

Análisis de la onda de pulso y caracterización de factores de riesgo cardiovascular en estudiantes de pregrado en Medicina Veterinaria de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria) como ejercicio exploratorio no invasivo de rigidez arterial.

Laura Fernanda Bueno Maldonado¹, Nicolas Macias Villegas², David Fernando Balaguera Quinche³, Irene Nieto Escribano⁴.

Resumen

El deterioro cardiovascular puede presentarse en personas de todas las edades debido a diferentes factores, como los hábitos de vida y la genética de cada individuo que inciden negativamente en la elasticidad arterial y pueden progresar a la presentación de enfermedades cardiovasculares (CV), siendo estas, las principales causas de morbimortalidad en el mundo. Este ejercicio buscó explorar algunos factores relacionados con la salud arterial en un grupo de estudiantes de pregrado en Medicina Veterinaria a través de la medición cualitativa y cuantitativa de la onda de pulso en tiempo real, así como la exploración de la medición simple de la presión arterial y hábitos de vida más comunes, con el fin de demostrar algún grado de rigidez arterial. Como metodología, se realizó una encuesta de hábitos de vida en un grupo de 105 estudiantes de la carrera de medicina veterinaria de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (UNIAGRARIA) en la ciudad de Bogotá y se registraron las medidas antropométricas de cada participante, se midió la amplitud y duración de las ondas sistólicas/diastólicas y la velocidad de la onda de pulso con el fisiógrafo POWER LAB y el software LAB CHART, adicionalmente se realizó la toma de presión arterial con un tensiómetro digital lo que permitió caracterizar el riesgo cardiovascular de la población. De acuerdo con los resultados, 3 estudiantes presentaron el fenómeno conocido como reflexión sistólica, suceso relacionado con la pérdida de elasticidad arterial lo que sugiere una posible relación entre los diferentes factores de riesgo cardiovascular, específicamente los factores modificables asociados al estilo de vida, con alteraciones en la morfología de la onda de pulso en individuos jóvenes.

Palabras clave: Elasticidad arterial, onda de pulso, presión arterial, reflexión sistólica.

¹ Estudiante de Medicina Veterinaria. Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Uniagraria. Bogotá, Colombia.

² Estudiante de Medicina Veterinaria. Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Uniagraria. Bogotá, Colombia.

³ Médico Veterinario. Magíster en Fisiología. Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Uniagraria. Bogotá, Colombia

⁴ Médica Veterinaria. PhD Ciencias Veterinarias. Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Uniagraria. Bogotá, Colombia.

Pulse wave analysis and characterization of cardiovascular risk factors in undergraduate students in Veterinary Medicine at the Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria) as a non-invasive exploratory exercise for arterial stiffness.

Abstract

Cardiovascular deterioration can occur in people of all ages due to different factors, such as the lifestyle habits and genetics of each individual that negatively affect arterial elasticity and can progress to the presentation of cardiovascular diseases (CVDs), these being, the main causes of morbimortality in the world. This exercise sought to explore some factors related to arterial health in a group of undergraduate students in Veterinary Medicine through the qualitative and quantitative measurement of the pulse wave in real time, as well as the exploration of the simple measurement of blood pressure and the most common lifestyle habits, to demonstrate a certain degree of arterial stiffness. As a methodology, a survey of life habits was carried out in a group of 105 students of the veterinary medicine career of the Fundación Universitaria Agraria de Colombia (UNIAGRARIA) in the city of Bogotá and the anthropometric measurements of each participant were recorded, in addition the amplitude and duration of the systolic/diastolic waves and the speed of the pulse wave were measured with the POWER LAB physiograph and the LAB CHART software, which made it possible to characterize the cardiovascular risk of the population. According to the results, 3 students presented the phenomenon known as systolic reflection, an event related to the loss of arterial elasticity, which suggests a possible relationship between the different cardiovascular risk factors, specifically the modifiable factors associated with lifestyle, with alterations in pulse wave morphology in young individuals.

Key words: Arterial elasticity, pulse wave, blood pressure, systolic reflection.

Introducción

Una de las principales causas de muerte a nivel mundial son las enfermedades cardiovasculares, especialmente la hipertensión arterial. Es de esperar que a medida que aumenta la edad de un individuo se produzca una pérdida en la capacidad elástica de las arterias, esto es conocido como envejecimiento vascular y va a ser determinante para la presentación de estas enfermedades. Diversos estudios han demostrado que esta pérdida de elasticidad se puede llegar a presentar en individuos jóvenes, lo que sería un hallazgo anormal y podría aumentar el riesgo que tiene una persona de presentar enfermedades de rigidez arterial en un futuro, por esta razón nuestra población de estudio son jóvenes cuyas edades oscilan entre 18 y 22 años.

Existen diversos métodos para evaluar el estado de rigidez arterial de una persona, uno de los más conocidos y empleados en la práctica diaria es la medición de la onda de pulso, la cual explora el evento de reflexión sistólica, y complementario a este la medición clásica de la presión arterial. En este estudio se utilizaron tres herramientas para explorar la posible rigidez arterial en los estudiantes, como ya se mencionó, la medición de la onda de pulso y de presión arterial, adicional, se empleó una encuesta sobre hábitos de vida que permitió identificar factores de riesgo que afectan negativamente el estado cardiovascular. Con los resultados obtenidos se buscó ampliar la información que se tiene hasta el momento sobre el uso de la medición de onda de pulso como predictor de rigidez arterial en base al evento de la reflexión sistólica en jóvenes. Según Sánchez y Luna (2015), la mayoría de los hábitos adquiridos

durante la etapa universitaria perduran hasta una edad adulta, es por esto que la población estudiantil, específicamente la universitaria, es de gran importancia cuando se intentan realizar actividades o campañas para promover la prevención en salud ya que una gran parte de estos hábitos de vida afectan directamente con el desarrollo físico y psíquico natural de cada individuo.

El desarrollo de este estudio pretende generar conciencia en los jóvenes y en el enfoque de los diferentes sistemas de salud, orientando hacia la medicina preventiva con el objetivo de plantear mejoras en las conductas negativas y también establecer hábitos de vida más saludables que permitan disminuir la presentación exponencial de enfermedades cardiovasculares en la actualidad, al relacionarse directamente con el número y coexistencia de diversos factores de riesgo adquiridos por lo general en etapas específicas del desarrollo en cada individuo mitigando la aparición de estas enfermedades en años posteriores.

