

Título: El Corazón Late al Ritmo de la Física

Clave: CIN2018A20075

Centro Universitario México

Autores:

Ana Paula Rubio Vargas

Oscar Mejía Sánchez

Asesor:

Jesús Flores Téllez

Ciencias Fisicomatemáticas y de las Ingenierías

Disciplina: Física

Tipo de Investigación: Documental

Ciudad de México a 16 de Febrero del 2018

ÍNDICE TEMÁTICO

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCION

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

METODOLOGÍA

RESULTADOS

CONCLUSIONES

APARATO CRÍTICO

RESUMEN EJECUTIVO

Planteamiento del problema:

Actualmente se realizado grandes avances en la medicina que son consecuencia de la mayor comprensión de los fenómenos físicos que rigen el funcionamiento del cuerpo humano. Esto ha repercutido en la creación de nuevos instrumentos de diagnóstico y de la comprensión de las patologías que presenta el cuerpo humano. Uno de los sistemas más importantes en el funcionamiento del cuerpo es el sistema de cardiovascular, por lo que es muy importante el conocimiento de las leyes de físicas que explican su funcionamiento. Nuestro proyecto pretende comprender los principios y leyes en física que están involucrados con el sistema cardiovascular.

Objetivos: Realizar una investigación documental acerca de la relación que existe entre la física y el sistema cardiovascular.

Resultados Destacados:

Encontramos que el sistema cardiovascular puede ser explicado por dos ramas de la física que son, la hidráulica y el electromagnetismo. En el caso de la circulación de la sangre a través de las arterias y venas se abarcan los conceptos de ecuación de continuidad, flujo, viscosidad, número de Reynolds, Teorema de Bernoulli entre otros, y en el caso del funcionamiento del corazón tenemos una relación con los estímulos eléctricos que producen la contracción del corazón y que genera la presión hidrostática necesaria para impulsar la sangre.

Conclusiones: Comprobamos la relación que existe entre los principios físicos anteriormente mencionados y el funcionamiento del sistema cardiovascular, por lo que se cumplió nuestra predicción de que el sistema cardiovascular funciona como un sistema mecánico.

Hallazgos: El funcionamiento del sistema cardiovascular se rige mediante leyes físicas y principios, tales como el de Bernoulli, la ecuación de Poiseuille, la ecuación de Reynolds, entre otras que rigen el comportamiento de los fluidos.

INTRODUCCIÓN:

El sistema cardiovascular es el encargado de transportar y purificar la sangre, que es el líquido fundamental para que el ser humano pueda llevar a cabo actividades como la respiración, digestión, entre muchas otras que se hacen voluntaria o involuntariamente de forma cotidiana. Éste sistema está compuesto por el corazón que, al funcionar como una bomba pulsátil, es el encargado de impulsar cíclicamente la sangre al todo el cuerpo, mediante los procesos de contracción y relajación del miocardio, éstos procesos son conocidos como sístole y diástole. La sangre es transportada por todo el cuerpo mediante el corazón, cuando la sangre cumple con un período del ciclo, pasa por diferentes órganos que la desintoxican, en el caso del páncreas; y en el caso de los pulmones la oxigenan.

En éste proyecto, buscamos realizar una simulación del sistema cardiovascular, ya que, al ser uno de los más complejos puede resultar confuso tanto para los alumnos de nivel medio superior, como nivel universitario comprender a la perfección, como es que éste lleva a cabo la transportación, transformación y general los procesos cardiovasculares. Igualmente, en la rama de la física, buscamos explicar los fenómenos relacionados con éste sistema, ya que las venas y las arterias, al funcionar como un sistema de tuberías conllevan a la aplicación de muchos principios físicos, como el principio de Bernoulli y Torricelli. El corazón, para poder bombear la sangre recibe impulsos eléctricos que provienen del nodo sinusal que se encuentra del lado derecho del corazón.

