

# **CONTROL MUSCULAR DEL MOVIMIENTO:**

## **Estructura y Función de los Músculos Esqueléticos**

*Prof. Edgar Lopategui Corsino*  
*M.A., Fisiología del Ejercicio*

# EL SISTEMA MUSCULAR:

---

## ***Tipos de Músculos en el Cuerpo***

- **Lisos o involuntarios**
- **Cardíaco**
- **Esquelético, voluntarios o Estriados**

# EL SISTEMA MUSCULAR:

## TIPOS DE MÚSCULOS

---

### *Músculos Lisos o Involuntarios*

#### \* Características \*

- No están directamente bajo nuestro control consciente
- Son componentes estructurales de las paredes en los:
  - *Vasos sanguíneos*
  - *Órganos internos*

# EL SISTEMA MUSCULAR:

## TIPOS DE MÚSCULOS

---

### *Músculo Cardíaco*

#### \* Características \*

- Representa el músculo del corazón (miocardio)
- No se halla bajo control consciente (es involuntario):
  - *Posee un autocontrol:*
    - » Nervioso
    - » Endocrino

# EL SISTEMA MUSCULAR:

## TIPOS DE MÚSCULOS

---

### *Músculos Esquelético o Voluntarios*

#### \* Características \*

- Control Consciente (voluntarios):
  - Sirven de locomoción:  
*Unen y mueven el esqueleto*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Básica*

\* Tejidos Conectivos \*

- **Epimisio (Aponeurosis)**
- **Perimisio**
- **Endomisio**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Básica*

### \* Tejidos Conectivos \*

- **Epimisio:**
  - *Tejido conectivo externo que recubre todo el músculo*
  - *Rodea todo el músculo, manteniéndolo unido*
  - *Envuelve a todos los fascículos del músculo esquelético*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Básica*

### **\* Tejidos Conectivos \***

- **Perimisio:**

- ▶ *Tejido conectivo intermedio que recubre los fascículos*
- ▶ *Rodea a cada fascículos, manteniéndolos unidos*
- ▶ *Forma una vaina de tejido conectivo, lo que hace crear a los fascículos*



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Básica*

### \* Tejidos Conectivos \*

- **Endomisio:**

- *Tejido conectivo interno que recubre las fibras o células musculoesqueléticas*
- *Rodea a cada fibra muscular, manteniéndolas unidas*
- *Forma una vaina de tejido conectivo, lo que hace crear a las fibras del músculo*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Básica*

### \* Componentes \*

- **Fascículo:**
  - ▶ *Pequeños haces de fibras envueltos por una vaina de tejido conectivo, el perimisio*
- **Fibras (células) musculares:**
  - ▶ *Representan las células individuales de los músculos esqueléticos*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### \* La Fibra/Célula Muscular \*

- **Diámetro:**
  - *Entre 10 y 80 micrones ( $\mu m$ )*
- **Longitud::**
  - *La misma que el músculo a que pertenece*
  - *Puede tener más de 35 cm de larga*
- **Número de Fibras por cada músculo:**
  - **Varía, depende de:**
    - » *Tamaño y función del músculo*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Microscópica*

### \* La Fibra/Célula Muscular \*

- **Sarcolema:**
  - *Membrana de plasma que rodea cada fibra muscular*
- **Extremo de cada fibra muscular:**
  - *Su sarcolema se funde con el tendón*
  - *El tendón se inserta en el hueso*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Microscópica*

### \* La Fibra/Célula Muscular \*

- **El tendón:**
  - *Cuerdas fibrosas de tejido conectivo que transmiten la fuerza generada por las fibras musculares a los huesos, produciendo el movimiento*
  - *Formación: Unión final de todos los tejidos conectivos (epimisio, perimisio, endomisio)*
  - *Implicación: Cada fibra muscular individual está unida al hueso a través del tendón*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### \* La Fibra/Célula Muscular \*

- **Sarcoplasma:**

- ▶ *Parte líquida (gelatinosa) de las fibras musculares*
- ▶ *Llena los espacios existentes entre las miofibrillas*
- ▶ *Equivale al citoplasma de una célula común*
- ▶ *Constituyentes:*  
*Los organelos celulares, glucógeno, proteínas, grasas, minerales, mioglobina, entre otros*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### \* La Fibra/Célula Muscular \*

- **Sarcoplasma:**

- ▶ *Túbulos Transversales (Túbulos T):*

- » *Extensiones del sarcolema que pasan lateralmente a través de la fibra muscular*
    - » *Se encuentran interconectados - entre miofibrillas*
    - » *Sirven de vía para la transmisión nerviosa (recibido por el sarcolema) hacia las miofibrillas*
    - » *Camino para el transporte de líquidos extracelulares (glucosa, oxígeno, iones, etc.)*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### \* La Fibra/Célula Muscular \*

- **Sarcoplasma:**

- ▶ *Retículo sarcoplasmático:*

- » *Red Longitudinal de túbulos*

- » *Canales membranosos*

- » *Corren parejos a las miofibrillas y dan vueltas alrededor de ellas*

- » **Función:**

- Sirve como depósito para el calcio, el cual es esencial para la contracción muscular*



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### \* La Miofibrilla \*

- **Descripción:**

- ▶ *Largos filamentos que contiene cada fibra musculoesquelética, los cuales representan los elementos contractiles de los músculos esqueléticos*
- ▶ *Las miofibrillas se dividen en sarcómeros*

- **Sarcómero:**

- ▶ *La unidad funcional básica (más pequeña) de una miofibrilla*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### \* La Miofibrilla \*

- **Estriaciones:**

- ▶ **Apariencia rayada:**
  - » *Regiones oscuras se alternan con claras*
- ▶ **Regiones/Bandas Oscuras: Bandas A:**
  - » *Miofibrilla Relajada: Zona H*
- ▶ **Regiones/Bandas Claras: Bandas I:**
  - » *Franja Oscura: Línea Z:*  
*Limítrofes del sarcómero*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### La Miofibrilla: *Estriaciones-Formación del SARCÓMERO*

- **SARCÓMERO:**
  - *Un conjunto de sarcómeros forman una MIOFIBRILLA*
  - *Componentes (entre líneas Z):*
    - » *Banda I (zona clara)*
    - » *Banda A (zona oscura)*
    - » *Zona H (en el medio de la Banda A)*
    - » *El resto de la Banda A*
    - » *Una segunda Banda I*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### *\* La Miofibrilla: Miofilamentos de Proteínas \**

- **Actina:**

- *Filamentos más delgados*
- *3,000 por cada miofibrilla*
- *Representados en la Banda I (clara) y Banda A (oscura)*

- **Miosina:**

- *Filamentos más gruesos*
- *1,500 por cada miofibrilla*
- *Representados en la Banda A (oscura)*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

**\* La Miofibrilla: *Filamentos de MIOSINA* \***

- **Características:**

- ▶ *Ocupa dos tercios de las proteínas de los músculos esqueléticos*
- ▶ **Cada Filamento - Son más gruesos:**  
*Formado por 200 moléculas de miosina*

- **Constituyentes:**

- ▶ *Dos hilos de proteínas enrollados:*
  - » *Cabeza de miosina:*
    - *Extremos de cada hilo*
    - *Forman los puentes cruzados*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### \* La Miofibrilla: *Filamentos de ACTINA* \*

- **Características:**

- ▶ *Contiene uno de los extremos insertados en la línea Z*
- ▶ *Contiene un punto activo para adherirse a la cabeza de la miosina*

- **Constituyentes Moleculares:**

- ▶ *Actina*
- ▶ *Tropomiosina*
- ▶ *Troponina*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Estructura Microscópica*

### \* La Miofibrilla: *Filamentos de ACTINA* \*

- **Molécula de ACTINA:**
  - *Columna vertebral del filamento*
  - *Son globulares - Forman hilos:*
    - » *Dos hilos se enrrollan:*  
**Diseño helicoidal**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Microscópica*

