

Qué es la Bioingeniería?

Es una ciencia relativamente nueva que surge de la fusión de la medicina con la ingeniería
"La Bioingeniería es la aplicación de los conocimientos recabados de una fértil cruzada entre la ciencia ingenieril y la médica, tal que a través de ambas pueden ser plenamente utilizados para el beneficio del hombre"

Biónica: Es la aplicación de los principios de los sistemas biológicos a modelos de ingeniería con el fin de crear dispositivos en beneficio del hombre. **Biología Aplicada:** utilización de los procesos biológicos extendidos a escala industrial para dar lugar a la creación de nuevos productos. **Biomédica:** Es la aplicación de la ingeniería sobre la medicina en base a estudios del cuerpo humano y en la tan importante relación hombre-máquina.

Ingeniería Ambiental: Es el uso de la ingeniería para crear y controlar ambientes óptimos para la vida y el trabajo.

Rol del Ingeniero Biomédico

1. Intervenir en la creación de condiciones de asepsia y seguridad
2. Obtener datos necesarios para el diagnóstico médico
3. apoyo técnico en los tratamientos médicos que requieran instrumental electrónico,
4. Efectuar el control de la calidad y de las condiciones de funcionamiento de todo tipo de prótesis y órtesis.
5. Supervisar y coordinar la reparación, mantenimiento y optimización de los equipos médicos.
6. Asesorar sobre las necesidades y utilización de tecnología médica.
7. Diseñar, proyectar y ejercer la dirección técnica de la producción de tecnología médica, etc.

ANATOMÍA Y FISIOLÓGIA HUMANA

Ciencia que estudia la estructura del cuerpo. E cuerpo contiene cien sistemas de control realimentados que tratan d mantener constante l medio ambiente interno del cuerpo. llamado HOMEOSTASIS, y permite que el cuerpo responda a cambios en su entorno.

Grupos de Células: Células *eucariotas* , característica de los animales, las plantas y los hongos. **Células procaríotas:** característica de las bacterias y las algas azul-verdes.

La célula es la unidad funcional de los seres vivos.

Membrana celular o citoplasmática: • Rodea a toda la célula y mantiene su integridad. • Está compuesta por proteínas y lípidos.

• Es una estructura dinámica.

Organelos celulares : Entre los que permiten la vida de la célula están los ribosomas, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, centriolos y vacuolas.

SISTEMA MUSCULAR El movimiento del cuerpo efectúa por la acción de células llamadas fibras musculares, cuya energía es controlada por el sistema nervioso. se clasifican en: Esqueléticas (o estriadas). Cardiacas. Lisas

Acciones y funciones

Al aplicarse un breve choque eléctrico a un nervio destinado a un músculo, éste responde con una breve contracción. Si se aplican estímulos sucesivos con rapidez, las contracciones pueden sumarse para producir una contracción prolongada (tetania). El modelo de la actividad muscular es controlado por el sistema nervioso central

Métodos para valorar la acción de un músculo: El método anatómico. La palpación. La estimulación eléctrica . La electromiografía. El método clínico.

SISTEMA RESPIRATORIO

Este sistema comprende:

1. Un conducto aerífero formado por la laringe, la tráquea y los bronquios , es la encargada de permitir la entrada de aire a las superficies respiratorias **2.** El órgano esencial de la respiración es el pulmón, rodeado por una membrana serosa, la pleura. Es donde se efectúan los intercambios gaseosos entre el aire del ambiente y la sangre.

Fases de la respiración

• **Inspiración:** Aligeros movimientos que hacen que los pulmones se expandan y el aire entre en ellos mediante el tracto

respiratorio. • **Espiración:** el diafragma sube, presionando los pulmones y haciéndoles expulsar el aire por las vías respiratorias.

FENÓMENOS BIOELÉCTRICOS Y ADQUISICIÓN DE VARIABLES BIOLÓGICAS

Las células nerviosas podían estimular los músculos ocasionando su contracción

Corriente Eléctrica vs Corriente Iónica : Los portadores de carga en medios orgánicos, son iones hidratados cuyo peso y volúmen son enormes comparados con los portadores de carga estudiados en electrónica (electrones y huecos).