MARCO TEÓRICO:

El aparato circulatorio contempla el movimiento de fluidos que están regidos por principios y leyes de la hidrodinámica, entre los que podemos considerar como básicos, son el principio de Bernoulli, la ecuación de continuidad, la ecuación de Poiseville y el número de Reynolds.

Principio de Bernoulli:

Ecuación de Continuidad: Es la expresión del principio de conservación de la masa líquida, el flujo de masa que pasa a través de una superficie cerrada S debe ser igual a la disminución, por unidad de tiempo, de la masa de fluido contenido en su interior.

$$\oint_S \rho \vec{v} \cdot d\vec{S} = -\frac{d}{dt} \int_V \rho dV$$

Ecuación de Poiseuille

Número de Reynolds: Es quizá uno de los números adimensionales más utilizados. Un número adimensional es aquel que no tiene unidades físicas que lo definan, y por lo tanto es un número puro. La importancia radica en que nos habla del régimen con que fluye un fluido, lo que es fundamental para el estudio del mismo, ya que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye y está dado por:

$$\Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds

D = Diámetro del ducto [L]

v = Velocidad promedio del líquido

ρ = Densidad del líquido

μ = Viscosidad del líquido

La biomecánica es la ciencia que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica a las estructuras y los órganos de los seres vivos.

La Hemodinámica es la parte de la Biomecánica que se encarga del estudio del flujo sanguíneo en el sistema circulatorio, basándose en los principios físicos de la dinámica de fluidos. Estudia el movimiento de la sangre (campos de velocidades y presiones) y las fuerzas que genera el flujo en los elementos con los que interactúa (vasos sanguíneos, corazón).

y los vasos sanguíneos y se encarga de dar un suministro continuo de oxígeno y nutrientes a todos los órganos y tejidos del cuerpo. El corazón es un órgano muscular hueco que actúa en el organismo como una bomba que aspira hacia las aurículas la sangre que circula por las venas y la impulsa desde los ventrículos hacia las arterias. Los vasos sanguíneos son las arterias, los capilares y las venas. Las venas transportan sangre a más baja presión que las arterias y tienen en su interior válvulas para asegurar que la sangre vaya hacia el corazón, impidiendo que retroceda.

Circulación mayor o circulación somática o sistémica: El recorrido de la sangre comienza en el ventrículo izquierdo del corazón, con sangre limpia cargada de oxígeno, y se extiende por la arteria aorta y sus ramas arteriales hasta el sistema capilar, llegando a todos los tejidos para realizar el suministro.

Circulación menor o circulación pulmonar o central: es la que se encarga de los gases de desecho y tomar nuevo oxígeno. La sangre pobre en oxígeno parte desde el ventrículo derecho del corazón por la arteria pulmonar que se bifurca en dos troncos, uno para cada pulmón. En los capilares alveolares pulmonares la sangre se oxigena a través de un proceso conocido como hematosis y se reconduce por las cuatro venas pulmonares que llevan la sangre rica en oxígeno a la aurícula izquierda del corazón.

El ciclo cardíaco comprende el período entre el final de una contracción, hasta el final de la siguiente contracción. Tiene como finalidad producir una serie de cambios de presión para que la sangre circule.

Fases del ciclo cardíaco:

1. Fase de llenado: tenemos válvulas sigmoideas aórtica y pulmonar (cerradas), y válvulas auriculoventriculares denominadas tricúspide y mitral (abiertas). Durante esta

fase la sangre pasa desde la aurícula al ventrículo, es el principio de la diástole (relajación de los ventrículos).

2. Fase de contracción isométrica ventricular: en esta fase comienza la sístole (contracción ventricular) va a cerrar las válvulas auriculoventriculares.

3. Fase de expulsión: es la sístole propiamente dicha, en donde hay una contracción ventricular (cerrados) abriéndose las válvulas sigmoideas, existe una salida de sangre a la aorta y a la pulmonar.

4. Fase de relajación ventricular: los ventrículos se relajan, las válvulas sigmoideas se cierran y las válvulas auriculoventriculares se abren. El ciclo completo dura unos 0,8 s (en reposo), por lo que se considerará una frecuencia cardíaca de 1,2 Hz en este estudio.