\* La Miofibrilla: *Filamentos de ACTINA* \*

- Molécula de TROPOMIOSINA:
  - *Proteína en forma de tubo*
  - *Se enrolla alrededor de los hilos de actina*



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Microscópica*

**\* La Miofibrilla: *Filamentos de ACTINA* \***

- **Molécula de TROPONINA:**
  - ▶ *Proteína compleja*
  - ▶ *Se une a intervalos regulares a los dos hilos de actina y a la tropomiosina*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Estructura Microscópica*

### \* La Miofibrilla: *Filamentos de ACTINA* \*

- **Tropomiosina y Troponina:**
  - *Funcion en la Acción Muscular:*
    - o Actúan acopladas, junto a los iones de calcio:
      - » ***El objetivo es:***
        - *Mantener la relajación muscular*
        - *Iniciar la contracción*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

### **\* Unión/Sinapsis Neuromuscular \***

- **Inervación de cada fibra muscular:**
  - *Un nervio motor*
  - *Contacto: Porción media de la fibra*
- **Unidad motora:**
  - *Un solo nervio o neurona motora que inerva a un grupo de fibras musculares*
- **Unión neuromuscular:**
  - *La sinapsis entre un nervio motor y una fibra muscular*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

**\* Impulso Motor \***

- **Impulso Nervioso:**

- ▶ Llega a las terminaciones del nervio (axones terminales): Cerca del sarcolema
- ▶ Secretan acetilcolina (Ach): Se une a los receptores en el sarcoplasma
- ▶ Transmisión de carga eléctrica:
  - » **Genera un: Potencial de acción:**
    - Depolarización de la membrana de la fibra:  
*Carga eléctrica se transmite a lo largo de toda la fibra/célula muscular*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

### \* Función del Calcio \*

- **Impulso Nervioso:**
  - **Pasa por:**
    - *Túbulos T*
    - *Retículo sarcoplasmático:*
      - » Libera calcio de las reservas en el sarcoplasma
  - **Calcio se une a la Troponina:**
    - *Levanta la Tropomiosina (estaba cubriendo los puntos activos de actina):*  
*Cabezas de miosina se unen a los puntos activos de la actina*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

Secuencia de Acontecimientos: Neurona Motora Estimulada

- Impulso nervioso llega a los axones terminales
- Neurona motora secreta acetilcolina (ACh)
- ACh se fija sobre receptores en el sarcolema
- Genera potencial de acción en fibra muscular
- Libera iones de calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) vía Túbulos:  
*Desde retículo sarcoplasmático hacia el sarcolema*
- $\text{Ca}^{++}$  se une con troponina sobre el filamento de actina
- Separa tropomiosina de los puntos activos en filamento de actina
- Cabezas de miosina se adhieren a puntos activos en el filamento de actina

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

### \* Teoría del Filamento Deslizante \*

- **Puente cruzado de miosina unido a un filamento de actina:**
  - Los dos filamentos se deslizan uno a lo largo del otro:
    - Brazo del puente cruzado y la cabeza de la miosina: Atracción Intermolecular:
      - » **Ataque de fuerza:**
        - La cabeza se inclina hacia el brazo y tira de los filamentos de actina y miosina en direcciones opuestas
        - Se repite el proceso en otro punto activo

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

### \* Teoría del Filamento Deslizante \*

- Cabeza de la miosina unido a punto activo en el filamento de actina (puente cruzado)
- Cabeza de la miosina se inclina hacia el brazo
- Se arrastra/tira el filamento de actina
- Se separa el punto activo
- Gira hacia su posición original
- Se une a un nuevo punto activo más adelante
- Continúan estas uniones repetidas y ataque de fuerza: *Filamentos se deslizan uno a lo largo del otro (contracción)*
- Proceso continúa hasta que los extremos de la miosina lleguen a las líneas Z
- Filamentos de actina sobresalen la Zona H



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

### \* Energía para la Acción Muscular \*

- **Cabeza de Miosina:**

- Posee un punto de enlace para el ATP:

- *La miosina se enlaza con el ATP para producir la acción muscular:*

- » **ATP - Energía para la Contracción:**

- La cabeza de la miosina posee la enzima ATPase
        - ATPase degrada al ATP para dar ADP, Pi y Energía
        - La energía une la cabeza de la miosina con el filamento de actina

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Acción de las Fibras Musculares*

### **\* Energía para la Acción Muscular \***

- La enzima ATPase se encuentra en la cabeza de la miosina
- ATPase descompone la molécula de ATP
- Productos: *ADP + Pi + Energía Libre/Útil*
- La energía liberada enlaza la cabeza de miosina con el filamento de actina
- Permite la acción muscular

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

### **\* Final de la Acción Muscular \***

- **Agotamiento del calcio:**
  - **Finaliza la acción muscular:**
    - » *Calcio nuevamente bombeado desde el sarcoplasma hacia el retículo sarcoplasmático*
    - » *Calcio se almacena en el retículo sarcoplasmático*
    - » *Troponina y tropomiosina se desactivan:*
      - **Se bloquea el enlace/puntos activos**
      - **Se interrumpe la utilización del ATP**
    - » *Fibra muscular se relaja*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Acción de las Fibras Musculares*

### **\* Final de la Acción Muscular \***

- El calcio se agota
- El calcio es bombeado hacia el retículo sarcoplasmático para su almacenaje
- Son desactivadas la troponina y la tropomiosina
- Se bloquea el enlace de los puentes cruzados de miosina con los filamentos de actina
- Se interrumpe la utilización del ATP
- Filamemntos de miosina y actina regresan a su estado original de reposo/relajación

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio*

### \* Funcionamiento Muscular durante el Ejercicio \*

- **Tolerancia y Velocidad:**
  - ▶ **Determinantes:**
    - La capacidad de los músculos esqueléticos para producir*
      - » *Energía*
      - » *Fuerza*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio*

### \* Tipos de Fibras Musculares \*

- Contracción Lenta (CL) ó “Slow -Twitch” (ST)
- Contracción Rápida (CR) ó “Fast-Twitch” (FT):
  - *Contracción Rápida Tipo a (CRa ó FTa)*
  - *Contracción Rápida Tipo b (CRb ó FTb)*
  - *Contracción Rápida Tipo c (CRc ó FTc)*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio*

### \* Tipos de Fibras Musculares \*

- **Contracción Lenta (CL) ó “Slow -Twitch” (ST):**
  - ▶ *Umbral de estímulo para alcanzar tensión máxima:*  
110 ms
- **Contracción Rápida (CR) ó “Fast-Twitch” (FT):**
  - ▶ *Umbral de estímulo para alcanzar tensión máxima:*  
50 ms

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio*

### \* Tipos de Fibras Musculares \*

- Tipos de Fibras: *Diferencias:* ST, FTa, FTb, FTc:
  - *Frecuencia de activación:*
    - Contracción Lenta (CL ó ST):
      - » *ST: Se activan con mayor frecuencia que FTa*
    - Contracción Rápida (CR ó FT):
      - » *FTa: Se movilizan con mayor frecuencia*
      - » *FTc: Se reclutan con menos frecuencia*



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio*

### \* Tipos de Fibras Musculares \*

- **Tipos de Fibras: *Diferencias:* ST, FTa, FTb, FTc:**
  - *Distribución en los músculos esqueléticos (%):*
    - **Contracción Lenta (CL ó ST):**
      - » *ST: 50% se componen de Fibras ST*
    - **Contracción Rápida (CR ó FT):**
      - » *FTa: 25% se constituyen por fibras FTa*
      - » *FTb: 22-24% formados por fibras FTb*
      - » *FTc: 1-3% se componen de fibras FTc*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Características - ST y FT: Formas de Miosina **ATPasa**

- **Fibras ST: Característica de la Enzima ATPasa:**
  - *Forma Lenta:*
    - **Desdoblamiento del ATP: *Más Lento***
      - » *Implicación:* *Suministro de energía más lento*
- **Fibras FT: Característica de la Enzima ATPase:**
  - *Forma Rápida:*
    - **Desdoblamiento del ATP: *Más Rápido***
      - » *Implicación:* *Suministro de energía más Rápido*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Características - ST y FT: *Retículo Sarcoplasmático*