Marco teórico

El deterioro cardiovascular se puede presentar en personas de todas las edades por diferentes factores, como los hábitos de vida y la genética propia de cada individuo, que afectan negativamente la elasticidad arterial y pueden progresar en la presentación de enfermedades cardiovasculares (CV), siendo estas, las principales causas de morbilidad en el mundo. Estas enfermedades cardiovasculares suelen afectar principalmente a la población adulta, ya que la edad es uno de los factores responsables de los cambios estructurales y funcionales de las paredes arteriales debido a un proceso de adaptación mural que disminuye la elasticidad arterial y, por lo

tanto, aumenta su rigidez. Actualmente se presenta un incremento periódico en la incidencia de estas enfermedades y también en su aparición en poblaciones más jóvenes evidenciando una vulnerabilidad mayor que suele estar asociada a los hábitos de vida que se tienen.

La enfermedad cardiovascular.

Las patologías de origen cardiovascular, como trastornos del corazón y vasos sanguíneos, son responsables de alrededor de 17.9 millones de fallecimientos cada año, cifra confirmada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2019, destacando principalmente las cardiopatías isquémicas, enfermedades cerebrovasculares y cardiopatías reumáticas, lo cual representa la principal causa de defunciones en el mundo. Estudios recientes demuestran que la mayoría de estas muertes están asociadas a cardiopatías coronarias y accidentes cerebrovasculares siendo una tercera parte clasificada como prematura al ser en pacientes menores a 70 años, por lo que se consideran la principal causa de morbilidad en el mundo. Su presentación está relacionada con diversos factores de riesgo, como por ejemplo los niveles de colesterol asociados con lipoproteínas de baja densidad (LDLc) elevados, colesterol asociado con lipoproteínas de alta densidad (HDLc) baja, la hipertensión arterial elevada, el hábito de tabaquismo y el sedentarismo o bajo nivel de actividad física (Leal *et al.*, 2009).

Factores de riesgo cardiovascular.

Para Sánchez y Luna (2015) existen una serie de hábitos que se clasifican como factores de riesgo, los cuales tienen gran importancia ya que están directamente relacionados con los principales problemas de salud en la actualidad al ser rasgo, característica o exposición de un individuo,

que incrementan su probabilidad de padecer una enfermedad o lesión. Los autores destacan hábitos como el consumo de alcohol y de tabaco, el desbalance nutricional en la alimentación, no realizar actividad física, no participar activamente en programas de salud, no llevar a cabo las instrucciones médicas o utilizar de forma inadecuada los centros y servicios de salud. Estos factores se pueden dividir en modificables y no modificables. Los modificables, son aquellos que pueden llegar a corregirse o eliminarse por medio principalmente de cambios en el estilo de vida, dentro de este grupo se puede considerar el sedentarismo, tabaquismo, ingesta de alcohol, estado nutricional, entre otros. Los no modificables, son factores propios de cada individuo, por lo que no existe posibilidad de revertirlos o eliminarlos, dentro de estos se encuentra la edad, la herencia, el sexo, etc. (Bascañán *et al.*, 2005).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2019, los factores de riesgo cuyo origen es modificable o asociado al comportamiento que generan una mayor incidencia en la presentación de patologías cardiovasculares son la malnutrición, el sedentarismo o inactividad física y el consumo frecuente de sustancias como el tabaco o el alcohol. Estos hábitos de vida pueden llegar a ocasionar efectos negativos para la salud, los cuales con el tiempo pueden progresar en la presentación de enfermedades, como hipertensión arterial, hiperglucemia e hiperlipidemia, además de sobrepeso u obesidad. Este tipo de enfermedades puede llegar a ser prevenible, por lo que actualmente muchos estudios se centran en llevar un adecuado y oportuno manejo de los factores de riesgo que pueden ser modificables, como el consumo de tabaco o alcohol, la dieta, dislipidemias, hipertensión, diabetes, estrés y obesidad por estar asociados directamente

con la conducta propia de cada individuo, ya que aspectos como la edad, el sexo, antecedentes familiares o anomalías congénitas no se pueden llegar a controlar (Leal *et al.*, 2009).

Riesgo Cardiovascular.

El riesgo cardiovascular se define como la probabilidad que posee una persona de padecer alguna patología cardíaca dentro de un determinado período de tiempo (generalmente 5 o 10 años) y esto va a depender básicamente de la cantidad de factores de riesgo presentes en el individuo (Álvarez *et al.*, 2016). Según Bascañán y colaboradores (2005) para poder establecer un riesgo cardiovascular la mayoría de las investigaciones han utilizado las consideraciones que provienen del estudio Framingham, el cual es el estudio epidemiológico de cohortes con más años de seguimiento y que mayor cantidad de información ha proporcionado acerca de los factores de Riesgo Cardiovascular y su importancia en la predicción de acontecimientos cardiovasculares. Según los autores, en este estudio se logró observar que tanto en hombres como mujeres existe una relación directa entre la tensión arterial elevada y el riesgo cardiovascular. Otro factor de riesgo que se pudo determinar fue el consumo de tabaco, el cual aumenta en gran medida la amenaza a sufrir un infarto al miocardio, riesgo que se relaciona directamente con la cantidad de cigarrillos consumidos en el día por cada individuo. Por otro lado, el estudio también logró comprobar que en individuos que realizan actividad física se evidencia un leve efecto de tipo protector a nivel cardíaco.

Se consideran dos sistemas para calcular el riesgo cardiovascular (cualitativo y cuantitativo); el cualitativo consiste fundamentalmente en la suma de los

factores de riesgo y catalogan al individuo en riesgo bajo, moderado, alto o máximo riesgo; los cuantitativos arrojan un número que determina la probabilidad de presentar un evento cardiovascular en un tiempo

concreto; la forma de realizar el cálculo es a través de softwares informáticos, basados en fórmulas de predicción de riesgo, o también llamadas tablas de riesgo cardiovascular (Álvarez, 2001).

Tabla 1. Caracterización del riesgo cardiovascular según el sistema cualitativo por suma de variables asociadas con este riesgo. Modificado de Bascuñán *et al.*, 2005.

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicador
Riesgo cardiovascular	Probabilidad de desarrollar una enfermedad cardiovascular en un periodo de tiempo definido, usualmente 10 años.	Bajo	Sin factores de riesgo mayores.	Bajo
		Moderado	1 factor de riesgo mayor	Moderado
		Alto	2 o más factores de riesgo mayores.	Alto
		Máximo	3 o más factores de riesgo mayores, o DM o Enf. Vascular aterosclerótica o dislipidemias aterogénicas genéticas severas.	Máximo

La presión arterial.