La presión arterial sistólica corresponde al valor máximo de la tensión arterial en sístole (cuando el corazón se contrae). Se refiere al efecto de presión que ejerce la sangre eyectada del corazón sobre la pared de los vasos.

La sangre es un fluido complejo y resulta imprescindible el uso de fluidos similares para poder llevar a cabo un estudio realista y extraer conclusiones aplicables a la vida real. Sin embargo, no se consigue usar fluidos de la misma complejidad y características de la sangre.

La viscosidad es una medida cuantitativa de la resistencia del fluido al fluir. Determina la velocidad de deformación del fluido cuando se le aplica un esfuerzo cortante. Los fluidos para los que el esfuerzo aplicado es proporcional al gradiente de velocidad se denominan fluidos newtonianos.

La sangre está formada por glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas (en una proporción de un 45% aproximadamente del volumen total) y por plasma, que está fundamentalmente constituido por agua. La sangre es unas cinco veces más viscosa que el agua.

HIDRODINÁMICA: es la parte de la Física que estudia las propiedades y comportamiento de los líquidos en movimiento. Líquido ideal o fluido ideal: es aquel que una vez puesto en movimiento no pierde energía mecánica. No existen fuerzas de rozamiento (no conservativas) que se opongan a su desplazamiento. Líquido real o fluido real: es aquel en el que, al existir fuerzas de rozamiento, la energía mecánica no se conserva pues parte de ella se disipa en forma de calor. Aunque los líquidos no son ideales, el modelo del fluido ideal es una buena aproximación para el estudio del comportamiento mecánico de líquidos en circulación.

Tipos de movimiento de un fluido Régimen laminar Régimen turbulento Laminar: las capas vecinas de fluido se deslizan entre sí suavemente en forma ordenada, siguiendo líneas de corriente que no se mezclan y en las que la velocidad, vector tangente a la trayectoria de cada partícula de líquido, está totalmente determinada. Turbulento: existen remolinos o vórtices, por lo que las líneas de corriente se entrecruzan y la velocidad de cada partícula de fluido no puede ser predicha y de hecho se indetermina. Línea de corriente: trayectoria descrita por las partículas de líquido en movimiento.

Recordemos algunas propiedades aplicables a un fluido en circulación Caudal (C o Q) : volumen de fluido que circula en la unidad de tiempo. $C = V/\Delta t$ Unidades: m^3/s , cm^3/s , ml/min , l/h , etc. Velocidad (v) : longitud recorrida (x) por el fluido circulante en la unidad de tiempo. $v = \Delta x/\Delta t$ Unidades: m/s , cm/s , km/h , etc. Flujo (J): masa o volumen de fluido que atraviesa un área perpendicular a la dirección del movimiento en la unidad de tiempo. $J = m/(s \cdot \Delta t)$ Unidades: $g/(cm^2 \cdot s)$, $kg/(m^2 \cdot s)$ $J = V/(s \cdot \Delta t)$ Unidades: $ml/(cm^2 \cdot s)$, $l/(m^2 \cdot s)$.

En el tubo de flujo esquematizado, toda la masa de fluido que entra a la vena fluida por un extremo sale por el otro extremo, es decir que entre las dos áreas transversales indicadas (s_1 y s_2), no hay acumulación ni salida de masa. En un dado Δt un volumen V de fluido ha atravesado el área s_1 y el mismo volumen ha atravesado el área s_2 . Además, el fluido ha avanzado una longitud $\Delta x_1 = v_1 \cdot \Delta t$ a nivel de s_1 y, a nivel de s_2 , $\Delta x_2 = v_2 \cdot \Delta t$.

