio de la VFC con el rechazo de éste. Por otra parte, se reporta que en pacientes con tetraplejía cervical no se encuentra el componente LF en el espectro. (HRV – Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and clinical use. 1996).

En personas fumadoras, estudios basados en el análisis de la VFC, han mostrado que hay un aumento de la actividad simpática y reducción de la parasimpática. Y en el caso de hombres dependientes crónicos del alcohol, han demostrado neuropatía vagal. Cabe resaltar que el ejercicio físico contribuye a un buen funcionamiento de las interacciones simpático-parasimpático; resultados de estudios que acondicionaban rutinas de ejercicio a pacientes con falla cardiaca, reflejaron un aumento de la VFC, lo cual favoreció a la pronta mejoría de éstos respecto a los pacientes que no se ejercitaban. (La Rovere MT, Mortara A, Autonomic nervous system adaptations tu short-term exercise training, 1992). En el caso de los deportistas hay una diferencia marcada de VFC con respecto a las personas sedentarias, ya que los primeros tienen mayor variabilidad debido a las adaptaciones producidas por el entrenamiento (balance simpático-vagal). En personas de mayor edad, la respuesta de frecuencia cardíaca refleja una disminución respecto a los cambios de tensión arterial y el ciclo respiratorio, y por ende se refleja en una disminución de todos los indicadores de VFC.

\_\_LA MEDITACIÓN Y SUS EFECTOS

Los rangos establecidos en el modelo del Espectro de potencia, como se mencionó anteriormente son cuatro bandas de frecuencia que se han asociado con las actividades simpáticas y/o vagales; dicho modelo es aplicable a personas comunes (personas que ordinariamente hacen un mínimo de 9 respiraciones por minuto), porque así sucede en la mayor parte de la población. La interpretación de las bandas se ha observado que para personas que realizan menos de 9 resp/min no funciona

ESTOS PÁRRAFOS QUE SIGUEN HAY QUE TRASLADARLOS AL CAPÍTULO QUE SIGUE, DONDE HAY QUE HABLAR MÁS DE LA MEDITACIÓN Y SUS EFECTOS.

Pero se presenta un problema en la aplicación del modelo de frecuencias para personas que tienen respiraciones menores, como por ejemplo personas que respiran a 6 o menos respiraciones por minuto, estas personas registran un corrimiento de las frecuencias, es decir, las altas frecuencias HF tienen un corrimiento hacia las bajas frecuencias LF. Explicar un poco más: 6 resp/min llevan a una frecuencia de 0.1 Hz que corresponde a … A causa de la arritmia sinusal respiratoria ……

El problema radica en la interpretación que se le da a las altas y las bajas frecuencias, ya que en una persona que tiene respiraciones ~~por debajo~~ alrededor de las 6 respiraciones por minuto se encuentra que, en el espectro de potencias, tienen una cantidad pequeña o nula de las altas frecuencias, y se observa un incremento en las bajas frecuencias.

Esto significaría entonces que una persona que tenga una respiración lenta, tiene mayor actividad del Sistema Simpático (asociada con LF), mientras que la actividad del Sistema Parasimpático (asociada con HF) se disminuye o ausenta en el caso de que se anulen las altas frecuencias.

Esto parece ser una inconsistencia, ya que la actividad simpática es la que mantiene respuestas de alerta en el cuerpo, entonces una persona que se dedique a la práctica de la meditación (personas ~~que controlan la frecuencia de~~ en las que su respiración baja hasta ~~, haciendo~~ 6 o menos respiraciones por minuto), debería presentar dicha respuesta, y no es así. Al contrario, estas personas tienen bajo control las respuestas de alerta en su cuerpo.

Todo esto ha generado controversia en la interpretación del componente LF, ya que en principio se le asociaba la actividad simpática ~~vagal~~, pero ahora se considera como un parámetro que incluye tanto influencia simpática como parasimpático.

Por toda esta inconsistencia, es de suma importancia el detectar y probar específicamente, PARA EL CASO DE FRECUENCIA RESPIRATORIAS MENORES A … qué sistemas están involucrados en las altas y bajas frecuencias; o en su defecto, se debe proponer un modelo que se acople a ambas respuestas, aplicable a personas que hagan cualquier número de respiraciones por minuto.