La manera correcta de evaluar la presión arterial es dividiendo sus dos componentes para trabajarlos por separado, practica poco frecuente en la clínica diaria. La presión arterial sistólica (PAS) depende puramente del impulso originado por las contracciones ventriculares del lado izquierdo del corazón; por otro lado, la presión arterial diastólica (PAD) depende de la oposición que ejercen las arterias al flujo sanguíneo. Al sistema arterial lo componen diferentes estructuras, como las arterias elásticas de gran calibre, arterias musculares intermedias, arteriolas y capilares, las cuales cumplen diferentes funciones según su histología. Las arterias de mayor calibre se distienden con cada oleada proveniente del ventrículo izquierdo al contener una gran cantidad de fibras elásticas que ayudan a amortiguar y conducir el flujo hacia las arterias musculares, las cuales al contener mayor cantidad de musculo liso se encargan

de generar contracciones necesarias para impulsar la sangre hacia la circulación periférica donde las arteriolas ejercen resistencia constante al flujo sanguíneo. Por último, los capilares son los vasos de menor calibre y donde se realiza el intercambio de oxígeno y nutrientes hacia los tejidos. La presión arterial depende del estado de cada una de las estructuras mencionadas anteriormente ya que si se presenta alguna alteración se pueden modificar variables como el volumen de sangre eyectado o la resistencia que oponen las diferentes arterias al flujo de sangre, en especial las arteriolas (Casado, 2009).

La presión arterial se controla según la interacción del flujo sanguíneo que proviene de cada latido, del volumen de sangre circulante regido por la función renal, y de la resistencia periférica ejercida principalmente por las arteriolas. El organismo normalmente tiene autocontrol de estas variables manteniendo una presión

arterial adecuada, indispensable para la perfusión acorde con las diferentes necesidades fisiológicas. Se considera hipertensión arterial (HTA) a los valores elevados crónicamente de la presión arterial sistólica o diastólica; en el caso de la PAS un valor superior o igual a 140 mmHg y en el caso de la PAD un valor superior o igual a 90 mmHg (Gamboa y Rospigliosi, 2010). La HTA tiene una etiología de carácter multifactorial y está considerada como una enfermedad manejable la cual disminuye considerablemente la calidad y esperanza de vida. La presión arterial (PA) tiene una

relación directamente proporcional con el riesgo cardiovascular. Como se observa en la Tabla 2, valores de PAS entre 140 y 159 mmHg, y PAD entre 90 y 99 mmHg, o ambas, se consideran como el rango inicial para el diagnóstico de HTA siendo un estadio 1 o ligero. Sin embargo, el riesgo se puede llegar a determinar con valores inferiores encontrando una categoría clasificada como normal elevada. El riesgo suele ser mayor cuando la HTA se asocia con otros factores de riesgo cardiovascular (FRCV).

Tabla 2. Clasificación de la hipertensión arterial según la guía de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) y la Sociedad Europea de Hipertensión (ESH) de 2018. Modificado de Williams *et al.*, 2018.

Categoría	Sistólica (PAS)	Diastólica (PAD)
Óptima	< 120	< 80
Normal	120 - 129	80 - 84
Normal elevada	130 - 139	85 - 89
Hipertensión		
Estadio 1 (ligera)	140 - 159	90 - 99
Estadio 2 (moderada)	160 - 179	100 - 109
Estadio 3 (severa)	≥ 180	≥ 110
HTA sistólica aislada	≥ 140	< 90
HTA diastólica aislada	< 140	≥ 90

Como se mencionó anteriormente, el sistema arterial está compuesto por una compleja red de vasos elásticos ramificados entre sí que, luego de recibir la sangre procedente de las contracciones del corazón consigue, mediante un efecto amortiguador, obtener un flujo constante en arteriolas y capilares, a este efecto se le conoce como Windkessel (Cervino y Cervino, 2018). Este efecto hace alusión a la capacidad de la cual dispone la red vascular para convertir el flujo sanguíneo pulsátil que

eyecta el corazón en circulación constante. En consecuencia, al aumento de la presión arterial durante la sístole, las arterias sufren un proceso de vasodilatación posible gracias a su capacidad elástica aumentando así su diámetro, el cual se normaliza durante la diástole (Rodríguez, 2020).

La onda de pulso.

El pulso se define clínicamente como la vasodilatación y vasoconstricción

alternativa de las arterias dependiente del flujo constante de sangre proveniente desde el corazón en un determinado periodo de tiempo, el cual aumenta y disminuye la presión al interior de los vasos. Como se mencionó anteriormente, las arterias poseen una capacidad elástica la cual permite su expansión al momento de cada oleada de sangre sin llegar a deformarse retomando su estructura normal. Con cada sístole ventricular se origina una pulsación que avanza en forma de onda a través de las arterias (Onda de pulso). En la aorta y demás arterias elásticas, se produce una recuperación del tamaño inicial, lo que se conoce como retracción elástica, esto permite que el flujo de sangre avance hacia la circulación periférica, especialmente a los capilares durante la diástole asegurando así que el aporte de sangre a los tejidos no se vea afectado por la naturaleza pulsátil del bombeo cardíaco (Universidad de Murcia, 2013).

La gráfica correspondiente a la onda de presión radial consta de dos ondas. Una sistólica (OS) y otra diastólica, (OD) las cuales se encuentran separadas por una hendidura y tienen una duración que coincide con la sístole y la diástole cardíaca respectivamente. La inclinación que se genera en la caída de la OS se presenta de manera exponencial o proporcional en relación con la compliancia de las grandes arterias y su resistencia periférica. Generalmente se describe a la OD como una caída exponencial con una naturaleza similar a la OS, a esta se sobrepone una fluctuación amortiguadora la cual se relaciona con la compliancia de las arterias terminales de menor tamaño y a la inercia del fluido a lo largo del trayecto que conduce hacia ellas como se observa en la figura 1. (Clara *et al.*, 2005).