- **Fibras ST vs. FT:**
  - *Característica del Retículo Sarcoplasmático:*
    - *Fibras FT más Desarrollado que las ST:*
      - » *Implicación:*
        - **Mayor capacidad para liberar calcio:**  
*Esto se traduce en una mayor velocidad de acción (contracción)*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Características - ST y FT: *Unidades Motoras*

- **Unidad Motora ST:**

- *Características:*

- Pequeño cuerpo celular

- # de Fibras musculares inervadas: **10 - 180**

- » *Implicación:* ↓ Fibras Contraen → ↓ Tensión:

- Punto máximo de tensión:

- Alcanzado más lento*

- Fuerza generada:

- Menor que las FT*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Características - ST y FT: *Unidades Motoras*

- **Unidad Motora FT:**

- *Características:*

- Cuerpo celular más grande que las ST

- # de Fibras musculares inervadas: **300 - 800**

- » *Implicación:* ↑ Fibras Contraen → ↑ Tensión:

- Punto máximo de tensión:

- Alcanzado más deprisa*

- Fuerza generada:

- Relativamente mayor que las ST*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

*Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

Características - ST y FT

**Unidades Motoras**

**Unidad Motora ST**

↓ # de Fibras por  
Unidad Motora

↓ # de Fibras que  
se Contraen

↓ Tensión (Fuerza)

**Unidad Motora FT**

↑ # de Fibras por  
Unidad Motora

↑ # de Fibras que  
se Contraen

↑ Tensión (Fuerza)

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Distribución de los Tipos de Fibras: **ST** y **FT**

- **Determinante:**

- ▶ *Tipo de músculo esquelético:*

- » **Extremidades superiores e inferiores:**

- *Composiciones similares de fibras ST y FT*

- » **Excepciones:**

- *Músculo Sóleo:*

- *Distribución de fibras ST y FT:*

- Compuesto casi enteramente por  
fibras ST*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Función durante el Ejercicio: *Fibras ST*

- **Características - *Metabólica* :**

- » *Elevada tolerancia aeróbica (con oxígeno):*

- **Alta capacidad oxidativa (CHO y grasas):**

- *Implicación*: *Mayor eficiencia en la producción de ATP (energía potencial)*

- **Alta tolerancia muscular:**

- *Mecanismo*:

↑ **Oxidación** → ↑ **ATP Fibras ST** → **ST Siguen Activas**



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

*Tipos de Fibras Musculares*

*Fibras ST*

Función durante Ejercicio: Características Metabólicas

↑ Capacidad Oxidativa

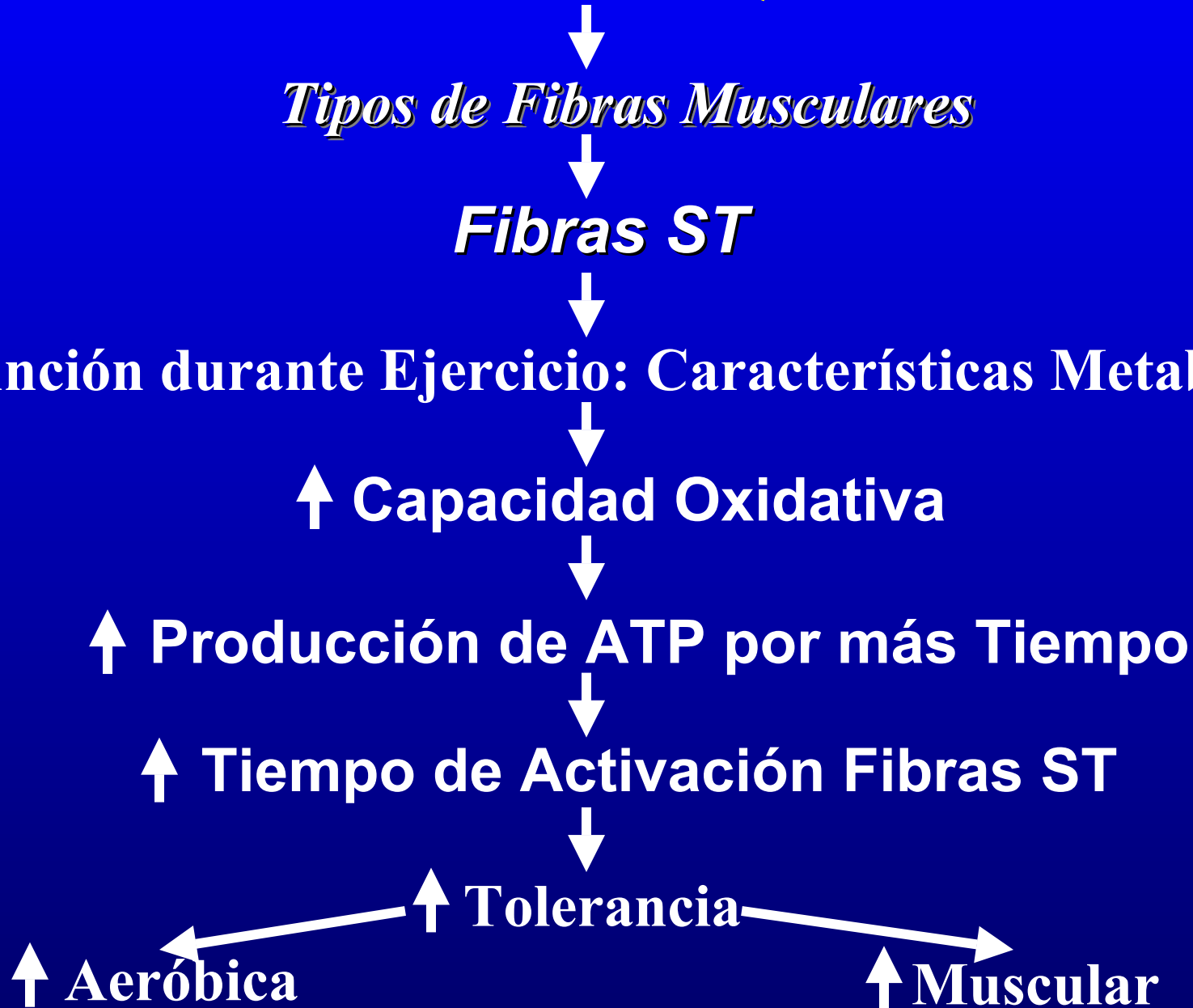
↑ Producción de ATP por más Tiempo

↑ Tiempo de Activación Fibras ST

↑ Tolerancia

↑ Aeróbica

↑ Muscular



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

*Tipos de Fibras Musculares*

*Fibras ST*

↑ Capacidad Oxidativa

Movilización (Activación/Reclutamiento)

Deportes/Ejercicios de  
Alta Capacidad Aeróbica

Ejemplos

Carreas de Maratón

Natación en Canales de Mar

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Función durante el Ejercicio: *Fibras FT*

- **Características - Metabólica :**
  - *Elevada capacidad anaeróbica (sin oxígeno):*
    - » Alta capacidad glucolítica (CHO):
      - Implicación: Menor eficiencia en la producción de ATP (energía potencial):
    - » Alta Velocidad/Fuerza Contractil
  - **Ejemplo - Deportes activadas principalmente:**
    - » Carreras de velocidad (100m a 1.609m)
    - » Eventos de natación (50m a 400m)

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Función durante el Ejercicio: *Fibras FT*

- **Unidades Motoras FTa: *Características:***

- ▶ *Elevada producción de fuerza*
- ▶ *Mayor fatigabilidad*
- ▶ *Deportes activadas principalmente -*

#### *EJEMPLOS:*

- » Carrera de una milla (1.609 m)
- » 400 m en natación

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Función durante el Ejercicio: *Fibras FT*

