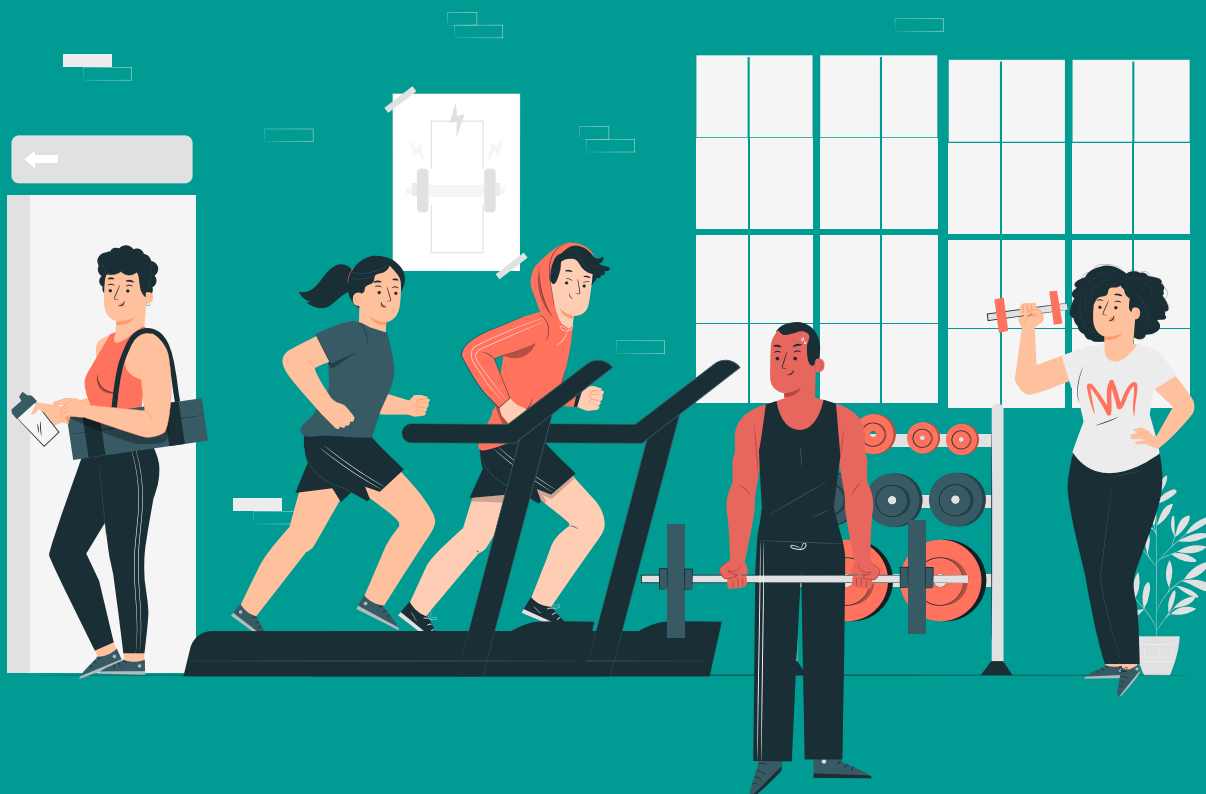




MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO: Fisiología del ejercicio

Yenny Paola Argüello Gutiérrez

Felipe Ricardo Garavito Peña



MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

Fisiología del ejercicio

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO: Fisiología del ejercicio

Yenny Paola Argüello Gutiérrez

Felipe Ricardo Garavito Peña



Argüello Gutiérrez, Yenny Paola.

Manual de Prácticas de Laboratorio: Fisiología del ejercicio / Yenny Paola Argüello Gutiérrez y Felipe Ricardo Garavito Peña, Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2023.

60 páginas; fotografías a color, gráficos, ilustraciones y tablas

Incluye referencias bibliográficas.

E-ISBN: 978-958-782-608-1

1 Fisiología -- Cuerpo humano 2. Metabolismo 3. Fisiología del ejercicio-Manual 4. Pruebas de esfuerzo 5. Ejercicio físico. I. Universidad Santo Tomás (Colombia).

CDD 612.04

CO-BoUST

© Yenny Paola Argüello Gutiérrez y Felipe Ricardo Garavito Peña, autores, 2023

© Universidad Santo Tomás, 2023

Ediciones USTA

Bogotá, D. C., Colombia

Carrera 9 n.º 51-11

Teléfono: (+571) 587 8797, ext. 2991

editorial@usta.edu.co

<http://ediciones.usta.edu.co>

Corrección de estilo:

Andrea Carolina Liñán

Diagramación y diseño de cubierta:

Patricia Montaña D.

Hecho el depósito que establece la ley

E-ISBN: 978-958-782-608-1

Primera edición, septiembre 2023

Universidad Santo Tomás

Vigilada Mineducación

Reconocimiento personería jurídica:

Resolución 3645 del 6 de agosto de 1965,

MinJusticia

Acreditación Institucional de Alta Calidad

Multicampus: Resolución 014525 del 28 de julio de 2022, 8 años, MinEducación

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin la autorización expresa del titular de los derechos.

CONTENIDO

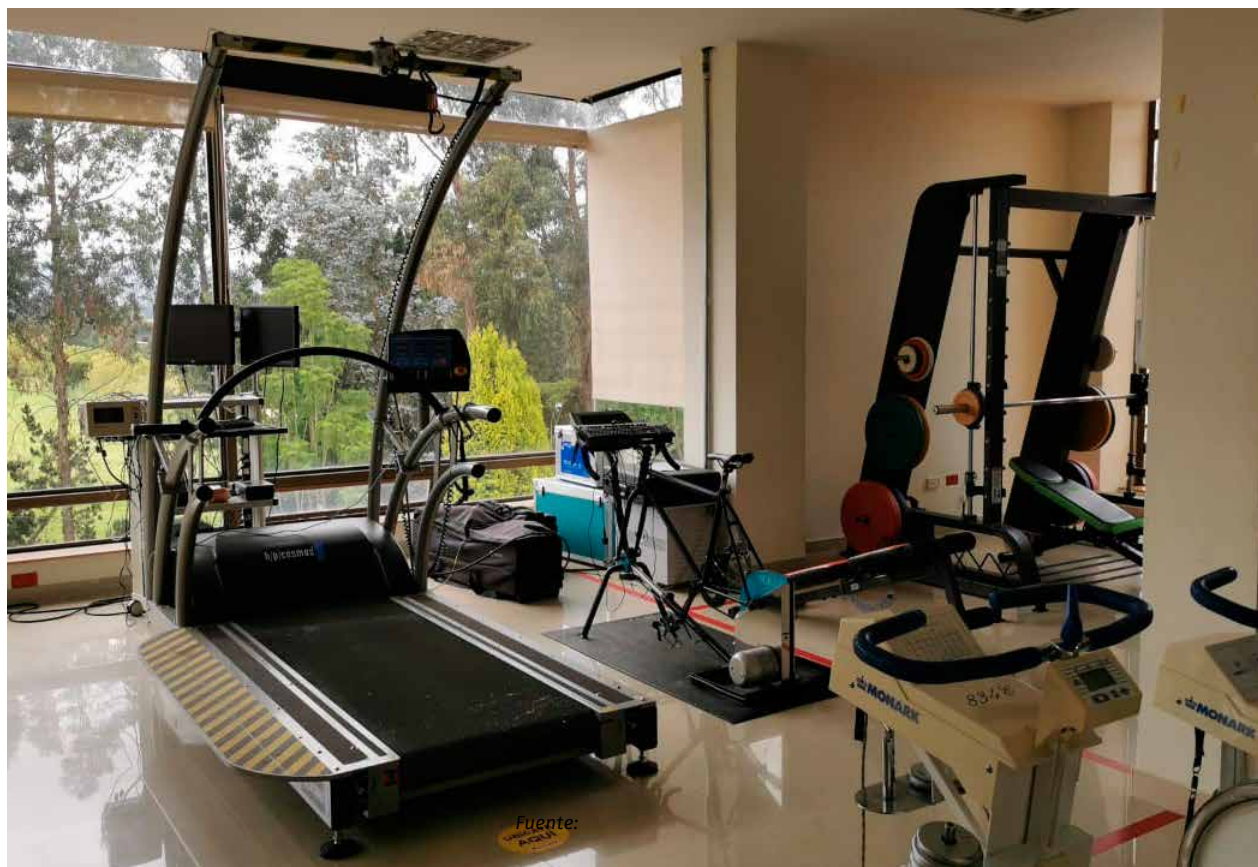
Introducción	11
Capítulo I	
Procedimientos generales	13
Protocolo de ingreso y estancia en el laboratorio	13
Referencias	16
Capítulo II	
Metabolismo energético. Bases conceptuales	17
Laboratorio 1. Test de Wingate	20
Laboratorio 2. Test incremental	23
Laboratorio 3. Test de Course Navette	27
Referencias	31
Capítulo III	
Fisiología neuromuscular. Bases conceptuales	33
Laboratorio 4. Test de Bosco. Saltabilidad	34
Laboratorio 5. Test de T-Force. Potencia sentadilla	37
Laboratorio 6. Electromiografía - EMG	40
Referencias	42
Capítulo IV	
Fisiología cardiorrespiratoria. Bases conceptuales	45
Laboratorio 7. Electrocardiograma y variabilidad de la frecuencia cardíaca	46
Laboratorio 8. Epirometría	48
Referencias	49

Capítulo V	
Apartados finales	51
Anexo 1. Consentimiento informado	52
Anexo 2. Contraindicaciones para las pruebas (Rivas, 2020)	54
Anexo 3. Video Workshop: <i>What Makes Muscles Grow?</i>	56
Referencias	59

Sobre los autores

Lista de figuras

Figura 1. Vías Energéticas	19
Figura 2. Esquema de Laboratorio 1	21
Figura 3. Esquema de Laboratorio 2	24
Figura 4. Esquema de Laboratorio 3	28
Figura 5. Sistema OptoGait y Saltos del test de Bosco	36
Figura 6. Prensa Smith	37
Figura 7. T-Force	38
Figura 8. Ubicación de electrodos EMG	40
Figura 9. Ubicación de electrodos ECG	47



Laboratorio de Fisiología, Universidad Santo Tomás, Bogotá,
Sede Campus San Alberto Magno

Fuente: elaboración propia.

Introducción

La *fisiología*, concebida como una ciencia que se encarga del estudio del funcionamiento del cuerpo humano, implica en su análisis la integración de diferentes niveles de organización, que van desde lo microestructural a lo macroestructural. Es decir, comprende niveles atómicos, moleculares, celulares, tisulares, orgánicos, sistémicos, poblacionales, comunitarios y ecosistémicos; e implica también el reconocimiento de la regulación de dichos procesos en función de la homeostasis.

Por su parte, la *fisiología del ejercicio* reconoce las respuestas y adaptaciones de cada uno de los sistemas corporales, cuando el organismo está siendo sometido a un estrés no patológico, como lo es el ejercicio físico. En dichas respuestas se puede establecer el comportamiento de las variables fisiológicas no solo por el estímulo del ejercicio, sino de manera secuencial en los diferentes momentos de desarrollo de la actividad (antes: *reacciones de anticipación*; durante: *respuestas agudas y crónicas*; y después: *respuestas de recuperación*), todo según el ambiente en el cual el individuo está desarrollando el ejercicio. Es por esto que la medición, monitoreo y análisis de variables se convierte en un hito fundamental en el desarrollo de los estudios fisiológicos, ya que permite reconocer la teoría desde su aplicación práctica, que sea observable, tangible, y medible.

Dicho todo lo anterior, el objetivo de este *Manual de Laboratorio. Fisiología del Ejercicio* es proporcionar al lector una herramienta que recopila bases conceptuales generales sobre temas de interés en el área de la fisiología sistémica y del ejercicio con prácticas de laboratorio en cada una de las temáticas abordadas. Las prácticas de laboratorio sugieren el desarrollo de informes que validan la apropiación de conocimientos y sirven de guía para la adquisición de competencias praxiológicas en torno a la fisiología del ejercicio.