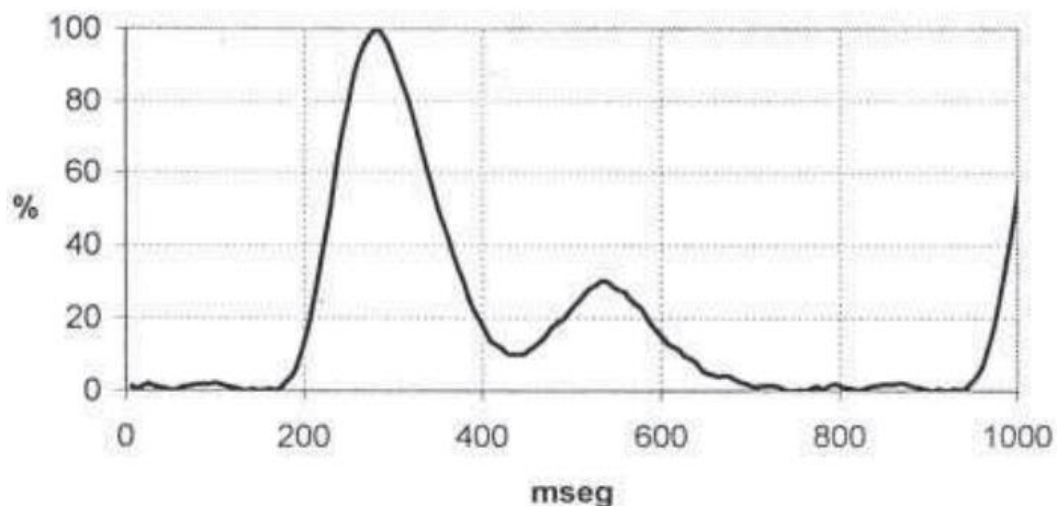


Figura 1. Representación de una onda de pulso normal, no se observa ninguna alteración (reflexión) sobre la pendiente de caída sistólica. Nota. Tomada de Clara *et al.*, 2005.

La reflexión sistólica.

Existen casos en los que se puede llegar a observar una tercera onda sobre la caída de la onda sistólica como se observa en la Figura 2, la cual recibe el nombre de

segunda onda sistólica o reflexión sistólica (RS). Esta RS resulta luego de que la onda sistólica se propagó por la aorta, se reflejó en la zona inferior del cuerpo y llegó retardada a la zona de registro radial. La velocidad de propagación de la onda está

determinada por la elasticidad arterial, propiedad que se va perdiendo al avanzar la edad y al presentarse procesos hipertensivos, aumentando así su rigidez, esta rigidez va a ser la responsable del retardo que se registra en la llegada de la onda. La RS se puede presentar en

diferentes fracciones de la pendiente de caída sistólica, indicando una mayor rigidez arterial cuando se ubica en la parte superior y en menor grado cuando se ubica en la base de la onda. Esto permite cuantificar las propiedades elásticas en las arterias de un individuo (Clara *et al.*, 2005).

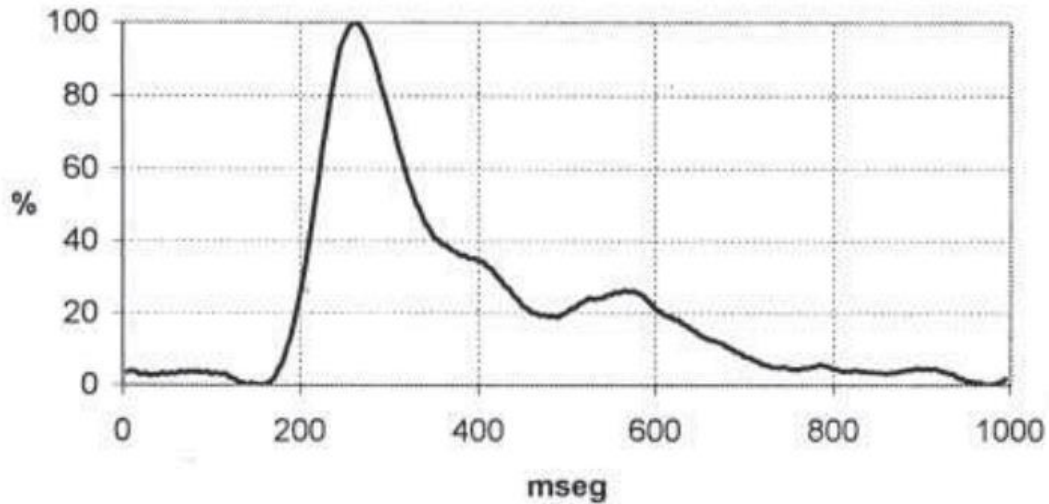


Figura 2. Representación de la onda de pulso en un joven con presencia de onda reflejada o reflexión sistólica (RS). Nota. Tomada de Clara *et al.*, 2005.

La onda de pulso como predictor de enfermedad cardiovascular.

Para Salech y colaboradores (2012) el aumento en la presión arterial (PP) y la onda de pulso en arterias periféricas son los signos clínicos relacionados con envejecimiento cardiovascular más sencillos de distinguir en pacientes mayores. Cuando hay un incremento en la presión del pulso sin necesidad de presentarse una alteración de origen ventricular izquierda existe un mayor riesgo de presentar algún grado de isquemia, ya que esto indica un aumento de rigidez arterial. Otra alternativa para valorar el incremento en la rigidez arterial es medir la velocidad de la onda de pulso, la cual es inversamente proporcional a la distensibilidad de las arterias; convirtiendo a esta medición en un importante predictor

de riesgo cardiovascular específicamente en pacientes con edad superior a 60 años.

Según las guías para el manejo de la hipertensión arterial (HTA) de las sociedades europeas de HTA y cardiología, la velocidad de onda de pulso es el único dato avalado para la determinación de rigidez arterial, siendo esta medición a nivel del eje aórtico por medio de tonometría. El registro de este valor tiene gran importancia predictiva de riesgo, por lo cual es considerada como la herramienta predilecta para la detección temprana de la enfermedad, permitiendo identificar adecuadamente el deterioro cardiovascular (CV) que posibilita el rápido actuar sobre los individuos afectados (Estadella *et al.*, 2010).

La distensibilidad fisiológica de las arterias se limita en consecuencia a la pérdida de

elasticidad de las paredes vasculares según su histología, lo que provoca una mayor velocidad en el flujo de sangre dependiendo directamente de la rigidez que presenta un determinado segmento; en conclusión, la velocidad del flujo sanguíneo eyectado por el ventrículo izquierdo en cada contracción dependerá del grado de elasticidad arterial, aumentando según el grado de rigidez que se presente. Es por lo anterior que la velocidad de onda de pulso es una forma precisa para determinar el grado de rigidez arterial (Sarre *et al.*, 2018).

Cambios en el espesor de las grandes arterias son predictores independientes de enfermedad cardiovascular, estos cambios se pueden medir utilizando métodos no invasivos como, por ejemplo, la velocidad de la onda de pulso (Boutouyrie *et al.*, 2002). En un estudio realizado por Blacher y colaboradores (2003) se realizó un seguimiento durante 78 meses a 242 individuos demostrando un valor predictivo elevado para la velocidad de onda de pulso, lo que permite tener un mejor pronóstico frente a los factores de riesgo tradicionales. Además, estudios recientes han confirmado que la velocidad de onda de pulso tiene una gran importancia al momento de determinar rigidez arterial, estableciéndose como un factor de riesgo cardiovascular.