Potencial de reposo

La membrana de las células excitables se encuentran polarizadas, en el interior negativo con respecto al exterior. cuando un electrodo se colocaba fuera de la neurona y otro en su interior, se detectaba una diferencia de unos 70 mv. se le llamó,potencial de reposo. Producido por diferencias existentes en la concentración de iones (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Cl, etc).

Potencial de acción

El axón era estimulado se registraba una breve inversión de polaridad, su interior se volvía positivo respecto al exterior. Esta inversión de polaridad se denominó,potencial de acción. se produce si el estímulo es capaz de elevar el potencial intracelular hasta un determinado umbral de disparo U_d y el potencial de acción generado produce presencia del estímulo.

• En las neuronas U_d ≈ -60 mV y en las células musculares U_d ≈ -30 mV.

Propagación de los potenciales de acción

Es el potencial de acción que viaja a lo largo de la membrana a velocidad de algunos milí*seg en los nervios no mielinizados y decenas de metros por segundo en los nervios mielinizados y no se atenúa en su propagación.

La membrana celular La membrana celular es la envoltura de la célula. Tiene el espesor de unos 80 Amstrongs. Está compuesta por proteínas y lípidos: 55% fosfolípidos, 25% colesterol, 4% lípidos y 3% carbohidratos.

Transporte por difusión Cuando las sustancias se mueven en dirección del gradiente químico o eléctrico, no se requiere consumo de energía.

Transporte activo se mueven a través de la membrana de un medio de concentración mayor y utilizan para ello energía química suministrada por el ATP.

El potencial de membrana que se establece al detenerse el flujo neto de iones *G*⁻ se llama potencial de equilibrio y su magnitud puede calcularse por medio de la ecuación de Nernst.

$$U_m = \frac{kT}{zq} \ln \frac{(Cl^-)_e}{(Cl^-)_i}$$

k : Constante de Boltzman = 1.38 x 10⁻²³ J / °K. T : Temperatura absoluta en °K. q : Carga del protón = 1.602 x 10⁻¹⁹ Coulomb. z : Número de cargas y signo = - 1. El subfijo *i* indica la parte interna de la membrana y *e* indica la parte exterior.

Ejemplo Considerando una temperatura T = 310°K, una concentración extracelular de cloro de 125 y concentración intracelular de 9, el potencial de equilibrio es:

$$U_m = -\frac{kT}{q} \ln \frac{(Cl^-)_e}{(Cl^-)_i} = -\frac{(1.38e-23)(310)}{1.6020e-19} \ln(125/9) = -0.0703V$$

$$U_m = -70.3mV.$$

Los mismos resultados se pueden obtener si consideramos la siguiente ecuación similar:

$$U_m = \frac{RT}{zF} \ln \frac{(Cl^-)_e}{(Cl^-)_i}$$

R : Constante universal de los gases ideales = 8.3144 J / °K. T : Temperatura absoluta en °K. F : Carga del protón x N_A = 1.602 x 10⁻¹⁹ Coulomb. z : Número de cargas y signo = - 1. NA : # de moléculas de un mol

ELECTRODOS Y TRANSDUCTORES BIOMÉDICOS

El registro de potenciales eléctricos (intracelulares y extracelulares) se realiza mediante electrodos. es significativo e indispensable para la medición de señales electrocardiográficas (ECG), electroencefalográficas (EEG) , y electromiográficas (EMG).

Las características que debe tener un electrodo son: •

Transforma o convierte corrientes iónicas en corrientes eléctricas (propiedad de transducción). • Esta transformación la debe hacer con mínimas pérdidas. • Debe ser poco invasivo.

Interface Electrodo - Electrolito

Cuando un electrodo se pone en contacto con un electrolito, se produce una distribución de cargas en la interface, dando lugar a una diferencia de potencial entre ambas fases, denominada potencial de equilibrio de la interface (*E_e*).

El potencial de equilibrio (*E_e*) de un determinado electrodo, se mide con respecto a un electrodo de hidrógeno de referencia (*E_o*), **Ejemplo:** el caso donde un electrodo de oro (Au⁺) y otro electrodo de plata (Ag⁺) son sumergidos en una solución electrolítica, la diferencia de potencial entre electrodos será:

$$\begin{aligned} E_{ed} &= E_{e(Au)} - E_{e(Ag)} \\ &= (+1.50volts) - (+0.799volts) \\ &= +0.70voltios \end{aligned}$$

Polarización del electrodo

En el potencial de equilibrio *E_e* no existe corriente eléctrica neta circulando a través de los electrodos y el electrolito. Si una corriente (*I*) circula a través de la interface electrodo - electrolito, provoca un potencial que se superpone al potencial de equilibrio.