El módulo está compuesto por cinco capítulos. El primero de ellos es el capítulo de “Procedimientos generales”, en el cual se exponen los protocolos de ingreso y estancia en el laboratorio, así como los procedimientos de esterilización y desinfección del material que se utilizará en las prácticas desarrolladas en los siguientes capítulos, con el fin de que el lector reconozca el ambiente propicio, seguro y oportuno para el desarrollo de las diferentes prácticas propuestas en el manual. Los capítulos II, III y IV cuentan con la misma estructura donde se inicia con la conceptualización de una temática en particular, que en el respectivo orden de capítulos es: “Metabolismo

energético”; “Fisiología neuromuscular” y “Fisiología cardiovascular”, y luego se presentan guías de laboratorio sobre cada uno de dichos tópicos. Cada guía de laboratorio cuenta con la descripción de los materiales requeridos y los procedimientos a desarrollar junto con las preguntas y formatos de registros

que configuran los informes derivados de cada práctica. Finalmente, el capítulo v contiene apartados tales como anexos, conclusiones y una estrategia didáctica para el uso de la segunda lengua (inglés), que busca robustecer la pertinencia y utilidad del manual.

Capítulo I

Procedimientos generales

Las prácticas de laboratorio revisten una especial importancia y aporte a los procesos de enseñanza-aprendizaje gracias a la posibilidad de validar los conceptos teóricos a través del monitoreo, medición y análisis de diferentes situaciones y variables fisiológicas. Sin embargo, es indispensable reconocer y respetar todos los procedimientos involucrados en las prácticas de laboratorio para conseguir resultados válidos y en especial no generar ningún daño humano ni a nivel de los materiales, insumos y equipamientos utilizados.

Dicho lo anterior este capítulo brinda información sobre los protocolos de ingreso y estancia en el laboratorio, así como los procedimientos de esterilización y desinfección del material que se utilizará en las prácticas desarrolladas en los siguientes capítulos, para asegurar un ambiente propicio, seguro y oportuno.

13

Protocolo de ingreso y estancia en el laboratorio

Para el ingreso y estancia en el laboratorio de Fisiología de la Universidad Santo Tomás Bogotá, Sede Campus San Alberto Magno, usted debe tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- ▶ Ingresar con bata de laboratorio, independientemente de la prueba o test que vaya a realizar.
- ▶ Lavarse las manos con jabón antes de ingresar al laboratorio y una vez termine la manipulación o medición que deba realizar; este último lavado debe hacerlo dentro de las instalaciones en el área demarcada como “Zona de lavado de manos”.
- ▶ Evitar el uso de manillas, pulseras o cualquier accesorio que pueda generar algún tipo de daño por roce con la persona a la cual usted está monitoreando.
- ▶ Si requiere el uso de guantes, una vez termine su utilización, deséchelos en la caneca de color rojo dispuesta en el laboratorio; en esta misma caneca debe disponer todos los desechos que se consideren peligrosos, tales como elementos

contaminados con sangre o saliva que pueden resultar de algunos de los laboratorios desarrollados.

- ▶ Si hace uso de elementos cortopunzantes como agujas o lancetas; una vez sean utilizadas deben ser depositadas en el guardián dispuesto para tal fin.
- ▶ La participación e ingreso al laboratorio se realizará en los grupos de trabajo establecidos por el docente o persona responsable en ese momento, lo anterior con el fin de evitar aglomeraciones y cumplir con la capacidad instalada del recinto.
- ▶ No se permite el ingreso de maletas, por tanto, solo lleve consigo una libreta de apuntes, bolígrafo o lápiz y celular o el material necesario exigido en dependencia de las mediciones que se vayan a realizar.
- ▶ Presentarse 15 minutos antes de la hora que tenga programado el ingreso. Si usted es la persona que va a realizar la prueba debe estar en las condiciones necesarias para realizarla y que se describen en cada una de las guías.
- ▶ No se permite el ingreso de alimentos o bebidas al laboratorio.

Leer previamente la guía del laboratorio para que reconozca los procedimientos y pueda tener una participación más oportuna en el desarrollo de este.

En todo momento, siga las instrucciones que aseguran el buen uso del material

y rigurosidad en los protocolos propuestos, adicional a mantenerse en las zonas delimitadas para el uso de la instrumentación.

Procedimientos de esterilización y desinfección del material

La limpieza (esterilización y desinfección) del material depende de manera muy específica de cada dispositivo. Sin embargo, se emiten a continuación lineamientos generales en cuanto a las diferentes prácticas propuestas.

En el laboratorio de Fisiología, para la mayoría de los dispositivos utilizados en las prácticas propuestas en este manual (como pulsómetros y bandas de monitores cardíacos), se utiliza el lavado con agua corriente y jabón líquido suave, posteriormente secado con toallas desechables seguido de la disposición de los dispositivos sobre el mesón del área de lavado para que termine el proceso de secado (Polar, s. f.).

En el caso de la limpieza y desinfección de superficies, como sillín de bicicletas, teclados, mesas, tapetes de medición, computadores, entre otros, se debe aplicar con espray alcohol etílico concentración al 70 % (Marqués et ál., 2015) y luego pasar un paño seco para esparcir el producto y lograr la limpieza en toda la superficie de interés.

Para dispositivos tales como las boquillas o mascarillas reutilizables que se usan en pruebas como la espirometría o ergoespirometría, se realiza su limpieza y desinfección inicialmente con lavado en agua corriente y con jabón líquido, seguido a ello se incluye el material

en solución con glutaraldehído, por un tiempo no menor a 20 minutos de tal manera que se logre un alto nivel de desinfección (UIS, 2008), posteriormente se saca el material y se ubica sobre toallas de papel para lograr el secado de este.

Este procedimiento será registrado por la persona que realice el lavado en una tabla que se encuentra dispuesta en el área de lavado para asegurar los tiempos y procesos necesarios. El glutaraldehído es un líquido oleaginoso sin color y con un olor acre que es utilizado como desinfectante frío de material de laboratorio; su uso más frecuente es en forma diluida mezclada con agua, en concentraciones que para el caso particular son del 2 % (NIOSH, 2001). Adicionalmente, se ha reconocido que esta sustancia es recomendada para la eliminación de SARS-CoV-2 (US. EPA. 2020). El dispositivo debe permanecer en la solución por un tiempo de 1 a 3 minutos, luego de lo cual se debe retirar y enjuagar con agua fría y dejar en posición vertical hasta que cumpla su secado total.

Por último, la limpieza y desinfección de las batas utilizadas es responsabilidad de cada persona y se sugiere que una vez termine la práctica y antes de salir del laboratorio se retire la bata (no es aconsejable movilizarse por otras instalaciones con la bata puesta) y

la introduzca en una bolsa plástica. Dependiendo de la contaminación con desechos peligrosos que pudo haber tenido, sería ideal que fuera una bolsa de color rojo. Una vez en el sitio de lavado, sacar la bata de la bolsa y se recomienda lavar de manera separada de la otra ropa y utilizar agua caliente y el ciclo de lavado más largo. Para su secado es recomendable que sea al aire libre.

Una vez revisados tanto los protocolos de ingreso y estancia del laboratorio y los procedimientos de esterilización y desinfección, es imperioso su estricto cumplimiento para asegurar que cada una de las prácticas desarrolladas tengan los resultados esperados sin perjuicio humano ni material. Así mismo, estos protocolos y procedimientos están bajo continua observación y actualización según de las necesidades y situaciones particulares, y su consulta y verificación es responsabilidad de todas las personas que deban acceder al laboratorio o vayan a desarrollar alguna práctica.

De manera adicional, cada equipo y material está bajo el control del encargado de dicho espacio, quien revisa de manera periódica los cronogramas de calibración y mantenimiento tanto preventivo como correctivo, adicionalmente al pedido de los insumos necesarios para cada una de las prácticas que se desarrollan en este recinto.

Referencias

- Marques, M., Neumann, V., Padoveze, M. y Graziano, K. (2015). Eficacia y efectividad del alcohol en la desinfección de materiales semicríticos: revisión sistemática. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, 23(4), 741-52. <https://doi.org/10.1590/0104-1169.0266.2611>
- Niosh. (2001). *Glutaraldehyde. Occupational Hazard in Hospitals*. DHHS. glutaraldehyde. backup (cdc.gov).
- Polar. (s. f.). *Manual del usuario*. Polar. https://support.polar.com/e_manuals/M430/Polar_M430_user_manual_Espanol/manual.pdf
- Universidad Industrial de Santander. (2008). *Protocolo de limpieza, desinfección y esterilización en el servicio de Odontología. Proceso Bienestar Estudiantil. Subproceso Atención en Salud*. https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/protocolos/TBE.34.pdf
- Universidad Santo Tomás. (2020). *Guía para retorno. (retorno a prácticas de laboratorio en el contexto del Covid-19)*. Departamento de Ciencias Básicas. <https://doi.org/10.4206/rev.austral.cienc.soc.2019.n36-11>
- US EPA. (2020). *Lista N: Productos con declaraciones de patógenos virales emergentes y coronavirus humano para usar contra SARS-Cov-2*. https://espanol.epa.gov/sites/production-es/files/2020-05/documents/052120_spanish_x0483_spanish_list_n.pdf

Capítulo II

Metabolismo energético.

Bases conceptuales

El metabolismo energético demuestra la eficiencia del organismo para responder adecuadamente a las diversas situaciones ambientales, tales como el ejercicio, los cambios de temperatura, la ingesta de alimentos, entre otros; así mismo, pone en consideración los procesos vinculados en el procesamiento y transporte de los alimentos ingeridos que son utilizados como moneda energética para el trabajo mecánico, siendo estos factores puntos de análisis fundamentales en los procesos de intervención, sea en el ámbito de la salud o el deporte.

Todo ser humano necesita energía para realizar las diferentes funciones que le permiten sobrevivir; sin embargo, la energía en términos biológicos se obtiene a partir de la hidrólisis de una molécula denominada Adenosín Trifosfato o ATP (Guyton y Hall, 2016). Por lo tanto, para comprender los procesos metabólicos se reconocen reacciones en las cuales se determina la liberación de energía (catabolismo) y aquellas donde se tiene consumo de energía, que son los llamados procesos endergónicos (anabolismo). A partir de esto, las células utilizan el sistema ADP/ATP y el sistema de las coenzimas transportadoras de electrones para producir la energía necesaria para las diferentes funciones celulares.

Así mismo, cuando un ser humano realiza ejercicio físico debido al gran esfuerzo desarrollado, requiere una gran cantidad de energía, es decir, se necesita producir grandes cantidades de ATP para suplir las demandas energéticas del organismo. La relación entre la producción y utilización de ATP es lo que se denomina *intensidad*. En otras palabras, entre mayor sea el esfuerzo, mayor será la intensidad, o la necesidad del organismo de utilizar y reponer ATP (López y Fernández, 2006).

El metabolismo es el encargado por medio de reacciones químicas, de mantener la energía necesaria - ATP para responder a las demandas energéticas del esfuerzo físico (Neufer, 2018). Sin embargo, el ATP no siempre proviene de las mismas fuentes. Hay diferentes sustratos energéticos entre los cuales encontramos la fosfocreatina (PCr), los carbohidratos, los lípidos y las proteínas que en su orden pueden ser la “materia prima” de producción de ATP (Boticario y Cascales, 2012). Así, la PCr puede

producir grandes cantidades de ATP (elevada intensidad), pero con una corta duración; los carbohidratos soportan una producción un tanto menor que la PCr, pero con una duración mayor y, finalmente, los lípidos y proteínas, que tienen una baja producción de ATP, pero de una duración prolongada, lo que en síntesis se puede ejemplificar en la siguiente ecuación:

$$\text{Intensidad} = \text{sustrato energético} / \text{duración}$$

De la ecuación podemos deducir dos cuestiones:

1. La intensidad es inversamente proporcional a la duración, por lo tanto, no podemos soportar esfuerzos de elevada producción de energía en prolongados periodos de tiempo.
2. La intensidad es proporcional al sustrato energético a utilizar (PCr, carbohidratos, lípidos y proteínas).

Ahora bien, el camino que toma un sustrato energético para llegar a producir ATP es lo que se denomina *ruta* o *vía metabólica*. Cuando el sustrato no requiere de oxígeno para producir ATP se denomina *vía anaeróbica* y si, llegado el caso, requiere oxígeno para

dicho proceso metabólico será una *vía aeróbica*. Es importante aclarar que, durante el ejercicio físico, todas las vías metabólicas actúan en simultáneo; no obstante, existe una predominancia de una vía sobre las otras, según sea la intensidad del ejercicio.

Debido a lo anterior, es prácticamente imposible hablar de que durante el desarrollo del ejercicio físico solo se activa una vía metabólica en particular, pues estas transfieren la responsabilidad de producir ATP (Hawley et ál., 2018). Por ejemplo, al iniciar una actividad con una intensidad del 100 % las vías metabólicas se traslapan en el siguiente orden: primero se utiliza la vía metabólica *anaeróbica aláctica*, que tiene como sustrato energético fosfágenos de alto valor energético (ATP-PCr); posteriormente, al empezarse a agotar dicha vía, empieza a delegar la producción de energía a la vía *anaeróbica láctica*, que tiene como sustrato carbohidratos, y finalmente la vía *aeróbica* toma dominancia para que no se agoten las reservas de carbohidratos (figura 1). Sin embargo, es necesario insistir que este orden puede variar en dependencia de la intensidad de la actividad desarrollada.

