



F4 ACADEMY
Máster Entrenamiento Personal - F4Trainers
Alejandro Martín Fernández

1

FISIOLOGÍA HUMANA

La fisiología es el estudio del funcionamiento normal de un organismo vivo y las partes que lo componen, incluidos sus procesos físicos y químicos. La palabra fisiología significa literalmente "estudio de la naturaleza". Aristóteles (384-322 a.C.)

La anatomía y fisiología son campos de estudio estrechamente relacionados, siendo ambas áreas de vital importancia en el conocimiento médico general.



2

NIVELES DE ORGANIZACIÓN:

- El cuerpo humano está organizado por niveles estructurales y funcionales de complejidad creciente.
- En esta organización, cada nivel incorpora elementos del nivel previo y las disciplinas que se ocupan de estudiar cada uno de estos niveles se solapan considerablemente entre sí.
- Una característica distintiva de la fisiología es que comprende múltiples niveles de organización, desde el nivel molecular en adelante hasta una especie.



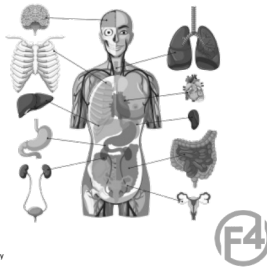
F4Trainers Academy



3

HOMEOSTÁSIS:

- Del griego **homos** que significa *similar*, y **stasis**, en griego *στάσις*, *posición, estabilidad*.
- La **homeostasis** es el mantenimiento de la constancia del medio interno por la acción coordinada de los procesos fisiológicos.
- Forma parte de la homeostasis el mantenimiento de la constancia estructural y funcional de las células, tejidos y órganos.
- Proceso para regular el ejercicio físico.

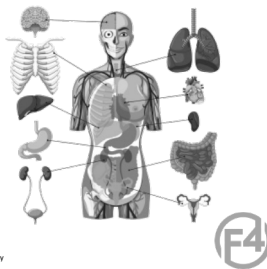


F4Trainers Academy

4

HOMEOSTÁSIS:

- La homeostasis y la regulación del medio interno constituye uno de los preceptos fundamentales de la fisiología, puesto que un fallo en la homeostasis deriva en un mal funcionamiento de los diferentes órganos.
- "Aquellos mecanismos fisiológicos que sirven para recuperar el estado normal una vez alterado", (W. B. Cannon)
- Las propiedades amortiguadoras de los líquidos corporales, y los ajustes renales y respiratorios en presencia de excesos de ácidos o de álcalis, son mecanismos homeostáticos.

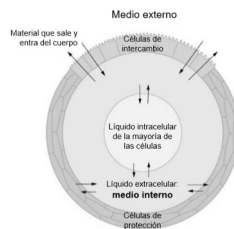


F4Trainers Academy

5

EL MEDIO INTERNO:

- El concepto de un medio interno relativamente estable fue desarrollado por el médico francés Claude Bernard a mediados del siglo XIX.
- El medio interno acuoso de los animales multicelulares se llama líquido extracelular.
- El líquido extracelular sirve como transición entre el medio externo del organismo y el líquido intracelular del interior de las células.



F4Trainers Academy

6

EL MEDIO INTERNO:

- **Líquido extracelular:** zona reguladora entre el mundo exterior y la mayoría de las células del cuerpo.
- Hay procesos fisiológicos complejos que han evolucionado para mantener relativamente estable su composición.
- Cuando la **composición** del líquido extracelular se aleja de su rango de valores normales, se activan mecanismos compensatorios que lo llevan a su estado normal (sensores, centros integradores y respuesta de las células y órganos).
- Si la compensación tiene éxito, la homeostasis se restablece. Si la compensación falla, puede aparecer la enfermedad.



F4Trainers Academy



7

COORDINACIÓN DE LA HOMEOSTASIS:

- **Tejidos, órganos y sistemas** realizan funciones que ayudan a mantener la homeostasis
- **Sistema endocrino:** ayuda a regular el crecimiento, la función reproductora, a controlar el metabolismo celular, y a mantener el equilibrio hídrico y el pH interactuando con el sistema renal. El sistema endocrino detecta cambios y libera reguladores químicos (hormonas) generando cambios lentos.
- **Sistema nervioso:** detecta señales y envía impulsos nerviosos que inducen cambios rápidos.
- **Sistema respiratorio.** La energía requerida para desarrollar las numerosas funciones del cuerpo deriva fundamentalmente de la respiración.

F4Trainers Academy



8

COORDINACIÓN DE LA HOMEOSTASIS:

El proceso de respiración involucra la oxidación de azúcares y grasas para liberar en forma de ATP la energía que estas moléculas contienen.

El oxígeno necesario para este proceso se obtiene en la ventilación pulmonar y se transporta a los diferentes tejidos y órganos a través de la sangre.

A su vez, el dióxido de carbono generado por la actividad metabólica de las células es transportado de vuelta a los pulmones.

- **Sistema urinario:** regulación del equilibrio de agua y de los iones que han pasado a la sangre producto de la actividad metabólica de las células (balance hidro-electrolítico). Sirve para mantener la composición de los líquidos corporales perfecta y adecuada a las necesidades.
- **Aparato digestivo:** incorpora al organismo los nutrientes necesarios que se derivan de la ingesta de alimentos y la eliminación de los productos de desecho de la digestión. Estos nutrientes sirven para reparar las estructuras celulares y producir energía.

F4Trainers Academy



9

COORDINACIÓN DE LA HOMEOSTASIS:

- **Sistema tegumentario:** Asegura la integridad física y mecánica.
- **Sistema músculo esquelético:** Permite el movimiento del cuerpo, el mantenimiento de la postura y la respiración. También proporciona el soporte físico para los órganos internos y una protección para los mismos.
- **El sistema inmunitario:** Proporciona las defensas del organismo contra la acción de agentes externos (patógenos) a través de la eliminación de éstos y de las células enfermas o muertas del propio organismo.

F4Trainers Academy



10

COORDINACIÓN DE LA HOMEOSTASIS:

- **Aparato cardiovascular:** La sangre transporta el oxígeno de los pulmones y los nutrientes en el intestino, los hace llegar hasta los distintos tejidos mientras "recoge" nuevamente los productos de desecho para expulsarlos en los diferentes órganos excretores.
- Juega un papel importante en la comunicación entre células y en la defensa del organismo
- modula la función de otros órganos y sistemas a través de la interacción con el sistema endocrino.