- **Unidades Motoras FTb: Características:**
  - ▶ *No son activadas con facilidad por el sistema nervioso*
  - ▶ *Deportes activadas principalmente -*  
***Explosivos - EJEMPLOS:***
    - » Carrera de 100 m
    - » 50 m en natación

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Composición/Tipo de Fibra (ST y FT): ***Determinación***

- **Determinación Genética:**

- *Genes heredados:*

- » Determinan los tipos de neuronas motoras que inervarán las fibras individuales

- » Luego de establecido la inervación:

- *Diferenciación/especialización de las fibras musculares: Ocurre según el tipo de neurona que las estimula*

- **Efecto del envejecimiento: *Sarcopenia*:**

- ↓ Fibras FT → ↑ % Fibras ST

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

---

*Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

Movilización: *Ley del Todo o Nada*

**\* DESCRIPCIÓN \***

Una neurona motora o fibra  
muscular responde  
completamente (todo) o no del  
todo (nada) ante un estímulo

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

Movilización: ***Ley del Todo o Nada***

### **\* IMPLICACIONES \***

- Existe un umbral (intensidad mínima) de estimulación para la fibra muscular inervada:
  - ▶ *Estimulación inferior al umbral:*  
*No ocurre la contracción de las fibras inervadas*
  - ▶ *Estimulación igual/sobre el umbral:*  
*Ocurre la contracción de las fibras inervadas*



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

## *Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

### Reclutamiento/Movilización: *Principios*

- **Fuerza/tensión muscular generada:**
  - ▶ *Determinante:*
    - Número de fibras inervadas/activadas por unidad motora:
      - » *Cuando se activan más fibras musculares:*  
*Se produce una mayor fuerza muscular*
      - » *Cuando se activan pocas fibras musculares:*  
*Se genera una menor fuerza muscular*
      - » *Ejemplo: Unidades motoras FT:*
        - Contienen más fibras musculares que las ST
        - **Implicación:** Generan más fuerza muscular

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

*Músculos Esqueléticos y Ejercicio: Tipos de Fibras*

Reclutamiento/Movilización: *Principios*

*Fuerza/Tensión Muscular Generada*

↑ Activación  
Fibras Musculares

↓ Activación  
Fibras Musculares

↑ Tensión (Fuerza)

↓ Tensión (Fuerza)

Ejemplo

↑ # Fibras Musculares Inervadas

↑ # Fibras Musculares Activadas

↑ Tensión (Fuerza)

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

*Acción Muscular Esquelética:* Fibras Musculares

Reclutamiento: *Fibras ST, FTa, y FTb*

- Reclutamiento selectivo de las fibras (ST y FT):
  - *Determinantes:*
    - Nivel de fuerza exigida por el músculo:  
*Demandas musculares de la actividad o deporte en que compite el atleta*
    - Grado de agotamiento de los combustibles metabólicos:
      - » *Glucógeno muscular (factor principal)*
      - » *Ácidos grasos libres (lípidos o grasas)*
      - » *Aminoácidos (proteínas)*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS



*Tipos de Fibras Musculares*



*Reclutamiento de las Fibras Musculares*



Acción Muscular Esquelética



Reclutamiento Selectivo de las Fibras (ST y FT)



Determinates



Nivel de Fuerza Exigida  
por el Músculo  
(Demandas Musculares  
de la Actividad/Deporte)



Grado de Agotamiento  
de los Combustibles  
Metabólicos  
(Principal: Glucógeno)

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Acción Muscular Esquelética:* Fibras Musculares

Reclutamiento Selectivo: *Fibras ST, FTa, y FTb*

- Estimulación Nerviosa:
  - *Todas las fibras de una unidad motora se activan simultáneamente*
  - *Los distintos tipos de fibras musculares se reclutan por fases:*
    - Determinantes:
      - » *Naturaleza de la actividad/deporte*
      - » *Nivel de agotamiento de combustibles*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Acción Muscular Esquelética: Fibras Musculares*

### Reclutamiento: *Fibras ST, FTa, y FTb*

- **Reclutamiento selectivo de las fibras (ST y FT):**
  - *Orden/prioridad de Movilización:*
    - 1) **Fibras de contracción lenta (ST):**  
*Son las primeras reclutadas*
    - 2) **Fibras de contracción rápida tipo a (FTa):**  
*Le siguen a las de contracción lenta*
    - 3) **Fibras de contracción rápida tipo b (FTb):**  
*Son las últimas en ser activadas*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Acción Muscular Esquelética: Fibras Musculares*

### Reclutamiento Selectivo: *Fibras ST, FTa, y FTb*

- **Determinante - Naturaleza del Ejercicio:**
  - *Ejercicios de baja intensidad (e.g., caminar):*
    - » Activación/fuerza principal por fibras ST
  - *Ejercicios a mayores intensidades (e.g., trotar):*
    - » Activación/fuerza generada por:  
*Fibras ST y FTa*
  - *Competencias de fuerza máxima (de velocidad):*
    - » Activación/fuerza generada por:  
*Fibras ST, FTa y FTb*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

↓  
*Acción Muscular Esquelética: Fibras Musculares*

↓  
**Reclutamiento Selectivo: *Fibras ST, FTa, y FTb***

↓  
**Ejercicios de  
Baja Intensidad  
(e.g., Correr)**

↓  
**Activación  
Fibras ST**

↓  
**Ejercicios a  
Mayores  
Intensidades  
(e.g., Trotar)**

↓  
**Fibras Activadas**  
↓   ↓  
**ST   FTa**

↓  
**Competencias  
que Requieren  
Fuerza Máxima  
(e.g., Carreras de  
Velocidad)**

↓  
**Fibras Activadas**  
↓   ↓   ↓  
**ST   FTa   FTb**



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

*Acción Muscular Esquelética:* **Fibras Musculares**

Reclutamiento de Fibras: *Cualquier Intensidad*

- **El sistema nervioso:**

- ▶ *No activa el 100% de las fibras disponibles (solo una fracción son movilizadas):*

- » **Función/ventaja:**

- Prevención de lesiones musculares y tendinosas*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Fibras Musculares: Reclutamiento Selectivo*

Ejercicios de Tolerancia/Prolongados (Varias Horas):  
*Submáximo (Baja Intensidad)*

- Tensión muscular generada: *Relativamente baja*
- Fibras musculares activadas por Sist. Nervioso:
  - *Fibras ST y Algunas fibras FTa*
- La Competencia de tolerancia continúa:
  - *Agotamiento del glucógeno en las fibras ST:*
    - » Fibras activadas/reclutadas: *Fibras FTa*
  - *Agotamiento del glucógeno en fibras FTa:*
    - » Fibras activadas/reclutadas: *Fibras FTb*
  - *Ritmo del ejercicio puede mantenerse*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

*Fibras Musculares:* **Reclutamiento Selectivo**

Ejercicios de Tolerancia: *Submáximo (Baja Intensidad)*  
(Tensión Muscular Desarrollada: *Relativamente Baja*)

**Reclutamiento  
Inicial)**

**↓  
ST**

**↓  
FTa**

**Agotamiento  
Glucógeno  
Fibras ST**

**↓  
Fibras Activadas**

**↓  
FTa**

**Agotamiento  
Glucógeno  
Fibras FTa**

**↓  
Fibras Activadas**

**↓  
FTb**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Fibras Musculares: Reclutamiento Selectivo*

Ejercicios de Tolerancia (Baja Intensidad):  
*Orden de Activación/Agotamiento Fibras: ST, FTa, FTb*

- **Resultado/Consecuencia:**

- ▶ **Fatiga muscular por etapas - Implicaciones:**

- » *Carrera de Maratón (42.139 km ó 26. 2 millas):*

- *Fatiga ocurre por etapas*

- *Mantenimiento del ritmo final de la carrera:*

- **Requiere gran esfuerzo consciente:**

- Esto resulta en la activación de las fibras musculares que no son fácilmente movilizables*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Tipos de Fibras Musculares:* Distribución en Atletas