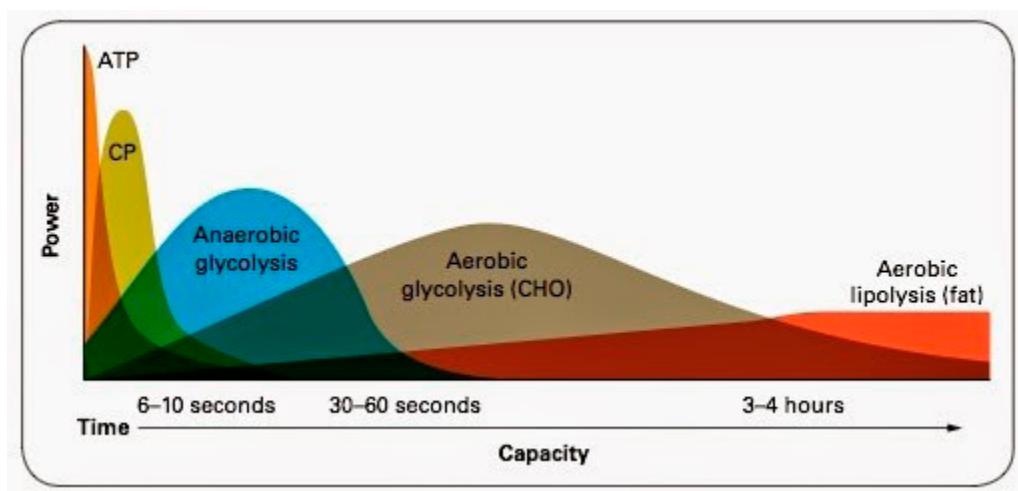


Figura 1. Vías energéticas

Nota: predominancia de las vías energéticas con respecto a la intensidad y en dependencia del tiempo.

Fuente: LivermoreTraining (2014).

Retomando la explicación anterior, se reconoce que el principal determinante del uso de una vía energética es la intensidad, no la duración (es de recordar que el ejemplo anterior se hace con un inicio a una intensidad del 100 %), por ejemplo, si se inicia una actividad a una intensidad moderada se activará la vía metabólica aeróbica, y así de acuerdo con cada tipo de intensidad corresponderá una vía metabólica predominante. Es por esto por lo que podemos decir que las vías metabólicas se pueden evaluar según dos condiciones: 1) potencia y 2) capacidad, siendo más potente la vía anaeróbica aláctica y con mayor capacidad la vía aeróbica (Alghannam et ál., 2021).

La *potencia* se puede entender como el tiempo en el cual se da el pico de producción máxima de energía de la vía metabólica, reconociendo que la potencia se encuentra directamente relacionada con la intensidad. Por su parte, la

capacidad hace relación al tiempo en el cual la vía metabólica se agota por completo, la cual se asocia con la fatiga.

A continuación, se presentan algunas prácticas de laboratorio que permiten validar los conceptos teóricos presentados en el capítulo; se aclara que cada práctica de laboratorio propuesta cuenta con una Guía que tiene los siguientes ítems: 1) *materiales*, 2) *procedimiento*, y 3) *informe de laboratorio*, este último contiene unas preguntas propuestas para que los asistentes al laboratorio puedan demostrar las competencias adquiridas en este. Así mismo, se ratifica que dentro de los procedimientos establecidos siempre que se vaya a desarrollar un laboratorio las personas que realicen las pruebas deben diligenciar el consentimiento informado (anexo 1) y se debe verificar por parte de quienes dirijan las pruebas o test, las contraindicaciones absolutas y relativas para el desarrollo

de estas y con esta revisión aprobar o no la participación como sujeto de prueba en la práctica por desarrollar (anexo 2).

Los laboratorios (1, 2 y 3) a continuación responden a la pregunta orientadora: ¿cómo responde el metabolismo energético y las variables cardiorrespiratorias ante cargas de trabajo de alta intensidad e incrementales? Así mismo, se establece como objetivo general de dichos laboratorios:

Analizar las respuestas fisiológicas (metabólicas y cardiorrespiratorias) de un sujeto sometido a una carga específica de ejercicio.

Laboratorio 1. Test de Wingate

Materiales

Para el desarrollo de este laboratorio se requiere de:

- Bata blanca para cada uno de los asistentes
- Monitor de frecuencia cardíaca para los sujetos que desarrollen la prueba
- Software Cyclus, el cual se encuentra disponible en el laboratorio
- Guantes desechables para la persona que realice la toma de lactato
- Alcohol antiséptico
- Gasa estéril
- Lancetas
- Medidor de Lactato Scout, disponible en el laboratorio
- Escala de Borg de 6 a 20
- Formatos de registro

Procedimiento

Para que una persona pueda realizar la prueba de Wingate, se deben validar las siguientes condiciones en pro de obtener una buena respuesta ante la carga: el sujeto debe haber consumido su desayuno mínimo 2 horas antes de la práctica, no consumir tabaco por lo menos 12 horas previas a la prueba, haber dormido entre 6 a 8 horas la noche anterior a la prueba, registrar los antecedentes patológicos y hacer el análisis respectivo para determinar si se pueden considerar como una contraindicación para desarrollar el Wingate y finalmente la persona debe portar ropa adecuada (pantalóneta, camiseta y zapatos deportivos) que le permita desarrollar un adecuado movimiento.

Inicio de las pruebas. Se deben registrar en el sujeto los datos de reposo, tales como frecuencia cardíaca (FC), nivel de lactato en sangre (Palacios et ál., 2015), peso y talla. Adicionalmente, se debe calcular la frecuencia cardíaca máxima por medio de la fórmula de Tanaka (Tanaka et ál., 2001) y, a través de la fórmula de Karvonen, calcular la FC esperada (Karvonen et ál., 1957) al 60 % y 70 %.

Para la determinación del lactato en sangre, limpiamos con una gasa estéril humedecida en alcohol, el lóbulo de la oreja y con la lanceta se realiza una punción para obtener la muestra no más de 0.2 microlitros, luego se acerca la tirilla de medición y una vez se detecte la sangre se esperan 10 segundos para que el medidor muestre el resultado (BIOLaster, s. f.).

Calentamiento. Antes de la prueba, la persona que realizará el test de Wingate debe disponer su organismo haciendo un calentamiento de 5 minutos en cicloergómetro y con una carga equivalente al 1 % de su peso corporal. El tiempo se distribuye de la siguiente manera: los primeros tres minutos realizará un pedaleo a 40 revoluciones por minuto (rpm), a partir del tercer minuto efectuará el pedaleo a máxima velocidad por un tiempo de quince segundos; a partir del minuto tres con dieciséis segundos y hasta completar los cinco minutos de calentamiento la persona continuará pedaleando a 40 rpm. Durante esta parte del laboratorio se debe registrar la FC cada minuto (es importante que el registro se haga durante los últimos 15 segundos de cada minuto). Una vez finalizado el calentamiento, realizar una toma de lactato. Se darán tres minutos de

recuperación, en los cuales el sujeto permanecerá en reposo activo antes de iniciar la prueba de Wingate. Finalizados los tres minutos de reposo activo, no olvide reportar la FC.

Test de Wingate. La prueba se puede desarrollar en cicloergómetro o bicicleta mecánica que permita añadir carga externa (0.075 kg por kilogramo de peso corporal, equivalente a 4,41 J) (Ayalon et ál., 1974). La persona debe pedalear por treinta segundos a la máxima velocidad posible siempre contra una resistencia constante impuesta. Se debe enfatizar todo el tiempo en que la persona debe dar su máximo esfuerzo para cumplir con el objetivo de la prueba. El Cyclus permite tener el registro de la FC cada diez segundos, una vez finalicen los 30 segundos de ejecución de la prueba, registre nuevamente el lactato y se debe repetir posterior a tres minutos de recuperación.

21

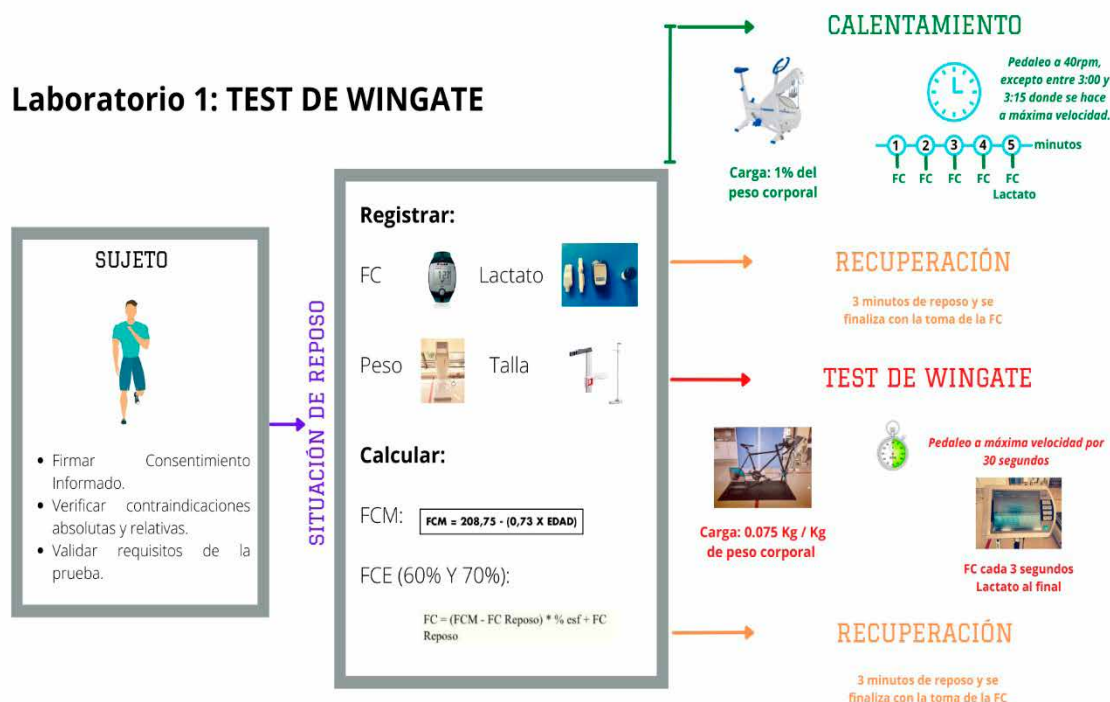


Figura 2. Esquema de Laboratorio 1

Fuente: elaboración propia.

Informe de laboratorio

Responda las siguientes preguntas que permiten apropiarse los conceptos abordados en el laboratorio, no olvide que sus respuestas deben ir soportadas con referencias bibliográficas debidamente reportadas bajo las normas que le sean solicitadas (APA, Vancouver, entre otros sistemas de referencias). Si deben realizar gráficas o tablas, cumpla con los requisitos en cuanto a desarrollo de estas utilizando el programa Excel u otros similares.

1. Ficha de registro: complete con los datos obtenidos.

Laboratorio de Wingate	Fecha: dd/mm/aaaa
Nombre del sujeto:	
Fecha de nacimiento: dd/mm/aaaa	Edad (años):
Datos iniciales	
FC reposo:	Peso (kg):
Talla (cm):	Lactato (mmol/L):
FCmáx (Tanaka):	FCE (Karvonen) 60 %-70 %:
Observaciones generales (registro de actividad física [frecuencia semanal], deporte que practica, antecedentes personales, entre otros):	
Datos del calentamiento	
FC minuto 1	
FC minuto 2	Lactato minuto 5:
FC minuto 3	
FC minuto 4	Lactato recuperación (3 minutos):
FC minuto 5	
FC recuperación (3 minutos)	
Test de Wingate	
FC segundo 10	
FC segundo 20	Lactato segundo 30:
FC segundo 30	Lactato recuperación:
FC recuperación:	

2. Basado en los datos obtenidos, analice las variables de *pico de potencia*, *índice de fatiga* y *potencia media*. Realice una interpretación fisiológica donde ponga en consideración baremaciones de los datos de interés.
3. Realice una gráfica de frecuencia cardíaca con respecto al tiempo (tanto en el momento de calentamiento como en la prueba). Interprete la gráfica en cuanto a zonas de trabajo alcanzadas por el sujeto.
4. Interprete con base en la gráfica obtenida potencia versus tiempo, ¿qué implicación fisiológica (metabólica) tiene el comportamiento obtenido?
5. ¿Cuál es la utilidad de realizar esta prueba para la prescripción del ejercicio? Justifique su respuesta, indicando cómo se utilizan los datos.
6. Grafique lactato *versus* tiempo tanto en la fase de calentamiento (partiendo del valor obtenido en la situación de reposo) como en la prueba de Wingate. Realice la interpretación basada en umbrales metabólicos y procesos de fatiga.