Materiales y Métodos

Se seleccionó a un grupo de 105 estudiantes de pregrado en Medicina Veterinaria (20 hombres y 85 mujeres) de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria) con edades comprendidas entre los 18 y 22 años de ambos sexos los cuales participaron de manera voluntaria. A cada uno de los participantes se le entregó un consentimiento informado el cual contiene toda la información relacionada al procedimiento que se llevó a cabo al momento de realizar la toma de muestras,

se les realizó además una encuesta elaborada por medio de la aplicación de encuestas en línea Microsoft Forms con el objetivo de conocer y recopilar datos de interés asociados a los hábitos de vida.

Una vez obtenidos los datos de la encuesta se procedió a realizar la toma de muestras individualmente por medio de una serie de mediciones (antropométricas y clínicas, como la onda de pulso y presión arterial) las cuales se registraron en un documento de Microsoft Excel donde se recopilaron todos los datos de la población. Las mediciones antropométricas que se realizaron consistieron en la circunferencia braquial (tomada en el punto medio de la parte proximal del brazo, entre el hombro y el codo) y de cintura (tomada en la parte superior del hueso de la cadera a la altura del ombligo) utilizando una cinta métrica. Estas mediciones ayudaron a evaluar el estado nutricional de cada estudiante, en conjunto con el peso y la estatura que se utilizaron para calcular el IMC (índice de masa corporal). Las otras mediciones que se realizaron son las mediciones clínicas. La primera medición que se realizó fue de la onda de pulso, donde se obtuvieron valores sobre la velocidad de la onda, la duración de la onda sistólica y la amplitud de las ondas sistólica y diastólica, las amplitudes de onda tanto sistólica como diastólica se compararon entre sí para determinar el porcentaje equivalente de la onda diastólica en relación con la onda sistólica. Estos registros se obtuvieron por medio del hardware Power Lab y el software Lab chart.

El procedimiento que se realizó para la medición y el análisis de la onda de pulso consistió en conectar a el canal número 1 del Power Lab un transductor de pulso que se ubicó en el dedo medio o corazón de cada participante. En el canal número 2 se conectó un cardiomicrofono que se colocó

entre el segundo y quinto espacio intercostal esternal izquierdo de cada estudiante. Por medio del software Lab chart y con ayuda del marcador de punto cero (M) se llevaron a cabo las diferentes mediciones ubicando el marcador sobre partes específicas de las ondas. Para realizar la medición de velocidad de onda se posicionó el marcador M sobre el sonido diastólico obtenido por el cardiomicrofono hasta el pico de la onda sistólica. En cuanto a la duración de la onda sistólica, se realizó la medición en el eje horizontal posicionando el marcador M sobre el punto medio de la cúspide de la onda sistólica hasta el otro extremo de la onda, estos dos valores se obtuvieron en segundos y permitieron identificar el tiempo que transcurre para la presentación de una onda

sistólica y para visualizar el ancho de la onda ya que, si se llega a presentar una reflexión sistólica, la duración de la onda en segundos aumentaría. La medición de la amplitud de onda se realizó sobre el eje vertical posicionando el marcador M sobre la base de cada una de las ondas, tanto sistólica como diastólica hasta el pico de cada una de ellas. Estos valores se obtuvieron en milivoltios. Luego de la obtención de datos se utilizó la función "Integral" del software Lab chart para visualizar si la onda diastólica es diferenciable de la onda sistólica o si, por el contrario, es opacada por la reflexión sistólica evidenciándose únicamente la onda sistólica, pero con una duración más amplia.

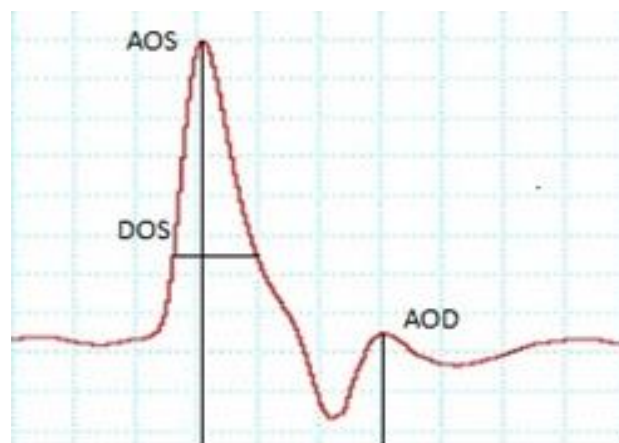


Figura 3. Representación de mediciones en la onda de pulso. Amplitud onda sistólica (AOS), amplitud onda diastólica (AOD) y duración onda sistólica (DOS).

Por último, se procedió a realizar la medición de presión arterial, la cual se hizo por medio de un tensiómetro digital. Todos los valores que se obtuvieron de las mediciones se recopilaron en una hoja de Excel junto con las respuestas suministradas por cada uno de los participantes para ser analizadas. Cada vez que alguna de las muestras presentó reflexión sistólica se procedió a tomar una captura de pantalla con la información del sujeto con el objetivo de ser comparada y

analizada la información suministrada en la encuesta con los datos obtenidos luego de realizar las mediciones.

Resultados

Al realizar una caracterización de la población se lograron identificar variables de importancia; algunas de las variables obtenidas fueron género, edad, altura, peso, circunferencia braquial y de cintura, además de algunos parámetros de presión

arterial considerados relevantes para el desarrollo del presente estudio (Tabla 3). Se identificaron además los principales factores de riesgo cardiovascular asociado a los hábitos de vida (Tabla 4).

En cuanto a las medidas antropométricas obtenidas, según el análisis de IMC sumado a la circunferencia braquial y de cintura 24 estudiantes presentaron niveles asociados a sobrepeso y 7 estudiantes presentaron obesidad, los 74 estudiantes restantes se encontraron dentro de los parámetros normales. Con relación al consumo de sustancias 84 estudiantes indicaron un nulo consumo de tabaco, 17 estudiantes un consumo ocasional y 4 estudiantes un consumo habitual; 48 estudiantes indicaron un nulo consumo de alcohol y 57 indicaron un consumo habitual como se observa en la

tabla 4. Por otro lado, se evidenció una elevación en la presión arterial de 13 estudiantes, de los cuales 8 presentaron una elevación únicamente en la PAS, 3 una elevación únicamente en la PAD y 5 estudiantes una elevación en ambos componentes.