Relación entre:  
*Tipo de Fibra Muscular y Nivel de Éxito Competitivo*

- **Atletas con un alto porcentaje de fibras ST:**
  - ▶ Posible implicación (en teoría):
    - » *Poseen mayor ventaja en competencias de tolerancia/prolongadas*
- **Atletas con un alto porcentaje de Fibras FT:**
  - ▶ Posible implicación (en teoría):
    - » *Se encuentran mejor dotados para ejercicios explosivos/velocidad de corta duración*

# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO**

***Tipos de Fibras Musculares: Distribución en Atletas***

**Relación entre:**  
***Tipo de Fibra Muscular y Nivel de Éxito Competitivo***

**Proporciones de los tipos de Fibras Musculares  
entre Deportistas**

**↑ Fibras ST**

**↑ Probabilidad  
de Éxito en  
Competencias  
de Tolerancia**

**↑ Fibras FT**

**↑ Probabilidad  
de Éxito en  
Competencias  
Explosivas/Breves**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Tipos de Fibras Musculares:* Distribución en Atletas

### Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en: *Atletas Competitivamente Exitosos*

- **Corredores pedestres de larga distancia:**
  - ***Fondistas elite/de alto rendimiento:***
    - **Extremidades inferiores (gastronemio):**
      - » ***Predominio de fibras ST (90 %)***
      - » ***Sección transversal de las fibras ST:***
        - < 22% en comparación con fibras FT**
  - ***Campeones Mundiales del Maratón:***
    - **Extremidades inferiores (gastronemio):**
      - » ***Predominio de fibras ST (93 - 99 %)***

# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO**

↓  
***Tipos de Fibras Musculares: Distribución en Atletas***

↓  
**Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en:  
*Atletas Competitivamente Exitosos***

↓  
**Extremidades Inferiores: *Músculo Gastronemio***

↓  
**Corredores Pedestres de Larga Distancia**

↓  
**Fondistas Elite**

↓  
**Fibras ST  
(90%)**

↓  
**Campeones del Maratón**

↓  
**Fibras ST  
(93-99%)**



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Tipos de Fibras Musculares:* **Distribución en Atletas**

### Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en: *Atletas Competitivamente Exitosos*

- **Corredores pedestres de corta distancia:**
  - ***Velocistas (Dependen de Velocidad/Fuerza):***
    - **Extremidades inferiores (gastronemio):**
      - » ***Predominio de fibras FT (90 %)***
  - ***Velocistas a nivel mundial:***
    - **Extremidades inferiores (gastronemio):**
      - » ***Predominio de fibras FT***
      - » ***25 % de fibras ST***

# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO**

↓  
*Tipos de Fibras Musculares:* **Distribución en Atletas**

↓  
**Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en:  
*Atletas Competitivamente Exitosos***

↓  
**Extremidades Inferiores: *Músculo Gastronemio***

↓  
**Corredores Pedestres de Corta Distancia**

↓  
**Velocistas Elite**

↓  
↑ **Fibras FT**

↓  
**Campeones Mundiales**

↓  
↑ **Fibras FT**

↓  
↓ **Fibras ST  
(25 %)**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Tipos de Fibras Musculares:* Distribución en Atletas

Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en:  
*Atletas Competitivamente Exitosos: Nadadores*

- **Nadadores elite vs. sujetos no entrenados:**
  - » *Extremidades superiores (músculo deltoide posterior):*
    - **Nadadores de alto rendimiento:**
      - *Predominio de fibras ST (60 - 65 %)*
    - **Sujetos no entrenados:**
      - *Menor proporción de fibras ST (40 - 55 %)*
    - **Nadadores buenos vs elite:**
      - *Diferencias proporción tipos de fibras:*  
*No son significativas*

# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO**

***Tipos de Fibras Musculares: Distribución en Atletas***

**Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en:  
*Atletas Competitivamente Exitosos***

**Extremidades Superiores: *Deltoide Posterior***

**Nadadores Elite vs. Sujetos No Entrenados**

**Nadadores Elite**

**↑ Fibras ST  
(60-65%)**

**No Entrenados**

**↓ Fibras ST  
(40-55%)**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO

## *Tipos de Fibras Musculares:* Distribución en Atletas

Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en:  
*Atletas Competitivamente Exitosos: Comparación*

- **Corredores de fondo vs. velocistas:**
  - *Composición de los tipos de fibras musculares entre estos deportistas:*
    - Es notablemente distinta
  - *Prognóstico para el éxito deportivo en estos atletas:*
    - Determinantes:
      - » *Tipos de fibras musculares*
      - » *Función cardiovascular*
      - » *Tamaño muscular*

# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO**



***Tipos de Fibras Musculares: Distribución en Atletas***



**Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en:  
*Atletas Competitivamente Exitosos***



**Corredores de Fondo vs. Velocistas**



**Composición de los Tipos de Fibras Musculares**



**Significativamente Distinta**

# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DURANTE EL EJERCICIO**



***Tipos de Fibras Musculares: Distribución en Atletas***



**Proporciones de los tipos de Fibras Musculares en:  
*Atletas Competitivamente Exitosos***



**Corredores de Fondo vs. Velocistas**



**Prognóstico para el Éxito Deportivo**



**Determinantes**



**Tipos de  
Fibras Musculares**



**Función  
Cardiovascular**



**Tamaño  
Muscular**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

*Utilización de los Músculos: Acción Articular*

### Producción del Movimiento Articular: *Mecanismo*

- **Movimiento articular:**
  - *Unión/inserción del tendón muscular al hueso (palanca ósea):*
    - » Contracción muscular (Aplicación de una Fuerza/Tensión) - *Efecto:*
      - *Halón de la palanca ósea :*  
*Esto se genera el movimiento*



# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS**

*Utilización de los Músculos: Acción Articular*

**Producción del Movimiento Articular**

***Mecanismo***

**Tendón Muscular Adherido al Hueso**

**Durante la Contracción Muscular**

**Músculo Hala el Hueso (Palanca Ósea)**

**Ocurre el Movimiento de la Articulación**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

---

## *Utilización de los Músculos*

### Músculos Esqueléticos: *Descripción General*

- **Cantidad Total:**
  - *215 pares*
- **Varían en cuanto a:**
  - *Tamaño*
  - *Forma*
  - *Utilización*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

**Producción del Movimiento Articular: *Requisito***

***Utilización de los Muscular: Acción Articular***

- El movimiento articular ocurre cuando:
  - *Se aplica una fuerza muscular desde el punto de inserción del tendón al hueso:*
    - Mecanismo/acción coordinada:
      - » *Agonistas o motores primarios*
      - » *Antagonistas*
      - » *Sinergistas*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

Producción del Movimiento Articular: *Requisito*

### *Aplicación de una Fuerza Muscular*

- **Coordinación de los Músculos:**
  - ***Agonistas o motores primarios:***
    - » Principales responsables del movimiento articular
  - ***Antagonistas:***
    - » Acción opuesta (se opone) a los motores principales
  - ***Sinergistas:***
    - » Ayudan a los motores principales

# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:**

## **FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS**

*Producción del Movimiento Articular: Requisito*

**Aplicación de una Fuerza Muscular**  
(Halón de la Palanca Ósea)

**Acción Coordinada de los Músculos Esqueléticos**

**Agonistas o  
Motores Primarios**

Generan el  
Movimiento  
Articular

**Antagonistas**

Acción  
Opuestas al  
Motor  
Primario

**Sinergistas**

Ayudan a  
los Motores  
Principales

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

**Producción del Movimiento Articular: *Requisito***

*Aplicación de una Fuerza Muscular*

- **Acción Coordinación de los Músculos:**
  - ***Agonistas o motores primarios:***
    - Producen la mayor parte de la Fuerza para la generación del movimiento articular:
      - » Halan la palanca ósea