Laboratorio 2. Test incremental

Se requieren los mismos materiales que el Laboratorio 1 (ver pág. 20).

Procedimiento

Aplican las mismas indicaciones generales e inicio de las pruebas del laboratorio test de Wingate (ver págs. 20 y 21).

Calentamiento. Se requiere un calentamiento de 10 minutos, en una zona de trabajo máximo entre el 60 % y 70 %, según FCE según Karvonen. Esta actividad se lleva a cabo en cicloergómetro con una carga del 1 % del peso corporal del sujeto. Realice el registro de la FC cada minuto. Una vez finalizado el calentamiento tome el lactato y disponga 3 minutos de recuperación antes de la prueba incremental, tome datos de FC y lactato finalizando este tiempo de reposo.

Test incremental. La primera etapa de la prueba inicia con una carga de 75W o 100W según el nivel físico reportado por el mismo sujeto (a mayor nivel de actividad física mayor carga), posterior a la carga inicial, la prueba implica aumentos de 25W o 50W cada 3 minutos dependiendo del nivel físico, tal como se explicó previamente. La persona debe mantener un pedaleo en cada etapa entre 50 y 60 rpm (para ciclistas se permite pedalear a su cadencia promedio). Al final de cada etapa (20 segundos antes de que se concluyan los 3 minutos respectivos) se debe registrar FC y nivel de esfuerzo, según la escala de Borg de 6 a 20 puntos. Estos datos se registrarán también finalizando la prueba (se detiene

en la etapa que el sujeto manifieste voluntariamente no poder continuar o en aquella que el sujeto no pueda dar cumplimiento al rango entre 50 y 60 rpm) y a los 3 minutos de recuperación (Semed-Femede, 2016). Durante el desarrollo de la prueba se medirá el

lactato, una vez el sujeto registre una FC cercana al rango del 60 % y 70 % de su FC esperada; también cuando se acerque al 80 % y al finalizar la prueba. No olvide el tiempo de recuperación posprueba con el registro de datos respectivo.

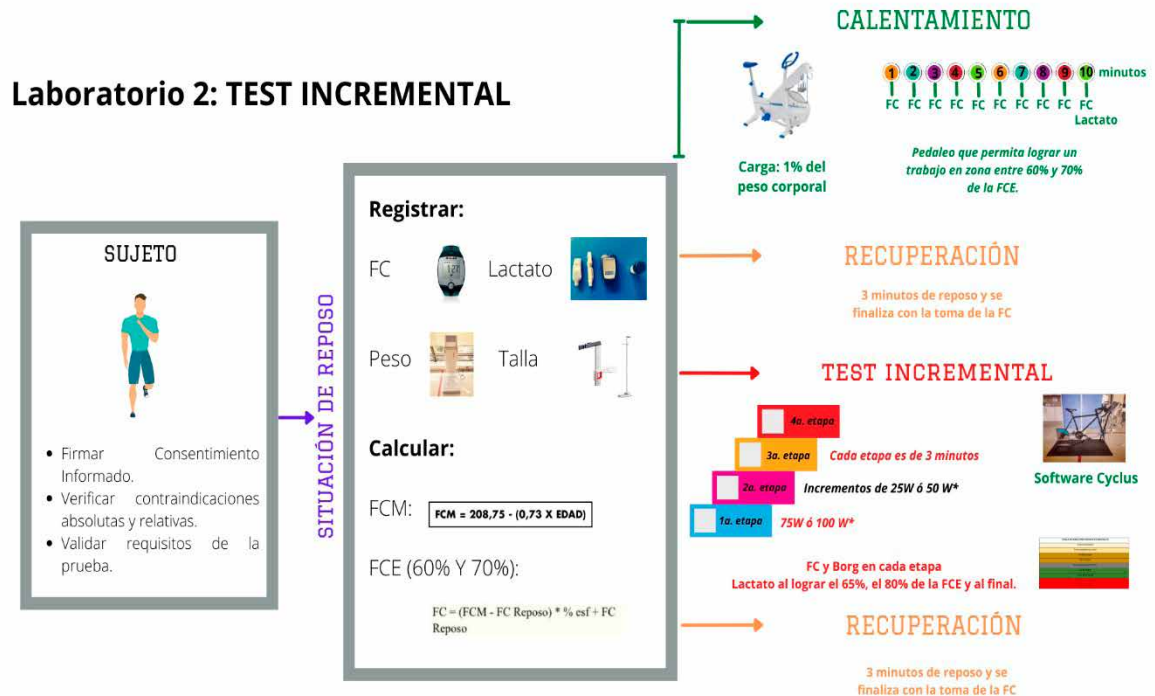


Figura 3. Esquema de Laboratorio 2

Fuente: elaboración propia.

Informe de Laboratorio

1. Ficha de registro: complete con los datos obtenidos

Laboratorio test incremental	Fecha: dd/mm/aaaa
Nombre del sujeto:	
Fecha de nacimiento: dd/mm/aaaa	Edad (años):
Datos iniciales	
FC reposo:	Peso (kg):
Talla (cm):	Lactato (mmol/L):
FCmáx (Tanaka):	FCE (Karvonen) 60 %:
Observaciones generales (registro de actividad física [frecuencia semanal], deporte que practica, antecedentes personales, entre otros):	
Datos del calentamiento	
FC 1.º minuto:	FC recuperación:
FC 2.º minuto:	Lactato 10.º minuto:
FC 3.º minuto:	
FC 4.º minuto:	Lactato recuperación:
FC 5.º minuto:	
FC 6.º minuto:	BORG:
FC 7.º minuto:	
FC 8.º minuto:	
FC 9.º minuto:	
FC 10.º minuto:	

Test incremental	
Etapa 1	
FC:	
Carga:	Lactato primera toma:
BORG:	Etapa:
	FC:
Etapa 2	Valor de lactato:
FC:	
Carga:	Lactato segunda:
BORG:	Etapa:
	FC:
Etapa3	Valor de lactato:
FC:	
Carga:	Lactato tercera toma:
BORG:	Etapa:
	FC:
Etapa 4	Valor de lactato:
FC:	
Carga:	Lactato final:
BORG:	FC:
	Valor de lactato:
ETAPA 5	
FC:	
Carga:	
BORG:	
FC 3' recuperación	
Observaciones finales (detalles del proceso de recuperación y respuesta del sujeto al finalizar la prueba):	

2. Grafique frecuencia cardíaca con respecto al tiempo (tanto para el calentamiento como para la prueba) e interprete los resultados. Asegúrese de analizar zonas de carga cardiovascular (FC_{máx} y FC esperada a nivel porcentual).
3. Realice una gráfica de los niveles de lactato con respecto a cada etapa. Establezca su interpretación fisiológica determinando puntos OBLA y OPLA.
4. Interprete los datos de percepción de esfuerzo reportados, es necesario apoyar su explicación con una gráfica que muestre los resultados.
5. Basado en los resultados de la medición del lactato, establezca el porcentaje de la FC (fórmula de Karvonen) en la cual se alcanza el punto OBLA y OPLA. Indique si lo evidenciado es concordante con lo reportado por la literatura científica y en caso contrario justifique por qué.

6. Determine la predominancia metabólica en cada etapa de la prueba incremental. Justifique su respuesta basada en literatura científica.
7. ¿Qué relación hay entre el OBLA y el VO₂ como factores determinantes del entrenamiento de resistencia?

Laboratorio 3. Test de Course Navette

Materiales

Para el desarrollo de este laboratorio se requiere de:

- Bata blanca para cada uno de los asistentes.
- Sistema de seguimiento cardiorrespiratorio Zephyr, disponible en el laboratorio.
- Conos.
- Espacio que permita demarcar una pista de por lo menos 20 metros de longitud.
- Parlantes.
- Pista sonora de la prueba de Course Navette.
- Escala de Borg de 6 a 20.
- Formatos de registro.

Procedimiento

Aplican las mismas indicaciones generales del laboratorio: test de Wingate.

Inicio de las pruebas. Registre en el sujeto que realizará la prueba, la FC inicial (reposo), calcule su frecuencia cardíaca máxima a través de la fórmula de Tanaka (Tanaka et ál., 2001) y, por medio de la fórmula de Karvonen,

establezca la FC de entrenamiento (Karvonen et ál., 1957) al 60 %, 70 %, 80 % y 90 %. Utilice la tabla de registro para tomar los siguientes indicadores antes de iniciar la prueba, los cuales son proporcionados por el Zephyr:

- Frecuencia cardíaca (FC)
- Variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC)
- Frecuencia respiratoria (FR)
- Gasto energético (tasa metabólica)

Calentamiento. Se realizan ejercicios que impliquen grandes grupos musculares, principalmente miembros inferiores, buscando desarrollar “Drift Cardiovascular” (Coyle y González-Alonso, 2001) por 10 minutos y asegurando una intensidad del 60 % de su FC de entrenamiento. Registre cada minuto del calentamiento y posterior a la recuperación de 3 minutos FC, FR, VFC y tasa metabólica.

Test incremental en campo: Prueba de Course Navette. Esta es una de las pruebas más popularizadas debido a su fácil aplicabilidad, sensibilidad y validez en torno a valores de VO₂max (García y Secchi, 2014). Esta prueba incremental consiste en realizar etapas de un minuto realizando recorridos de ida y vuelta en una pista de longitud de 20 metros; conforme se avanza en la prueba (etapas sucesivas), la velocidad a la que se debe recorrer dicha distancia es mayor y va siendo demarcado por la pista sonora de la prueba. Es de tener en cuenta que esta, además de ser incremental, es una prueba maximal, por lo que el sujeto deberá realizar su mejor esfuerzo con tal de darle validez. Por tanto, deben tenerse en cuenta los

siguientes valores para determinar el logro de la maximalidad de la prueba (Casajús, Piedrafito y Aragonés, 2009).

- FC 90 % de la FCmax
- Escala de Borg > 18

Se deberá recorrer la distancia de acuerdo con el sonido estipulado

para ello, si llegado el caso el sujeto no alcanza a recorrer la distancia determinada por dos intervalos consecutivos se dará por terminado el test. No obstante, la persona puede dar por terminada la prueba en cualquier momento por voluntad propia.

28

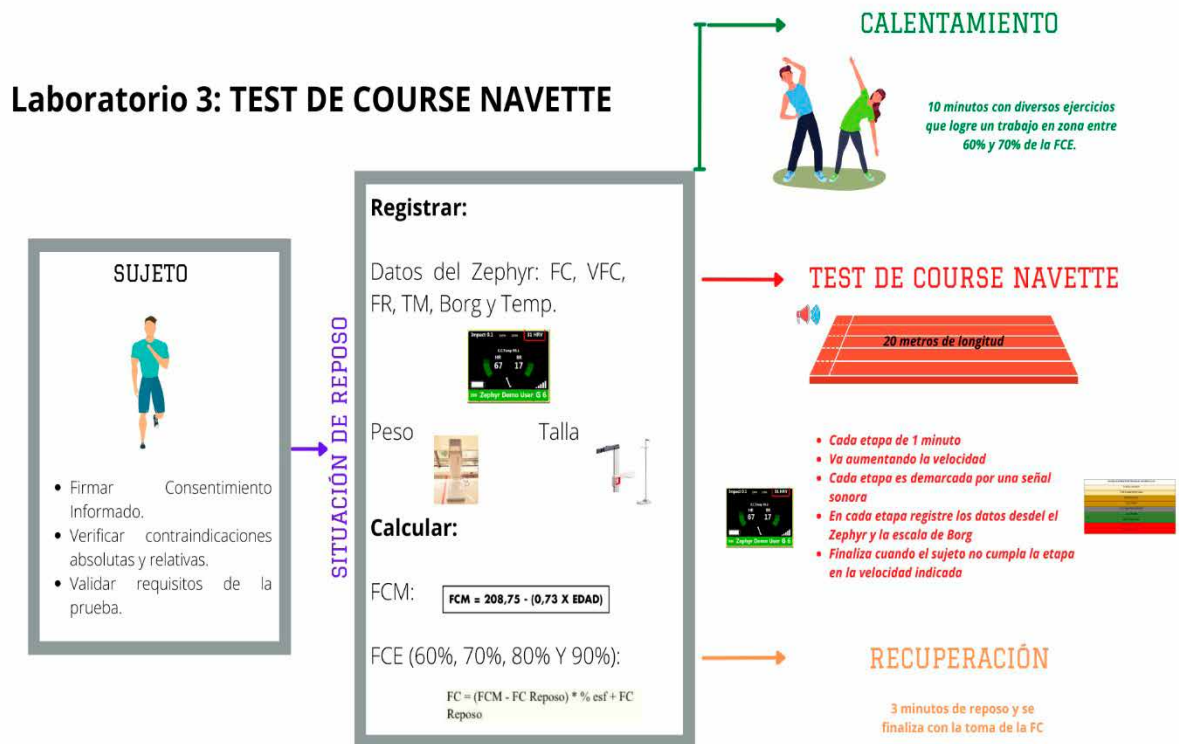


Figura 4. Esquema de Laboratorio 3

Fuente: elaboración propia.