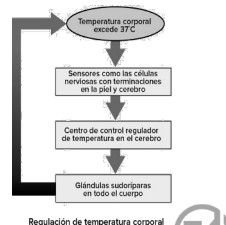
F4Trainers Academy



11

MECANISMOS DE CONTROL:

- La homeostasis del cuerpo se ve continuamente alterada.
- Algunas de las alteraciones provienen del medio externo (fuera del cuerpo) en forma de agresiones físicas (p. ej.: Golpe de calor)
- Otras alteraciones se originan en el medio ambiente interno (dentro del cuerpo; p. ej.: hipoglucemia)
- el cuerpo posee sistemas de regulación que pueden restaurar el equilibrio del medio interno (el sistema nervioso y el sistema endocrino en conjunto o de forma independiente toman las medidas correctivas necesarias).



F4Trainers Academy



12

CONTROL LOCAL Y CONTROL REFLEJO

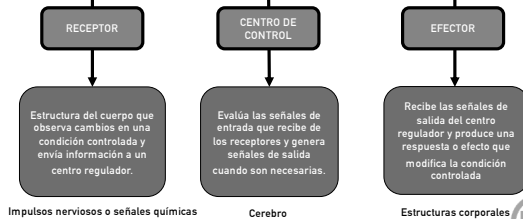
CONTROL LOCAL	CONTROL REFLEJO
Señales autocrinas y paracrininas, responsables de los sistemas de control más simples.	Vía de larga distancia que utilice el sistema nervioso, el sistema endocrino, o ambos, para percibir datos sobre un cambio, integrar la información y reaccionar de manera adecuada.
Una célula o tejido detecta un cambio en su entorno inmediato y responde.	la coordinación de la reacción se encuentra fuera del órgano que efectúa la respuesta.
La respuesta se restringe a la región donde tuvo lugar el cambio, de allí el término de control local.	Células distantes controlan la respuesta.

F4Trainers Academy



13

COMPONENTES DE UN MECANISMO DE CONTROL HOMEOSTÁTICO



Impulsos nerviosos o señales químicas

Cerebro

Estructuras corporales

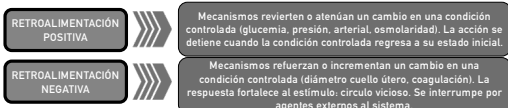
F4Trainers Academy



14

RETROALIMENTACIÓN POSITIVA Y NEGATIVA

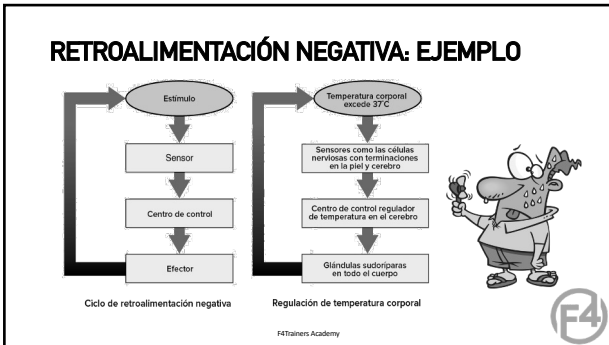
- SISTEMA DE RETROALIMENTACIÓN:** grupo de **receptores** y **efectores** en comunicación con su centro regulador.
- En estos sistemas, la respuesta del sistema devuelve información para modificar la condición controlada de alguna forma, ya sea revirtiéndola (retroalimentación negativa) o intensificándola (retroalimentación positiva).



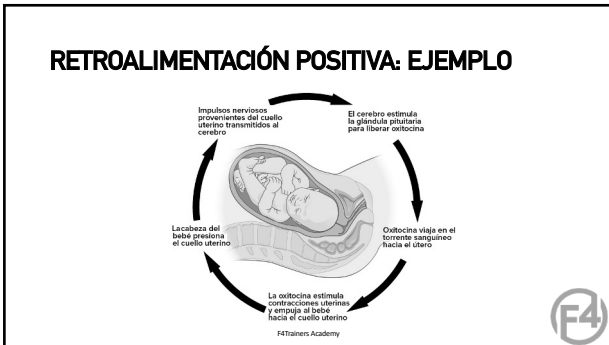
F4Trainers Academy



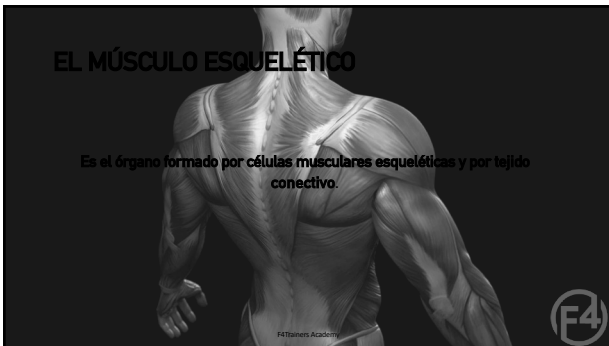
15



16



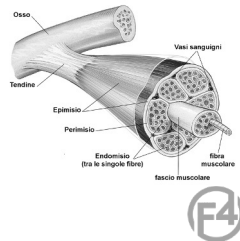
17



18

MÚSCULO: ESTRUCTURA

- **Músculo esquelético:** órgano formado por células musculares esqueléticas y por tejido conectivo.
- **Epimisio:** capa de tejido conjuntivo que está en contacto inmediato y envuelve un músculo estriado. Esta capa otorga unidad estructural y al mismo tiempo da acceso a los nervios y a los vasos sanguíneos que penetran hacia la profundidad del músculo.
- **Perimisio:** Membrana de tejido conjuntivo, blanca y brillante, que envuelve haces primarios y secundarios de fibras musculares.
- **Endomisio:** fibras reticulares que rodean a cada fibra muscular individual.



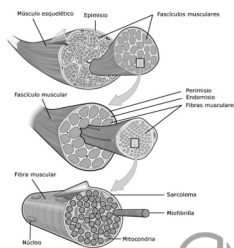
F4Trainers Academy



19

MÚSCULO: ESTRUCTURA

- Estas cubiertas de **tejido conectivo** pueden continuarse con el tejido fibroso que forma **los tendones** (anclaje del músculo al hueso).
- Este tejido conectivo es esencial para la **transmisión de la fuerza** generada por las células musculares al esqueleto.
- El tejido muscular esquelético está formado por células largas, de ahí el término de **fibras**, multinucleadas y cilíndricas.

