

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 fascículo, 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 (μm)*
- **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 enrrolla 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 sacolema
- ▶ 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 (Ca^{++}) vía Túbulos:

Desde retículo sarcoplasmático hacia el sarcolema

- 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
- Filamentos 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:
 - o *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:
 - o *Composiciones similares de fibras ST y FT*
 - » Excepciones:
 - o *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

↑ Múscular

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:**

- o 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



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)



Determinantes

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:*

- o **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



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 continua:**
 - *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 Exito en
Competencias
de Tolerancia

↑ Fibras FT



Probabilidad
de Exito 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: *Deltoides Posterior*



Nadadores Elite vs. Sujetos No Entrenados



Nadadores Elite



No Entrenados



**Fibras ST
(40-55%)**



**Fibras ST
(60-65%)**

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/insersión 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*
 - o 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*
 - » *Biceps 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:*
 - o **Agonistas** - Fuerte contracción:
 - *Isquiotibiales (“hamstrings”)*
 - o **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

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

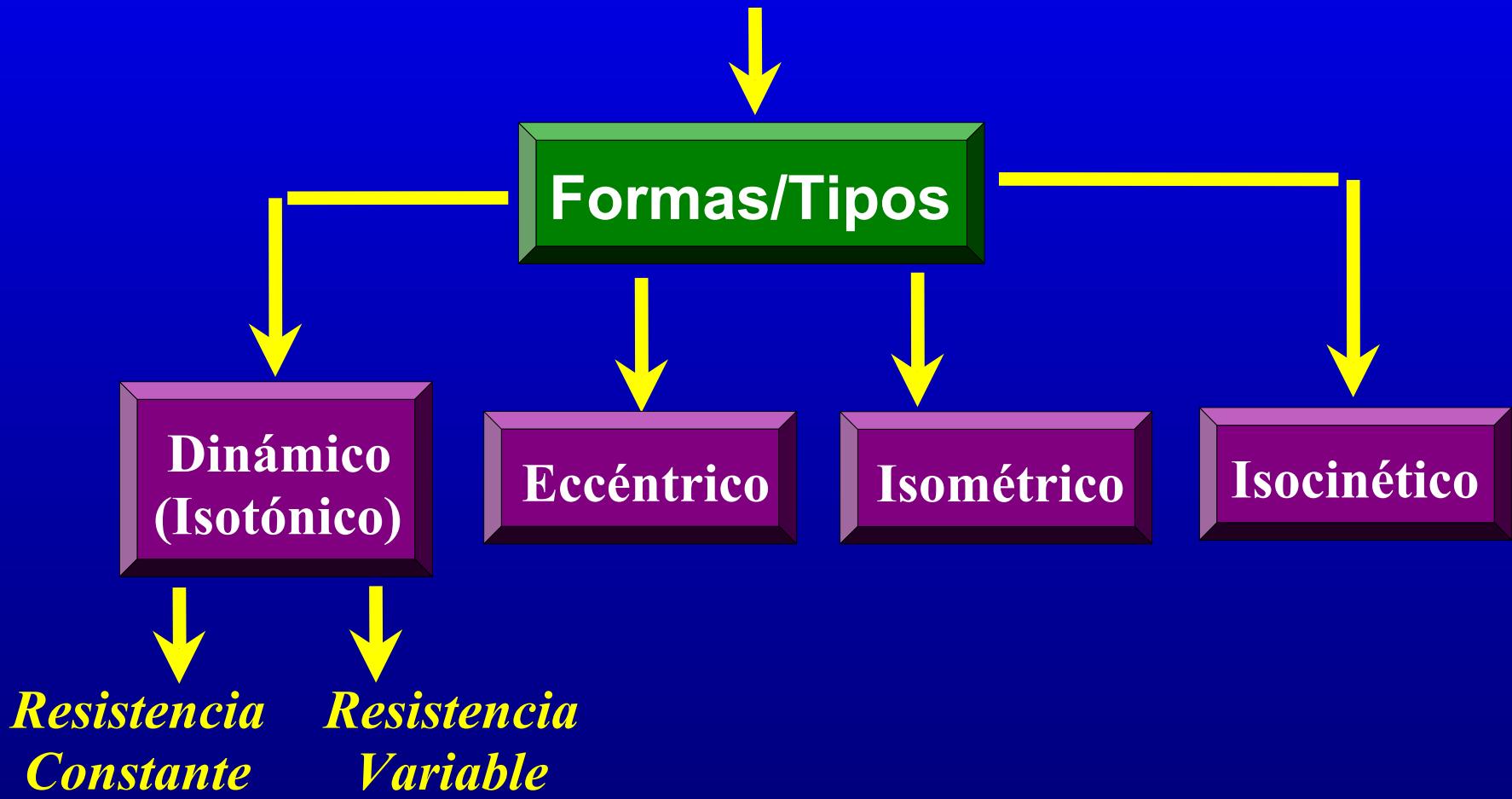
- **Excéntrica:**

- **Alargamiento muscular -**
Produce movimiento (acción dinámica)

- **Isométrica (Estática):**

- **Longitud muscular no cambia -**
Ángulo articular invariable

ENTRENAMIENTO CON RESISTENCIAS



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) se arrastran, haciendo que se acerquen, 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

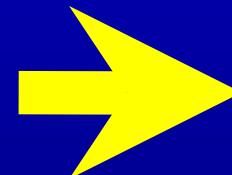


Acción Muscular

(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:
 - o *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



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

$(\uparrow \# \text{ Puentes Cruzados en Contacto Actina} \rightarrow \uparrow \text{Fuerza})$

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

Contraídas

Fibras Musculares

Elongadas

Actina y Miosina se Acerca
(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*



Insersión/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)

Inserción (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

Ejemplo: Bíceps Braquial:

Carga o Resistencia

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

Concéntrica
(Acortamiento)

*Velocidad de
Acción*

Alta:
 0.8 m/s

Baja:
 0.2 m/s

↓ Fuerza

↑ Fuerza

Acción Muscular

Isométrico
(Estático)

*Velocidad de
Acción*

0.0 m/s

↑ Fuerza

Excéntrico
(Alargamiento)

*Velocidad de
Acción*

Alta:
 0.8 m/s

Baja:
 0.2 m/s

↑ Fuerza

↓ Fuerza