Informe de laboratorio

1. **Ficha de registro:** complete con los datos obtenidos. Recuerde tomar los datos **20 Segundos antes** de terminar cada etapa (duración etapa 1 min.).

Laboratorio test de Course Navette		Fecha: dd/mm/aaaa
Nombre del sujeto:		
Fecha de nacimiento: dd/mm/aaaa		Edad (años):
Datos iniciales		
FC reposo:		Peso (kg):
FCmax:		Talla (cm):
FC60 %:		Borg:
FC70 %:		FR:
FC80 %:		VFC:
FC90 %:		Tasa metabólica:
		Temp:

Observaciones generales

Test de Course Navette						
Etapas	FC	VFC	FR	TM	Borg	Temp
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

Etapas	FC	VFC	FR	TM	Borg	Temp
16						
17						
18						
19						
20						
REC 3 min.						
VO2máx calculado						
Observaciones generales						

- Determine si se encontraron diferencias entre la FC máxima y la calculada. ¿De cuánto fue la diferencia en lpm y en valor porcentual? ¿Por qué considera que se presenta este comportamiento?
- Grafique FC, FR, Borg, Temp, con respecto al tiempo tanto para el calentamiento como para la prueba, e interprete los resultados. Asegúrese de analizar zonas de trabajo y porcentajes logrados según FCE y FCmax.
- ¿Qué es la variabilidad de la frecuencia cardíaca? ¿Qué sistema del cuerpo humano se está evaluando por medio de este procedimiento?
- Determine que es un MET y calcule cuántos MET se utilizaron en cada una de las etapas logradas durante la prueba.
- Utilice un coeficiente de correlación y determine cómo se asocian entre sí los valores de FC, VCF, FR, TM, BORG y Temp. Emplee gráficos de dispersión para explicar los datos (https://www.youtube.com/watch?v=LI14ftR6EVs&t=439s&ab_channel=JorgeQuishpe-Armas). Reporte los resultados (R^2) en la siguiente tabla:

	FC	VFC	FR	TM	BORG	Temp
FC	1					
VFC		1				
FR			1			
TM				1		
BORG					1	
Temp						1

7. Determine el VO₂max del sujeto según ecuaciones propias de la prueba. Analice el resultado según baremaciones. ¿Qué clasificación e interpretación damos al sujeto según el resultado obtenido?
8. Establezca cuatro conclusiones con respecto al metabolismo energético basado en los resultados obtenidos.

Referencias

- Alghannam, A., Ghaith, M. y Alhussain, M. (2021). Regulation of Energy Substrate Metabolism in Endurance Exercise. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 4963. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094963>
- Ayalon, A., Inbar, O. y Bar Or, O. (1974). Relationships among Measurements of Explosive Strength and Anaerobic Power. *International Series on Sport Sciences*. https://doi.org/10.1007/978-1-349-02612-8_85
- BIOLaster. (s. f.). *Lactate Scout 4*. <https://www.biolaster.com/productos/analisis-lactato/Lactate-Scout-4/lactate-scout4.pdf>
- Boticario, C. y Cascales, M. (2012). *Digestión y metabolismo energético de los nutrientes*. Editorial UNED. Centro de Plasencia.
- Casajús, J. A., Piedrafitá, E. y Aragonés, M. T. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 9(35), 217-231. <https://doi.org/10.15366/rimcafd>
- Coyle, E. F. y González-Alonso, J. (2001). Cardiovascular Drift During Prolonged Exercise: New Perspectives. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29(2), 88-92. <https://doi.org/10.1249/00003677-200104000-00009>
- García, G. C. y Secchi, J. D. (2014). Test course navette de 20 metros con etapas de un minuto. Una idea original que perdura hace 30 años. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 49(183), 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2014.06.001>
- Guyton, A. y Hall, J. E. (2016). *Tratado de fisiología médica*. Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Hawley, J., Lundby, C., Cotter, J. y Burke, L. (2018). Maximizing Cellular Adaptation to Endurance Exercise in Skeletal Muscle. *Cell Metabolism*, 27, 962-976. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.04.014>
- Karvonen, M., Kentala, E. y Mustala, O. (1957). The Effects of Training on Heart Rate. A Longitudinal Study. *Ann. Med. Exp. Bio. l Fenn.*, 35(3), 307-15.

LivermoreTraining (2014, 17 de junio). *Vías energéticas*. Blog. <http://livermoretraining.blogspot.com/2014/06/vias-energeticas.html>.

López, J. y Fernández, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Editorial Médica Panamericana.

Palacios, G., Pedrero-Chamizo, R., Palacios, N., Maroto-Sánchez, B., Aznar, S. y González-Gross, M. (2015). Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 21(Supl. 1), 235-242. <https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5070>

Semed-Femedé. (2016). Pruebas de esfuerzo en medicina del deporte. *Archivos de Medicina del Deporte*, 33(1), 5-83. <https://doi.org/10.18176/archmeddeporte>

Tanaka, H., Monahan, K. y Seals, D. (2001). Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *J. Am. Coll. Cardiol*, 37, 153-156. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8)

Capítulo III

Fisiología neuromuscular.

Bases conceptuales

La fisiología neuromuscular implica la comprensión de los fenómenos centrados en el tejido muscular con su propiedad más específica, como es la contractilidad y su interdependencia con el sistema nervioso, que implica la expresión de la excitabilidad del tejido muscular (Duchateau et ál., 2021). Cada grupo muscular contiene varios fascículos compuestos por fibras conformadas por miofibrillas y estas por miofilamentos de actina y miosina (Guyton y Hall, 2016).

El proceso de contracción muscular, visto como el proceso fisiológico básico, engloba una serie de pasos secuenciales que establecen comunicación entre el sistema nervioso y el tejido muscular. Dicho proceso implica una vía eferente, por tanto, involucrada en el control y realización de los movimientos voluntarios (Marín-Castro et ál., 2020). Los axones que vienen de las áreas motoras mencionadas abandonan la corteza frontal y descienden atravesando la sustancia blanca subcortical hasta el mesencéfalo ventral. Luego ingresan a los pedúnculos cerebrales y se dirigen hacia la médula oblonga, donde conforman los fascículos piramidales. La mayoría de estos axones decusan a nivel de las pirámides y bajan por la médula espinal constituyendo el fascículo lateral; las fibras que no decusan constituyen el fascículo corticoespinal ventral. Tanto las fibras laterales como ventrales descienden por la médula espinal y terminan haciendo sinapsis con las motoneuronas del asta ventral de la médula espinal. Finalmente, se realiza la conexión de motoneuronas con los músculos de las diferentes zonas corporales (Kandel et ál., 2000).

Sin embargo, es oportuno ratificar los procesos de contracción muscular, una vez la información eléctrica (potencial de acción) es transmitida desde la motoneurona superior hasta la motoneurona inferior y se encuentra en la unión neuromuscular, donde se dan los siguientes acontecimientos (Pérez y Noriega, s. f.):

- A. La transmisión del impulso eléctrico permite abrir los canales de Ca^{++} dependientes de voltaje, con el consecuente ingreso de dicho ion al axón, seguido del proceso de exocitosis (liberación de acetilcolina) (Calderón-Vélez y Figueroa-Gordon, 2009).

- B. La salida de acetilcolina (aproximadamente 5000-10 000 moléculas) genera su rápida difusión hacia la placa motora final por medio de anclaje neurotransmisor-receptor. Dicho anclaje permite la propagación del potencial de acción al tejido muscular con los correspondientes movimientos iónicos (Na^+ y K^+).
- C. La corriente eléctrica del potencial generado se conduce por el sarcolema, que a nivel mecánico se traducirá en el fenómeno contráctil muscular.
- D. A nivel del sarcómero, se explica que la contracción muscular responde al mecanismo de deslizamiento de filamentos. Dicho mecanismo propone que los filamentos delgados (actina) se mueven sobre los filamentos gruesos (miosina). Todo gracias a los puntos activos de unión miosina-actina.

Los laboratorios (4, 5 y 6) que se encuentran a continuación se orientan bajo la siguiente pregunta: *¿cómo responde el sistema neuromuscular ante los diferentes estímulos?* Así mismo, se establece como objetivo general:

Reconocer las diferentes manifestaciones de la fuerza y sus diferentes índices de medición.

Laboratorio 4: Test de Bosco. Saltabilidad

Materiales

- Bata blanca para cada uno de los asistentes.
- Tapete de Salto Axon Jump o Sistema OptoGait
- Hoja de registro
- Banco de madera

Procedimiento

El sujeto debe conocer las características de la prueba (ejecución de cada uno de los saltos; esto debe ser explicado por quien dirige la práctica). Así mismo, se debe validar que el sujeto cumpla las siguientes condiciones: haber tenido un buen descanso la noche anterior al día de la prueba (sueño de 5 horas como mínimo), última ingesta de comida mínimo 2 horas antes al desarrollo de la prueba y no haber ingerido café o consumo de cigarrillo 2 horas antes al laboratorio.

Calentamiento. Se debe asegurar un calentamiento durante diez minutos con una intensidad al 80 % de la $\text{FC}_{\text{máx}}$. Se deben respetar las condiciones acá propuestas para asegurar la confiabilidad de los datos (Garrido, 2005); estas contemplan la información previa al sujeto sobre la prueba que incluye la instrucción sobre cada tipo de salto y ubicación idónea sobre el tapete o superficie cubierta por los sensores para lograr que la información sea obtenida correctamente por el *software*, tener motivación permanente, realizar la prueba con tranquilidad, incluso se contempla la posibilidad de repetir

los saltos si se evidencian errores en la ejecución de cada uno de ellos. Adicional a esto, se espera que la persona previamente no realice otro test para asegurar que no tenga fatiga muscular que interfiera con el desempeño evaluado, y por último permitir un receso de máximo un minuto entre la ejecución de cada salto o intento.

Test de Bosco. El sujeto realizará los saltos descritos a continuación, tendrá dos oportunidades de las cuales se analizará el mejor resultado. Los siguientes son los saltos incluidos (Garrido y González, 2004) en este laboratorio:

Salto sin impulso - Squat Jump (SJ). La persona se ubica en la zona demarcada por el tapiz con sus manos apoyadas en la cintura y con las rodillas flexionadas a 90°, luego de mantenerse en dicha posición por 5 segundos debe realizar un salto vertical sin hacer contra movimiento ni soltar las manos; en el momento del retorno al piso debe terminar el salto con las rodillas extendidas. Con este salto valoramos su habilidad y la manifestación de fuerza explosiva de miembros inferiores. Su principal resultado es la altura lograda en el salto, medida en centímetros.

Salto con contramovimiento - Counter Movement Jump (CMJ). Teniendo como referencia el SJ, se arranca desde una posición vertical y cuando se da la indicación de iniciar la persona debe flexionar sus rodillas hasta un ángulo de 90° e inmediatamente saltar cuidando no soltar las manos de la cintura y cayendo con las rodillas extendidas.

Test de Brazos Libres – Abalakov (ABK).

Para este salto se arranca en posición bípeda (vertical) con los brazos libres, se le pide al sujeto que realice un salto con contramovimiento y balanceo de los brazos para un mayor impulso (dicho balanceo es libre en cuanto a dirección siempre atendiendo a la comodidad del atleta). Con ABK evaluamos la fuerza explosiva de extremidades inferiores con el aprovechamiento del balanceo de los brazos, esperando tener una mayor altura con respecto al SJ.