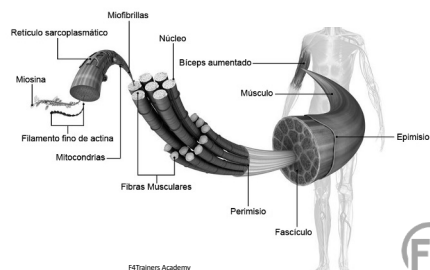


F4Trainers Academy



20

MÚSCULO: ESTRUCTURA



F4Trainers Academy



21

FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA: CARACTERÍSTICAS

EXCITABILIDAD

- Es la facultad de percibir un estímulo y responder al mismo.
- El estímulo es de naturaleza química: la acetilcolina liberada por la terminación nerviosa motora.
- La respuesta de la fibra muscular es la producción y la propagación a lo largo de su membrana de una corriente eléctrica (potencial de acción) que origina la contracción muscular.



F4Trainers Academy

22

FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA: CARACTERÍSTICAS

CONTRACTILIDAD

- Es la capacidad de contraerse con fuerza ante el estímulo apropiado.
- Esta propiedad es específica del tejido muscular.



F4Trainers Academy

23

FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA: CARACTERÍSTICAS

ELASTICIDAD

- La elasticidad es una propiedad física del músculo.
- Capacidad que tienen las fibras musculares para acortarse y recuperar su longitud de descanso, después del estiramiento.
- La elasticidad desempeña un papel de amortiguador cuando se producen variaciones bruscas de la contracción.



F4Trainers Academy

24

FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA: CARACTERÍSTICAS

EXTENSIBILIDAD

- Es la facultad de estiramiento.
- Las fibras musculares cuando se contraen, se acortan, cuando se relajan, pueden estirarse más allá de la longitud de descanso.



F4Trainers Academy



25

FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA: CARACTERÍSTICAS

PLASTIDAD

- El músculo tiene la propiedad de modificar su estructura en función del trabajo que efectúa.
- Se adapta al tipo de esfuerzo en función del tipo de entrenamiento (o de uso).
- Fuerza VS Resistencia.
- Los velocistas, tienen en los miembros inferiores un predominio de fibras musculares de tipo «rápido», mientras que en los corredores de maratón, prevalecen las fibras musculares de tipo «lento».



F4Trainers Academy

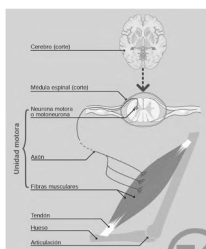


26

FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA: CARACTERÍSTICAS

La **actividad muscular** está controlada por el sistema nervioso.

- Las **fibras musculares** están inervadas por fibras motoras o motoneuronas.
- Cada **motoneurona** inerva varias fibras musculares que activa de manera sincrónica.
- La estructura básica en torno a la cual se articula la fisiología muscular es la unidad motora.



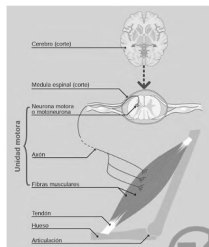
F4Trainers Academy



27

FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA: CARACTERÍSTICAS

- Una **unidad motora** está formada por una motoneurona (neurona motora) situada en médula espinal, su prolongación (axón) que avanza en el nervio periférico y el conjunto de las fibras musculares inervadas por la motoneurona.
- Cada **axón motor** se divide en una serie de ramificaciones, cada una de las cuales inerva una única fibra muscular.



F4Trainers Academy



28

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES:

FIBRAS TIPO I / LENTAS / ROJAS

- Son numerosas en los músculos rojos.
- De pequeño diámetro y muy vascularizadas.
- Contienen numerosas mitocondrias y poco glucógeno.
- Son resistentes a la fatiga: se utilizan sobre todo en ejercicios poco energéticos y prolongados (mantenimiento de la postura).



F4Trainers Academy



29

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES:

FIBRAS TIPO II / RÁPIDAS

- Se localizan en los músculos pálidos y se denominan también fibras blancas.
- Son de mayor diámetro y poco vascularizadas (pero contienen mucho glucógeno).
- Presentan pocas mitocondrias
- Estas fibras, que son poco resistentes a la fatiga aunque muy potentes, se utilizan en los ejercicios breves pero intensos.



F4Trainers Academy



30

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES:

FIBRAS TIPO IIa

- Fibras intermedias cuyo porcentaje varía según los músculos del organismo y el individuo.
- Pueden evolucionar en función del entrenamiento y el tipo de ejercicio practicado.

Tipo IIa → Tipo I (lento y prolongado)

Tipo IIa → Tipo IIx → ¿Tipo IIb?



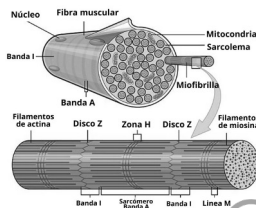
F4Trainers Academy



31

EL MÚSCULO: ORGANIZACIÓN CELULAR

- Las **células musculares**, que se organizan en fascículos, se unifican por medio de unas envolturas de tejido conjuntivo.
- Cada fascículo muscular está formado por un conjunto de **fibras musculares**.
- La fibra muscular es una célula alargada cuya longitud puede alcanzar varios centímetros.

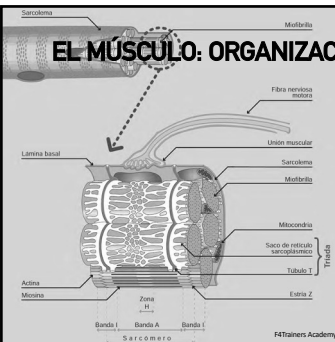


F4Trainers Academy



32

EL MÚSCULO: ORGANIZACIÓN CELULAR



FIBRA MUSCULAR

Cada **fibra muscular** tiene una forma cilíndrica, un diámetro de 50 micras y se extiende de una extremidad tendinosa a la otra.

SARCOLEMA

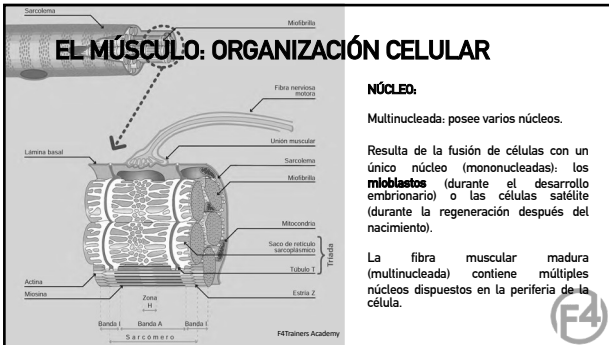
Membrana que la delimita, está rodeado por una red molecular que constituye la lámina basal.