Materiales usados en los electrodosEntre los materiales usados en la fabricaci' on de electrodos podemos citar: platino, plata, Ag/AgCl, oro, acero inoxidable, iridio y fibra de carbono, cada uno de ellos con características propias.

Electrodos superficiales Son electrodos que se ponen en contacto con la superficie de la piel.

La influencia de los electrolitos sobre la piel est´ a caracterizada por: • En registros cortos dan resultados satisfactorios. • En registros continuos pueden producir reacciones alergicas, decoloraciones, descamaciones y deterioro (evaporacion o secado). La epidermis tiene la propiedad de presentar alta impedancia, y la dermis baja impedancia. Debido a que la epidermis tiene alta impedancia, se hace dificultoso el registro de potenciales bioelectricos a nivel superficial, por tal motivo se usan pastas o geles denominados electrolitos (que facilitan un cde baja impedancia entre el electrodo y la dermis) para minimizar dicho efecto.

Microelectrodos

Son dispositivos ultrafinos (1% al 10% del diámetro de la célula) que son usados en medición biopotenciales de los niveles celulares (ver figura 3.21). En la practica, el microelectrodo penetra una célula que esta inmersa en un fluido " infinito" (fisiológicamente salino), que esta acompañado de otro electrodo de referencia.

Entre los tipos de microelectrodos: **Microelectrodos metálicos** Son agujas metálicas con puntas muy finas (*d* < 0.5µm) recubiertas de material aislante en toda la superficie, menos en la punta.

Micropipetas Es un tubo capilar de vidrio acabado en una punta muy fina (1% al 10% del diámetro de la célula), relleno de una solución electrolítica

Tipos de electrodos

1. De lamina de metal: Se usan frecuentemente. Se hacen uso de electrolitos para facilitar el contacto. Pueden tener diversas formas: rectangular, redondo, cazoleta.

2. Electrodo flotante: Las interferencias están formadas por el movimiento del electrodo que genera variaciones de carga en la doble capa interface electrodo-electrolito. Para minimizar estas interferencias se usan los electrodos flotantes.

3. Electrodo sin electrolitos ni preparación de piel: En este tipo, contrariamente a los anteriores, no se requiere preparar la piel. Entre estos tipos de electrodos se encuentran los de lamina metálica y los aislados.

SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS:

1. Amplificador de aislamiento y filtros: Prmiten la amplificación de las señales provenientes d los transductores o sensores y filtrarlas adecuadamente, antes de ingresar a etapa demultiplexaje

2. El multiplexor análogo: Actúa como interruptor rotatorio de varias posiciones que periódicamente selecciona una señal de entrada y la en ruta al circuito de muestreo y retención.

3. El amplificador de muestreo y retención: Sigue la señal análoga multiplexada durante un breve instante y memoriza su amplitud instantánea, ignorándola el resto del tiempo. Este proceso se denomina muestreo.

4. El convertidor análogo - digital (ADC): Asigna a cada muestra análoga un código o valor digital equivalente. Este último proceso se denomina cubanización. El muestreo y la cubanización son la esencia de cualquier sistema de adquisición y conversión de datos.

PRINCIPIOS DE MEDICION Y DIAGNOSTICO DE VARIABLES BIOLOGICAS

Electrocardiograma (ECG)

La conducción de los impulsos genera pequeñas corrientes electricas n l corazon, q se propagan por todos los tejidos circundantes, asta la superficie del cuerpo a travs de los liquidos corporales que se comportan como buenos conductores, l cuerpo s un conductor electrico de volumen.

Registro del electrocardiograma

Para registrar el ECG se colocan sobre la piel electrodos, que se conectan al electrocardiografo, con una disposicion apropiada de los circuitos de registro, donde es posible observar los vectores cardiacos desde diferentes puntos.