Salto Continuos 60 segundos. El sujeto parte desde posición de media sentadilla (rodillas en flexión de 90°) y conserva las manos en la cintura. Tan pronto se da el punto de partida la persona debe saltar de manera repetida durante 60 segundos motivándola a que dé el máximo esfuerzo posible y que no se detenga durante todo el tiempo, de serlo así que continúe tan pronto como pueda y mantenga la actividad por el tiempo establecido. Las variables evaluadas en esta prueba son el número de saltos, la altura de estos y los tiempos de vuelo y contacto en cada salto realizado.

Salto en caída - Drop Jump (DJ). Esta prueba consiste en saltar verticalmente luego de caer desde una altura (un banco) que puede ser 20, 40, 60 y 80 cm conservando las manos en la cintura. En esta oportunidad valoramos la fuerza-velocidad, la elasticidad del mecanismo extensor y la fuerza refleja, que recogen el concepto de fuerza reactiva (McClymont y Hore, 2014).

Para los análisis que se han de llevar a cabo, se debe considerar que cada uno de los saltos realizados manifiestan la

contribución de diferentes componentes (muscular, elástico y reflejo) en el desarrollo de la fuerza lograda; esto se evidencia en las siguientes fórmulas de contribución de componentes:

$$\text{Contribución componente muscular} = \frac{SJ}{ABK} * 100$$

$$\text{Contribución componente elástico} = \frac{((ABK - SJ))}{ABK} * 100$$

$$\text{Contribución componente coordinativo} = 100 - (\% \text{ contribución componente muscular} + \% \text{ contribución componente elástico})$$

$$\text{Índice de elasticidad} = \frac{((CMJ - SJ))}{SJ} * "100"$$

Según González, et ál., en el año 2010 el índice de elasticidad esperado se sitúa entre 10 % y 30 % y se interpreta que valores menores del 10 % refieren un buen desarrollo del componente contráctil y valores mayores al 30 %

se relacionan con buen desarrollo del componente elástico.

Informe de laboratorio

1. Basado en los saltos realizados en la prueba, ¿en cuál(es) de ellos se evalúa el componente contráctil y en cuál el componente elástico muscular? Justifique su respuesta.
2. Conceptualice *fuerza reactiva* e índice de fuerza reactiva. Basado en las definiciones, explique su importancia en la práctica deportiva.
3. A partir de las fórmulas de contribución presentadas anteriormente, realice los cálculos e interprete los hallazgos.
4. Determine el índice de elasticidad y establezca el entrenamiento de fuerza qué resultaría más conveniente según las condiciones particulares del sujeto evaluado.

Laboratorio 4: TEST DE BOSCO



SISTEMA OPTOGAIT

SALTOS INCLUIDOS

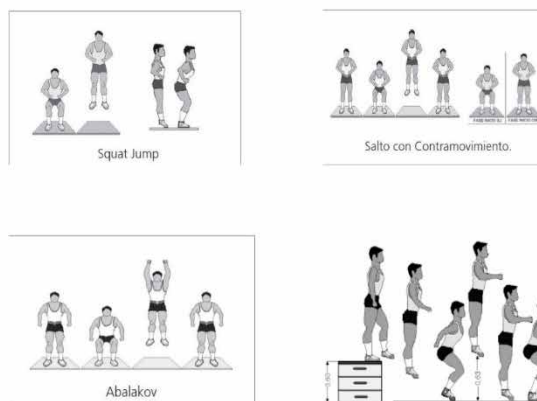


Figura 5. Sistema OptoGait y saltos del test de Bosco

Fuente: elaboración propia.

5. Relacione los tiempos de contacto con la altura durante la ejecución de multisaltos y explique el comportamiento encontrado desde el concepto de *pliometría*.
 6. Realice un análisis de los valores de altura y tiempos de contacto de los diferentes saltos desarrollados y compare con baremaciones disponibles en la literatura científica.
- Bata blanca para cada uno de los participantes
 - Prensa Smith sin contrapesos, discos de diferentes pesos
 - T-Force (Dynamic Measurement System)
 - Escala Visual Analógica OMNI Res 1-10
 - Formatos de registro

Procedimiento

Laboratorio 5. Test de T-Force. Potencia sentadilla

Materiales

Para el desarrollo del laboratorio se requiere de:

Aplican las mismas indicaciones generales e Inicio de las pruebas del Laboratorio Test de Bosco.

Calentamiento. Se requiere un calentamiento de diez minutos en una zona de trabajo máximo entre el 60 %



Figura 6. Prensa Smith

Fuente: elaboración propia.



Figura 7. T-Force

Fuente: elaboración propia.

y 70 % de su FCM esperada. El sujeto debe realizar ejercicios de movilidad articular en el tren inferior y combinar con estiramientos balísticos en rangos cortos del ROM. Desarrolle el siguiente procedimiento:

1. Calentamiento Específico 1 x 16: sentadilla profunda con uso de bastón tras nuca.
2. Aproximación 2 x 16: sentadilla profunda con peso prensa Smith, procure 2 Repeticiones en reserva (Helms et ál., 2016).
3. Cálculo 1RM: realice con un peso que considere que pueda realizar 4 repeticiones máximas y ejecute a la máxima velocidad posible (VMP). En este punto, por medio del decodificador, se calculará su 1RM. <http://www.tforcesystem.com/intro.html>

Test potencia sentadilla: Determine las cargas correspondientes al 40, 50, 60, 70, 80 y 90 % del 1RM calculado anteriormente. Realice dos repeticiones a la máxima velocidad posible (Sánchez et ál., 2014; Ortega et ál., 2020), para ello tenga en cuenta que deberá dejar un segundo en activación isométrica después de bajar y antes de subir, esto evitará el rebote y, por lo tanto, el reflejo miotático o de estiramiento. Entre cada serie descanse entre 3 a 5 minutos para permitir la recuperación completa.

Informe de laboratorio

Recuerde que las condiciones mínimas de presentación de los informes de laboratorio serán dispuestas por el docente que guíe la práctica.

1. **Ficha de registro:** complete con los datos obtenidos.

Laboratorio test potencia en sentadilla		Fecha: dd/mm/aaaa
Nombre del sujeto:		
Fecha de nacimiento: dd/mm/aaaa	Edad (años):	
Datos iniciales		
FC reposo:	Peso (Kg):	
Talla (cm):	Índice fuerza relativa (peso levantado/peso sujeto):	
1RM:	RFDmax (Rate of Force Development):	
Observaciones generales (registro de actividad física [frecuencia semanal], deporte que practica, antecedentes personales, entre otros):		

Carga 1RM	Fuerza (N)	VMP (m/s)	Potencia (Watts)
40 %			
50 %			
60 %			
70 %			
80 %			
90 %			

- Determine los valores de normalidad según clasificaciones dispuestas en la literatura para 1RM en sentadilla, tenga en cuenta la edad y sexo en la búsqueda que realice.
- ¿Qué significa el valor obtenido en RFD? ¿Qué tipo de entrenamiento considera usted debería aplicar para la mejora de este indicador?
- Grafique VMP, potencia y fuerza en relación con el % del RM. Determine en qué punto de la gráfica se presenta la potencia máxima. Interprete los resultados.
- Explique, desde los procesos de adaptación neurológica al entrenamiento de fuerza, qué respuestas se esperan obtener con estímulos de fuerza explosiva.

Laboratorio 6. Electromiografía - EMG

Materiales

- Bata blanca para cada uno de los participantes
- Electrodos de superficie AG/AGCL
- Banco polifuncional

- Sistema Data Lab 2000, Lafayette Instruments, frecuencia de muestreo de 500 muestras por segundo
- Escala visual analógica OMNI Res 1-10
- Formatos de registro

Procedimiento

Ubicación de los electrodos. Para este proceso se requiere previamente preparar la zona donde se ubicarán los electrodos; por tanto, se recomienda afeitar la piel de dicha región si esta se encuentra cubierta de vello. Posteriormente, se debe limpiar la superficie con alcohol. El sujeto deberá acostarse cómodamente con la rodilla en una leve semiflexión y el tronco recostado hacia atrás. Los electrodos serán ubicados en el segundo tercio de la línea desde la espina iliaca anterior hasta el borde lateral de la rótula, con una distancia de 20 mm entre sí. Por su parte, el electrodo de referencia será ubicado en C7 (SENIAM, 2010).



Figura 8. Ubicación de electrodos EMG

Nota: Electrode placement for the vastus lateralis site.

Fuente: Cram's (2011).

Calentamiento. Realizar un calentamiento de 3 repeticiones de 6 segundos de contracción isométrica al 50 % de su máximo percibido. Esta posición es

solicitada durante el desarrollo de la prueba. Realice ejercicios de movilidad articular en el tren inferior y combine con estiramientos balísticos en rangos cortos del ROM.

Test contracción isométrica máxima voluntaria (MIVC).

El sujeto debe estar sentado en el banco polifuncional, con un ángulo de 90° de flexión de cadera. La espalda debe reposar en el espaldar con el fin de evitar compensaciones por flexión de tronco o mayores angulaciones a nivel de la cadera. El dorso del pie debe ubicarse detrás de la resistencia estática con el objetivo de mantener un ángulo de 90° de rodilla. Las manos, sujetas al asiento para evitar la elevación o desplazamiento lateral de cadera (Sánchez-Medina et ál., 2014). La fuerza deberá ser ejecutada con ambos miembros. El protocolo consta de 9 repeticiones de MIVC en contra de la resistencia soportada en el tercio final de la tibia.

Realice las siguientes series:

- 3 repeticiones de 6 segundos
- 3 repeticiones de 15 segundos
- 3 repeticiones de 45 segundos

Los tiempos son escogidos con el objetivo de garantizar el principio de reclutamiento de Unidades Motoras de Henneman (Enoka y Stuart, 1984). La fuerza ejercida en cada repetición debe ser máxima, para ello se hará uso de estrategias de motivación verbal por parte de los asistentes en el laboratorio; se debe descansar 3 minutos entre repeticiones para asegurar la recuperación del músculo.

Informe de laboratorio

1. **Ficha de registro:** complete con los datos obtenidos.

Laboratorio EMG	Fecha: dd/mm/aaaa		
Nombre del sujeto:			
Fecha de nacimiento: dd/mm/aaaa	Edad (años):		
Datos iniciales			
FC reposo:	Peso (Kg):		
Talla (cm):	Modalidad deportiva		
Observaciones generales (registro de actividad física [frecuencia semanal], deporte que practica, antecedentes personales, entre otros):			
Series	OMNI RES	EVA dolor	Pico activación (voltios)
6 seg. 1			
6 seg. 2			
6 seg. 3			
15 seg. 1			
15 seg. 2			
15 seg. 3			
45 seg. 1			
45 seg. 2			
45 seg. 3			

2. Describa la onda de EMG, indicando qué características debe tener dentro de parámetros de normalidad.
3. Grafique los valores obtenidos en OMNI Res, EVA dolor y los picos de voltaje alcanzados. Analice la gráfica y deduzca su significado.
4. Basado en la literatura, argumente qué relación existe entre el trazado EMG, la manifestación de la fuerza y la fatiga muscular.

Referencias

- Calderón-Vélez, J. y Figueroa-Gordon, L. (2009). El acoplamiento excitación-contracción en el músculo esquelético: preguntas por responder a pesar de 50 años de estudio. *Biomédica*, 29(1), 40-60. <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/50/51>
- Duchateau, J., Stragier, S., Baudry, S. y Carpentier, A. (2021). Strength Training: In Search of Optimal Strategies to Maximize Neuromuscular Performance. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 49(1), 2-14. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000234>
- Enoka, R. M. y Stuart, D. G. (1984). Henneman's 'Size Principle': Current Issues. *Trends in Neurosciences*, 7(7), 226-228. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(84\)80210-6](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(84)80210-6)
- Garrido, R. P. (2005). Test de Wingate y Test de Bosco (Cómo evaluar la fuerza de nuestros deportistas). Servicio de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante. Conselleria de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana. <https://doi.org/10.7203/anuari.psicologia.18.1.199>
- Garrido, R. P. y González, M. (2004). Test de Bosco. Evaluación de la potencia anaeróbica de 765 deportistas de alto nivel. *Revista Digital Efdeportes.com*, 78.
- González, J. L., Caraballo, I., Gómez, R., Fernández, J. y Bazán, R. (2010). Propuesta para calcular el índice de elasticidad máxima en miembros inferiores. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte*, 10(39), 356-368.
- Guyton, A. y Hall, J. E. (2016). *Tratado de fisiología médica*. Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A. y Zourdos, M. C. (2016). Application of the repetitions in reserve-based rating of perceived exertion scale for resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 38(4), 42. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000218>
- Kandel, E., Schwartz, J. y Jessell, T. (2000). *Principles of Neural Science*. Universidad de Michigan.
- Marín-Castro, M., Guerra-Espinosa, V. Neira-Gómez, J., Carvajal-Fernández, J. y Suárez-Escudero, J. (2020). Actualización sobre la anatomía funcional de la vía motora en seres humanos. *Archivos de Neurociencias*, 25(1), 38-50. <https://doi.org/10.31157/archneurosciencesmex.v25i1.194>
- McClymont, D. y Hore, A. (2014). Utilización del índice de fuerza reactiva (RSI) como una herramienta para el monitoreo de ejercicios pliométricos-consultores alto rendimiento SL. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 28(1).