Entonces:

$$V = \Delta x_1 \cdot s_1 = v_1 \cdot \Delta t \cdot s_1 = v_2 \cdot \Delta t \cdot s_2 \quad v_1 \cdot s_1 = v_2 \cdot s_2 = \text{cte. (Ec. de continuidad)}$$

En consecuencia, a menor sección transversal mayor es la velocidad del fluido.

$$\text{Se deduce que: } C = v \cdot s \text{ y } J = V \cdot \delta / (s \cdot \Delta t) = C \cdot \delta / s$$

Teorema de Bernoulli: Conservación de la energía mecánica de un fluido en movimiento. El trabajo para introducir un volumen V dentro de la vena fluida viene dado por:

$$W_1 = p_1 \cdot A_1 \cdot \Delta l$$

$$= p_1 \cdot V$$

Dado que el volumen V considerado (izquierda en (a)), ingresa con una velocidad v_1 , el sistema recibe una energía cinética (E_c) dada por:

$$E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

2

En virtud de su posición en el espacio ese volumen V posee una energía potencial gravitatoria (E_p) dada por:

$$E_{p1} = m \cdot g \cdot y_1$$

La energía mecánica total EM que recibe el sistema vena fluida desde el extremo izquierdo (1) es entonces:

$$EM = p_1 \cdot V + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

$$+ m \cdot g \cdot y_1$$

Dado que entre el extremo izquierdo (1) y el derecho (2) no hay acumulación ni salida de fluido y que el fluido es incompresible (δ constante) e ideal (no existe disipación de la energía mecánica por rozamiento), la energía mecánica que ingresa al sistema por la

parte izquierda (1) debe ser igual a la que egresa de la vena fluida por la derecha (2):
 $p_1 \cdot V + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot y_1 = p_2 \cdot V + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot y_2 = \text{cte.}$ Siendo (1) y (2) dos puntos cualesquiera de la vena fluida: $p \cdot V + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot y = \text{cte.}$ o, expresado en presión: $p + \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v^2 + \delta \cdot g \cdot y = \text{cte.}$ (Ec. de Bernoulli) Presión hidrostática (p) o lateral + Presión cinemática (pK) = presión hidrodinámica (pHD) Veamos algunos casos particulares de aplicación del Teorema de Bernoulli

$v_1 = v_2 = 0$ $p_1 + \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v_1^2 + \rho \cdot y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v_2^2 + \rho \cdot y_2$ $p_1 - p_2 = \rho \cdot (y_2 - y_1)$ Teorema general de la hidrostática $y_1 < y_2$ como $y_2 > y_1$ $p_1 > p_2$, o sea que la presión depende de la profundidad. El punto que se encuentra a mayor profundidad (el 1) soporta mayor presión. • • II) Teorema de Torricelli: $s_1 \gg s_2$ $v_2 \gg v_1 \cong 0$, además $p_1 = p_{\text{atm}} = p_2$ por estar ambos en contacto con la atmósfera $y_1 = y_2$ • • $p_{\text{atm}} + \rho \cdot y_1 = p_{\text{atm}} + \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v_2^2 + \rho \cdot y_2$ $\therefore v_2^2 = 2 \cdot \rho \cdot (y_1 - y_2) / \delta = 2 \cdot g \cdot h$ $v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ (T. de Torricelli) es decir que la velocidad de salida desde tanque (v_2) es igual a la que adquiriría un cuerpo en caída libre desde una altura h partiendo del reposo. $A < h < v$.

III) Efecto Venturi: cambio de presión lateral por cambio en la sección de la vena fluida. En la figura se observa que : $A_1 > A_2$ $v_1 < v_2$ (por continuidad) Aplicando el T. de Bernoulli: como $y_1 = y_2$ $p_1 + \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v_1^2 + \delta \cdot g \cdot y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v_2^2 + \delta \cdot g \cdot y_2$ Siendo $v_1 < v_2$ $p_1 > p_2$. Entonces, la presión lateral aumenta cuando se ensancha el cauce (Ej. aneurismas).