Deflexiones e intervalos del ECG

La primera onda es *P* producida por la despolarización de las aurículas (debido a la contracción auricular), el complejo *QRS* producto de la despolarización de los ventrículos, el segmento *ST* y la onda *T* corresponde a la repolarización de los ventrículos. La repolarización de las aurículas está incluida en el complejo *QRS*. Algunas veces se representa la onda *U* y se cree que se debe a la repolarización lenta de los músculos papilares. Se denomina el intervalo *PR* desde el inicio de a onda *P* al comienzo del complejo *QRS* cualquiera sea su deflexión. En el adulto su valor normal esta entre 120 a 200 mseg. Se acortan cuando aumenta la frecuencia cardiaca de 0.18 segundos, a una frecuencia de 70 lats/min, a 0.14 seg a una frecuencia de 130 lat/min o pulsos por min (130 PPM). El complejo *QRS* en adultos tiene una duración normal que está entre 60 a 100 mseg.

ANORMALIDADES en la inicialización del impulso eléctrico: La Bradicardia, ritmo cardiaco más lento (*fr* < 60PPM). · La Taquicardia, ritmo cardiaco más rápido(*f* > 100PPM).

En ECG las amplitudes, polaridades y tiempo dependen de la localización de los electrodos (o derivaciones). Las localizaciones estándar son:

• Brazo derecho e izquierdo cerca de las muñecas. · Pierna izquierda cerca del tobillo. · Varios puntos del pecho (precordiales). · Electrodo de referencia o masa en la pierna derecha cerca del tobillo.

DERIVACIONES BIPOLARES **1. Derivacion BR** o izq (LA)(+) · Bra der(RA)(-) **2. Derivacion Pier** izq(LL)(+) · Bra der(RA)(-)·3. **Derivacion Pier** izq (LL)(-) · Braz izqu (LA)(-) **DERIVACIONES UNIPOLARES** **1. Derivacion VL:** Entre el bra izq y el electrodo indiferente.**2. Derivacion VR:** Entre el bra der y el electrodo indiferente.**3. Derivacion VF:** Entre la pier izq y el electrodo indiferente.

Principios de electroencefalografía

es el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por el cerebro y obtenidos por medio de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo. El (EEG) es el registro de la actividad eléctrica de las neuronas del encefalo.

Ondas Cerebrales

El cerebro formada por mas de cien mil millones de neuronas, es una fuente de senales electricas ,es decir el estado fisico, emocional y/o s´iquico de las personas. Estas senales de baja frecuencia se denominan colectivamente **ondas cerebrales**.

Captacion de senales electroencefalograficas: puede captarse siguiendo cualquiera de los siguientes procedimientos: Sobre el cuero cabelludo · En la base del craneo · En cerebro expuesto. · En localizaciones cerebrales profundas.

Ultrasonido medico:Uno de los m´etodos de diagnostico por imagenes es el ultrasonido, alcanzando un lugar solido entre la variedad de metodos para obtener imágenes del cuerpo. Los ultrasonidos vienen a ser ondas ac´usticas con frecuencias por encima de frecuencias audibles por el ser humano, desde aproximadamente 20 KHz hasta varios cientos de megahertz.

Bases Fisicas Dos aspectos físicos comunes a todo tipo de ondas: · Los fenómenos de transmision, absorcion y reflexión.(en contraposición con las ondas electromagnéticas, las ondas sonoras (que no son mas que ondas acústicas con frecuencias superiores las audibles) necesitan de un medio material para propagarse.) · El efecto Doppler.(las ondas reflejadas por cuerpos en movimiento adquieren un corrimiento de su frecuencia en una cantidad proporcional a la velocidad del objeto)

PROBLEMAS COMUNES CON LA SEÑAL ECG

Distorsión de la frecuencia

Ocurre cuando el ECG no cumple con los estándares de respuesta en frecuencia **Distorsión por saturación** producida por:

- Voltajes de offset altos en los electrodos.
- Amplificadores ajustados inadecuadamente.

En electrocardiografía clínica se trabaja con 12 derivaciones, que vienen a ser: • 3 derivaciones de las extremidades bipolares estándar (1a, 2a y 3a derivación). • 3 derivaciones unipolares aumentadas (derivaciones aVL, aVR y aVF). • 6 derivaciones en el pecho con respecto a un terminal central denominadas derivaciones precordiales (V1, V2, V3, V4, V5 y V6)

Requisitos de un electrocardiógrafo

Rango de entrada: 0.5 - 4 mv. • **Impedancia de entrada:**entre un electrodo terminal y tierra no debe ser menor de **5 MΩ**. **Ganancia:** Deben existir tres posiciones fijas de ganancia: 5, 10 y 20 mm/mv.