Ortega, J. A. F., De los Reyes, Y. G. y Peña, F. R. G. (2020). Effects of Strength Training Based on Velocity versus Traditional Training on Muscle Mass, Neuromuscular Activation, and Indicators of Maximal Power and Strength in Girls Soccer Players. *Apunts Sports Medicine*, 55(206), 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.03.002>

Pérez, J. y Noriega, M. (s. f.). *Fisiología del músculo*. Universidad de Cantabria. España.

Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E. y Pallarés, J. G. (2014). Velocity-and Power-Load Relationships of the Bench Pull vs. Bench Press Exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 35(03), 209-216. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351252>

Capítulo IV

Fisiología cardiorrespiratoria.

Bases conceptuales

Los sistemas se dividen de acuerdo con la función que cumplen en la homeostasis, en tanto que el cardiocirculatorio es un sistema de transporte, aunque cuenta con muchas más funciones, tales como endocrinas y de regulación de la concentración de líquidos en el organismo. Es por ello que el conocimiento de la función cardiocirculatoria aborda múltiples variables; en este caso, se reconoce una de ellas, la frecuencia cardíaca como indicador del esfuerzo físico, que adquiere relevancia en la prescripción del ejercicio y del entrenamiento deportivo en las diferentes edades.

Por otra parte, es sabida la influencia del sistema nervioso vegetativo sobre los latidos cardiacos y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). Así, el detectar patrones dentro de la VFC puede ser indicador de la función autonómica (Gutiérrez, 2000), y en ese sentido, de la respuesta del organismo en relación con la carga de entrenamiento (Holmes et ál., 2018) tanto como determinante de posibles patologías o factores de riesgo (Kristal-Boneh et ál., 1995; Hanson et ál., 2001; Karemaker y Lie, 2000).

Dentro del estudio de la VFC encontramos acercamientos estadísticos o en dominio del tiempo, enfoques geométricos o en dominio de la frecuencia (transformada de Fourier), y las perspectivas no lineales (análisis fractal). A su vez, se puede partir de análisis estadísticos más sencillos, teniendo en cuenta algunos indicadores (Rodas et ál., 2008), como:

Promedio R-R: promedio entre todos los intervalos R-R (ms)

SDNN: desviación estándar de los intervalos R-R

NN50: número de intervalos adyacentes mayores a 50 ms

pNN50: número de intervalos adyacentes mayores a 50 ms expresado en porcentaje

rMSSD (ms): es la raíz cuadrática de la unión de los intervalos R-R adyacentes.
Provee un indicador del control cardiaco vagal (tono parasimpático)

Por otro lado, desde el sistema respiratorio se puede reconocer que los objetivos de la respiración se dividen en cuatro pasos: 1) ventilación pulmonar; 2) difusión de oxígeno y dióxido de carbono; 3) transporte y 4) regulación de la ventilación.

Es importante reconocer que este sistema se adapta a las condiciones del medio, y con ello puede modificar tanto su mecánica como el funcionamiento de cada una de sus partes. Por lo tanto, podemos evidenciar una taquipnea como respuesta adaptativa de largo plazo a la exposición a la altura, similar al aumento de la frecuencia respiratoria presente de manera aguda en el momento de la realización de ejercicio físico (González-Montesinos et ál., 2012).

Los laboratorios (7 y 8) que se encuentran a continuación se orientan bajo la siguiente pregunta: *¿cómo responde el sistema cardiorrespiratorio ante el ejercicio?* Así mismo, se establece como objetivo general:

- Reconocer las diferentes respuestas cardiorrespiratorias ante el ejercicio físico.

Laboratorio 7. Electrocardiograma y variabilidad de la frecuencia cardíaca

Materiales

- Bata blanca para cada uno de los asistentes

- Electrocardiógrafo dispuesto en el laboratorio
- 12 electrodos para electrocardiografía para cada sujeto de prueba
- Hojas de registro
- *Software* Zephyr, disponible en el laboratorio

Procedimiento

El ambiente en el cual se desarrollará el laboratorio debe estar lo más silencioso posible, sin cambios bruscos de luz y a una temperatura dentro de parámetros de confort térmico (Chávez del Valle, 2002). De manera previa, el sujeto debe tener ubicados los electrodos (triángulo de Einthoven y precordiales) y ser informado del protocolo por realizar y todas las características de la prueba. Así mismo, se deben validar las siguientes condiciones en el sujeto: haber tenido un buen descanso la noche anterior al día de la prueba (sueño de 5 horas como mínimo), última ingesta de comida mínimo dos horas antes del ingreso al laboratorio y no haber ingerido café o consumo de cigarrillo dos horas antes de la prueba.

Calentamiento. Teniendo en cuenta que el presente laboratorio considera la comparación de diferentes condiciones (reposo, cambio de posición, ejercicio y vuelta a la calma), no es necesario iniciar con calentamiento, más bien se procura asegurar el mayor reposo posible.

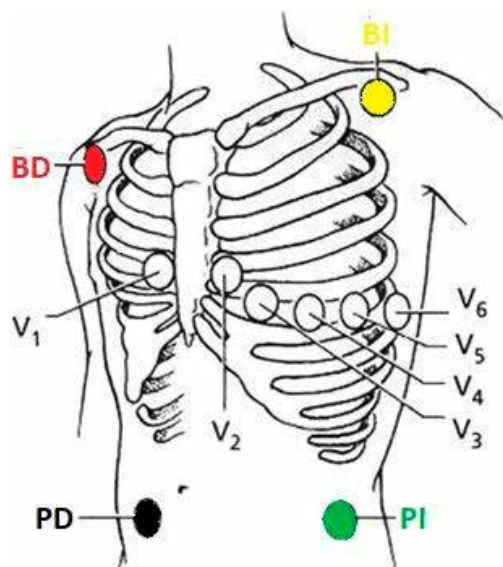


Figura 9. Ubicación de electrodos ECG

Nota: colocación de electrodos.

Fuente: Drew (2004).

Reposo. El sujeto reposará en la camilla en posición decúbito supino con los ojos cerrados, pero procurando no dormirse durante 5 minutos, con el objetivo de registrar los datos basales, tales como la frecuencia cardíaca.

Cambio de posición. El sujeto deberá ponerse de pie tan rápido como le sea posible y permanecer de pie durante tres minutos.

Test de Ruffier. Una vez terminados los 3 minutos de cambio de posición, el sujeto deberá ejecutar 30 sentadillas seguras (sin sobrepasar los 90° de flexión de rodilla) durante 45 segundos (Martínez López, 2004). Se debe calcular la capacidad de recuperación cardiovascular a partir de la siguiente ecuación:

$$Po + P1 + P2 - 200 / 10$$

Siendo:

Po= frecuencia cardíaca en reposo

P1= frecuencia cardíaca después del ejercicio

P2= frecuencia cardíaca minuto después del ejercicio

Mantener un minuto de pie. Una vez termina la prueba se permite un minuto de pie, mientras se limpia el trazado electrocardiográfico.

Vuelta al reposo. Conforme ha terminado el minuto el sujeto se dispondrá a acostarse nuevamente en la camilla (posición decúbito supino) y mantenerse de nuevo así durante 3 minutos más.

Durante todas las diferentes posiciones y ejercicios se hará el registro electrocardiográfico.

Informe de laboratorio

1. Con el trazado electrocardiográfico obtenido de la fase de reposo, defina qué ritmo cardíaco presenta el sujeto y argumente su respuesta.
2. Reporte sobre el trazado electrocardiográfico en reposo, en mínimo 4 derivaciones las ondas P, Q, R, S; el intervalo PR y los segmentos QT y ST. Interpretelos desde sus amplitudes y duraciones determinando su normalidad o no.
3. ¿Qué diferencia hay entre el trazado electrocardiográfico en reposo versus en los momentos del cambio de posición y test de Ruffier? (No olvide referir en su comparación tiempos y voltajes).

4. Determine el estado de la VFC obtenido en el ECG con respecto a la medición en cada uno de los estados del sujeto por medio del indicador SDNN.
5. Si en un trazado electrocardiográfico se observa un supradesnivel ST, ¿qué interpretación podemos dar de dicha situación?
6. ¿Cuáles son los cambios electrocardiográficos que podemos observar en un deportista?

Laboratorio 8. Espirometría

Materiales

- Bata blanca para cada uno de los asistentes
- Espirómetro, disponible en el laboratorio
- Hojas de registro

Procedimiento

De manera previa, el sujeto será instruido en cómo debe llevar a cabo la maniobra ventilatoria para asegurar un buen desarrollo del laboratorio, y se dispondrá del equipo limpio y dispuesto para la toma de los datos. Siempre asegúrese de que la persona haya tenido un sueño reparador la noche anterior, que no haya realizado actividad física intensa el día previo a la prueba, al igual que no haya consumido cafeína por lo menos 2 horas antes de esta.

Maniobra ventilatoria. El sujeto, una vez con la boquilla ubicada en sus labios

asegurando un cierre perfecto, debe realizar de 2 a 3 respiraciones normales (volumen corriente); luego se le solicita que efectúe 2 o 3 ciclos respiratorios partiendo de inspiración profunda y finalizando con espiración forzada (capacidad vital forzada). Una vez finalice la prueba, recuerde realizar el lavado de la boquilla siguiendo las indicaciones dispuestas en el capítulo I de este *Manual*.

Informe de laboratorio

1. Mencione los valores obtenidos en los volúmenes respiratorios del sujeto en mención. Explique si se encuentran dentro de los parámetros de normalidad, de no ser así interprete su comportamiento.
2. ¿Cuáles son los valores en volúmenes y capacidades respiratorias esperadas en un deportista?
3. Compare los datos obtenidos en el sujeto evaluado con los volúmenes presentados en un deportista; explique las similitudes o diferencias encontradas.
4. Mencione las respuestas y adaptaciones del sistema respiratorio ante el estímulo del ejercicio físico.
5. Indague valores o signos presentes en la espirometría que pueden indicar una mala respuesta pulmonar o posible indicio de patologías.

Referencias

- Chávez del Valle, F. J. (2002). *Zona variable de confort térmico*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- González-Montesinos, J. L., Vaz, C., Fernández, J. R., Arnedillo, A., Costa, J. L. y Gómez, R. (2012). Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Revisión bibliográfica. *Rev. Andal Med. Deporte*, 5(4), 163-170.
- Gutiérrez, O. (2000). Variabilidad de la frecuencia cardíaca en individuos sanos costarricenses. *Rev. Costarric. Cardiol*, 2(1). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-41422000000100002
- Hanson, E. K., Godaert, G. L., Maas, C. J. y Meijman, T. F. (2001). Vagal Cardiac Control Throughout the Day: The Relative Importance of Effort-Reward Imbalance and Within-day Measurements of Mood, Demand and Satisfaction. *Biological psychology*, 56(1), 23-44. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(01\)00066-7](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(01)00066-7)
- Holmes, C. J., Wind, S. A. y Esco, M. R. (2018). Heart Rate Variability Responses to an Undulating Resistance Training Program in Free-Living Conditions: A Case Study in a Collegiate Athlete. *Sports*, 6(4), 121. <https://doi.org/10.3390/sports6040121>
- Kristal-Boneh, E., Raifel, M., Froom, P. y Ribak, J. (1995). Heart Rate Variability in Health and Disease. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 21(2), 85-95. <https://doi.org/10.5271/sjweh.15>
- Karemaker, J. M. y Lie, K. I. (2000). Heart Rate Variability: A Telltale of Health or Disease. *European Heart Journal*, 21(6), 435-437. <https://doi.org/10.1053/euhj.1999.1969>
- Martínez López, E. J. (2004). Aplicación de la prueba Cooper, course Navette y test de Ruffier: resultados y análisis estadístico en educación secundaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 4(15), 163-182. <http://hdl.handle.net/10486/3703>
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J. y Capdevilla, L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos. *Archivos de Medicina del Deporte*, XXV(123), 41-47. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Variabilidad_41_123.pdf

Capítulo V

Apartados finales

A lo largo de sus páginas, el *Manual de Laboratorio. Fisiología del Ejercicio* brinda aspectos teóricos y prácticos en el abordaje de la fisiología; así mismo, en cada uno de los laboratorios propuestos es importante enfatizar en la seguridad y el cumplimiento de las diferentes normas para evitar producir algún tipo de daño en los diferentes sujetos de prueba; por tanto y como se refirió desde el primer laboratorio, siempre se debe contar con la aceptación y firma del consentimiento informado por parte del sujeto, así como la verificación de las contraindicaciones absolutas y relativas para el desarrollo de cualquier prueba.