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

Producción del Movimiento Articular: *Requisito*

*Aplicación de una Fuerza Muscular*

- **Acción Coordinada de los Músculos:**
  - *Antagonistas*: *Oponen al Movimiento*
    - **Función Protectora:**
      - » *Impiden el estiramiento excesivo*
      - » *Permite un movimiento más controlado*
      - » *Produce tono muscular*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

Producción del Movimiento Articular: *Requisito*

*Aplicación de una Fuerza Muscular*

- **Acción Coordinada de los Músculos:**
  - *Sinergistas:*
    - » Facilitan la acción de los músculos motores primarios
    - » A veces:
      - *Intervienen en la afinación de la dirección del movimiento*



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

*Función de los Músculos:*  
**Producción del Movimiento**

**Aplicación de una Fuerza Muscular**  
(Halón de la Palanca Ósea)

**Acción Coordinada de los Músculos Esqueléticos**

**Agonistas**

Generación  
Principal de  
la Fuerza  
para el  
Movimiento  
Articular

**Antagonistas**

- Función Protectora:
  - ♦ *Previenen estiramiento excesivo*

**Sinergistas**

Facilitan  
la Acción  
de los  
Músculos  
Motores  
Primarios

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

Producción del Movimiento Articular: *Requisito*

### *Aplicación de una Fuerza Muscular*

- **Coordinación de los Músculos:**
  - **Agonistas, antagonistas y sinergistas:**
  - **Ejemplo: Flexión del codo:**
    - **Agonistas** - Acortamiento de los músculos:
      - » *Braquial anterior*
      - » *Bíceps braquial*
    - **Antagonistas** - Relajación muscular:
      - » *Tríceps braquial*
    - **Sinergistas** - Ayudan a los agonistas:
      - » *Supinador largo (braquiorradial)*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

*Producción del Movimiento Articular: Requisito*

**Aplicación de una Fuerza Muscular**  
(Halón de la Palanca Ósea)

**Acción Coordinada de los Músculos Esqueléticos**

**Agonistas**

**Antagonistas**

**Sinergistas**

**Ejemplo: *Flexión del Codo - Requiere***

**Agonistas  
(Acortamiento):**

- Braquial Anterior
- Bíceps Braquial

**Antagonistas  
(Relajación)**

- Supinador Largo

**Sinergistas  
(Ayudantes)**

- Tríceps Braquial

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

---

**Producción del Movimiento Articular: *Requisito***

*Aplicación de una Fuerza Muscular*

- **Coordinación de los Músculos:**
  - » **Agonistas, antagonistas y sinergistas:**
  - » **Ejemplo: Flexión de la Rodilla:**
    - **Agonistas** - Fuerte contracción:
      - *Isquiotibiales (“hamstrings”)*
    - **Antagonistas** - Leve contracción:
      - *Cuádriceps (anterior al muslo)*

# **LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS**

*Producción del Movimiento Articular: Requisito*

**Aplicación de una Fuerza Muscular**  
(Halón de la Palanca Ósea)

**Acción Coordinada de los Músculos Esqueléticos**

**Agonistas**

**Antagonistas**

**Sinergistas**

**Ejemplo: *Flexión de la Rodilla***

**Agonistas**  
**(Contracción Fuerte):**

- Isquiotibiales  
("Hamstrings")

**Antagonistas**  
**(Contracción Leve)**

- Cuádriceps

# ACCIÓN MUSCULAR

```
graph TD; A[ACCIÓN MUSCULAR] --> B[Dinámica (Isotónica) Concéntrica - Eccéntrica]; A --> C[Isométrica (Estática)]; A --> D[Isocinética (Acomodativa)];
```

**Dinámica  
(Isotónica)**

*Concéntrica - Eccéntrica*

**Isométrica  
(Estática)**

**Isocinética  
(Acomodativa)**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

*Acción Muscular:* **Generación de Tensión**

## **Tipos/Clasificación**

**Concéntrica**

**Acortamiento  
Muscular**

**(Acción Principal de  
los Músculos)**

**Excéntrica**

**Alargamiento  
Muscular**

**Isométrica  
(Estática)**

**No Cambia  
(Invariable)**

*Longitud  
Muscular*

*Ángulo  
Articular*

**Produce Movimiento Articular  
(Acción Dinámica)**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

**Acción Muscular: *Generación de Tensión***

## ***Tipos/Clasificación***

- **Concéntrica:**
  - **Acortamiento muscular -**
    - » Produce movimiento (acción dinámica)
    - » Acción principal de los músculos
- **Excéntrica:**
  - **Alargamiento muscular -**
    - Produce movimiento (acción dinámica)
- **Isométrica (Estática):**
  - **Longitud muscular no cambia -**
    - Ángulo articular invariable



# ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS

```
graph TD; A[ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS] --> B[Formas/Tipos]; B --> C[Dinámico<br/>(Isotónico)]; B --> D[Eccéntrico]; B --> E[Isométrico]; B --> F[Isocinético]; C --> G[Resistencia<br/>Constante]; C --> H[Resistencia<br/>Variable];
```

The diagram is a hierarchical flowchart on a blue background. At the top is a red box with the text 'ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS'. A yellow arrow points down to a green box labeled 'Formas/Tipos'. From this green box, four yellow arrows branch out to four purple boxes: 'Dinámico (Isotónico)', 'Eccéntrico', 'Isométrico', and 'Isocinético'. From the 'Dinámico (Isotónico)' box, two more yellow arrows point down to the text 'Resistencia Constante' and 'Resistencia Variable'.

## Formas/Tipos

**Dinámico  
(Isotónico)**

**Eccéntrico**

**Isométrico**

**Isocinético**

*Resistencia  
Constante*

*Resistencia  
Variable*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

**Acción Muscular: *Generación de Tensión***

***Tipos/Clasificación : Concéntrica***

- **Acción principal de los músculos esqueléticos:**
  - ▶ *Acortamiento muscular*
- **Filamentos de actina y miosina se deslizan los unos a lo largo de los otros:**
  - ▶ *Filamentos de actina (delgados) on arrastrados, haciendo que se aproximen, lo cual incrementa su sobreposición con los filamentos de miosina (gruesos):*
- **Se produce movimiento articular:**
  - ▶ *Acciones dinámicas*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

**Acción Muscular: *Generación de Tensión***

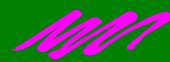
***Tipos/Clasificación : Excéntrica***

- **El músculo se alarga:**
  - ▶ *Aumenta la longitud muscular*
- **Filamentos de actina se separan (estiran):**
  - ▶ *Filamentos de actina (delgados) son arrastrados en dirección contraria al centro del sarcómero*
- **Se produce movimiento articular:**
  - ▶ *Acciones dinámicas*
- **Ejemplo:**
  - ▶ *Acción del bíceps braquial cuando el codo se extiende para bajar una resistencia/peso*

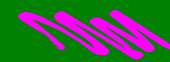
## ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS



Modalidad/Acción Muscular



*Ejercicios Eccéntricos*



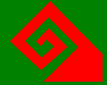
### ► Concepto:

- ***Resistencia Externa Excede Fuerza Muscular***
- ***Músculo se Alarga Mientras Genera Tensión***
- ***Resistencia Negativa:***
  - ✓ ***Trabajo Muscular a Favor de la Fuerza de Gravedad***

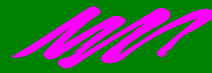
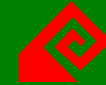
### ► Características:

- ***Genera Menos Tensión que Acciones Concéntricas:***
  - ✓ ***Soportan Mayores Cargas***
- ***Incre. Fortaleza No Signif. Mayores que Dinámicos***
- ***Si se Incluyen en Programa Regular (Conc + Ecce):***
  - ✓ ***Desarrollo Optimo Fortaleza/Hipertrofia***

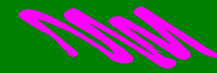
# ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS



Modalidad/Acción Muscular



*Ejercicios Isotónicos*



- **LITERAL:** *Misma Tensión - Arco de Movimiento*
- **REALIDAD:** *Tensión Varía - Arco de Movimiento*
- **CARACTERISTICAS:**
  - **Acción Dinámica:**
    - ✓ *Concéntrica + Eccéntrica*
  - **Torque Varía según Ángulo Articular:**
    - ✓ *Fuerza no es Uniforme - Arco de Movimiento*
    - ~ *"Puntos Débiles" en Curva de Fuerza:*
  - **Velocidad de Contracción no es Fija**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

**Acción Muscular: *Generación de Tensión***

***Tipos/Clasificación : Isométrica (Estática)***

- **Longitud muscular permanece estática:**
  - ▶ *Ángulo articular no cambia*
- **Filamentos de actina y miosina permanecen en su posición original:**
  - ▶ *Puentes cruzados de miosina se forman y son reciclados, produciendo fuerza/tensión:*  
*Esta fuerza es demasiado grande para que los filamentos de actina se muevan*
- **No produce movimiento articular:**
  - ▶ *Acción estática*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

**Acción Muscular: *Generación de Tensión***

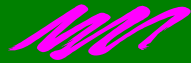
***Tipos : Isométrica (Estática) - EJEMPLOS***

- **Levantar un objeto que es más pesado que la fuerza generada por el músculo:**
  - *Superar la resistencia/peso implica generar un movimiento articular:*  
*Si se pueden reclutar suficientes unidades motoras como para producir la fuerza necesaria para superar la resistencia, una acción estática puede convertirse en una acción dinámica*
- **Sostener el peso de un objeto, manteniéndolo fijo con el codo flexionado**

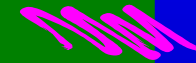
## ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS



Modalidad/Acción Muscular



*Entrenamiento Isométrico*



### ► Concepto:

- *Músculo no Varía de Longitud (Estático)*
- *Se Genera Tensión*
- *Ausencia de Movimiento Articular*

### ► Ejemplos de Ejercicios Isométricos:

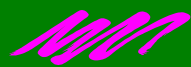
- *Contra un Objeto Inmóvil (Ej: Una Pared)*
- *Músculo Fuerte contra Músculo Débil*



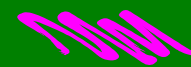
## ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS



Modalidad/Acción Muscular



*Entrenamiento Isocinético*



### ► Concepto:

- *Velocidad Constante Dinámica a través Arco Mov.*

### ► Características:

- *Velocidad Constante Pre-Ajustada*

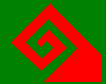
- *Resistencia Acomodativa:*



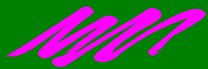
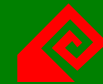
*Resistencia se Acopla al Torque Muscular:*

*Resistencia Dinamómetro = Fuerza Muscular*

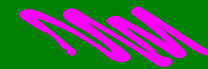
## ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS



Modalidad/Acción Muscular



*Entrenamiento Isocinético*



**Resistencia**



**Acopla/Acomoda**

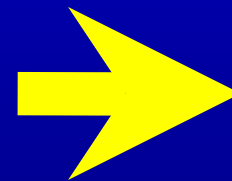


**Acción Muscular**

***(Concéntrica/Eccéntrica)***



**Arco de Movimiento**



**CARGA  
OPTIMA  
MUSCULAR**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

## *Generación de Fuerza: Fortaleza Muscular*

- **Descripción:**

La capacidad del músculo para producir fuerza

- **Ejemplos:**

- ▶ **Levantar un peso de 135 kg (300 lb) en una estación/banco para pectorales (“bench press”):**

*Los músculos son capaces de producir una fuerza superior a una carga de 135 kg*

- ▶ **Movimiento articular sin pesos externos (la resistencia es el centro de gravedad del segmento):**

*Los músculos generan fuerza para mover los huesos a los que se encuentran adheridos*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

---

## *Generación de Fuerza*

### *\* Determinantes \**

- **Número de unidades motoras activadas**
- **Tipo de unidades motoras activadas**
- **Tamaño de músculo**
- **Longitud inicial del músculo cuando se activa**
- **Ángulo de la articulación**
- **Velocidad de acción del músculo**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

---

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *\* Número de Unidades Motoras \**

**Se puede generar más  
fuerza/tensión muscular  
cuando se activan una mayor  
cantidad de unidades motoras**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

### *Generación de Fuerza: Determinantes*

#### *\* Tipo de Unidades Motoras Activadas \**

- **Unidades motoras FT vs. ST:**
  - ▶ **Generación/producción de fuerza:**
    - » FT produce más fuerza que las unidades motoras ST:
      - **Razón:**
        - Cada unidad motora FT posee más fibras musculares que una unidad ST*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

---

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *\* Tamaño del Músculo \**

- **Músculos con un mayor tamaño pueden producir más fuerza que músculos más pequeños:**
  - ▶ **Razón:**
    - » *Los músculos más grandes tienen más fibras musculares*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *\* Longitud Inicial de los Músculos \**

- **Propiedades del músculo y sus tejidos conectivos (aponeurosis y tendones):**
  - ▶ **Elasticidad:**
    - » El estiramiento de los músculos resulta en energía potencial almacenada
    - » Durante la actividad muscular posterior:
      - *Esta energía acumulada se libera, aumentando la intensidad de la fuerza*



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

---

### *Generación de Fuerza: Determinantes*

#### *\* Longitud Inicial de los Músculos \**

- **Limitaciones/restricciones de la longitud muscular:**
  - **Disposición anatómica**
  - **Uniones musculares (adherencia al hueso):**
    - » **Ejemplo:**
      - *En reposo: Músculo en moderada enlongación:*
        - Se encuentran bajo una ligera tensión

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

---

### *Generación de Fuerza: Determinantes*

#### *\* Longitud Inicial de los Músculos \**

- **Generación de una fuerza muscular máxima - *Ocurre cuando:***
  - ▶ **Músculo elongado: 20% sobre su longitud normal en reposo:**
    - » **Mecanismo:**
      - **Combinación óptima de dos factores:**
        - *Energía acumulada*
        - *Fuerza de acción muscular*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

*Generación de Fuerza:* **Determinantes**

Longitud Inicial de los Músculos

Músculo Elongado

20% sobre su Longitud Normal en Reposo

Optimización de:

*Energía  
Acumulada*

*Fuerza de la  
Acción Muscular*

*Generación/Producción de una  
Fuerza/Tensión Máxima*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *\* Longitud Inicial de los Músculos \**

- Longitud muscular normal en reposo:
    - ▶ Mayor o menor de 20%:
      - » Reduce el desarrollo de la fuerza
- *Ejemplo:*

- \* *Músculo Enlongado dos veces su Longitud en Reposo* \*
- Fuerza producida: Casi igual a cero:
  - *Debido al estiramiento:*  
*Energía aún acumulada en el músculo*  
(↑↑ *Estiramiento* → ↑↑ *Energía Acumulada Almacenada*)

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

*Longitud Inicial de los Músculos:  
Número de Puentes Cruzados en Contacto*

- **Acción Muscular:** *Fuerza creada por las fibras musculares:*

- ▶ **Determinante:**

- » **Número de puentes cruzados en contacto con los filamentos de actina:**

- *Cuantos más están en contacto al mismo tiempo, más fuerte será la acción muscular o fuerza/tensión generada*

*(↑ # Puentes Cruzados en Contacto Actina → ↑ Fuerza)*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

*Longitud Inicial de los Músculos: Acción Muscular*

*# Puentes Cruzados en Contacto con Actina*

**Concéntrica**

**Excéntrica**

**Fibras Musculares**

**Contraídas**

**Enlongadas**

**Actina y Miosina se Acercan  
(Mayor Sobreposición)**

**Separación Actina y Miosina  
(Menor Sobreposición)**

**↑ # Puentes Cruzados  
en Contacto Actina**

**↓ # Puentes Cruzados  
en Contacto Actina**

**↑ Fuerza Generada**

**↓ Fuerza Generada**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *Ángulo de la Articulación: Palancas Mecánicas*