Bajo esta lámina basal se sitúan las células satélite o mioblastos potenciales.

F4Trainers Academy



33



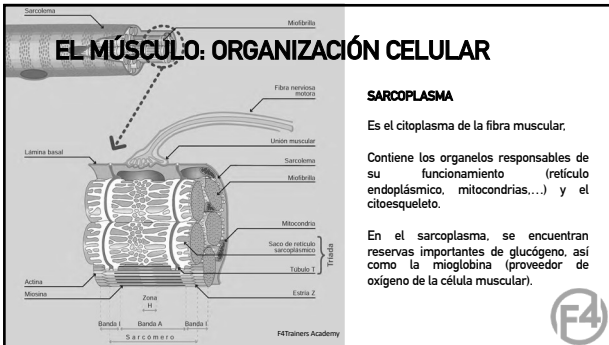
NÚCLEO:

Multinucleada: posee varios núcleos.

Resulta de la fusión de células con un único núcleo (mononucleadas): los **mioblastos** (durante el desarrollo embrionario) o las células satélite (durante la regeneración después del nacimiento).

La fibra muscular madura (multinucleada) contiene múltiples núcleos dispuestos en la periferia de la célula.

34



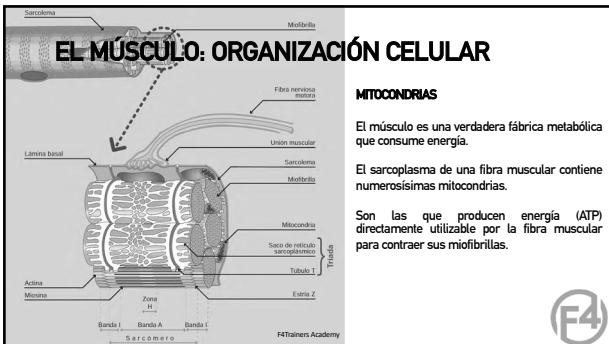
SARCOPLASMA

Es el citoplasma de la fibra muscular.

Contiene los organelos responsables de su funcionamiento (retículo endoplásmico, mitocondrias,...) y el citoesqueleto.

En el sarcoplasma, se encuentran reservas importantes de glucógeno, así como la mioglobina (proveedor de oxígeno de la célula muscular).

35



MITOCONDRIAS

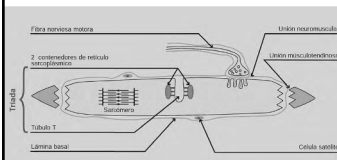
El músculo es una verdadera fábrica metabólica que consume energía.

El sarcoplasma de una fibra muscular contiene numerosísimas mitocondrias.

Son las que producen energía (ATP) directamente utilizable por la fibra muscular para contraer sus miofibrillas.

36

EL MÚSCULO: ORGANIZACIÓN CELULAR



CITOESQUELETO

Constituye el armazón celular.

Está constituido por unos elementos contráctiles, las miofibrillas.

RETÍCULO SARCOPLÁSMICO LISO

Es una red de cavidades celulares.

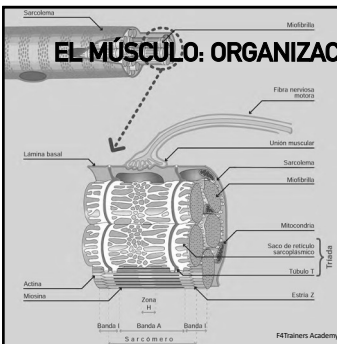
Constituye la reserva de calcio necesaria para la contracción muscular.



F4Trainers Academy

37

EL MÚSCULO: ORGANIZACIÓN CELULAR



MIOFIBRILLAS

Constituyen los elementos contráctiles del interior de las fibras musculares.

SARCÓMEROS

Se caracterizan por asociar, en una trama hexagonal, filamentos proteicos finos (actina) y gruesos (miosina).

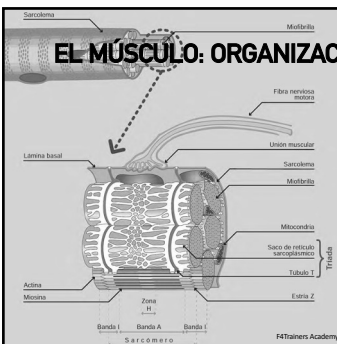
El deslizamiento de unos filamentos sobre otros provoca la contracción de las miofibrillas.



F4Trainers Academy

38

EL MÚSCULO: ORGANIZACIÓN CELULAR



RETÍCULO SARCOPLÁSMICO Y TÚBULO T

La fibra muscular posee un retículo sarcoplásmico (RS) liso especialmente desarrollado.

Este forma extensiones de tal modo que dos bolsas de retículo sarcoplásmico rodean cada tubo T para formar una triada.

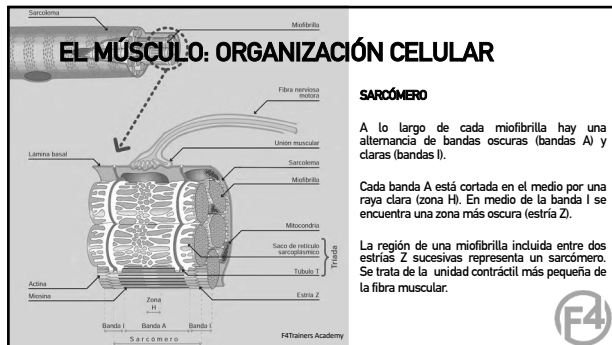
TRIADA

Es la estructura que permite el paso de la señal nerviosa (potencial de acción) durante la liberación del calcio a partir del RS, es decir, el acoplamiento de la excitación a la contracción.