Existen fuerzas de rozamiento entre distintas capas de fluido y entre fluido y cauce que se oponen al movimiento. En los fluidos reales, no se conserva la energía mecánica del fluido en movimiento ya que parte de ella se disipa en forma de calor. La fuerza de rozamiento (F_r) entre capas contiguas de fluido es proporcional al área (A) de contacto entre capas y al gradiente de velocidad ($\Delta v / \Delta x$). $F_r = \eta \cdot A \cdot \Delta v / \Delta x$ donde η : coeficiente de viscosidad Unidades de η : dina·s/cm² = poise Pa·s = N·s/m² A mayor η mayor es la fuerza de rozamiento y el fluido tiene mayor resistencia a fluir. Para el agua $\eta = 0,01$ p, mientras que para la sangre entera es de alrededor de 4,1 cp.

En un fluido ideal, al no existir fuerzas de rozamiento, en cualquier sección transversal de la vena fluida la velocidad de cada capa de fluido es la misma (a), aún cuando puede

ser distinta a la velocidad en otra sección de diferente área. En un fluido real, en cambio, se establece un perfil de velocidades que, para el caso de un tubo cilíndrico, es parabólico (b). Para fluidos reales es aplicable la ecuación de continuidad pero en vez de una velocidad única (pues no la hay) se tiene en cuenta la velocidad media o promedio.

Según el Teorema de Bernoulli, un fluido que circula en régimen laminar por una tubería horizontal ($y_1 = y_2$) de sección constante ($v_1 = v_2$) no debe variar su presión: $p_1 + \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v_1^2 + \rho \cdot y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v_2^2 + \rho \cdot y_2$ En un fluido real, sin embargo, se observa un descenso de la presión a medida que el fluido circula.

Para un fluido real que circula por un cauce cilíndrico en régimen laminar, por integración del perfil de velocidad se obtiene una expresión que relaciona la caída de presión (ΔP) con el caudal (C), la longitud (L) entre dos puntos del recorrido, propiedades geométricas del cauce y la viscosidad (propiedad del fluido real circulante):

$$\Delta P = \frac{8 \cdot \eta \cdot L \cdot \pi \cdot r^4}{C}$$
 Ec. de Poiseuille $\Delta P = \frac{8 \cdot \eta \cdot L \cdot \pi \cdot C}{R}$ donde R: resistencia a la circulación $\Delta P = C \cdot R$ "Ley de Ohm" para la circulación

La resistencia a la circulación de un líquido es entonces el cociente entre la diferencia de presión entre dos puntos cualesquiera de una tubería y el caudal: $R = \Delta P / C$
 Unidades: poise/cm³ (c.g.s), UR (unidades de resistencia) cuando la P se expresa en mmHg y el C en ml/s \equiv cm³/s

Para un dado caudal, a mayor resistencia mayor es la caída en la presión La resistencia se incrementa con:
 El incremento en la longitud (L) El incremento de la viscosidad (η)
 La disminución en la sección (s)

La ecuación de Poiseuille es aplicable para fluidos reales (con viscosidad), circulando por cauces cilíndricos rígidos, en régimen laminar y en los que la viscosidad se mantenga constante e independiente de la velocidad del fluido (Fluidos Newtonianos).

Relaciones

Caudal-Presión para tubos rígidos C C C Dos fluidos con distinta viscosidad ($\eta_A < \eta_B$)
 Cuando un líquido homogéneo circula por tubos rígidos, la relación entre C y ΔP es lineal y para cualquier ΔP hay flujo de líquido.

La determinación se basa en la Ec. de Poiseuille $C = \frac{V}{t} = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot L}$
 ΔP es la diferencia de presiones entre los dos extremos del tubo de longitud L. Se puede determinar la viscosidad relativa de un líquido respecto a otro cuya viscosidad se conozca, haciendo escurrir en el viscosímetro el mismo volumen V para cada uno de los líquidos, y midiendo los tiempos de escurrimiento t, entonces: $\frac{\Delta P_1 \cdot \pi \cdot r^4 \cdot t_1}{\Delta P_2 \cdot \pi \cdot r^4 \cdot t_2} = \frac{\eta_2}{\eta_1}$ Dado que la fuerza de gravedad es la que impulsa la circulación del fluido el ΔP es proporcional a la del δ o al ρ del líquido, en consecuencia: $\rho_2 \cdot t_1 \cdot \eta_2 = \rho_1 \cdot t_2 \cdot \eta_1$