- **Palancas - Concepto:**
  - ▶ **Barra fija que gira alrededor de un eje**
- **Palancas - Componentes:**
  - ▶ **Fulcro: Punto de pivote/apoyo:**
    - » Representa el eje o punto de rotación
    - » Ejemplo: *Una articulación*
  - ▶ **Punto de aplicación de la fuerza:**
    - » Ejemplo: *La inserción muscular*
  - ▶ **Punto de aplicación de la resistencia:**
    - » Ejemplos:
      - *Centro de gravedad*
      - *Resistencia externa*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *Ángulo de la Articulación: Palancas Mecánicas*

- **Palancas - Brazos:**
  - **Brazo de fuerza:**
    - » Distancia entre el fulcro y el punto de aplicación de la fuerza
  - **Brazo de resistencia:**
    - » Distancia entre el fulcro y el peso o resistencia
- **Palancas - Ventaja mecánica:**
  - **Determinante:**
    - » La relación entre la longitud del brazo de fuerza y el brazo de resistencia



# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *Ángulo de la Articulación: Palancas Óseas*

- **Torque - Efecto rotatorio de una fuerza:**
  - ▶ **De resistencia: Brazo de Resistencia:**
    - » Resisten el movimiento articular:
      - **Ej: Distancia entre Fulcro y Resistencia:**
        - Resistencia o peso externo
        - Resistencia o peso del segmento
  - ▶ **De Fuerza: Brazo de Fuerza (Radio de Rotación):**
    - » Producen movimiento articular:
      - **Ej: Distancia entre Fulcro y Fuerza:**
        - Fuerza generada por el músculo:  
Inserción muscular (tendón)

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *Ángulo de la Articulación*

- **Ángulo Articular Óptimo: Determinantes:**
  - ▶ **Posiciones de la inserción tendinosa al hueso:**  
*TORQUE - Brazo de fuerza:*
    - » **Distancia perpendicular desde la línea de fuerza y el fulcro (punto de pivote articular)**
  - ▶ **Resistencia/peso o carga:**  
*TORQUE - Brazo de resistencia:*
    - » **Distancia perpendicular desde la línea de resistencia al fulcro (punto de pivote articular)**

Ángulo Articular Óptimo —————> Fuerza Transmitida Ósea Máxima

## Ejercicios Dinámicos con Resistencias Variables

### ► Resistencia Varía a través del Arco de Movimiento:

- *Intento de Acoplar Carga con Curva de Fuerza:*

- ✓ *Tensión más Constante/Uniforme a través Arco Mov.*

### ► Mecanismo:

- *Uso de Volantas ("Cams"), Poleas, Palancas:*

- ✓ *Cambian Brazo de Resistencia de Palanca a través Arc. Mov*

- ✓ *Resistencia del Equipo:*

- ~ *Disminuye en:*

- Punto más Alto de Desventaja Mecánica  
(Punto más Débil del Arco de Movimiento)*

- ~ *Aumenta en:*

- Punto más Bajo de Desventaja Mecánica  
(Punto más Fuerte del Arco de Movimiento)*

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *Ángulo de la Articulación: EJEMPLO*

- **Flexión del Codo: Palanca Anatómica:**
  - ▶ **Fulcro:** *ARTICULACIÓN - Codo:* Punto de pivote
  - ▶ **Brazo de Fuerza:**
    - » **Distancia línea de fuerza al fulcro:**  
**INSERSIÓN MUSCULAR (Bíceps Braquial)**
  - ▶ **Brazo de Resistencia:**
    - » **Distancia línea de resistencia al fulcro:**  
**PESO DE LA MANO (Centro de Gravedad)**

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *Ángulo de la Articulación: EJEMPLO*

- **Flexión del Codo: *Función del Bíceps Braquial (Agonista - Concéntrico)***
  - ▶ **Fulcro:** *Codo: Articulación Humero-Ulnar*
  - ▶ **Brazo de Fuerza:** *Distancia Inserción Tendón Muscular (Biceps Braquial) al Codo (Fulcro)*
  - ▶ **Brazo de Resistencia:** *Distancia Peso de la mano al Codo (Fulcro)*

# MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN



*Generación de Fuerza:* **Determinantes**



Ángulo de la Articulación: Palancas Óseas



**Músculos Generan su Fuerza**



Ejemplo: *Bíceps Braquial*



**Inserción/Unión Muscular:** *Tendón del Bíceps al Hueso*



*Abarca Solamente una Décima Parte de  
Distancia Comprendida entre el Codo (Fulcro)  
y la Resistencia/Peso que Sostiene la Mano*



**Peso = 4.5kg → 10 x Ejerce el Músculo esa Fuerza**

# MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN



*Generación de Fuerza:* **Determinantes**



Ángulo de la Articulación



**Fuerza General**



**En El**



**Músculo**



*Es Transferida al Hueso*



**A Través de la Inserción Muscular (Tendón)**

# MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

↓  
*Generación de Fuerza:* **Determinantes**

↓  
Ángulo de la Articulación

↓  
**Músculo**

↓  
**Fuerza Generada (Transferida al Hueso)**

↓  
(Vía)

↓  
**Insertión (Unión) del Tendón Muscular al Hueso**



# MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

↓  
*Generación de Fuerza:* **Determinantes**

↓  
Ángulo de la Articulación

↓  
Ángulo Articular Óptimo

↓  
Intensidad de la Fuerza Transmitida al Hueso es Máx.

↓  
**Determinates**

↙  
*Posición Inserción Muscular*

↘  
*Carga o Resistencia*

# MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

↓  
*Generación de Fuerza: Determinantes*

↓  
Ángulo de la Articulación: Ángulo Óptimo:

↓  
**Determinates**

↙  
*Posición Inserción Muscular*

↘  
*Carga o Resistencia*

↘  
**Ejemplo: Bíceps Braquial:**

↓  
Ángulo Articular Óptimo  
(Carga/Fuerza para Superar = 45 kg):

↓  
**100 °**

# MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN



*Generación de Fuerza:* **Determinantes**



Ángulo de la Articulación: Ángulo Óptimo:



**Ejemplo: Bíceps Braquial:**



Ángulo Articular Óptimo (Carga = 45 kg): **100 °**



Flexión del Codo: *Mayor o Menor de 100 °*



Altera Ángulo en que se Aplica la Fuerza



 Intensidad de la Fuerza Transferida al Hueso

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *Velocidad de Acción del Músculo*

- **Concéntrica (acortamiento):**
  - ▶ **Velocidad de acción:**
    - » **Alta: 0.8 m/s:**
      - Reduce la fuerza muscular generada
    - » **Baja: 0.2 m/s:**
      - Aumenta la fuerza muscular generada

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### *Velocidad de Acción del Músculo*

- **Excéntrica (alargamiento):**
  - ▶ **Velocidad de acción:**
    - » **Alta: 0.8 m/s:**
      - Aumenta la fuerza muscular generada
    - » **Baja: 0.2 m/s:**
      - Disminuye la fuerza muscular generada

# LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS:

## FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS

---

### *Generación de Fuerza: Determinantes*

#### *Velocidad de Acción del Músculo*

- **Isométrica (estática):**
  - ▶ **Velocidad de acción:**
    - » **0.0 m/s:**
      - Aumenta la fuerza muscular generada

# MÚSCULOS ESQUELÉTICOS: FUNCIÓN

## *Generación de Fuerza: Determinantes*

### Velocidad de Acción del Músculo

#### Acción Muscular

**Concéntrica  
(Acortamiento)**

*Velocidad de  
Accción*

*Alta:  
0.8 m/s*

↓ **Fuerza**

*Baja:  
0.2 m/s*

↑ **Fuerza**

**Isométrico  
(Estático)**

*Velocidad de  
Accción*

*0.0 m/s*

↑ **Fuerza**

**Excéntrico  
(Alargamiento)**

*Velocidad de  
Accción*

*Alta:  
0.8 m/s*

↑ **Fuerza**

*Baja:  
0.2 m/s*

↓ **Fuerza**