Con respecto a los resultados obtenidos de la morfología y medición de onda de pulso, solo 3 sujetos del estudio presentaron reflexión sistólica evidente, la población restante comprendida por 102 individuos no presentó ningún fenómeno aparente, la morfología de sus ondas concuerda con su edad y estado cardiovascular, al ser angosta la OS sin presencia de reflexión y presentar una amplitud considerable su OD, sus ondas logran ser diferenciables.

Tabla 3. Descripción de la población.

variable	Media \pm desviación estándar	Min - Max
hombres : mujeres (%)	20 (19,04 %) : 85 (80,96 %)	-
edad	19,19 \pm 1,2	18 - 22
altura (cm)	164,6 \pm 5,6	160 - 180
peso (kg)	59,6 \pm 8,7	50 - 80
circunferencia braquial (cm)	27,1 \pm 3,2	21 - 37
circunferencia de cintura (cm)	73,7 \pm 8,8	58 - 102
presión sistólica (mmHg)	113,9 \pm 13,9	83 - 158
presión diastólica (mmHg)	71,7 \pm 9,8	46 - 102
velocidad de onda (mseg)	193 \pm 24	124 - 240
duración onda sistólica (mseg)	124 \pm 50	60 - 250
amplitud onda sistólica (mv)	0,062 \pm 0,06	0,01 - 0,42
amplitud onda diastólica (mv)	0,012 \pm 0,01	0,002 - 0,07
Onda diastólica frente a sistólica (%)	23,7 \pm 9,52	3,75 - 50

Tabla 4. Caracterización de riesgo cardiovascular asociado al estilo de vida.

variable	aspecto	porcentaje
tabaco (%)	No	84 (80 %)
	ocasionalmente	17 (16,2 %)
	1 ~ 5 veces al día	2 (1,9 %)
	6 ~ 10 veces al día	2 (1,9 %)
alcohol (%)	No	48 (45,7 %)
	1 vez a la semana	49 (46,7 %)
	2 ~ 3 veces a la semana	5 (4,8 %)
	4 ~ 6 veces a la semana	3 (2,8 %)
actividad física (%)	No	47 (44,8 %)
	1 vez a la semana	36 (34,3 %)
	2 ~ 3 veces a la semana	13 (12,4 %)
	4 ~ 5 veces a la semana	6 (5,7 %)
	Todos los días	3 (2,8 %)
sueño en 24 h (%)	menos 3 horas	3 (2,9 %)
	4 horas	22 (21 %)
	5 horas	27 (25,7 %)
	6 horas	37 (35,2 %)
	7 horas	10 (9,5 %)
	8 horas	6 (5,7 %)
estrés universidad (%)	bajo	5 (4,7 %)
	medio	47 (44,8 %)
	alto	53 (50,5 %)
nutrición (%)	2 veces al día	23 (21,9 %)
	3 veces al día	46 (43,8 %)
	4 veces al día	29 (27,6 %)
	más 4 veces al día	7 (6,7 %)

Discusión

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) representan en Colombia la primera causa de muerte prevenible con el 29,5 % de defunciones. El riesgo a padecer una de estas enfermedades aumenta con la edad, a causa de un deterioro y posterior ruptura de fibras elásticas presentes en las grandes arterias. Este deterioro es cada vez más frecuente y a edades más tempranas debido a factores de riesgo como el sedentarismo, sobrepeso, tabaquismo y estrés. La acumulación de estos factores de riesgo es un determinante independiente de rigidez arterial evaluado por la VOP (Velocidad de Onda de Pulso) (Pizzorno *et al.*, 2017).

En la actualidad la medición de factores de riesgo es de gran importancia en la población juvenil al relacionar su coexistencia y alta prevalencia con lesiones asociadas en gran medida a la afección de arterias coronarias que pueden progresar potencialmente en enfermedades sintomáticas en el futuro. Como se logra demostrar en el estudio Framingham, una coexistencia de múltiples factores de riesgo que afectan vasos coronarios incrementan considerablemente la probabilidad de padecer eventos cardiovasculares. Por otro lado, en el Estudio del Corazón de Bogalusa se determina que incluso la obesidad leve se llega a relacionar con niveles elevados de insulina, presión arterial, colesterol LDL y niveles bajos de colesterol HDL lo que sería

un hallazgo normal en adultos mas no en jóvenes (Berenson & Srnivasan, 2005).

Es bien sabido, gracias a diversas investigaciones, la relación existente entre el sobrepeso u obesidad con el aumento en la presión arterial y morbilidad cardiovascular. Una de las medidas empleadas últimamente como indicador de obesidad central es la circunferencia de cintura la cual se relaciona directamente con la resistencia a insulina; además, parece tener una mayor predicción de riesgo cardiovascular que otros indicadores de obesidad como el IMC (Pizzi *et al.*, 2011). Esto coincide con los hallazgos anormales presentes en nuestro estudio, ya que la reflexión sistólica más evidente coincide con un individuo caracterizado con obesidad como principal factor de riesgo cardiovascular, registro obtenido a través de los resultados de medición de IMC y circunferencia de cintura; sumado a tabaquismo y elevados niveles de estrés.

Como se observa en el estudio realizado por Pizzi *et al.*, 2011 uno de sus grupos de trabajo presenta índices antropométricos elevados lo cual demuestra el papel crucial del sobrepeso u obesidad al relacionarse directamente con valores inferiores de HDL-colesterol, el cual ha sido identificado como una de las alteraciones de origen lipídico inicial de la población juvenil. Lo anterior se logra comparar con los hallazgos obtenidos en nuestro grupo de estudio ya que al obtener valores antropométricos elevados como la circunferencia de cintura o el IMC aumenta la probabilidad de presentar alteraciones cardiovasculares evidenciables en la onda de pulso lo que se asocia con mayor riesgo de presentar alteraciones futuras en la PA.

Otro estudio realizado por Pizzi *et al.*, 2006 en la población juvenil (entre 22 y 29 años)

de Rio de Janeiro, soporta lo descrito anteriormente, demostrando una correlación positiva entre variables antropométricas elevadas y alteraciones en las variables hemodinámicas, como presión arterial sistólica o diastólica, así como factores del síndrome metabólico que se relacionan con el riesgo de aumento en la VOP demostrado en poblaciones relativamente jóvenes, esto favorece identificar tempranamente cambios en la VOP asociado a varios componentes de riesgo cardiovascular en poblaciones más jóvenes.

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad una de las mediciones no invasivas realizadas para determinar rigidez arterial es la velocidad de onda de pulso (VOP) la cual varía notablemente con relación a la edad. En jóvenes se espera que la onda sistólica sea angosta y se vaya ampliando con el envejecimiento normal de cada individuo, caso opuesto ocurre con la onda diastólica, la cual disminuye gradualmente (Clara *et al.*, 2005).