Es un valor (un número adimensional) que permite deducir el carácter laminar o turbulento del régimen de circulación de un líquido por un tubo recto de sección circular uniforme: $NR = \frac{v \cdot \delta \cdot r}{\eta}$ Si las propiedades incluidas en el NR son expresadas en unidades del sistema c.g.s., el criterio para decidir si el régimen de circulación es laminar o turbulento es: $NR < 1000$ régimen laminar $NR > 1000$ régimen turbulento $NR = 1000$ régimen laminar crítico

Aplicación de la mecánica de fluidos a la circulación sanguínea Desde el punto de vista físico la sangre es un fluido real que circula a través de una serie de tuberías (vasos sanguíneos) en un circuito cerrado (sistema circulatorio). La sangre es impulsada a través de los vasos sanguíneos por una bomba pulsátil: el corazón

Sistema Circulatorio 1. Órgano de bombeo: el corazón 2. Vasos que conducen y distribuyen la sangre: arterias y arteriolas 3. Lugar donde se realiza el intercambio: los capilares 4. Los vasos de retorno: vénulas y venas

Los vasos sanguíneos no son tubos rígidos: 1. La presencia de fibras elásticas en las arterias permite que el flujo sanguíneo sea continuo aún cuando el corazón esté en diástole (no eyecta sangre). En cada sístole cardíaca el corazón expulsa el volumen sistólico (70-80 cm³) contra una presión media de aproximadamente 100 mm Hg en la raíz de de la aorta (circuito sistémico) y de unos 16 mm Hg en la arteria pulmonar

(circuito pulmonar). Ese volumen introducido en los vasos arteriales estira las fibras elásticas, que almacenan energía mecánica en forma de energía potencial elástica, la que es devuelta a la circulación cuando el corazón está en diástole. En situaciones patológicas (rigidez de los vasos arteriales) el flujo sanguíneo se hace intermitente.

La relación Caudal-Presión no es lineal como en los tubos rígidos. Si el ΔP entre los extremos de un vaso es insuficiente, no se logra circulación. Esto ocurre en vasos de poco calibre particularmente arteriolas y capilares. Cuando la presión que ejerce la sangre desde adentro del vaso es menor que la presión externa (que ejercen los tejidos sobre el vaso más la tensión de la pared vascular) el vaso colapsa. Es necesario un ΔP mínimo para lograr la circulación. La presión a la cual cesa el flujo se llama presión crítica de cierre. Esta varía con los cambios en el tono vasomotor.

La viscosidad de la sangre entera está determinada por la concentración de glóbulos rojos presentes y en consecuencia varía con el hematocrito

En vasos de diámetro inferior a 0,2 mm, dependiendo de la ΔP entre sus extremos, la sangre no se comporta como un líquido newtoniano, es decir que la η se hace dependiente de la velocidad de circulación.

Trabajo Cardíaco En cada sístole el corazón introduce, tanto en el circuito sistémico o mayor como en circuito pulmonar o menor, unos 70 cm³ de sangre y les entrega energía cinética. El trabajo ejecutado por el ventrículo izquierdo es mucho mayor que el realizado por el ventrículo derecho, pues el primero debe impulsar el volumen sistólico contra una presión mucho mayor (100 mmHg vs 16 mmHg en la raíz de la aorta y en la arteria pulmonar, respectivamente). El trabajo cardíaco es la suma de dos términos: $W = P.V + \frac{1}{2} m. v^2$ El segundo término (energía cinética) es mucho menor que el primero (trabajo contra presión). Como la frecuencia cardíaca es de 70-80 latidos por minuto, tenemos un caudal o flujo sanguíneo de ~ 5 litros / minuto (volumen minuto circulatorio).