• **Respuesta a la frecuencia:** plana dentro de ± 0.5 db en el rango de frec. comprendido entre 0.14 y 25 Hz. • **Calibración:** volt. de estandarización de 1 mV **Salida:** La impedancia de salida debe ser menor de 100 Ω. La escala total a la salida debe ser $\pm 1V$.

DISEÑO DE UNA INTERFAZ DE MONITOREO

Encefalograma(EEG)

Tipos de Registros: Registro monopolar un electrodo activo y uno de referencia. **Registro Bipolar:** Diseño de montajes para registro del EEG: • Registrar como mínimo 8 canales.

- Utilizar el sistema diez-veinte para colocación de electrodos.
- Cada sesión rutinaria de registro EEG debe incluir como mínimo un montaje de los tres tipos principales: referencial, longitudinal bipolar y transversal bipolar.

Volumen, Flujo y Presión descripción cuantitativa de la circulación. Volumen: V

Flujo: Q (volumen de sangre bombeada/unidad de tiempo) Presión: P (Fuerza/unidad de area), es la presión con respecto a la presión atmosférica.

La salida cardíaca producto del volumen de sangre bombeado por latido y el ritmo del corazón (número de latidos por unidad de tiempo). Valores típicos son: · Volumen por latido = $70 \text{ cm}^3/\text{latido}$ = 0.070 litros/latido; · Ritmo cardíaco = 80 latidos/minuto; · Salida cardíaca = 5.6 litros/minuto.

Aurícula: débil bomba cebadora del ventrículo.

Ventrículo: bomba propulsora. Proporciona la principal fuerza que propulsa la sangre a través de los pulmones o por la circulación periférica.

Diástole. Considerar, por ejemplo, el lado izquierdo del corazón.

El ventrículo izquierdo es equipado con una válvula de afluencia (mitral) y una válvula de salida (aórtica) $P1 = Psv = 5 \text{ mmHg}$.

Sístole. Cuando el ventrículo se contrae (sístole), la válvula de afluencia se cierra y la válvula de salida se abre. el ventrículo izquierdo activa el bombeo de sangre en el árbol arterial sistémico, $P2 = Psa = 100 \text{ mmHg}$.

• **El volumen máximo** activado por el ventrículo (al final del diástole) es dado

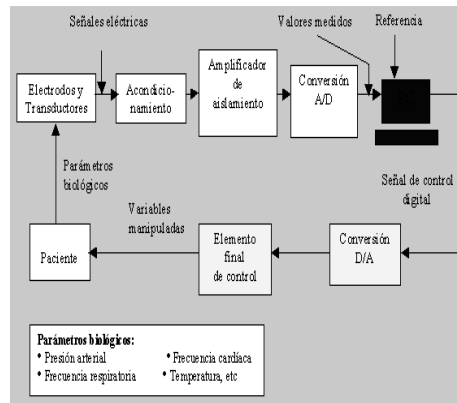
$$V_{ED} = V_d + C_{diastole} P_v$$

• **El volumen mínimo (activado al final del sístole) es dado por:**

P_a : es la presión en las arteri $V_{ES} = V_d + C_{sistole} P_a$; es la presión en las venas.

Fibrilación es otro problema importante que afecta al corazón. es el latido descontrolado de distintas partes del corazón. La fibrilación ventricular es una arritmia fatal del corazón, en la cual la víctima morirá en minutos si no se corrige el problema. La fibrilación auricular es menos seria porque los ventrículos se encuentran todavía bombeando. Sin embargo, puede acarrear problemas mayores si no es corregida.

Estrategias de Control de Variables Biológicas



El Corazón y el Sistema Circulatorio

Plan de la Circulación

La función del corazón es el bombeo de sangre. La sangre transporta oxígeno (O_2) desde los pulmones hasta los diversos tejidos del cuerpo, y transporta el dióxido de carbono (CO_2) desde esos tejidos hacia los pulmones.

Por supuesto, esas circulaciones parciales no son realmente de lazo cerrado, ya que no fluye sangre directamente desde un lado del corazón hacia el otro