En el estudio realizado por Fernando Clara *et al.*, 2005. La elasticidad arterial en jóvenes es elevada y la velocidad a la cual se propaga la onda de pulso es baja, además, no se espera la presencia de reflexión sistólica debido a que esta aparece en la base de la onda coincidiendo con la onda diastólica sumándose a ella y proporcionándole gran amplitud como se observa en la Figura 4 coincidiendo con la gran mayoría de mediciones realizadas en este estudio, donde únicamente 3 individuos de la población total de 105 estudiantes presentó el fenómeno de reflexión sistólica en el cual la RS es identificable durante la caída sistólica y disminuye la amplitud en la onda diastólica con relación a la figura anterior (Figura 5).

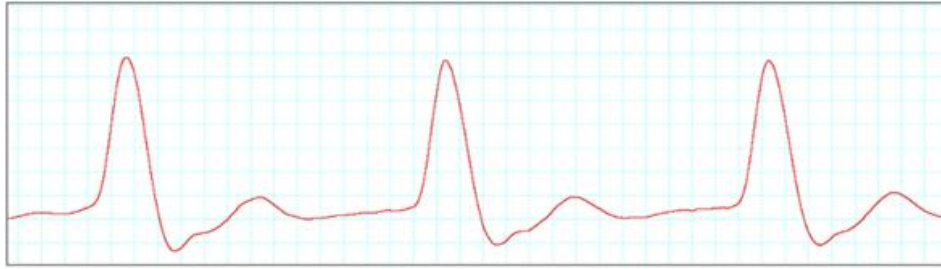


Figura 4. Representación de onda de pulso en individuo joven. Se evidencia la OS angosta sin presencia de RS y la amplitud normal de la OD.

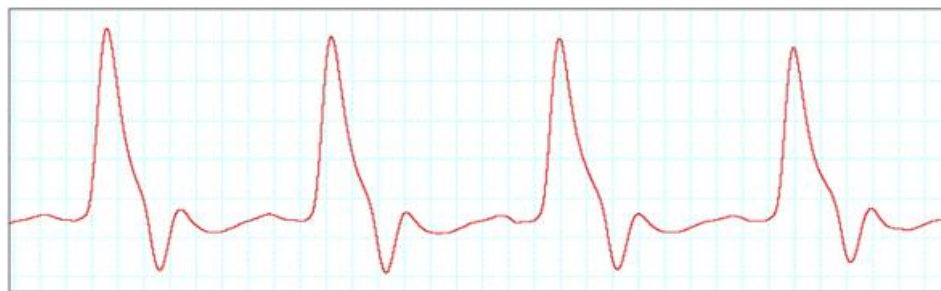


Figura 5. Representación onda de pulso con presencia de RS en la base de la OS la cual aumenta su amplitud, se observa además una OD con amplitud reducida debido a la presencia de RS.

Al analizar los resultados obtenidos en nuestro estudio, luego de realizar las diferentes mediciones antropométricas y hemodinámicas se logró comparar con los estudios citados anteriormente donde se evaluó la onda de pulso en individuos jóvenes consiguiendo resultados similares, esto demuestra una asociación entre las variables que comprenden los diferentes factores de riesgo cardiovascular con alteraciones negativas en morfología y velocidad de la onda de pulso. Dentro del grupo de estudiantes que presentó reflexión sistólica, los tres sujetos se encuentran clasificados actualmente como normotensos al estar dentro de los parámetros normales de presión arterial, asimismo ninguno reportó antecedentes familiares de hipertensión arterial; pero se logró determinar que los 3 estudiantes consumen tabaco ocasionalmente y dos de ellos presentaron sobrepeso y obesidad, además de un consumo habitual de alcohol y altos niveles de estrés.

Es por lo anterior que la medición que se realiza de la VOP en jóvenes parece ser un predictor importante de los procesos que afectan negativamente la compliancia arterial asociada con cambios en la PA, siendo un método relevante al establecerse como un marcador importante de lesión vascular siendo muy útil en la prevención de ECV (Pizzi *et al.*, 2011). Si bien enfermedades, como la aterosclerosis y la hipertensión, se manifiestan generalmente en personas adultas, los cambios estructurales subclínicos se pueden producir en edades tempranas asociadas con diferentes factores de riesgo cardiovascular, como se logró confirmar en el presente estudio, por lo cual la VOP permite predecirlas a través de monitoreo no invasivos de PA (Pizzorno *et al.*, 2017).

En nuestro estudio se logra identificar además como los individuos que tienen estilos de vida saludables, como evitar el

consumo de tabaco y realizan actividad física, incluso de grado moderado, presentan una menor tendencia a presentar alteraciones cardiovasculares tal y como se demuestra en los datos de cohorte de Framingham. Según Kannel & Wilson, 1995, el consumo de tabaco aumenta el fibrinógeno, agrega plaquetas, disminuye la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre y provoca la liberación de catecolaminas, lo que provoca una mayor irritabilidad del miocardio y los vasos sanguíneos. Por otro lado, la protección cardiovascular que se logra al llevar un estilo de vida más activo físicamente aumenta los niveles de colesterol HDL, reduce los niveles de presión arterial, mejora la resistencia a insulina además de controlar el peso corporal.

Conclusiones

Se considera que es necesario hacer hincapié en la relación que tienen los diferentes factores de riesgo cardiovascular, específicamente los factores modificables asociados a los hábitos de vida con la presentación de enfermedades cardiovasculares, ya que parecen desempeñar un papel clave en el desarrollo de lesiones vasculares, incluso en la infancia o adolescencia, lo que ayudaría a enfatizar la medicina preventiva en estilos de vida saludables en las primeras etapas de vida, siendo las enfermedades cardíacas las principales causas de morbimortalidad en el mundo, por lo que es importante adoptar estilos de vida saludables tempranamente, ya que son fundamentales para reducir los factores de riesgo en la vida adulta.

Al llevar a cabo este estudio, se pudo confirmar la utilidad de equipos como el Power Lab y el software LabChart para realizar mediciones periódicas no invasivos de la onda de pulso al ser una herramienta

sencilla y con gran valor predictivo de rigidez arterial, lo cual permite tener un mayor control del estado cardiovascular y si es necesario llevar a cabo cambios en el estilos de vida modificando hábitos, lo cual disminuye en gran medida la coexistencia de múltiples factores que aumentan el riesgo cardiovascular y por ende deterioren la salud de cada individuo.