ANTECEDENTES

La Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca actualmente es objeto de estudio por sus aportaciones en cuestión de los indicadores de actividad del Sistema Nervioso Autónomo; ya que la manera de acceder a la información proporcionada por la VFC es mediante un método no invasivo (un electrocardiograma).

Los índices que están relacionados con la VFC han sido hasta los más recientes años, motivo de numerosos estudios en los que se ha destacado la importancia de la relación que tiene la VFC con la actividad de los sistemas nerviosos Simpático y Parasimpático.

Cabe señalar que las aplicaciones de dichos estudios han sido de aplicación variada, lo cual indica que existe amplia relación con problemas de salud actuales. Mencionar varios casos, con sus referencias

TE TENGO QUE PASAR REFERENCIAS PARA AMPLIAR LOS TRES PÁRRAFOS QUE SIGUEN. TAMBIÉN ALGO ESCRITO.

En un estudio realizado en personas practicantes de Zazen (Yoga) en 1999 se encontró una relación muy estrecha entre la modulación de respiraciones lentas y las bajas frecuencias de la VFC. Lo que muestra **¿?** que en dichas personas es evidente la salud en el ámbito cardiovascular; aunque se podría destacar también que el estilo de vida de estas personas es estricta en cuanto a sus hábitos de alimentación.

De acuerdo a dicho artículo, las altas frecuencias coinciden con el ciclo de la arritmia sinusal respiratoria y la estimulación vagal (actividad parasimpática). En cuanto a las bajas frecuencias se refiere; se afirma que éstas son afectadas por ambos sistemas nerviosos (SNS y SNP).

También es importante mencionar que centros de rehabilitación de Rusia han usado la modulación de la Arritmia Sinusal Respiratoria como un método para tratar varios desórdenes caracterizados por la hiperactividad autonómica, incluyendo desórdenes de ansiedad, hipertensión y asma.

~~PRUEBA~~ ESTUDIO (cambiarle donde aparece en la redacción adelante)

La prueba consistió en el siguiente diseño: se tomaron 14 personas voluntarias entre alumnos, profesores y una secretaria de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas "Luis Manuel Rivera Gutiérrez", del Instituto de Física y Matemáticas de la UMSNH y algunos familiares. De las 14 personas # eran hombres y # mujeres; las edades de dichos voluntarios oscilaban entre los 20 y los 33 años.

¿criterios?

Las pruebas se realizaron por la tarde (después de las 4p.m.), algunas de ellas se realizaron dentro de las instalaciones de la facultad de Físico Matemáticas y otras en el Instituto de Física y Matemáticas. La toma de pruebas se realizó en dos fechas.

Para llevar a cabo la prueba se requirió de una Lap top (marca Compaq), equipo de retroalimentación biológica ProComp ~~un electrocardiografo (marca "patito")~~, con sus respectivos cables para conectar los 3 electrodos requeridos, y el software Cardio Pro ~~para poder registrar la información del electrocardiografo en la computadora.~~ El software está diseñado con varias ventanas, en las que se puede registrar la respiración y el elctrocardiograma; edemás de que se puede programar un marcador de tiempo para observar tiempos en los que se debe inhalar y exhalar mientras se registra el ECG. ¿Estos son datos de nuestro equipo comercial o del equipo construido por Ángeles?

El procedimiento de la prueba consistió en tomar a uno de los voluntarios Redacción más formal: se colocaron los electrodos al voluntario en …, colocarle dos electrodos (el negativo y el de tierra) separdos en el antebrazo izquierdo, y en el antebrazo derecho se colocó el otro electrodo (el positivo). Los 3 electrodos se conectaron al equipo ~~electrocardiografo~~, y éste a su vez se conectó a la computadora. Se le pidió a la persona que se relajara; y se programó el marcador de tiempo de Cardio Pro para que marcara 12 respiraciones en un minuto, es decir, que marcara el tiempo como 2.5 segundos para inhalar y 2.5 segundos para exhalar; para que la persona se guiara en dicho marcador para hacer la mitad del tiempo inhalación y la otra mitad exhalación.