En ausencia de patologías (por ej. presencia de ateromas), se puede considerar que la sangre fluye en el circuito sistémico en régimen laminar y sólo es turbulento a nivel de la aorta. A medida que nos alejamos del corazón los vasos (arterias) van dividiéndose

progresivamente, para irrigar los distintos tejidos, hasta el nivel de capilares. Luego, van reuniéndose nuevamente en vasos, cada vez de mayor calibre, hasta llegar a los grandes vasos venosos que ingresan al corazón a nivel de las aurículas.

La actividad del corazón es cíclica y continua. El ciclo cardíaco es el conjunto de acontecimientos eléctricos, hemodinámicas, mecanismos, acústicos y volumétricos que ocurren en las aurículas, ventrículos y grandes vasos, durante las fases de actividad y de reposo del corazón.

El trabajo hecho en cada contracción está dado por $W = p(S) \cdot \Delta v$ donde Δv es el volumen de sangre que entra a la arteria y $P(S)$ es la presión sanguínea media durante el latido, la potencia de salida del ventrículo izquierdo se calcula a partir de la relación $p = W / \Delta t$.

La potencia total, considerando ambos lados del corazón es de 1.21 W a una frecuencia de 80 latidos por minuto durante el reposo.

La actuación del corazón como una bomba, lo es debido a la contracción del músculo cardíaco en respuesta a una estimulación del mismo, por parte del denominado potencial de acción, como consecuencia de las variaciones de la diferencia de potencial eléctrico existente entre la cara interna y externa de la membrana celular. Constituye lo que se conoce como Latido cardíaco.

El nodo SA es el marcapaso cardíaco y su frecuencia de descarga de 104 g/a determina la frecuencia a la que late el corazón. Los impulsos cardíacos generados en el nodo SA inician la contracción mecánica del corazón, y pasan a través del músculo auricular al nodo AV; de este nodo al haz de His; y por el sistema de Purkinje, al músculo ventricular.

Metodología:

1. Desarrollar una investigación con base en los principios físicos que están involucrados en el funcionamiento del sistema cardiovascular, desarrollando los siguientes puntos:

1.1. La sangre es un fluido viscoso, que, al encontrarse dentro de las venas y arterias que funciona como un sistema de tuberías, se rige por diversos fenómenos físicos.

1.2. El electromagnetismo forma una parte fundamental del sistema cardiovascular, ya que este rige la actividad eléctrica que genera los movimientos de sístole y diástole.

2.-Analogía entre el corazón y un sistema de bombeo

2.1 El sistema cardiovascular, funciona como un sistema de bombeo mecánico, en el que el corazón puede considerarse como una bomba pulsátil que, mediante las contracciones llamadas sístole y diástole, distribuye el fluido, en este caso, la sangre, a todo el cuerpo mediante un sistema de tuberías que consiste en arterias, venas y capilares.

3. La sangre, se considera como un fluido viscoso, y esta a su vez se encuentra en función del plasma, el flujo que la sangre presenta, para fines prácticos, puede considerarse como laminar, lo que igual puede verse afectado por distintos factores como son algunas enfermedades, tales como altos niveles de colesterol, la estenosis arterial, etc.

RESULTADOS:

Logramos crear una relación entre el sistema cardiovascular y las leyes físicas que rigen las funciones que este lleva a cabo, como mecánica de fluidos, la actividad

eléctrica del corazón, el movimiento de la sangre viendo al sistema como uno de tuberías. Igualmente, iniciamos la construcción de un prototipo que nos ayudará en un futuro, a comprender de una manera más práctica como es que se llevan a cabo los procesos, que pueden llegar a ser muy confusos.

CONCLUSIONES

Comprendimos que el sistema cardiovascular es uno de los más complejos, ya que involucra a todos los órganos, así como su relación con diferentes principios físicos.

Esta investigación nos sirvió para poder hacer una analogía entre un sistema mecánico y el sistema cardiovascular para que al explicarlo tanto a alumnos como a personas interesadas, puedan tener un punto de comparación y llegue a ser un poco más claro.