Al trabajar con una población juvenil, se recomienda recalcar el gran impacto que generan los factores de riesgo cardiovascular no modificables, como por ejemplo la edad o genética propia de cada individuo. Es evidente, luego de obtener nuestros resultados, que tanto el periodo universitario como la adolescencia en general juegan un papel clave en el estado cardiovascular al ser una etapa de crecimiento en la cual se pueden llegar a explorar hábitos de vida que perduran hasta la edad adulta, siendo una población catalogada como de alta vulnerabilidad a desarrollar estilos de vida poco saludables como el sedentarismo, los elevados niveles de estrés, desbalances nutricionales o de sueño y consumo frecuente de alcohol o de tabaco, eventos asociados principalmente a cambios económicos, psicológicos y sociales presentes en esta etapa. Es por esto que se debería trabajar en mayor medida la medicina preventiva en los jóvenes con el objetivo de generar mayor conciencia y así poder reducir la cantidad de factores de riesgo, modificando principalmente los hábitos de vida negativos reemplazándolos por hábitos más saludables, como realizar actividad física con frecuencia, establecer periodos adecuados de descanso, mantener una alimentación balanceada y evitar el consumo de sustancias nocivas como el alcohol y el tabaco; lo cual contribuye positivamente en la presentación exponencial de enfermedades cardiovasculares en la actualidad, al relacionarse directamente con el número y

coexistencia de diversos factores de riesgo en un individuo.

Bibliografía

- Álvarez, A. (2001). Las tablas de riesgo cardiovascular. Una revisión crítica. Medifam vol.11 no.3 mar. 2001. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1131-57682001000300002
- Álvarez, J., Álvarez, A., Carvajal, W., González, M., Duque, J. y Nieto, O. (2016). Determinación del riesgo cardiovascular en una población. Revista Colombiana de Cardiología. Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Elsevier España. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rccar.2016.08.002>
- Bascañán, G., Manzo, M., Quezada, M., Sánchez, C. y Santana, M. (2005). Evaluación de riesgo cardiovascular en adolescentes de segundo y tercer año de enseñanza media de establecimientos educacionales, de la ciudad de Punta Arenas Año 2005. Biblioteca Lascasas, 2006; 2 (2). Disponible en: <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0135.pdf>
- Berenson, G. & Srinivasan, S. (2005). Cardiovascular risk factors in youth with implications for aging: The Bogalusa Heart Study. Neurobiology of aging, 26 (2005), 303 – 307. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2004.05.009>
- Blacher, J., Safar, M., Guerin, A., Pannier, B., Marchais, S. & London, G. (2003). Aortic pulse wave velocity index and mortality in end-stage renal disease. Kidney International 2003;63(5):1852-60.
- Boutouyrie, P., Tropeano, A., Asmar, R., Gautier, I., Benetos, A., Lacolley, P. & Laurent, S. (2002). Aortic stiffness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients: a longitudinal study. Hipertensión 2002; 39: pp. 10-5.
- Casado, S. (2009). Hipertensión Arterial. Libro de la salud cardiovascular del hospital clínico San Carlos y la fundación BBVA, dirigido por López y Macaya. Capítulo 12, pp. 121-129.
- Cervino, C.N. y Cervino, C.O. (2018). Simulación del Corazón Izquierdo para Aplicaciones en Docencia e Investigación. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, no. 21, pp. 41-5.
- Clara, F., Cayrol, M., Scandurra, A., Meschino, G., Garzillo, M., Moyano, E. & Introzzi, A. (2005). La técnica de análisis de onda de pulso en la determinación del riesgo cardiovascular. Revista de la Federación Argentina de Cardiología 34: pp. 213-220.
- Estadella, C., Vázquez, S. y Oliveras, A. (2010). Rigidez arterial y riesgo cardiovascular. Hipertensión y Riesgo Vascular, 27(5), pp. 203–210.
- Gamboa, R. y Rospigliosi, A. (2010). Más allá de la hipertensión

- arterial. Revista acta médica peruana v.27 n.1.
- Kannel, W. & Wilson, P. (1995). An Update on Coronary Risk Factors. Contemporary issues in cardiology. Medical clinics of North America. Volume 79, number 5, pp. 951 – 971.
 - Leal, E., Aparicio, D., Luti, Y., Acosta, L., Finol, F., Rojas, E., Toledo, A., Cabrera, M., Velasco, M. y Bermúdez, V. (2009). Actividad física y enfermedad cardiovascular. Revista Latinoamericana de Hipertensión, vol. 4, núm. 1, enero-marzo, pp. 2-17.
 - Organización Mundial de la Salud (OMS) (2019). Enfermedades Cardiovasculares. Disponible en: https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1
 - Pizzi, O., Brandão, A., Pozzan, R., Magalhães, M., Viana de Freitas, E., Brandão, A. & (2011). A velocidade da onda de pulso em jovens: estudo do Rio de Janeiro. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, 97(1), 53–58. doi:10.1590/s0066-782x2011005000067
 - Pizzi, O., Brandão, A., Magalhães, M., Pozzan, R., Brandão, A. (2006). Velocidade de onda de pulso – o método e suas implicações prognósticas na hipertensão arterial. Rev Bras Hipertens vol.13(1): 59-62.
 - Pizzorno, J., López, G., Deltin, E., Pizzorno, M., y Pizzorno, J. (2017). Rigidez arterial medida por velocidad onda de pulso. Sus predictores, en una población joven. Libro de artículos científicos en salud. Edición 2017. Facultad de medicina. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
 - Rodríguez, M. (2020). El papel de la enfermería en la detección de la hidrocefalia normotensiva idiopática (síndrome de Hakim-Adams). Universidad de La Laguna.
 - Salech, F., Jara, R. y Michea, L. (2012). Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. Revista Médica Clínica Las Condes. Vol. 23, (1): pp. 19-29.
 - Sánchez, M. y Luna, E. (2015). Hábitos de vida saludable en la población universitaria. Nutrición Hospitalaria, 31(5), pp. 1910-1919. doi: 10.3305/nh.2015.31.5.8608
 - Sarre, D., Cabrera, R., Rodríguez, F. y Díaz, E. (2018). Enfermedad cardiovascular aterosclerótica. Revisión de las escalas de riesgo y edad cardiovascular. Medicina interna de México. vol.34 no.6.
 - Universidad de Murcia (2013). El sistema cardiovascular. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina. Curso 2012/13. Tema 3
 - Williams, B., Mancia, G., Spiering, W., Agabiti Rosei, E., Azizi, M., Burnier, M., L. Clement, D. y Coca, A. (2018). Guía ESC/ESH 2018 sobre el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial. Rev. Esp Cardiol, 72(2), 160.e1-e78.