En cuanto se tuvo todo listo, se hizo correr el programa y se dejaba a la persona sola en la sala; al cabo de 5 minutos, regresaba a la sala para reprogramar el marcador, ahora para que la persona hiciera 9 respiraciones por minuto y se nuevamente se dejaba sola; finalmente al cabo de 5 minutos, reprogramaba el marcador para que ahora las respiraciones de la persona fueran de 6 respiraciones por minuto durante 5 minutos. ¿Qué intervalos entre sesiones? ¿la secuencia de frecuencias fue al azar o siempre la misma?

Así que el tiempo total de la prueba para cada persona fue de 15 minutos ¿no hubo tiempo entre sesiones?, dedicados 5 minutos a cada una de las 3 diferentes frecuencias de respiración.

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Aquí quedamos que van dos partes o capítulos: uno de resultados, donde se dice que se hizo y que salió y otro de análisis de resultados.

El programa CardioPro calcula varios de los índices de variabilidad de la frecuencia cardiaca (decir cuales); las listas de índices fueron transferidas al formato de excel para facilitar su tratamiento. Dichos valores se presentan en la tabla xxxx (Hay que poner en tablas, por lo pronto, todos los datos y correlaciones. Después vemos que dejamos y que gráficas hacemos)

Al hacer una examinación de los datos arrojados por el programa, hubo la necesidad de hacer la anulación de los archivos de dos personas, por deficiencia de la señal capturada ~~ya que tenían muchas variaciones en los registros, los cuales desajustaban de los demás.~~

Adicionalmente a los índices arriba señalados, se construyeron los siguientes indicadores (y aquí iría todo lo que construiste: Los NNx, las amplitudes, los ciclos completos. La descripción de la construcción es clara y concisa, sin exceso pero sin falta de detalles: a partir de los periodos se identificaron aquellos que diferían del anterior en más de 10 segundos, ….etc. ) Aparte de los índices, del programa CardioPro se pudieron obtener las listas de datos que representaban el tiempo transcurrido entre dos latidos consecutivos, dado en milésimas de segundo, por cada 5 minutos; por lo que para cada persona se tenían 3 archivos (para las 12, 9 y 6 respiraciones por minuto). A partir de dichos datos, el primer tratamiento (mejor procedimiento que tratamiento) consistió en obtener los PNNx, donde x tomó los valores de 10, 20, 30, 40 ,50, 60, 70, 80, 90, 100; por ejemplo para obtener el PNN10 de un lista de datos (datos registrados en 5 minutos), se procedió a restar el segundo dato menos el primero; si la diferencia era mayor que 10 se registraba en la columna siguiente a los datos un 1, si no se cumplía dicha condición se registraría un cero; luego se repetía el procedimiento ahora para la diferencia del tercer dato menos el segundo, luego para la diferencia del cuarto menos el tercero y así sucesivamente, de tal manera que la columna quedaba con registros de unos y ceros, al final de dicha lista, se obtuvo el promedio de esos datos, con lo que se obtenía el PNN10 para esa lista.

El procedimiento para obtener el resto de los PNNx fue similar, solo que al sacar las diferencias se condicionaba a que la diferencia resultara mayor o menor que 20, 30,...,100; respectivamente; para registrar uno o cero. Así que por cada persona, se obtuvieron 30 PNNx.

El paso siguiente consistió en hacer una correlación (Spearman) de los PNNx de cada persona (a cierta frecuencia de respiración) y sus respectivos índices (SDNN,NN50, PNN50, RMSSD, VLF, LF, HF, LF/HF, POWER). Dichas correlaciones se obtuvieron haciendo uso del programa SPSS.

Otro procedimiento importante fue obtener el tiempo en el que se detectaron los latidos, ya que los datos registrados por el programa fueron los tiempos (en milésimas de segundo) que tardaba un latido enseguida de otro, así que en un hoja de excel registré al tiempo cero el primer latido, al segundo latido la suma del primer tiempo(o sea cero) más el registro del primer latido multiplicado por 0.001 para que el tiempo quedara dado en segundos, a continuación, el tiempo al que ocurrió el tercer latido fue la suma de los dos tiempos anteriores más el tercer dato arrojado por el programa multiplicado por 0.001, y así sucesivamente, de tal forma que al final, el resistro del último latido fue aproximadamente a los 300 segundos (es decir a los 5 minutos, para cada lista de datos). Redacción más cortita, sólo los detalles necesarios.