A continuación, presentamos el modelo general de *consentimiento informado*, el cual es susceptible de modificaciones precisas para cada prueba siempre y cuando acoja la normatividad vigente en el territorio colombiano para estos fines (Ministerio de Salud, 1981).

51

Anexo 1. Consentimiento informado

Nombre completo del participante: _____

N.º de identificación: _____

Nombre de la persona que informa: _____

Fecha: _____

El Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Universidad Santo Tomás es un espacio para el desarrollo de actividades académicas e investigativas asociadas de manera directa a la Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación, con lo cual se promueve la ejecución de prácticas de laboratorio que permiten la adquisición de competencias en los estudiantes de la Facultad.

Cada una de las prácticas desarrolladas responde a un proceso académico riguroso que se apoya de manera precisa en una *Guía de Laboratorio* que demarca aspectos como los materiales utilizados, los procedimientos que se llevan a cabo y el informe de laboratorio que se obtiene con el desarrollo de este. Dentro de estos aspectos es fundamental que usted como “sujeto de prueba” tenga suficiente información sobre el laboratorio que se va a realizar, así como que exprese el cumplimiento o no de las condiciones mínimas necesarias para tener un resultado favorable y que no vaya en perjuicio de la salud o el rendimiento físico. Por otro lado, a pesar de cumplir a cabalidad con todos los requisitos y protocolos, durante la ejecución se pueden presentar algunos riesgos previstos, tales como:

- ▶ Caídas desde su propia altura o desde las diferentes máquinas utilizadas
- ▶ Cansancio muscular y dolor en las extremidades
- ▶ Mareo y náuseas
- ▶ Baja de la presión arterial
- ▶ Otros: _____

Los riesgos mencionados anteriormente se aliviarán o desaparecerán al detener la prueba y no requerirán de un manejo médico u otro especializado.

Asociado a su condición particular, se pueden presentar otros riesgos, tales como:

_____ ,

los cuales son analizados y se determina entonces la posibilidad de participar _____ o impedir la participación _____ en la prueba.

Se ratifica que los beneficios recibidos son mayores a los posibles riesgos derivados del desarrollo de la prueba; por tanto, se resalta la conveniencia de su participación. De igual forma, se insiste en la posibilidad de preguntar y aclarar todas las dudas, y su participación es totalmente voluntaria.

Dicho lo anterior, **declaro** que me han sido comunicados todos los aspectos relacionados con la prueba, su objetivo, riesgos y beneficios, y además sé que tengo el derecho de revocar mi consentimiento cuando yo lo desee.

Estoy **a conformidad** con lo informado y mis dudas han sido suficientemente aclaradas.

Finalmente, doy mi consentimiento para realizar la prueba de laboratorio

_____.

Firma del sujeto

Firma del responsable de la prueba

Documento de identificación

Documento de identificación

53

Revocación del consentimiento informado para laboratorios de fisiología

El día _____ del mes _____ del año _____ desisto del consentimiento informado para realizar la prueba de laboratorio

_____.

Firma del sujeto

Firma del responsable de la prueba

Continuando presentamos ahora las contraindicaciones absolutas y relativas para el desarrollo de pruebas físicas. Así mismo, se pueden presentar condiciones individualizadas que deben ser analizadas puntualmente para decidir si esta se convierte en una contraindicación para el desarrollo de alguno de los laboratorios. Así mismo, las contraindicaciones relativas deben llevar un análisis que permita evidenciar los beneficios obtenidos y tomar medidas de precaución o supervisión que supere los riesgos previstos.

Anexo 2. Contraindicaciones para las pruebas (Rivas, 2020)

Absolutas

1. Cambio importante reciente en el ECG de reposo, indicativo de un episodio isquémico agudo
2. Infarto agudo de miocardio (de dos días de evolución)
3. Angina inestable de alto riesgo
4. Arritmias cardíacas incontroladas que provoquen síntomas o compromiso hemodinámico
5. Estenosis aórtica grave y con síntomas
6. Insuficiencia cardíaca sintomática no controlada
7. Embolia pulmonar aguda o infarto pulmonar
8. Miocarditis o pericarditis aguda
9. Disección aórtica aguda
10. Infección sistémica aguda acompañada de fiebre, algias o linfadenopatías
11. Cualquier afectación musculoesquelética en fase aguda o subaguda que curse con dolor o inflamación

Relativas

1. Estenosis de la arteria coronaria izquierda principal
2. Estenosis valvular moderada
3. Hipertensión arterial grave (presión sistólica >200 o diastólica >110 mmHg)
4. Taquiarritmias o bradiarritmias
5. Miocardiopatía hipertrófica u otras formas de obstrucción del tracto de salida del ventrículo izquierdo
6. Bloqueo aurículo-ventricular avanzado

7. Aneurisma ventricular
8. Anomalías electrolíticas
9. Alteraciones mentales o físicas que impidan realizar el ejercicio adecuadamente
10. Trastornos neuromusculares, musculoesqueléticos o reumatoideos que se exacerben con el ejercicio
11. Trastorno endocrino no controlado (diabetes, tiroides)
12. Enfermedades infecciosas crónicas (mononucleosis, hepatitis, SIDA)
13. Incumplimiento de los protocolos dispuestos para la prueba, tales como la ropa sugerida

Finalmente, se dispone a continuación de un ejercicio tipo *workshop* que enfatiza en el uso de la segunda lengua y que se puede considerar un punto de partida para afianzar estrategias similares en pro de la formación integral de los estudiantes.

Anexo 3. Video Workshop: *What Makes Muscles Grow?*

Previewing

Video Link: <https://ed.ted.com/lessons/what-makes-muscles-grow-jeffrey-siegel>

Background

Muscle hypertrophy can be considered distinct and separate from muscle hyperplasia. During hypertrophy, contractile elements enlarge, and the extracellular matrix expands to support growth. This contrasts with hyperplasia, which results in an increase in the number of fibers within a muscle (Schoenfeld, 2010).

Everyone builds muscle at a different speed. Several factors, such as obtaining adequate nutrition, adequate rest, the stress of life, adequate hormone intake, intelligent training, genetics, and age, just to name a few, are constantly working behind the scenes to influence the process of growth and repair.

Answer the questions below

1. Find the words related to “muscles” in the wordsearch. *10 points – 1.0 each*

56

H	Y	P	E	R	T	R	O	P	H	Y
S	M	R	E	E	S	T	B	E	Y	F
T	T	U	A	E	I	O	U	S	P	D
R	R	R	S	G	F	D	C	T	E	C
E	A	E	E	C	H	T	W	O	R	G
X	I	P	H	S	L	S	T	R	P	E
X	N	A	J	K	S	E	P	P	L	N
M	I	F	I	B	E	R	S	Z	A	E
N	N	I	P	L	R	S	T	V	S	T
A	G	E	N	M	Q	Y	X	W	I	I
N	U	T	R	I	T	I	O	N	A	C

Muscle
Hypertrophy
Hyperplasia
Growth
Fibers
Nutrition

Training
Rest
Stress
Genetic
Age

2. Select two words (except hypertrophy and hyperplasia) from the wordsearch and describe them.

5 points – 2.5 each

3. Would you like to have muscular hypertrophy? Why? Answer the question and support your ideas (50 words).

5 points

Viewing

Watch the video “What makes muscle grow?” and answer the questions.

4. Write (T) if the statement is true, (F) if the statement is false, or (NI) if there is no information in the video.

5 points – 1.0 each

- | | |
|--|-----|
| 1. Muscles represent 70 % of the body weight. | () |
| 2. The injury-reparation cycle allows muscle adaptation. | () |
| 3. Isometric contraction and overload stimulate atrophy. | () |
| 4. Age is directly proportional to hypertrophy. | () |
| 5. Stress increases the cytokines level in the muscle. | () |

57

5. Complete the summary using words from the box below. There are two words you do not need to use.

5 points – 1.0 each

load	glucose	protein	functionality	rates	rest	increase
------	---------	---------	---------------	-------	------	----------

Hypertrophy depends of factors such as age, (1) _____ intake, 6 to 8 hours (2) _____, and the increase of (3) _____. Training allows the muscle (4) _____ and enhances the (5) _____.

Post-viewing

After watching the “What makes muscle grow?” video, read the following text and answer the questions:

Protein intake for optimal muscle maintenance

In general, it is recommended that 10-35 percent of your daily energy intake comes from protein. If you consume 2,000 calories per day, this will work out to be between 200 to 700 calories of protein per day. The recommended daily intakes can also be calculated by a person's body weight. The Academy of Nutrition and Dietetics recommends that the average individual should consume 0.8 grams of protein per kilogram or 0.35 grams per pound of body weight per day for general health. So, a person that weighs 75 kg should consume an average of 60 grams of protein per day. Since there are approximately four calories per gram of protein, 60 grams of protein would result in the intake of 240 calories.

The process of protein turnover is increased with resistance training and can remain elevated for up to 48 hours in people beginning a new resistance training program. Therefore, it is important to provide enough energy including protein so there is a sufficient pool of amino acids available to repair and build new muscle. Of course, you do not want to exercise on an empty stomach. In fact, exercising in an unfed state leads to an increase in protein loss making it more difficult for the body to both repair and build muscle.

Protein supplementation after exercise may have a more profound impact on skeletal muscle hypertrophy. Several studies have demonstrated that protein ingestion following an acute bout of resistance training stimulates muscle protein synthesis for up to three hours. In contrast, failing to eat after exercise may limit protein synthesis and therefore limit potential progress in lean muscle tissue development. Research suggests there may be an "anabolic window" such that protein intake within an hour of exercise has the greatest influence on resistance training adaptations (ACSM, 2015).

Taken from: American College Sports of Medicine. (2015). Protein Intake for optimal muscle maintenance.

Answer the questions below

4 points – 1.0 each

6. How much protein should you ingest per day (according to your weight)?

7. When should you consume protein?

8. What are the benefits of protein intake?

9. What are the benefits of hypertrophy? Write 3 benefits.

Referencias

Ministerio de Salud. (1981). Ley 23 de 1981. Ministerio de Salud. [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY %200023 %20DE %201981.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200023%20DE%201981.pdf)

Rivas, E., Barrera, J., y Genoveva. H. (2020). Prueba de esfuerzo bajo control electrocardiográfico. Revisión de guías internacionales y normas cubanas. *Revista cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 26(2), 1-9.

Schoenfeld, B. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.

Sobre los autores

Yenny Paola Argüello Gutiérrez

Magíster en Fisiología y Fisioterapeuta por la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente es profesora del pregrado en Cultura Física, Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás, e investigadora del Grupo de Investigación Cuerpo, Sujeto y Educación.

Correo: yenniarguello@usta.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8335-4936>

61

Felipe Ricardo Garavito Peña

Licenciado en Educación Física por la Universidad Pedagógica Nacional. Magíster en Cultura Física Terapéutica por la Universidad de Ciencias del Deporte y de la Cultura Física, Manuel Fajardo-Cuba. Magíster en Fisiología por la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente es docente de pregrado en la Universidad Santo Tomás y de la Universidad Pedagógica Nacional en áreas biológicas y líder de la profundización en Actividad Física en el Adulto Mayor de la Universidad Santo Tomás. Investigador en áreas como: el ejercicio físico y el cerebro (cognición y estado de ánimo).

Correo: felipegaravito@usta.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9346-7598>

Esta obra se editó en
Ediciones USTA. Tipografías de la
familia Fira Sans y Share Tech.
2023

Modular

El objetivo del *Manual de Prácticas de Laboratorio: Fisiología del Ejercicio* es proporcionar al lector una herramienta que recopila bases conceptuales generales sobre temas de interés en el área de la fisiología sistémica y del ejercicio (procedimientos generales, metabolismo energético, fisiología neuromuscular y cardiorrespiratoria) con prácticas de laboratorio en cada una de las temáticas abordadas. Las prácticas de laboratorio sugieren el desarrollo de informes que validan la apropiación de conocimientos y sirven de guía para la adquisición de competencias praxiológicas en torno a la fisiología del ejercicio.



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
SEDE PRINCIPAL