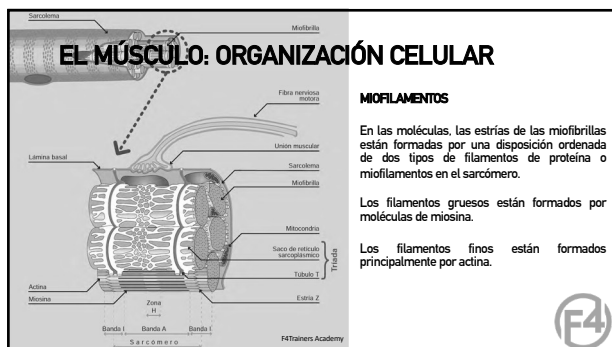


F4Trainers Academy

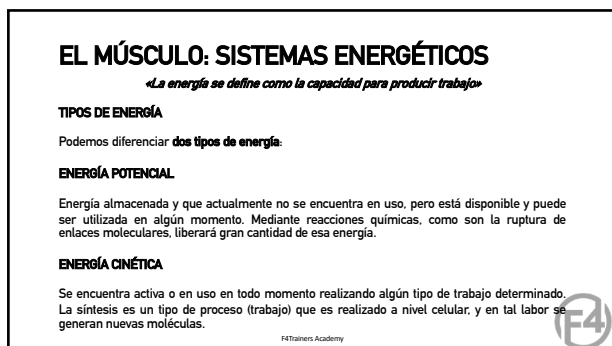
39



40

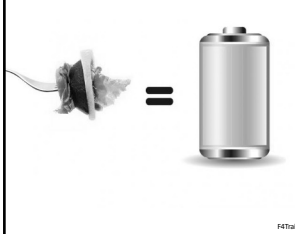


41



42

EL MÚSCULO: SISTEMAS ENERGÉTICOS



Identificamos tres grandes sistemas energéticos:

- Fosfagenos / ATP (adenosín trifosfato)
- Glucólisis:
 - Aeróbica
 - Anaeróbica
- Beta-oxidación:

F4Trainers Academy

43

EL MÚSCULO: SISTEMAS ENERGÉTICOS

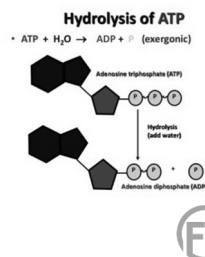
FOSFÁGENOS / ATP:

ATP (Adenosín Trifosfato)

Se trata de una molécula compuesta por un núcleo (adenosín) y un grupo de tres fosfatos.

Los depósitos energéticos de ATP **no son muy elevados**, de ahí que sea constantemente renovada y resintetizada.

La **descomposición** de ATP para producir energía se denomina **hidrólisis**, ya que requiere agua, dando como resultado una nueva molécula, denominada ADP (Difosfato de Adenosina).



44

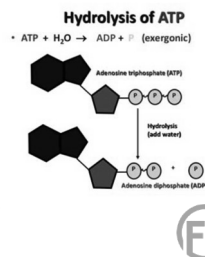
EL MÚSCULO: SISTEMAS ENERGÉTICOS

FOSFÁGENOS / ATP:

El ADP puede volver de nuevo a convertirse en ATP (fosforilación) y por consiguiente, reusarse, lo que se conoce como el ciclo ATP/ADP.

Para llevar a cabo este proceso **se requiere de energía**.

El ATP está constantemente siendo **reciclado** por el cuerpo.



45

EL MÚSCULO: SISTEMAS ENERGÉTICOS

POSFÁGENOS / ATP:

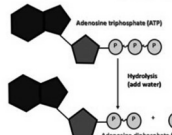
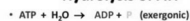
El cuerpo necesita **energía** para desempeñar cualquier trabajo, siendo dependiente de la intensidad del mismo.

Esta **energía** viene en forma de **ATP**.

La **rapidez** con que nuestro cuerpo puede hacer del uso de ATP estará determinado por los tres **sistemas de energía cardiovascular**.

La demanda de ATP está condicionada por la **urgencia** del cuerpo y la **cantidad** necesaria en la entrega.

Hydrolysis of ATP



F4Trainers Academy



46

FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS

Los tres sistemas energéticos funcionan como un continuum energético.

CONTINUUM ENERGÉTICO. la capacidad que posee el organismo de mantener simultáneamente activos a los tres sistemas energéticos en todo momento, pero otorgándole una predominancia a uno de ellos sobre el resto de acuerdo a:

1. Duración del Ejercicio.
2. Intensidad de la Contracción Muscular.
3. Cantidad de Substratos Almacenados.

Los sistemas energéticos se encuentran funcionando en una continua interacción.

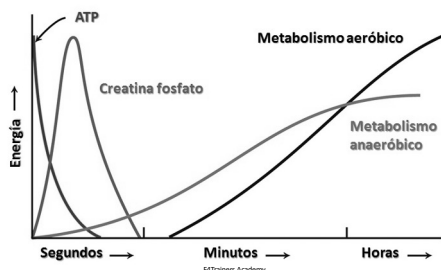
Debe hablarse siempre de una predominancia de un sistema energético sobre el resto y nunca de una exclusividad en la vía del aporte de energía para la realización de una determinada actividad física.

F4Trainers Academy



47

FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS

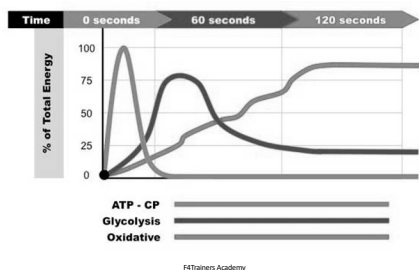


F4Trainers Academy



48

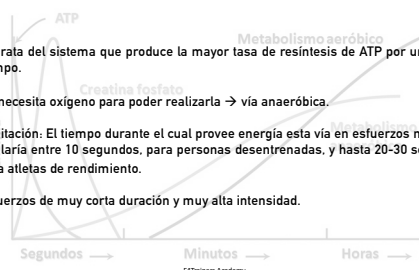
FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS



49

SISTEMA ATP-FOSFOCREATINA

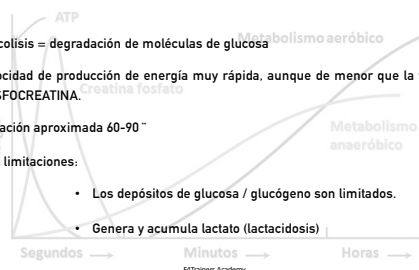
- Se trata del sistema que produce la mayor tasa de resíntesis de ATP por unidad de tiempo.
- No necesita oxígeno para poder realizarla → vía anaeróbica.
- Limitación: El tiempo durante el cual provee energía esta vía en esfuerzos máximos oscilaría entre 10 segundos, para personas desentrenadas, y hasta 20-30 segundos para atletas de rendimiento.
- Esfuerzos de muy corta duración y muy alta intensidad.



50

SISTEMA DE GLUCOLISIS ANAERÓBICA

- Glucolisis = degradación de moléculas de glucosa
- Velocidad de producción de energía muy rápida, aunque de menor que la vía ATP-FOSFOCREATINA.
- Duración aproximada 60-90"
- Dos limitaciones:
 - Los depósitos de glucosa / glucógeno son limitados.
 - Genera y acumula lactato (lactacidosis)



51

SISTEMA OXIDATIVO

- Requiere de la presencia de oxígeno para poder generar energía.
- Se considera un proceso aeróbico: se genera ATP en la mitocondria (respiración celular).
- Sustratos energéticos: CHs y grasas (y eventualmente AAS).
- Menor velocidad de producción de energía que las dos anteriores vías metabólicas.
- Vía que en valores absolutos mayor energía produce → obtener mucha energía durante largos periodos de tiempo (sin necesidad de disponer la misma de manera rápida).
- En este sistema la producción de lactato sería muy baja, permite que el ejercicio se extienda por largos periodos de tiempo.

F4Trainers Academy



52

SISTEMAS ENERGÉTICOS: CONCEPTOS FINALES

- Estos tres tipos de fuentes energéticas **se mantienen activas de forma simultánea en todo momento**.
- Existirá **cierta predominancia** de una sobre otra dependiendo estrictamente del tipo de actividad que estemos realizando, su duración y la intensidad de la contracción muscular, entre otras cosas.
- Cada individuo precisará de un aporte particular de **sustrato energético**, dependiendo de la actividad en curso.
- Lo ideal es conseguir la suficiente **flexibilidad metabólica** para utilizar de manera eficiente los distintos mecanismos que ofrece nuestro cuerpo.

F4Trainers Academy



53

ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO

- Son diversos los beneficios que se adquieren en los sistemas que componen el cuerpo humano.
- Principalmente en el cardiovascular y en el respiratorio, siguiendo con el músculo esquelético, digestivo, nervioso y en todos en general aunque no se perciban los cambios benéficos que se suscitan.

F4Trainers Academy



54

ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO

SISTEMA CARDIOVASCULAR:

- Eficiencia de la tensión arterial disminuyéndola en reposo.
- Aumento de masa del músculo cardíaco.
- Disminución de la frecuencia cardíaca y mayor fuerza de contracción.
- Aumento en el volumen sanguíneo.
- Aumenta el número de glóbulos rojos.

F4Trainers Academy



55

ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO

SISTEMA RESPIRATORIO:

- Disminución de la frecuencia respiratoria (4-6 respiraciones por minuto)
- Aumento en la captación de oxígeno.
- Aumento en la capacidad pulmonar, que conlleva a la reducción del trabajo respiratorio.

F4Trainers Academy



56

ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO

SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO:

- Aumento en el tejido muscular (hipertrofia)
- Mejora / remodelación en la composición corporal.
- Disminución de los niveles de tejido adiposo

F4Trainers Academy



57

ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO

SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO:

- Aumento en el tejido muscular (hipertrofia)
- Mejora / remodelación en la composición corporal.
- Disminución de los niveles de tejido adiposo

F4Trainers Academy



58

ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO

SISTEMA DIGESTIVO:

- Requerimientos: necesitar más agua y alejarse de ciertos alimentos que el cuerpo comprende como innecesarios.
- Modifica la absorción y digestión en los alimentos.
- La absorción de agua cambia de manera más eficiente para hidratar cada componente celular.
- Control de la temperatura corporal durante la actividad física.

F4Trainers Academy



59

METABOLISMO ENERGÉTICO DURANTE EL EJERCICIO: LA FATIGA

FATIGA:

Incapacidad para seguir generando un nivel de fuerza o una intensidad de ejercicio determinada, siendo una situación que se vive, se siente y que atletas o no experimentan.

Debido a su carácter multifactorial, aún los mecanismos de su formación permanecen imprecisos.

F4Trainers Academy



60



METABOLISMO ENERGÉTICO DURANTE EL EJERCICIO: LA FATIGA

Entender los procesos por los cuales se genera fatiga muscular, puede ayudar a tomar decisiones más prudentes y certeras a la hora de programar los entrenamientos para cada nivel de rendimiento.

Del mismo modo, contar con herramientas prácticas que nos permitan cuantificarla será de gran importancia para evitar un estancamiento o, peor aún, un descenso del rendimiento.

F4Trainers Academy

61



METABOLISMO ENERGÉTICO DURANTE EL EJERCICIO: LA FATIGA

FATIGA: DOS TIPOS

- Factores que afectan a nivel muscular, generando la fatiga neuromuscular (periférica)
- Factores que afectan al cerebro, generando la fatiga central

F4Trainers Academy

62



METABOLISMO ENERGÉTICO DURANTE EL EJERCICIO: LA FATIGA

- La fatiga **disminuye transitoriamente las posibilidades del atleta**, se trata de una circunstancia necesaria para generar adaptaciones que impulsen mejoras físicas.
- Para incrementar su rendimiento, los deportistas se entrenan para **aprender a tolerar la fatiga muscular** y volverse más resistentes
- El rendimiento se verá potenciada a partir de la aplicación de sucesivas cargas de entrenamiento, las cuales perturbarán la homeostasis, generando **fatiga muscular**, pero que luego terminará por volver más resistentes a los individuos.

F4Trainers Academy

63

¿PORQUÉ OCURRE LA FATIGA?

La fatiga muscular aparece cuando se **perturba alguno de los tantos procesos fisiológicos** que permiten a las proteínas contráctiles generar fuerza.

Estos procesos pueden ser de **índole metabólico** (fatiga muscular periférica), implicando a los sistemas energéticos y la producción de energía para la contracción, o del **orden neuronal** (fatiga muscular central), relacionándose con la conducción de los estímulos a través del sistema nervioso y hasta los músculos.

Además, la fatiga puede ser también el resultado de la **alteración de la homeostasis** debido a la tensión ambiental.



F4Trainers Academy

64

¿PORQUÉ OCURRE LA FATIGA?

La naturaleza multidimensional de la fatiga permite clasificarla de acuerdo a su duración en:

Fatiga muscular de corto plazo:

Descenso en la capacidad para aplicar fuerza muscular y se reducen los niveles de control motor, debido a una fatiga de índole localizada.

Fatiga muscular de largo plazo:

Desórdenes musculoesqueléticos, síndrome de fatiga crónico, e incluso una disminución en el rendimiento del sistema inmune, debido a una fatiga mayormente de tipo central.



F4Trainers Academy

65

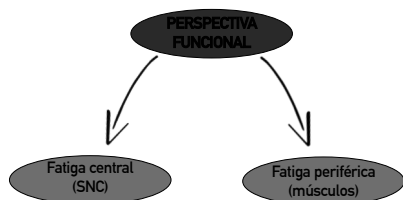
¿PORQUÉ OCURRE LA FATIGA?



F4Trainers Academy

66

¿PORQUÉ OCURRE LA FATIGA?

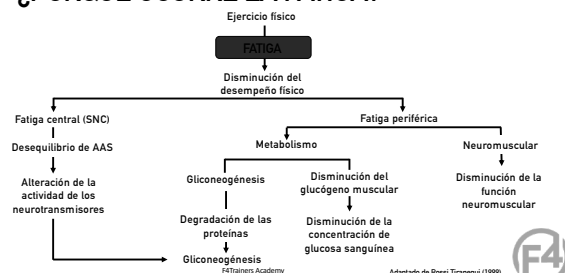


F4Trainers Academy



67

¿PORQUÉ OCURRE LA FATIGA?



F4Trainers Academy

Adaptado de Rossi Tirapegui (1999)



68

FATIGA CENTRAL (SNC)

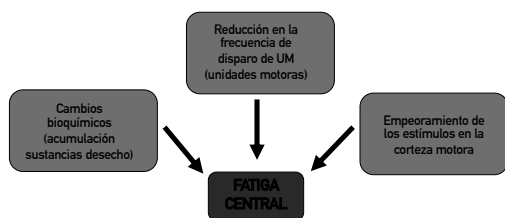
- Se originaría en el cerebro a partir de **cambios bioquímicos** que ocurren durante la práctica de ejercicio (acumulación de serotonina extracelular, glutamato, dopamina y ácido gamma-aminobutírico).
- Puede ocurrir no sólo por los cambios a nivel metabólico relacionados con la disponibilidad de energía, sino también por una **falla en el sistema nervioso central** para activar las motoneuronas adecuadamente
- Una de las teorías que explican el aumento de la fatiga muscular debido a procesos del orden neuronal, menciona una **reducción en la tasa de disparo de unidades motoras** durante la contracción muscular.
- También se le ha atribuido como causa del aumento de la fatiga muscular, un **empeoramiento en la sincronización de unidades motoras** y de los **estímulos** en la corteza motora cerebral

F4Trainers Academy



69

FATIGA CENTRAL (SNC): CONSECUENCIAS



Adaptado de Tormero-Aguilera et al., 2022.

F4Trainers Academy



70

FATIGA MUSCULAR Y RELACIÓN AMBIENTAL

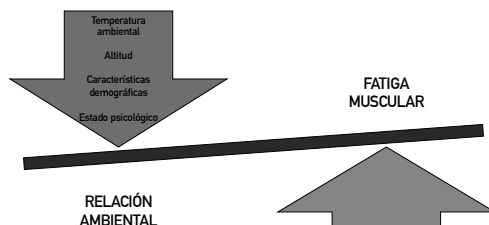
- **Temperatura ambiental.** La exposición del cuerpo humano a temperaturas extremas, provoca una mayor tensión que se denomina **estrés termal**, el cual puede aumentar los niveles de fatiga muscular.
- **Altitud.** La hipoxia provocada en condiciones de mayor altura con respecto al nivel del mar durante el entrenamiento genera un incremento de la fatiga muscular.
- **Características demográficas.** La edad, el sexo, e incluso las características antropométricas son cuestiones que también podrían determinar la capacidad para tolerar y acumular fatiga muscular.
- **Estado psicológico.** Un aumento en el estrés debido a temas relacionados con las condiciones psíquicas individuales (ej. problemas de *feedback* con el entrenador o ansiedad generada por la competencia), pueden incidir sobre los niveles de fatiga muscular.

F4Trainers Academy



71

FATIGA MUSCULAR Y RELACIÓN AMBIENTAL



F4Trainers Academy



72

EVALUACIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR

La **detección temprana** de un aumento y acumulación de fatiga en el deportista, puede resultar una herramienta de gran utilidad a la hora de maximizar los resultados del ejercicio físico, así como también para mejorar la puesta a punto pre-competitiva.

Para ello existen distintas **herramientas**, algunas más fiables y directas que otras, pero que en cualquier caso buscarán identificar indicios de fatiga para así poder tomar decisiones sobre el proceso de entrenamiento.



F4Trainers Academy

73

EVALUACIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR

CUESTIONARIO WELLNESS

questionnaires apunta a que los individuos respondan una serie de preguntas de forma rápida y sin mayores complicaciones para su posterior análisis.

Ejemplo:



74

EVALUACIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR

PERCEPCIÓN SUBJETIVA DEL ESFUERZO (RPE) / ESCALA DE BORG

- El uso de la escala de esfuerzo percibido presentada inicialmente por Borg (1982).
- Propone la valoración del esfuerzo físico por parte del ejecutante, a partir de una puntuación que inicia en 6 (sin esfuerzo físico) y culmina en 20 (máximo esfuerzo posible).



F4Trainers Academy

75

EVALUACIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR

Escala de Borg Original		Escala de Borg Modificada	
1		0	Muy, muy suave
6		1	Muy suave
7	Muy, muy suave	2	Muy Suave
8		3	Suave
9	Muy suave	4	Moderado
10		5	Algo Duro
11	Bastante Suave	6	Duro
12		7	
13	Algo Duro	8	Muy Duro
14		9	
15	Duro	10	Muy, Muy Duro
16			
17	Muy Duro		
18			
19	Muy, muy duro		
20			

F4Trainers Academy



76

EVALUACIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR

TEST PLIOMÉTRICOS

Algunos saltos de simple ejecución como el **Squat Jump (SJ)** o **Counter Movement Jump (CMJ)**, también puede servir como indicadores de fatiga muscular.

Para ello, se debería obtener una medida de estos saltos al inicio de la temporada o plan de entrenamiento. Luego, la reevaluación de estos saltos puede repetirse tantas veces como indicadores se busque obtener, comparándolos en cada oportunidad con aquellos obtenidos al comienzo.

F4Trainers Academy



77

EVALUACIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR

VARIABILIDAD DE LA FREC. CARDÍACA (VFC)

Se conoce como la variación en el tiempo que transcurre entre los intervalos RR del electrocardiograma y refleja la actividad del sistema nervioso autónomo sobre la función cardíaca.

Este indicador se trata del intervalo de tiempo entre latidos cardíacos adyacentes, el cual tendría una relación estrecha con la actividad del sistema nervioso autónomo.

F4Trainers Academy



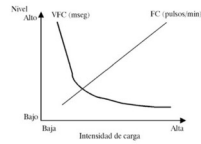
78

EVALUACIÓN DE LA FATIGA MUSCULAR

VARIABILIDAD DE LA FREC. CARDÍACA (VFC)

La relación entre los latidos por minuto y la VFC es inversamente proporcional (a medida que aumenta la FC debido a una intensidad incremental, la VFC se ve reducida).

Existen distintos dispositivos (Holter) e incluso aplicaciones de descarga móvil (dispositivos Polar®) a partir de los cuales puede medirse este indicador, pudiéndose utilizar los resultados obtenidos durante un intervalo de tiempo determinado para establecer el nivel de fatiga del individuo.



F4Trainers Academy

79

BIBLIOGRAFÍA

- Barahona-Fuentes, G. D., Huerta Ojeda, A., & Jerez-Mayorga, D. (2020). Effects of different methods of Strength training on indicators of muscle fatigue during and after strength training: a systematic review. *Motriz*, 26(3). <https://doi.org/10.1590/S1580-4574202000030063>.
- Bianco, Antonio (1992). *Gonimica Biologica*. 8ª edición. Editorial El Ateneo
- Bompa, T. y Haff, G. (2009). *Periodization. Theory and Methodology of Training*. Illinois, Estados Unidos de América: Human Kinetics.
- Barca Innovation Hub (2019). *La aplicación de los cuestionarios Wellness en el fútbol*. <https://barcainnovationhub.com/es/la-aplicacion-de-los-cuestionarios-wellness-en-el-futbol/>.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 377-381.
- Cappa, D. (2000). *Entrenamiento de la Potencia Muscular*. Mendoza, Argentina: Grupo Sobre Entrenamiento.
- Chamari K, Padulo J. Aerobic and Anaerobic terms used in exercise physiology: a critical terminology reflection. *Sports Med Open*. 2015; 1: 9.
- Chicharro, L y Vaquero, F. (2004). Fisiología del ejercicio. Wilmore, J y Costill, D. (2004). Fisiología del esfuerzo del deporte. Prof. Jairo Reyes Magister en Fisiología del Ejercicio.
- Enoka, R. M. y Duchateau, J. (2008). Muscle Fatigue: what, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology*, 586(1), 11-23. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.139477>.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating Fatigue to Human Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(11), 2228-2238. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000929>.



F4Trainers Academy

80

BIBLIOGRAFÍA

- Fitzpatrick, J. F., Hicks, K. M., Russell, M., & Hayes, P. R. (2019). The Reliability of Potential Fatigue-Monitoring Measures in Elite Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000003317>.
- Gandevia, S. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological reviews*, 81, 1725-89. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>.
- Green, H. J. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15, 247-256.
- Guyton, Arthur (1997). *Tratado de Fisiología Médica*. 9ª edición. Editorial McGRAW-HILL.
- Hall, M. M., Rajasekaran, S., Thomsen, T. W., & Peterson, A. R. (2016). Lactate: Friend or Foe. *PM&R Journal*, 8(3 Suppl), S9-S15.
- Hicks, A. L., Kent-Braun, J., & Ditor, D. S. (2001). Sex differences in human skeletal muscle fatigue. *Exercise Sports Science Reviews*, 29(3), 109-112.
- Hohmann, A., Lames, M. y Letzeier, M. (2005). *Introducción a la Ciencia del Entrenamiento*. Madrid, España: Paidotribo.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M. y Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-4.
- Lattier, G., Millet, G. Y., Martin, A., & Martin, V. (2004). Fatigue and Recovery After High-Intensity Exercise Part I: Neuromuscular Fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 25(6), 450-456. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820939>.



F4Trainers Academy

81

BIBLIOGRAFÍA

- Mahdavi, N., Dianat, I., Heidari Moghadam, R., Khotanlou, H., & Faradmal, J. (2020). A review of work environment risk factors influencing muscle fatigue. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 80, 103028. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103028>.
- Mazza, J. C. (1998). *Revisión de aspectos fisiológicos y metodología de preparación física en el fútbol*. Resúmenes del VI Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte, pp 375-383.
- Menshikov, Volkov (1980). *Bioquímica de la Actividad Física*. Vneshtorgizdat Moscú.
- Metral, G. (2009). Fisiología 1. *Curso a distancia de nutrición deportiva*. https://eva.udelar.edu.uy/pluginfile.php/233294/mod_resource/content/1/Fisiologia_1.pdf.
- Ni, Z., Sun, F., & Li, Y. (2022). Heart Rate Variability-Based Subjective Physical Fatigue Assessment. *Sensors*, 22, 3199. <https://doi.org/10.3390/s22093199>.
- Ratel, S., Lazaar, N., Williams, C. A., Bedu, M., & Duché, P. (2007). Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Acta Paediatrica*, 92(11), 1248-1254. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2003.tb00493.x>.
- Rodas, G., Pedret Carballido, C., Ramos, J., & Capdevila, L. (2008). Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca: Concepto, Medidas y Relación con Aspectos Clínicos (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 15(123).

F4Trainers Academy



82

BIBLIOGRAFÍA

- Ruggiero, L., Holland, R. L., Hansen, A. B., Ainslie, P. N., & McNeil, C. J. (2020). High-Altitude Acclimatization Improves Recovery from Muscle Fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(1), 161-169. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002100>.
- Suárez, G. R. (2013). Bases fisiológicas del reclutamiento de motoneuronas. *Revista de Educación Física Vref*, 2(1).
- Tornero-Aguilera, J. F., Jimenez-Morcillo, J., Rubio-Zarapuz, A., & Clemente-Suárez, V. J. (2022). Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 3909. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19073909>.
- Wan, J., Qin, Z., Wang, P., Sun, Y., & Liu, X. (2019). Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Experimental & Molecular Medicine*, 49, e384. <https://doi.org/10.1038/smm.2017.194>.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento Total*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Whitten, Gayley, Davies (1985). *Química General* 3ª edición. Editorial McGRAW-HILL.
- Williams, N. (2017). The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*, 67(5), 404-405. <https://doi.org/10.1093/occmed/kwx045>.
- William, McArdle, F. Katch, V. Katch (1983). *Fisiología del Ejercicio. Energía, Nutrición y Rendimiento Humano*. Editorial Alianza. S.A.
- Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (2004). *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. Badalona, España: Paidotribo.
- Wilware J., Castill D. (2007). *Fisiología del deporte y del esfuerzo*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Zatsiorsky V., Kraemer, W. y Fry, A. (2020). *Science and Practice of Strength Training*. Illinois, Estados Unidos de América: Human Kinetics.

F4Trainers Academy



83