Al graficar lo anterior, se pudieron observar puntos que estaban fuera de un registro de ondas periódicas ~~senoidales~~, por lo que manualmente procedí a hacer una selección anulando y reajustando datos para que quedara mejor definida la gráfica; esto con el fin de encontrar la amplitud de cada onda. Mejor: Con la finalidad de identificar de manera automática los máximos y mínimos de la onda registrada, y obtener por resta las amplitudes correspondientes, se procedió primero a eliminar los puntos alejados del perfil de onda y alejados de los máximos y mínimos. Posteriormente …

Los párrafos que siguen hay que transformarlos a redacción más formal, como si estuvieras leyendo un libro de texto y no una novela platicadita.

El criterio para el ajuste y eleiminación de puntos fue el siguiente: cuando aparecía unn punto mínimo justo antes del punto que definía la cresta de onda, lo anulé; cuando aparecían un mínimo y un máximo cuando la gráfica se comportaba de manera creciente, entonces sacaba un promedio de ambos para obtener un solo punto; en el caso en el que dos puntos consecutivos estuvieran a la misma altura, anulaba uno de ellos.

Al hacer el arreglo para todos los archivos, lo siguiente consistió en obtener las diferencias entre un máximo y el mínimo siguiente; de manera manual resultaba muy entretenido localizar los máximos y mínimos para cada uno de los archivos; por lo que recurrí a un programa creado por la Ing. Angeles Farfán, el cual fue programado en LabView. La función del programa es tomar como entrada la lista de datos (las 2 columnas), graficar, obtener la derivada de los datos, registrando las derivadas, luego, detectar el cambio de signo de la derivada, con lo que se asegura que en ese punto hay un máximo o mínimo, luego distingue si el cambio lo hace de signo positivo a negativo o viceversa para aclarar si se trata de un máximo o un mínimo. Dicho programa solamente hace la lectura de datos cuando tienen formato de tabulaciones, por lo que fue necesario el cambio de extensión de los archivos (porque se encontraban en excel).

El progrma arroja dos listas de números; los cuales indican las posiciones de en las que se encuentran los máximos y los mínimos respectivamente de cada lista de datos. Enseguida de que arrojó esas listas, hubo la necesidad de convertir nuevamente el formato del archivo a excel. A partir de esos datos el paso siguiente fue realizar la búsqueda y captura en excel de las frecuencias a partir de las posiciones (en tiempo) en el que se encontraban máximos y mínimos.

El procedimiento siguiente fue realizar las diferencias de máximo menos mínimo consecutivo (esto con comandos en excel), cabe resaltar que no en todos los archivos aparecieron todos los máximo y mínimos esperados, es decir, en algunos archivos donde debieron haber aparecido 30 diferencias (30 máximos y 30 mmínimos, cuando la respiración fue de 6 respiraciones por minuto), aparecieron menos.

Ya con las diferencias obtenidas (o amplitudes), se procedió a sacar un promedio de las amplitudes para cada archivo, enseguida se hizo la correlación de Spearman de dichos promedios de acuerdo con la frecuencia de respiraciones con cada uno de los índices de variabilidad respectivos. También tomé la correlación del porcentaje de amplitudes rescatadas en cada archivo con los índices de variabilidad respectivos.

*% falta insertar tablas*

BIBLIOGRAFÍA: La bibliografía tendrá que aumentar mucho y ser formal y actualizada. Hay que prepararse con los artículos completos que podamos tener y con los resúmenes que bajemos.

Dvorkin, Cardinali. Bases Fisiológicas de la Práctica Médica. 13º Edición en español. Edit. Medica Panamericana.

Romero Montalvo José. Guía del curso de Clinicopatología Cardiovascular. Facultad de medicina "Dr. Ignacio Chávez", U.M.S.N.H.

Sztajzel Juan. Herat rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system.

Dra. Teresa Silva Costa Gomes. Fisiología del sistema nervioso autónomo (SNA). (Hospital del Mar- Esperanza)

Lerma González, Infante Vázquez, Marco V. Sistema de análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca.