

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DEL DEPORTE UNIVERSITARIO
DIRECCIÓN DE MEDICINA DEL DEPORTE

LA FATIGA GLOBAL COMO FACTOR EN EL
INCREMENTO DEL TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL
EN CICLISTAS MASCULINOS QUE PRACTICAN
DOWNHILL

T E S I S

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE
Medicina de la actividad física y deportiva

PRESENTA
Rubí Cabrera Mejía

Asesor de Tesis

Dr. Agustín Eduardo Aguilar Martínez
Especialista en Medicina de la Actividad física y Deportiva.



Ciudad Universitaria, CD. MX., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICADO A MI FAMILIA PEQUEÑITA

MAMÁ

PAPÁ

HERMANO

Agradecimientos

Para Rita Mejía y Andrés Cabrera, mamá y papá para mí. Por darme la vida y enseñarme a aprovecharla y amarla. Papá gracias por mostrarme el camino a ser adulto, por enseñarme con el ejemplo la responsabilidad, por todos esos retos que me hicieron ser fuerte y luchadora, por arreglar todo lo que yo descomponía, por estar pendiente a todas mis necesidades, por estar ahí hasta para ver Heidi, por amarme a tu manera, por ser mi papá. Mamá gracias por ser mi pastillita de la felicidad, por remendar mis alas cada que se rompen, por las largas pláticas que tanto me hacen falta, por enseñarme a apreciarme como mujer, por ser mi profesora, psicóloga, médico, artista, nutrióloga, chef, amiga, por ser la mejor del mundo, gracias por ser mi mamá. Gracias Israel, mi hermano, que si no fuera de ese modo, te hubiera elegido como mi mejor amigo, gracias por estar ahí para escucharme, por ayudarme con toda la tecnología, en especial por tu cronoscopio de reacción manual, sin el cual mi tesis no hubiera sido posible, por compartir tu vida y sueños, por las peleas de pequeños y las reconciliaciones de adultos, por preocuparte por mí, por enseñarme a vivir en paz y por hacerme reír tanto. A todos ustedes por formar esta hermosa familia, por compartir desayunos, comidas y cenas con tantas sonrisas y carcajadas. Por formar parte de este mini rompecabezas que aunque lleva mucho tiempo desarmado, está hecho para estar junto y siempre llega el momento para unirlo de nuevo. LOS AMO.

Gracias Dr. Agustín Eduardo Aguilar Martínez, primeramente por aceptar ser mi asesor, por creer en este proyecto, además por la paciencia y apoyo en todo este proceso de aprendizaje. Gracias por hacer especial medicina del deporte, por darle el valor que pocos le dan. Siempre será un ejemplo a seguir, como Médico y persona.

Gracias a los Residentes (Dr. Felipe, Dra. Janet, Dr. Héctor), mis hermanos por elección, si no fuera por ustedes y los días de pago... Gracias por ser mis conejillos de Indias y hacerlo con pasión. Por compartir comidas, momentos agradables y desagradables, por compartir enseñanza y pacientes, por amar lo que hacemos tanto como yo.

Gracias a la Dirección en general por aprobar y apoyar este proyecto, sin todos ustedes esto no hubiera sido posible. Adscritos (principalmente Dr. Rolando, por abrir mis ojos, mente y corazón a esta parte de la medicina). Pasantes y enfermeros. Chelito, Salvador, Dianita, Gris un millón de gracias por toda su ayuda y amistad. Y por último, pero de igual importancia, gracias a todos los ciclistas que participaron en este estudio.

La fatiga global como factor en el incremento del tiempo de reacción visual en ciclistas masculinos que practican Downhill

Índice general	Páginas
1. Resumen	1
2. Introducción.....	3
3. Marco teórico.....	4
3.1 Ciclismo de Montaña Downhill.....	4
3.2 Rendimiento anaeróbico y test de Wingate.....	7
3.3 Fatiga.....	9
3.4 Ácido Láctico y Lactato.....	11
3.5 Tiempo de reacción.....	14
3.6 Tiempo de reacción visual.....	15
3.7 Medición del tiempo de reacción visual simple.....	18
3.8 Factores que influyen en el tiempo de reacción visual.....	19
3.9 Tiempo de reacción visual en el ciclistas.....	21
3.10 Accidentes en el Downhill.....	22
3.11 Tiempos de reacción visual y accidentes.....	26
4. Planteamiento del problema.....	27
5. Pregunta de Investigación.....	27
6. Hipótesis.....	27
7. Justificación.....	28
8. Objetivo.....	29

9. Material y Métodos	
9.1 Diseño del estudio.....	29
9.2 Infraestructura.....	29
9.3 Muestra.....	29
9.4 Criterios de Inclusión(1), exclusión(2), eliminación(3).....	31
9.5 Gráfica de variables.....	31
9.6 Definiciones operacionales de variables.....	29
9.7 Captura de datos.....	31
9.8 Peso del paciente.....	31
9.9 Electrocardiograma.....	31
9.10 Medición de lactato.....	31
9.11 Medición de tiempos de reacción visual.....	32
9.12 Test de Wingate.....	35
9.13 Cronometraje.....	38
9.14 Grabación de la prueba.....	38
10. Procedimiento General.....	39
11. Análisis estadístico.....	40
12. Definición de variables.....	40
13. Resultados.....	41
14. Discusión.....	44
15. Conclusión.....	45

16. Anexos	
16.1 ParQ+.....	46
16.2 Consentimiento Informado.....	49
17. Bibliografía.....	50

1. RESUMEN

Introducción En el ciclismo de montaña, modalidad de Downhill, el principal motivo de los accidentes son los errores al manejar la bicicleta. Y aunque para poder descender con eficacia se requiere reaccionar rápidamente ante cada estímulo visual que se les presenta; en estudios previos no se hace énfasis al aumento del tiempo de reacción como causa de accidentes. Existen distintas causas por las que el tiempo de reacción se puede incrementar, entre ellos se encuentra la fatiga. Por lo que los ciclistas de Downhill al presentar fatiga, pudieran incrementar sus tiempos de reacción visual y con esto sufrir accidentes.

Objetivo general Determinar si la fatiga global incrementa el tiempo de reacción ante un estímulo visual en ciclistas varones que practican Downhill.

Método

Diseño del estudio: Transversal, Descriptivo.

Criterios de inclusión: Hombres, edad 18 a 38 años, que practican Downhill actualmente, con más de un año de experiencia.

Se realizó este estudio a 20 ciclistas, con un Cronoscopio de Tiempo de Reacción Manual se tomaron tiempos de velocidad de reacción visual, en reposo y posterior a la fatiga, la cual se obtuvo con el test de Wingate en cicloergómetro, llevándolos a un porcentaje de fatiga entre el 27% y el 66%. Y se compararon ambas velocidades de reacción.

Resultados Se obtuvieron un total de 15 ciclistas de sexo masculino. Se encontró que la correlación que existe entre el % Índice de fatiga y el tiempo de reacción final fue de -0.129 $p = >0.05$. Entre la edad y el % de Índice de fatiga de 0.155 $p = >0.05$. Entre la edad y el tiempo de reacción final -0.071 $p = >0.05$.

Conclusión

Existen antecedentes en la literatura, que hay cambios de los tiempos de reacción debido a distintas variables aplicadas. En este estudio la correlación que existe entre las diferentes variables no fue significativa. Por lo que la hipótesis primaria de este estudio que es "El tiempo de reacción ante un estímulo visual se incrementa cuando los ciclistas varones que practican Downhill llegan a la fatiga global", no se puede confirmar. Para determinar si realmente influye la fatiga global en los tiempos de reacción visual en los ciclistas, se tendrían que realizar nuevos estudios con un mayor número de población y que esta fuera más homogénea.

2. INTRODUCCIÓN

A pesar que el ciclismo de montaña Downhill es un deporte relativamente nuevo, se ha hecho muy popular entre los ciclistas profesionales como en los que practican ciclismo de forma recreativa.

Esto ha provocado no solamente su incremento en el número de personas que lo practican, si no en la cantidad de lesiones que se presentan. Y a pesar de la protección que utilizan, en algunas ocasiones estas lesiones son de gravedad.

Los errores al manejar la bicicleta, son el principal motivo por el cual sufren accidentes. Y aunque para poder descender y librar los obstáculos con eficacia requieren reaccionar rápidamente ante cada estímulo visual que se les presenta; en estudios previos no se hace énfasis al aumento del tiempo de reacción como causa de accidentes.

Existen distintas causas por las que el tiempo de reacción se puede incrementar, entre ellos se encuentra la fatiga.

El motivo por el cual se realiza este estudio es para comprobar que debido a la fatiga que presentan los ciclistas de Downhill, se pudieran incrementar sus tiempos de reacción visual y con ello no tomar las decisiones adecuadas al esquivar obstáculos y con esto sufrir accidentes.

Este estudio se llevó a cabo en 20 ciclistas masculinos de Downhill, con una experiencia de por lo menos un año. Y se realizó midiendo los tiempos de reacción ante un estímulo visual en reposo, posteriormente se sometió a los participantes a fatiga con el test de Wingate, para inmediatamente después medir nuevamente su tiempo de reacción y ser comparado con el de reposo.

El saber si su tiempo de reacción aumenta con la fatiga, nos puede ayudar a dar la recomendación de mejorar su capacidad anaeróbica, para que no se fatiguen tan pronto y así su tiempo de reacción se mantenga adecuado durante todo el descenso.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Ciclismo de montaña Downhill

El ciclismo de montaña es un deporte relativamente nuevo, iniciado en 1970 y adoptado como deporte olímpico en 1996. Desde ese entonces la participación en este deporte se ha ido incrementando.[1]

El Downhill es una subdisciplina del ciclismo de montaña, que también se ha hecho muy popular entre los deportes extremos, desde participantes de competencia como recreativos. Este deporte se practica durante el verano en diferentes países del mundo, especialmente en las zonas montañosas. El Downhill típicamente se lleva a cabo a altas velocidades, caracterizado por un descenso, asistido por la fuerza de gravedad, en una pista de terracería, que tiene obstáculos tanto naturales como creados por el hombre, en los cuales se incluyen brincos, caídas verticales, vueltas cerradas e intersecciones. [3] [2]

Los ciclistas de Downhill utilizan bicicletas que difieren de las de otros tipos de ciclismo, en términos del peso y la construcción del cuadro, siendo este más grueso y presentando una suspensión más grande, esto para proveer la mejor tracción y suspensión posible y así cubrir las demandas del suelo y las consecuentes maniobras para dominarlo a altas velocidades.[2]



Fig. 1 Bicicleta de Downhill



Fig. 2 Bicicleta de Cross Country

Además de vestir protección, tipo armadura para el cuerpo, diferente a la que se usa en otros tipos de ciclismo. [2]



Fig 3 Guantes, armadura para todo el cuerpo, pechera, hombreras, coderas, musleras, rodilleras y espinilleras.

También utilizan cascos completos, googles, y collarines rígidos especiales para ser utilizados únicamente con cascos que se amoldan, para protección total de cabeza y cuello.



Fig. 4 Casco completo, googles, collarín hecho para ser usado con el casco completo.

La posición para que el ciclista maneje su bicicleta también varía de los otros tipos de ciclismo, ya que tienen que mantener un centro de gravedad adecuado para los descensos tan pronunciados y rápidos que realizan. A esta posición se le llama posición de ataque, para realizar esta posición adecuadamente se tienen que tener en cuenta los puntos que se muestran en la figura 5:



Fig. 5 Posición de ataque de los ciclistas de Downhill

Opuesto al ciclismo Cross-country tradicional, en el cual se requiere que los ciclistas pedaleen al subir una colina para posteriormente descender, el Downhill se ayuda de un vehículo que los transporta pasivamente a la cima de la colina y de ahí realizan el descenso.[1]

O como es el caso de algunas pistas en México, los participantes suben caminando y empujando sus bicicletas, con ascensos de aproximadamente 30-40 minutos de caminata. Para después realizar los descensos en sus bicicletas.

Existen tantos tipos de Downhill como montañas. La mayor parte de carreras duran de 2 a 5 minutos, siendo un deporte predominantemente anaeróbico. Los terrenos varían de fáciles y lentos a generalmente difíciles y rápidos. Y es por estas diferentes rutas y su dificultad que se participará según las categorías. Las categorías van a depender de los años de experiencia, carreras y puntos obtenidos. Se pueden dividir en principiantes (con menos de un año de experiencia), master (de 1 a 3 años de experiencia), elite (con más de 3 años de experiencia)[3].

COPA MONSTER ENERGY DE DOWNHILL 2016												
RANKING						CUERNAVACA			AJUSCO CDMX		CAMPEONATO	
CATEGORÍA	RANK	NOMBRE	POS	TIEMPO	PUNTOS	POS	TIEMPO	PUNTOS	RANK	PUNTOS		
ELITE	1	JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ CORONA	2	0:03:23	12	1	4:43:00	15	1	27		
	2	JOSÉ LUIS LUGO AVILES	1	0:03:21	15	3	4:54:00	10	2	25		
	3	MIGUEL ÁNGEL TREJO CARRILLO	3	0:03:30	10	4	5:06:00	8	3	18		
RANKING						CUERNAVACA			AJUSCO CDMX		CAMPEONATO	
CATEGORÍA	RANK	NOMBRE	POS	TIEMPO	PUNTOS	POS	TIEMPO	PUNTOS	RANK	PUNTOS		
MASTER 30	1	CARLOS ROMERO VÁZQUEZ	1	0:03:36	15	2	5:24:00	12	1	27		
	2	ANDONI LARROCEA GUADARRMA	5	0:03:43	6	3	5:44:00	10	2	16		
	3	CHRISTIAN LARIS EL TOMATE		NP		1	5:14:00	15	3	15		
RANKING						CUERNAVACA			AJUSCO CDMX		CAMPEONATO	
CATEGORÍA	RANK	NOMBRE	POS	TIEMPO	PUNTOS	POS	TIEMPO	PUNTOS	RANK	PUNTOS		
PRINCIPIANTES	1	JOSÉ LUIS MEZA	1	0:04:09	15	9	0:06:54	2	1	17		
	2	JORGE ENRIQUE CHEU LOPEZ		NP		1	0:05:56	15	2	15		
	3	JOVANNI MALDONADO LANDA	2	0:04:10	12		NP		3	12		
	3	ALEJANDRO GARCIA JUAN		NP		2	0:06:01	12	3	12		
	4	ARMANDO CAMACHO MONROY	3	0:04:12	10		NP		4	10		

Tabla 1 Resultados copa Monster México de Downhill 2016

Por esta razón los ciclistas, requieren reflejos rápidos, adecuada técnica, fuerza física, y una combinación de ejercicios anaeróbicos y aeróbicos. [4]

Posición	Variable	Puntuación promedio
1	Técnica	1.6
2	Autoconfianza	2.0
3	Capacidad Aeróbica	3.3
4	Capacidad Anaeróbica de miembros inferiores	4.5
5	Bicicleta adecuada	1.2
6	Experiencia pasada	5.0

Tabla 2 Características físicas que requiere el Downhill. Traducida de Chidley J., et al. Journal of Sports Physiology and Performance.

3.2 Rendimiento anaeróbico y test de Wingate

El rendimiento anaeróbico contribuye significativamente para un adecuado desempeño en el Downhill. Los ciclistas que son capaces de sostenerlo, tienden a presentar un mejor desempeño. Además al ser comparados con el ciclismo de ruta, se ha encontrado que los ciclistas de Downhill tienen un 11% más de potencia en el umbral de lactato en relación con la masa corporal.[5]

Para medir el rendimiento anaeróbico se han realizado distintas pruebas tanto en campo como en laboratorio. El estándar de Oro es la prueba de Wingate[6], debido a que es una prueba de alta confiabilidad, tanto para ser realizada en ergómetro de manivela, como en cicloergómetro. Presentando una correlación prueba-repetición de 0,89 para el pico de potencia y para la potencia media.

Así los 3 índices que pueden ser medidos son:

- a) Pico de potencia: La potencia mecánica más alta que es obtenida durante el test. Este índice usualmente se toma como la potencia más alta en el período inicial de 3 a 5 segundos. Originalmente se suponía que el pico de la potencia reflejaba los procesos anaeróbicos alactácidos.
- b) Potencia media: la potencia promedio que se sostiene a través de un período de 30". Se creía que reflejaba la tasa de glicólisis anaeróbica en el músculo.
- c) Índice de fatiga: el grado porcentual de caída de la potencia durante el test. Se calcula como el porcentaje del valor más bajo (al final del test) con respecto a la potencia pico, tomado este, como valor 100%. Así el % de fatiga = $(\text{Potencia pico} - \text{Watts 30 seg}) / \text{Potencia pico}$. [7]

El Test Anaeróbico "Wingate" fue desarrollado en el Departamento de Medicina del Deporte e Investigación del Instituto Wingate de Educación Física y Deportes, de Israel, durante mediados y fines de la década de los 70's.

Fue diseñado para ser administrado en forma simple, sin la necesidad de personal específicamente capacitado, a un bajo costo, realizado con equipos accesibles, tal como el cicloergómetro Monark, no invasivo y destinado a cuantificar el rendimiento muscular a través de variables indirectas.

La prueba anaeróbica de 30 segundos de Wingate en cicloergómetro, WANT por sus siglas en inglés. Fue realizado por primera vez en 1989 en un estudio con 44 hombres sanos, que se encontraban en programas de entrenamiento. Por lo que los cálculos de la resistencia en el cicloergómetro fueron hechos desde un principio para población masculina.[6]

El Test Anaeróbico Wingate requiere pedaleo ininterrumpido con miembros inferiores, ejecutado contra una fuerza constante dependiente del peso del sujeto, durante 30" y a la máxima velocidad, por lo menos a 110 rpm. Basada en las relaciones de fuerza-velocidad y potencia-velocidad desarrolladas en el ciclismo isokinético, la velocidad de pedaleo que rinde la potencia promedio más alta durante 30", es aproximadamente de 100 a 110 rpm. La fuerza sugerida originalmente por el grupo Wingate fue de 0.075 kilopondios por kilogramo de peso corporal, con un ergómetro Monark. Se eligió esta carga de fuerza para que en cada sujeto provoque el pico de potencia más alto posible y una elevada potencia media. Esta fuerza está predeterminada para rendir una potencia mecánica altamente supramaximal y para inducir un notable desarrollo de fatiga, dentro de los primeros segundos. La duración de 30" para el test fue basada en observaciones previas en las cuales fueron comparados test de 30,45 y 60 segundos; resultando que todos los sujetos soportaron un esfuerzo totalmente completo a lo largo de la prueba de 30 segundos. [7]

3.3 Fatiga

Es difícil definir fatiga, por la complejidad de los mecanismos que la producen y por las múltiples causas que provocan su aparición.[8] Las numerosas disciplinas que conforman las ciencias del deporte han definido la fatiga según se adapte mejor a la necesidad de cada una de ellas. La fatiga puede definirse como un estado resultante de tensiones fisiológicas y psicológicas que provocan una disminución del rendimiento físico o mental. En el caso de los ejercicios anaeróbicos la disminución en la curva de potencia nos indica fatiga. [9] Y este se puede calcular con el test de Wingate con el índice de fatiga, que es el grado porcentual de caída de la potencia o Watts. [7]

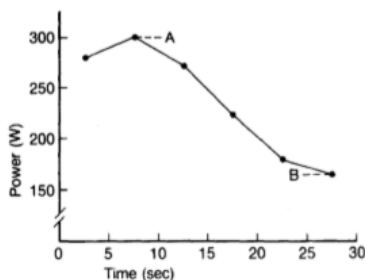


Fig. 6 Índices de la prueba anaeróbica de Wingate. En el esquema se representan los 3 índices. **A** La potencia pico = 300W, **B** Potencia media = 237W, Fatiga= $(300-165)/300 = 45\%$

La fatiga puede definirse como un mecanismo adaptativo destinado a limitar la actividad muscular antes de que sea demasiado perjudicial para el organismo. En este sentido, se ha desarrollado la hipótesis del ahorro muscular, consistente en disminuir la frecuencia de descarga de las unidades motoras y la velocidad de contracción de los músculos. [10]

Según un estudio realizado en 77 deportistas de la asociación atlética del Colegio Nacional, que practicaban programas de entrenamiento anaeróbico, en diferentes tipos de deporte y a los cuales se les realizó un test de Wingate de 30 segundos en cicloergómetro, para obtener valores de referencia en entrenamientos anaeróbicos. Se definió fatiga con la obtención de valores de índice de fatiga entre 66% y 27%. [11]

La fatiga se ha contemplado durante mucho tiempo por las consecuencias que provoca, como la disminución del rendimiento, la reducción de las capacidades o aumento en la tasa de accidentes.

Existen numerosos factores implicados en la fatiga secundaria al ejercicio y pueden actuar a los distintos niveles de la cadena de mando de la contracción muscular. La fatiga tiene un componente periférico metabólico, un componente endocrino y un central (fig. 7). [12]

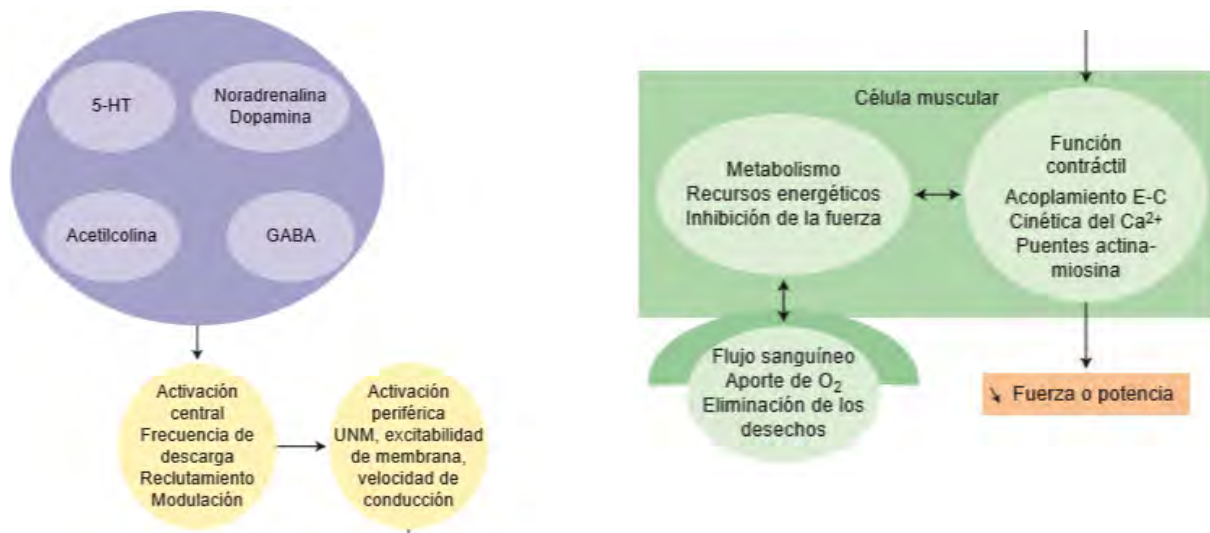


Fig.7 Localizaciones potenciales de la fatiga durante el ejercicio muscular

Los factores metabólicos de la fatiga evolucionan en función de la duración y de la intensidad del ejercicio muscular. Para ejercicios cortos e intensos hay dos elementos que se asocian para disminuir las capacidades contráctiles del músculo esquelético, que son la modulación de las reservas de fosfágenos y la modificación de los equilibrios iónicos. Provocando esto una reducción del PH muscular, lo cual dificulta los procesos celulares que producen energía y la contracción muscular.[13]

3.4 Ácido láctico y Lactato

El ácido láctico es disociado en más de un 99% en lactato La-, aniones y protones H+, cuando el cuerpo tiene un pH fisiológico. Durante el ejercicio y la contracción muscular, la cantidad de lactato e hidrogeniones en sangre pueden crecer a niveles muy elevados.

El ácido láctico y el lactato no son el mismo compuesto. El ácido láctico es un ácido y el lactato es la sal de este ácido. Cuando el ácido láctico libera H+, el compuesto restante se une con Na+ o K+ para formar una sal. La glucólisis citoplasmática produce ácido láctico, pero se disocia rápidamente y se forma la sal lactato.

La cantidad de hidrógenos que se liberan por la disociación del ácido láctico, causan la disminución del PH sanguíneo. [10]

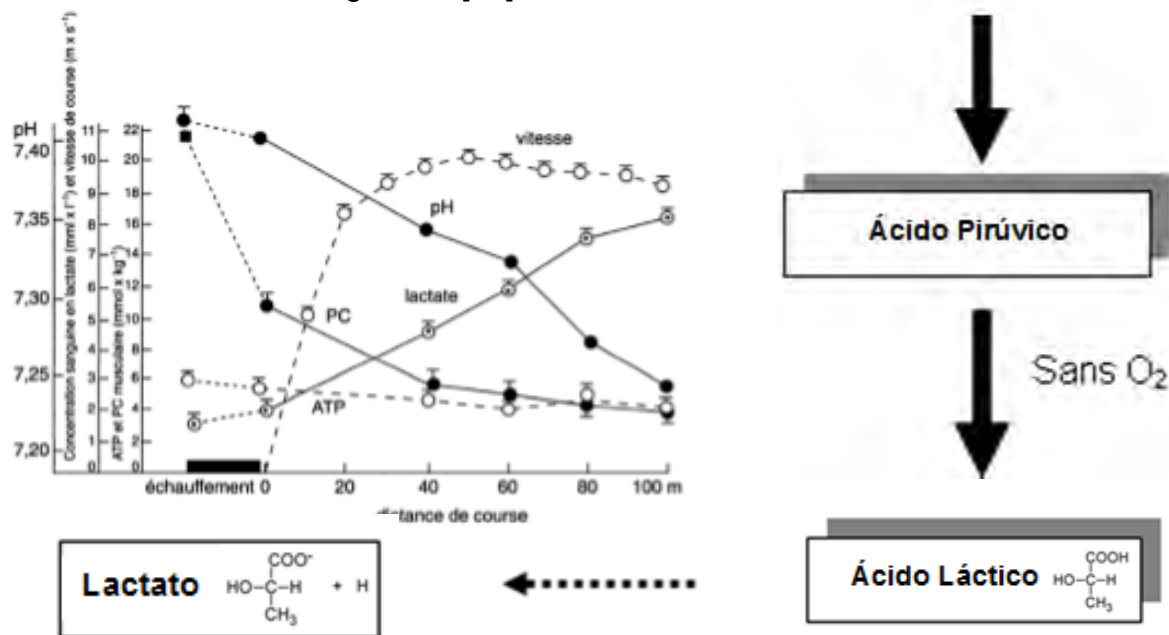


Fig. 8 Disociación del Acido Láctico a Lactato. (Adaptado de D'après F. Grappe 2005)

La disminución en el Ph del músculo, donde además se plantea un elevado nivel de H^+ , provoca una disminución en la fuerza muscular, causado según diferentes teorías por:

1. Reducción en la transición de los enlaces cruzados de bajos estados de fuerza hacia estados de alta fuerza.
2. Inhibición de la máxima velocidad de contracción.
3. Inhibición de la ATPasa miofibrilar.
4. Inhibición la tasa glucolítica.
5. Reducción de la activación de los enlaces cruzados por la competitiva inhibición del Ca^+ unido a la troponina C.
6. Reducción de la reabsorción de calcio por la inhibición de la ATPasa sarcoplasmática, teniendo como consecuencia la poca liberación de Ca^+ . [13]

Debido a que no hay forma de medir la cantidad de Hidrogeniones liberados, los cuales causan una disminución en el Ph. Podemos tomar como una medición indirecta de estos, la cantidad de lactato en sangre.

La glucosa, permite la posibilidad de obtener energía de manera inmediata. Es el único sustrato que la célula es capaz de utilizar con o sin el uso de oxígeno. A este proceso por el cual las células obtienen energía a través de la glucosa se denomina glucólisis, al llevarse a cabo sin la utilización de oxígeno se realiza en el citoplasma de la célula. Esta deja como producto metabólico, dos moléculas de lactato y dos hidrogeniones (H^+). [10]

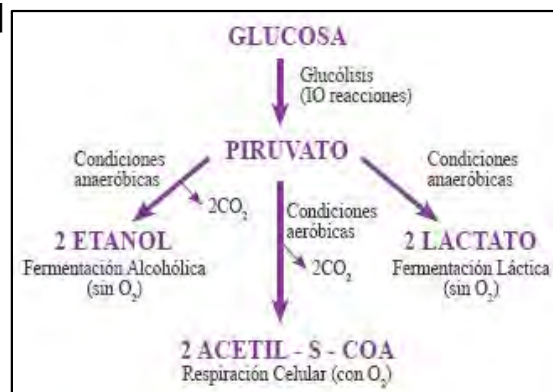


Fig. 9. Regulación del metabolismo energético. El ATP se elabora a partir de la glucosa, generando piruvato y de este Lactato.

El lactato sanguíneo depende del nivel del lactato en músculo y a su vez los niveles musculares dependen de la glucólisis cuando la mitocondria no puede utilizar ácido pirúvico y del mecanismo facilitador en la membrana mitocondrial, que normalmente oxida en NAD (nicotinsamida Adenin Nucleótico) reducido en el citosol y transfiere protones y electrones a la enzimas mitocondriales para una eventual combinación con el O₂.

Para que continúe la glucólisis, debe haber cantidades adecuadas de NAD disponibles para aceptar los átomos de hidrógeno. Por lo tanto, el NADH que se produce en la glucólisis debe oxidarse donando sus electrones a otra molécula. Cuando no se dispone de cantidades suficientes de oxígeno, el NADH producido por la glucólisis se oxida en el citoplasma donando sus electrones al ácido pirúvico. Esto resulta en una nueva formación de NAD y en la adición de dos átomos de hidrógeno al ácido pirúvico, que de este modo se reduce. Esta adición de dos átomos de hidrógeno al ácido pirúvico produce ácido láctico.[10]

Una célula puede mantener su resistencia anaeróbica mientras sea capaz de producir la energía suficiente para sus necesidades y mientras no se conviertan en excesivas las concentraciones de ácido láctico.

El rango basal normal de la concentración en sangre es de 0,5 a 2,2 mMol/l (4,5 a 19.8mg/dL) pero puede aumentar hasta 20mMol/l durante un esfuerzo intenso.

Durante la actividad entre leve y moderada, el lactato sanguíneo permanece solo ligeramente por encima del nivel de reposo. Con esfuerzos más intensos, el lactato se acumula más rápidamente. Hay una elevación repentina en el nivel de lactato entre 4.1 mMol y 4.4 mMol. Esto indica que el umbral de lactato (LT) generalmente se mantendrá dentro de este rango.[10]

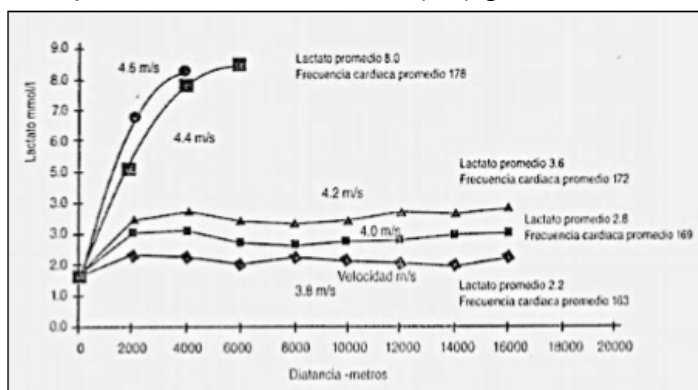


Fig. 10 Lactato Vs frecuencia cardíaca en ciclismo.

Modificada de Guzmán 2011.

La medición del lactato se lleva a cabo con lactatómetros y lo que se mide con estos aparatos es el lactato oxidasa, se pueden medir niveles en distintas partes del cuerpo, las zonas más utilizadas son el lóbulo de la oreja y las puntas de los dedos. Múltiples estudios han demostrado que los valores de lactato cambian según el sitio de punción.

[14]

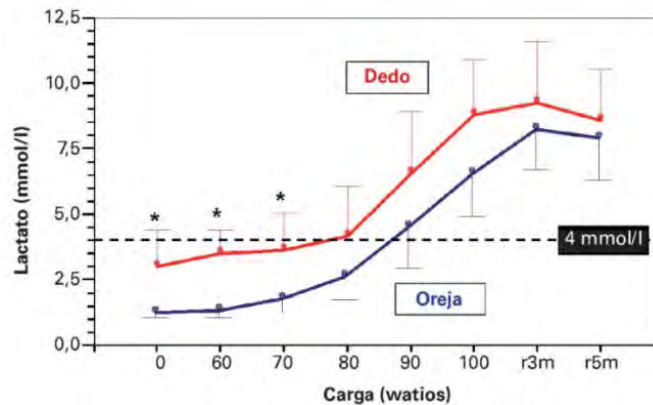


Fig. 11. Mayores niveles de lactato en dedo que en oreja en todas las determinaciones, Sánchez Arjona, Med Deporte.

Por tal motivo es importante que las tomas comparativas se tomen del mismo sitio de punción.

3.5 Tiempo de reacción

Se ha demostrado ampliamente que la fatiga secundaria al ejercicio muscular modifica ciertas conductas. Se puede observar, después de ejercicios intensos, una disminución de la capacidad de adquisición de informaciones y de interpretaciones de señales visuales y una reducción de la memoria a corto plazo.[12]

La adquisición de información y la interpretación de señales visuales, se refieren a las dos etapas que comprenden el tiempo de reacción.

El tiempo de reacción se define como la cantidad de tiempo transcurrido desde la aparición de un estímulo hasta la iniciación de la respuesta correspondiente.[15]

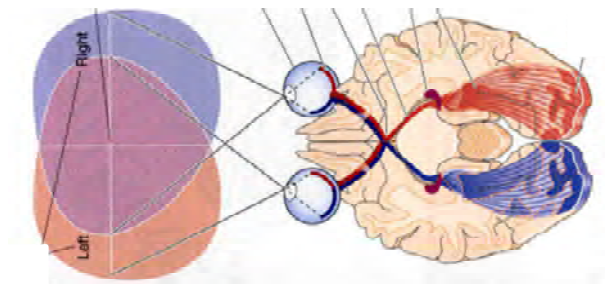
El estímulo auditivo tarda de 8 a 10 milisegundos para llegar al cerebro mientras el estímulo visual registra de 20-40 milisegundos para llegar.[16] En función de la rapidez de la respuesta motora ante su activación, se han ordenado los órganos de los sentidos de la siguiente manera: audición, visión, tacto.

3.6 Tiempo de reacción visual

El tiempo de reacción va a depender directamente de dos procesos, la percepción correcta del estímulo y la respuesta motora adecuada ante este estímulo.

En el caso de la percepción visual, el proceso empieza en los ojos. La luz que llega a ellos estimula los órganos receptores de la retina que convierten el estímulo lumínico en impulso eléctrico y lo transmiten, a través de los axones del nervio óptico, hacia el cerebro.

La información se encuentra en la conexión cerebral llamada quiasma y continúa hasta llegar a una zona específica del tálamo (los núcleos geniculados laterales) desde donde es enviada al córtex visual situado en el lóbulo occipital. La información procedente del ojo derecho es enviada al córtex visual del hemisferio izquierdo y la procedente del ojo izquierdo es enviada al hemisferio derecho. [17] Como se ve en la figura.



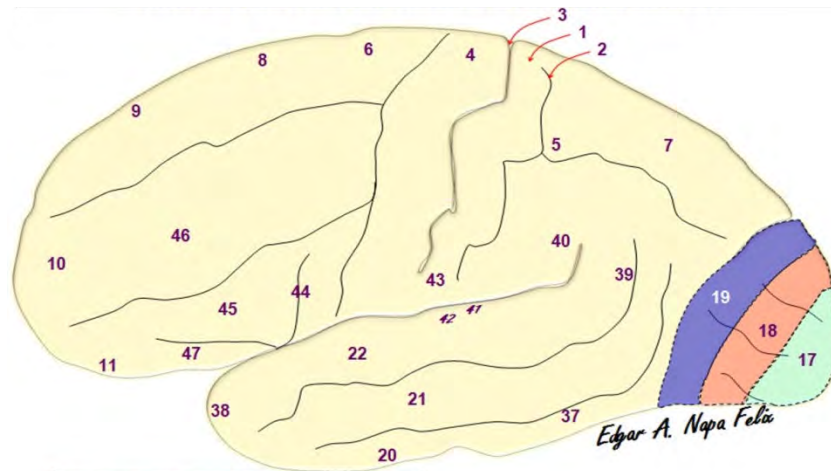


Fig. 14 Áreas 17,18 y 19 de Brodman

La corteza visual principal, se encuentra en el área 17 de Brodman, esta se encuentra en la cara medial del lóbulo occipital. Los campos visuales se proyectan a las caras mediales del lóbulo occipital contralateral.

Para que la información visual pueda ser analizada e interpretada tiene que ser procesada en las áreas de asociación visual superiores, que son las áreas 18 y 19 de Brodman.

El área 19 se encarga de elaborar las percepciones visuales para reconocer los objetos.

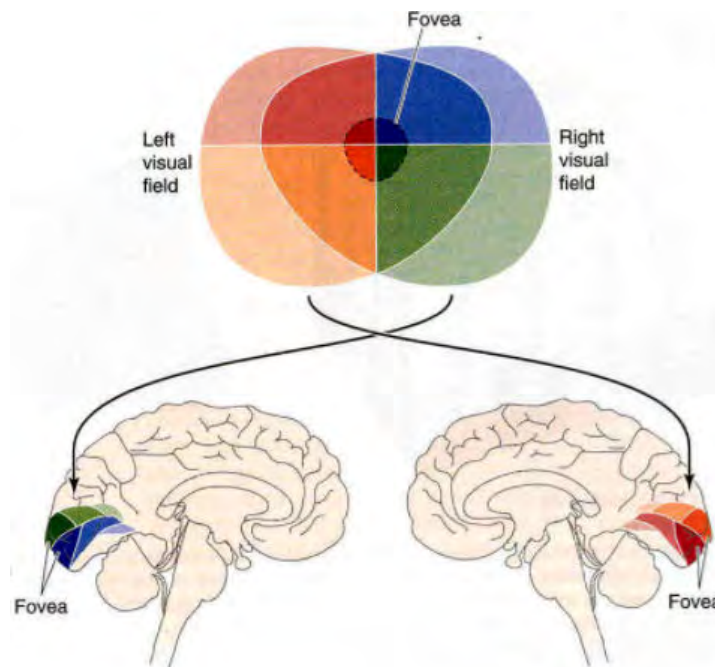


Fig. 15 Diferentes sitios del campo visual dirigidos a las Áreas 17,18 y 19 de Brodman

También se han descrito seis áreas distintas de la corteza visual primaria que intervienen en la detección visual de un objeto:

- V1: se recibe y procesa una visión general del objeto.
- V2: se recibe y procesa una visión estereoscópica del objeto.
- V3: se recibe y procesa la profundidad y distancia del objeto.
- V4: se recibe y procesa el color del objeto.
- V5: se recibe y procesa el movimiento del objeto.
- V6: se acaba de perfilar la posición absoluta del objeto.

Por lo que para saber "dónde está el objeto" la ruta es V1-V2-V3-V5-V6.

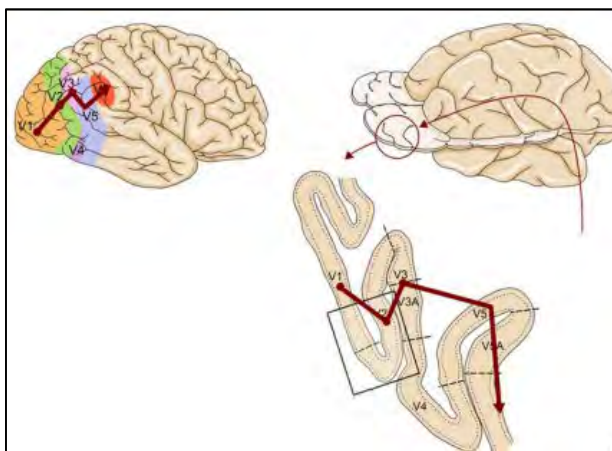


Fig. 16 Áreas de la corteza visual y su recorrido para localizar un objeto.

Ya que se tuvo el estímulo y este llegó y se procesó en la corteza visual, esto continúa con la función de los núcleos basales en el control cognitivo de las secuencias de los patrones motores: el circuito del caudado. [17]

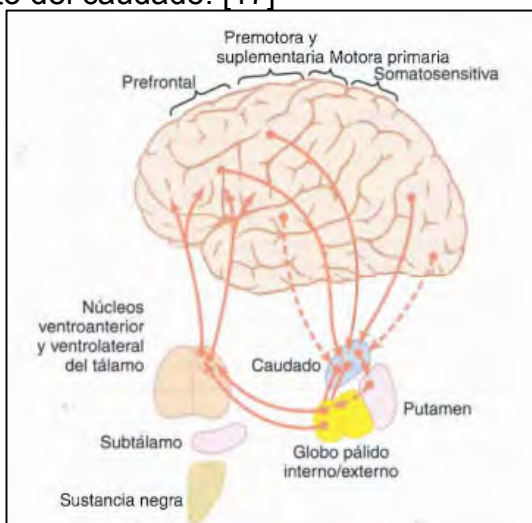


Fig. 17 Circuito del caudado a través de los ganglios basales para que la planificación cognitiva de los patrones motores secuenciales y paralelos alcance los objetivos conscientes específicos.

El núcleo caudado, se extiende por todos los lóbulos del cerebro, desde su comienzo más anterior en los lóbulos frontales, siguiendo después hacia atrás a través de los lóbulos parietal y occipital, y finalmente tomando una curva de nuevo hacia adelante como si fuera la letra «C» en su recorrido hacia los lóbulos temporales. Por ende, el núcleo caudado recibe una gran proporción de sus conexiones de entrada desde las áreas de asociación de la corteza cerebral que lo cubren, zonas que especialmente también integran los diversos tipos de información sensitiva y motora en unos patrones de pensamiento manejables.[17]

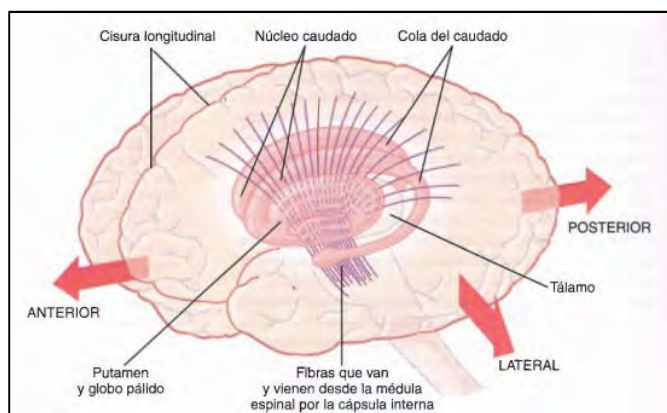


Fig. 18 Núcleo caudado formando una C en su recorrido hacia los lóbulos temporales.

El término conocimiento o cognición se refiere a los procesos de pensamiento del encéfalo, que emplean las señales sensitivas llegadas al cerebro, más la información ya almacenada en la memoria. La mayor parte de nuestras acciones motoras se dan como consecuencia de los pensamientos generados en la mente, fenómeno llamado control cognitivo de la actividad motora. El núcleo caudado representa un papel fundamental en este proceso.

Una vez que las señales pasan desde la corteza cerebral hasta el núcleo caudado, a continuación se transmiten al globo pálido interno, después a los núcleos talámicos de relevo ventroanterior y ventrolateral, y finalmente vuelven a las áreas prefrontal, premotora y motora suplementaria de la corteza cerebral, pero casi ninguna de las señales que regresan llega directamente a la corteza motora primaria. En cambio, acceden a otras regiones motoras auxiliares en las áreas premotora y motora suplementaria que se ocupan de reunir los patrones secuenciales de movimiento cuya duración abarque un mínimo de 5 segundos en vez de excitar algún movimiento muscular específico.[17]

Un buen ejemplo en este sentido sería el de una persona que ve acercarse otro ciclista y a continuación responde al instante y automáticamente del modo siguiente: 1) girando el volante y su cuerpo en una dirección diferente; 2) empezando a pedalear más rápido hacia la otra dirección, 3) intentando incluso brincar obstáculos. Sin las funciones cognitivas, podría carecer de las capacidades instintivas suficientes como para responder rápida y adecuadamente, sin pararse a reflexionar demasiado tiempo.

Por tanto, el control cognitivo de la actividad motora determina a un nivel subconsciente y en un plazo de centésimas de segundo cuáles son los patrones de movimiento que van a reunirse para alcanzar un objetivo complejo que podría durar muchos segundos. [17]

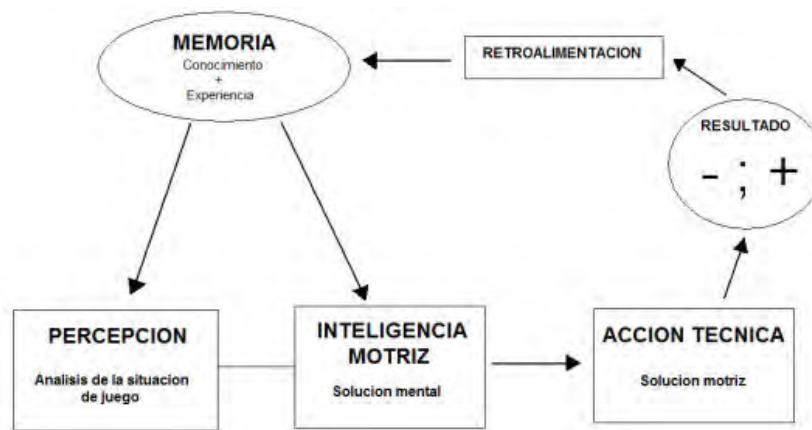


Fig. 19 Fases de acción de juego. Adaptado de F.Mahlo 1969

El tiempo de reacción tiene elementos periféricos y centrales. Y se dividen en tres etapas durante las que tiene lugar el tiempo fisiológico. Inicia con la aferencia desde el órgano sensorial hasta el cerebro, continúa con la concepción, discriminación y decisión voluntaria y por último la aferencia o ejecución de la respuesta. Y para medir estas tres situaciones se desarrollaron 3 tipos de pruebas:

Tiempo de reacción simple, el cual consiste en que hay un solo estímulo y una sola respuesta, con un solo proceso de detección. La cual alcanza una media de 220mseg.[16] Siendo el tipo de reacción que presentan los ciclistas de Downhill durante el recorrido de la ruta, ya que tienen un estímulo visual, una rampa, roca, árbol y presentan una reacción ante él, esquivarlo, brincar, frenar.

Tiempo de reacción por elección, en el cual hay varios tipos de estímulo asociados a diferentes respuestas y que incluye las fases de detección, discriminación y selección de respuesta. Tardando más que la simple, con un tiempo de 384 mseg aproximadamente. Esto porque fue más rápido reaccionar ante un solo estímulo, que el tener que reaccionar ante un estímulo específico cuando se presentan dos[16].

Tiempo de reacción por discriminación, presentando varios estímulos, de los cuales sólo uno debía provocar la respuesta, aumentando aún más el tiempo de reacción, hasta 630mseg. A este incremento del tiempo de reacción dependiente del número de estímulos generados al individuo se le llamó la ley de Hick.[15] [16]

3.7 Medición del tiempo de reacción visual simple

La medición de estas pruebas se han realizado por distintos métodos, el más utilizado es el cronoscopio, siendo este un cronómetro muy preciso que inicia con la aparición del estímulo y se detiene cuando el sujeto realiza la respuesta. Hay gran cantidad de aparatos, de distintos fabricantes para este tipo de sistema. Sin embargo los aparatos de uso comercial tienen la desventaja de no ser lo suficientemente específicos. Por lo que el uso de sistemas fabricados específicamente para el deporte dará mejores resultados en estos. Las medidas de tiempo de todos estos sistemas se toman en segundos o milisegundos.[18]

3.8 Factores que influyen en los tiempos de reacción visual

Son varios los factores que influyen sobre el tiempo de reacción, éstos se pueden englobar en aquellos relacionados con factores dependientes del sujeto y aquellos relacionados con el estímulo, además de los correspondientes al sistema aferente de percepción, elaboración y sistema de respuesta. Entre los primeros encontramos el estado físico, calentamiento, fatiga, motivación, miembro corporal con el que se realiza la respuesta y otras características como la edad, género, sustancias administradas (como la cafeína o medicamentos), tipo de deporte y nivel de deporte.[4] [15] El tiempo de reacción se vuelve aún más lento cuando el sujeto tiene fatiga.[16] La prueba de Wingate de 30s propiamente causa una disminución de la contracción máxima voluntaria. Y esta reducción se asocia a fatiga central y periférica. [19]

La fatiga pudiera provocar un alargamiento en el tiempo de reacción, por la hipoxia que sufre el cerebro ante el ejercicio de alta intensidad. Cuando el cerebro se activa durante el ejercicio, se requiere un aumento en el suministro de oxígeno cerebral para igualar el nivel mejorado del metabolismo neuronal. La oxigenación cerebral refleja el equilibrio entre la disponibilidad de oxígeno y su utilización. La disminución de la oxigenación cerebral durante el ejercicio sugiere que la disponibilidad de oxígeno puede ser insuficiente para satisfacer las demandas metabólicas del cerebro. Estudios recientes sugieren que una disminución de la oxigenación cerebral podría limitar la producción motora central durante el ejercicio bajo hipoxia. Además los cambios inducidos por hipoxia en los niveles de neurotransmisores también podrían subyacer los efectos perjudiciales del ejercicio sobre la percepción visual periférica.[20]

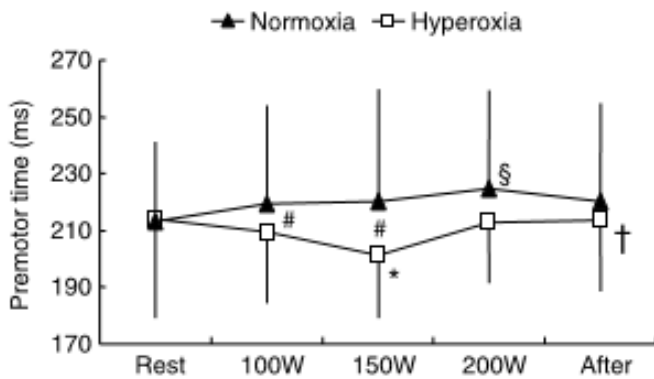


Fig. 20 Tiempo premotor a los estímulos visuales periféricos en reposo y durante y después del ejercicio a 100, 150 y 200 W bajo normoxia e hiperoxia. La fracción de oxígeno inspirado se controló a 0,28 bajo hiperoxia. Bajo normoxia, el tiempo del premotor a 200 W fue significativamente más largo que el del de reposo (§P G 0.05). Bajo hiperoxia, el tiempo del premotor a 150 W fue significativamente más corto que los de reposo (* P G 0.05) y después del ejercicio († P G 0.05). Hubo diferencias significativas en el tiempo del premotor a 100 y 150 W entre normoxia e hiperoxia (#P G 0.05).

Las infecciones del tracto respiratorio propiamente aumentan el tiempo de reacción, además que influye en un humor negativo y es causa de problemas para dormir, convirtiéndose todo esto en factores para enlentecer los tiempos de reacción. [16]

Se ha encontrado que el enlentecimiento del tiempo de reacción secundario al consumo de alcohol, es debido a un enlentecimiento de la activación muscular.[16]

La cantidad de cafeína que contiene una taza, disminuye el tiempo de reacción y aumenta la habilidad para resistir a distracciones. Esto es posible en unos cuantos minutos posteriores a su consumo. La respuesta de presionar un botón seguido a un estímulo visual es menor con el consumo de cafeína comparado con sujetos que no lo consumieron. [21]

Tres días sin comer no disminuye el tiempo de reacción ni otro tipo de medidas cognitivas, lo único que causa es un estado de ánimo depresivo, lo cual podría contribuir a un menor rendimiento.[16]

En todos los grupos de edad, los hombres presentan tiempos de reacción más rápidas que las mujeres, además que esta desventaja no se reduce con la práctica. El último estudio importante realizado en este aspecto, el cual incluyó 7400 sujetos, se reportó en una prueba de estímulo visual una media de 220 mseg en hombres y una media de 260 mseg en mujeres. [16,22]

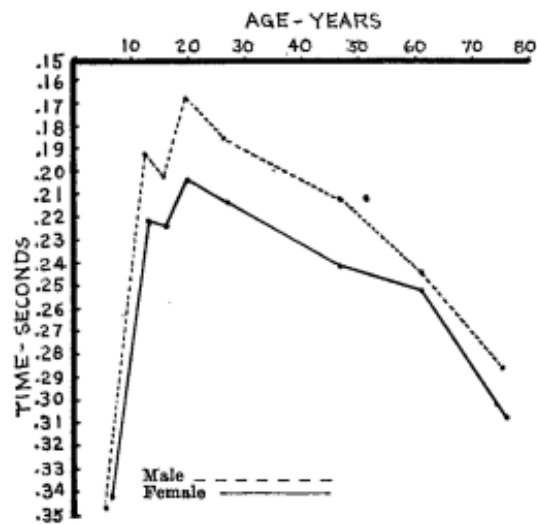


Fig. 21 Comparación entre hombres y mujeres en tiempos de reacción

Con la edad las células nerviosas del cerebro van disminuyendo, esto provoca que los impulsos nerviosos cerebrales se den más lentamente. Por lo que las decisiones cognitivas superiores serán cada vez más tardadas. Además la conducción nerviosa periférica disminuye por la degeneración de mielina axonal, causando una respuesta ineficaz. En conjunto esto provocará un incremento en los tiempos de reacción visual con el aumento de la edad.[23]

Las velocidades de reacción en atletas se ha visto que son mejores que en aquellas personas que no realizan actividad física alguna, esto sin importar la edad de los sujetos.

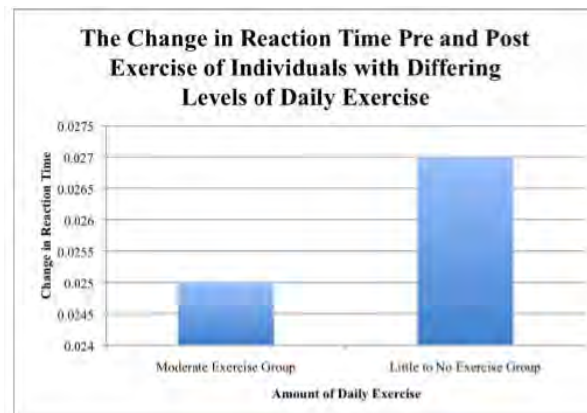


Fig. 22 Velocidades de reacción en sujetos con actividad física moderada y de sedentarios

3.9 Tiempo de reacción visual en el ciclismo

La velocidad de los movimientos y las reacciones rápidas son cualidades importantes en deportistas.[24] Cualidad que también tienen los ciclistas.

En el ciclismo, el tiempo de reacción visual es importante por la primera parte del proceso de la velocidad de reacción, que es la adecuada percepción del estímulo visual. Ya que el ciclista no solamente notará objetos como estímulos individuales, una roca grande, una puntiaguda o una enorme. Si no que se encontrará con la correcta dirección de la ruta, de izquierda a derecha, de arriba hacia abajo y viceversa. [4] Solamente se puede manejar rápidamente si se logra escanear la ruta. Cuando los ojos del ciclista solo están entrenados para observar los objetos que están cerca de la llanta, se tiene que disminuir la velocidad. Cuando los ojos del ciclista ven a lo lejos, se puede aumentar la velocidad. Esto porque para ir por la línea correcta y no golpear contra una piedra, el cerebro requiere mayor información para trabajar con ella, esto es la percepción correcta de la que se hablaba al principio. [4].

La capacidad cognitiva del camino es más difícil de alcanzar en las intersecciones, incrementando esto el riesgo de sufrir accidentes, debido a la disminución del campo visual que los ciclistas tienen a su alcance.[25]

3.10 Accidentes en el Downhill

Se ha estudiado que más de la mitad de los accidentes, hasta un 58% ocurren a la mitad del entrenamiento de Downhill y se encontró que se accidentaban más durante una competencia (20 por cada 1000h) comparado con las prácticas (13 por cada 1000h) Esto explicado por el comportamiento de tomar mayor riesgo, hablándose de mayor velocidad, durante la competencia. Hasta un 43% ocurren en las curvas, no importando las condiciones ambientales durante los accidentes.

Al interrogar a los ciclistas sobre la causa principal de sus accidentes, hasta un 72 % mencionó que fue debido a los errores al manejar la bicicleta, entre ellos la velocidad excesiva, la falta de atención, manejar por encima de las habilidades propias, juicios equivocados sobre la situación, maniobras de frenado incorrectas [9], y un 16% refirió no haber visto los obstáculos, siendo la tercera causa de lesión el pasar por obstáculos no planeados. El mecanismo de lesión más común es salir disparado por encima del manubrio. [2]

Los tipos de lesiones más comunes en Downhill son:

Tipo de lesión	N	%
Abrasión	316	64
Contusión	279	57
Esguince	72	15
Laceración	62	13
Lesión muscular	45	9
Fractura	32	7

Las partes del cuerpo mayormente lesionadas se encontraron que fueron las siguientes

Región anatómica	N	%
Pierna	134	27
Antebrazo	121	25
Rodilla	103	21
Codo	97	20
Mano	93	19
Hombro	86	17

Las causas de los accidentes que indicaron los ciclistas fueron

Causa	N	%
Errores de manejo	355	72
Condiciones de camino	155	31
Obstáculos	81	16
Fatiga	50	10
Clima	40	8
Mala elección material	38	8
Pobre visibilidad	18	4
Falla técnica	16	3

3.11 Tiempos de reacción y accidentes

Actualmente no existen protocolos sobre el número de accidentes en deportistas dependiendo de sus tiempos de reacción. Pero estudios en personas mayores, las cuales han incrementado sus tiempos de reacción, muestran un aumento en la cantidad de accidentes automovilísticos que presentan, comprobando así la importancia que tienen los tiempos de reacción en la tasa de accidentes.

Si se comparan jóvenes con ancianos, éstos tardan más tiempo en reaccionar y en resolver problemas de percepción. Y como se ve en la figura la frecuencia de accidentes automovilísticos fatales aumentan bruscamente después de los 60 años. Esto porque durante el envejecimiento, las regiones cerebrales importantes para esto empiezan a atrofiarse.[26]

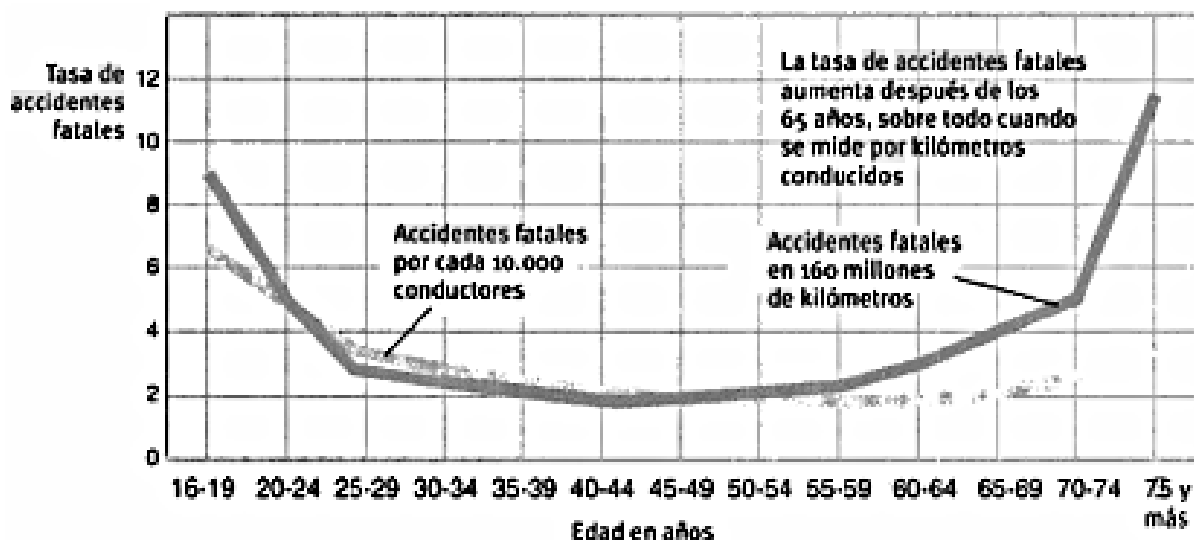


Fig. 23 Tasa de accidentes automovilísticos fatales dependiendo de la edad del conductor.

Así podríamos comparar este aumento del tiempo de reacción de los ciclistas, tanto en la etapa de percepción como en la respuesta motora adecuada. Al presentar fatiga producida por la potencia máxima requerida en el Downhill, con el aumento de tiempo de reacción que presentaron los adultos mayores, incrementando ambos su riesgo de sufrir accidentes al no realizar las maniobras adecuadas posteriores al estímulo visual percibido.

4 Planteamiento del Problema

Aunque no existen estudios donde se tome como un factor que provoque accidentes en deportistas el incremento de los tiempos de reacción causados por fatiga. Se ha visto relación entre el incremento del tiempo de reacción que sufren los adultos mayores, el consumo de alcohol o el cansancio por no dormir, y el aumento de accidentes automovilísticos de estos. Por lo que se pudiera encontrar asociación entre la fatiga que presentan los ciclistas de Downhill al realizar los descensos y el incremento de los tiempos de reacción como causa de accidentes en ellos.

El ciclismo Downhill ha incrementado su número de practicantes no solo a nivel mundial, si no que México ya es sede de importantes eventos internacionales.

Estudios sobre los accidentes en ciclistas de Downhill muestran un índice lesional alto. Además que varios de estos casos tuvieron múltiples lesiones, y de estas se reportaron lesiones graves que provocaban el cese de la actividad física por más de un mes.

Con este estudio no se pretende eliminar por completo los accidentes en los ciclistas de Downhill, pero el tener conocimiento sobre el mayor número de factores que propician los accidentes, nos permitiría contribuir con las soluciones potenciales y medidas preventivas para disminuir estos porcentajes. Así al mejorar su capacidad anaeróbica, disminuiría su índice de fatiga y sus tiempos de reacción se podrían mantener adecuados durante todo el descenso.

5 Pregunta de investigación

¿La fatiga global en ciclistas varones que practican Downhill aumenta el tiempo de reacción visual?

6 Hipótesis

El tiempo de reacción ante un estímulo visual aumenta cuando los ciclistas varones que practican Downhill llegan a la fatiga global.

7 Justificación

Según Haynes y Rees (2006) El tiempo de reacción, motivo de este estudio, se ve influenciado tanto por procesos perceptivos como los de la decisión consciente. Por lo que una buena percepción si no va acompañada de una respuesta adecuada no será útil, mientras que una respuesta óptima pero con una decisión cognitiva superior tardada será ineficaz. Welford (1968, 1980) descubrió que el tiempo de reacción se incrementa cuando el sujeto está fatigado. Y según Ando S. (2013) el por qué ocurre eso es por la hipoxia que sufre el cerebro ante el ejercicio de alta intensidad, tanto al limitar la producción motora central, como los efectos sobre la percepción visual periférica.

En la actualidad, se ha estudiado la influencia del tiempo de reacción en diferentes deportes. Pero no se cuentan con estudios que indiquen que al incrementarse estos tiempos de reacción aumente el porcentaje de accidentes. Sin embargo al hacer una comparación en los tiempos de reacción de adultos mayores y el porcentaje de accidentes automovilísticos, Stock, (1995) encontró que mientras mayor edad, más incrementados sus tiempos de reacción y mayor el porcentaje de los accidentes fatales. Acorde a Van Mechelen se requieren múltiples procesos para prevenir las lesiones en los deportes, primeramente información sobre la etiología y la extensión de las lesiones. Enseguida los factores de riesgo y las soluciones potenciales, seguidos de las medidas preventivas.

Es por esta razón que se realiza este estudio, para cumplir con la información sobre el factor de riesgo, que en este caso sería el incremento del tiempo de reacción debido a la fatiga. Y así contribuir con las soluciones potenciales y medidas preventivas, sugiriendo entrenamientos ya sea para mejorar su potencia máxima y así evitar que lleguen pronto a la fatiga, o mejorar sus velocidades de reacción. Logrando esto podríamos prevenir uno de los múltiples factores en los accidentes de los ciclistas.

8 Objetivo general

Determinar si la fatiga global incrementa el tiempo de reacción ante un estímulo visual en ciclistas varones que practican Downhill.

8.1 Objetivos específicos

Analizar la correlación entre la edad y el % de índice de fatiga en ciclistas varones que practican Downhill.

Investigar si la edad influye en los tiempos de reacción en ciclistas varones que practican Downhill.

9 Material y métodos

9.1 Diseño del estudio

Transversal, Descriptivo.

9.2 Infraestructura

Laboratorio de Ergometría de la Dirección de medicina del deporte, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX

9.3 Muestra

La población en estudio se compuso de un grupo de hombres de 18 a 38 años, que tienen 1 año como mínimo practicando ciclismo de montaña en la categoría de Downhill, con rangos de experiencia de master y elite. La muestra fue de 21 participantes, los cuales fueron elegidos por un muestreo no probabilístico, accidental, no aleatorizado, además de un muestreo en bola de nieve.

Todos los participantes tenían que ser sanos, sin factores de riesgo cardiovasculares o lesiones musculoesqueléticas que contraindicaran la realización de una prueba de potencia máxima. Para asegurar lo anterior previo a la realización del estudio se les realizó una valoración médica, llenando un cuestionario ParQ +[27], y un electrocardiograma en reposo. Se les dio a firmar un consentimiento informado, además de una explicación verbal y escrita de la prueba.

Los ciclistas tenían que tener por lo menos 8 horas de sueño previas a la prueba. [16] Podían o no haber desayunado, según como ellos estuvieran acostumbrados a hacerlo antes de cada entrenamiento.[16]

No debían de consumir previo a la prueba ningún tipo de producto que contuviera cafeína o bebidas alcohólicas. [16] Los evaluados deberían estar en condiciones de euhydratación. [7] Y no debían tener enfermedades del tracto respiratorio alto ni bajo. [16]

9.4.1 Criterios de inclusión

Hombres

18 a 38 años.

Que se encuentren practicando Downhill actualmente.

Más de un año de experiencia.

9.4.2 Criterios de exclusión

Mujeres

Menores de 18 años

Mayores de 38 años

Enfermedades cardiovasculares que impidan la realización de ejercicio intenso.

Lesiones musculoesqueléticas que impidan la realización de la prueba

Enfermedades infecciosas que cursen con fiebre.

9.4.3 Criterios de eliminación

ParQ + positivo

Electrocardiograma con alguna alteración que implique un riesgo cardiovascular.

Prueba de esfuerzo positiva.

Que no presenten Índices de fatiga entre 27% y 66%

Que no pasen sus niveles de lactato por encima de 4.1mMol/L

9.5, 9.6 Gráfica de variables

ANTES DE PRUEBA DE WINGATE	DURANTE PRUEBA DE WINGATE	DESPUÉS DE PRUEBA DE WINGATE
EDAD	REVOLUCIONES X MIN A LOS 5 SEG	COMPLETÓ LA PRUEBA
SEXO	REVOLUCIONES X MIN A LOS 30 SEG	SE REALIZO ADECUADAMENTE
LACTATO BASAL	WATTS A LOS 5 SEG	VELOCIDAD DE REACCIÓN 5 seg
FRECUENCIA CARDIACA BASAL	WATTS A LOS 30 SEG	LACTATO 1 MIN DESPUÉS
KILOPONDIOS REQUERIDOS	FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA	ÍNDICE DE FATIGA
ÍNDICE LESIONAL		
VELOCIDAD DE REACCIÓN		

9.7 Captura de datos

La captura de datos se llevó a cabo en una Computadora portátil ASUS, serie 15.6X551, Programas de Microsoft office 2010.

9.8 Peso del paciente

El peso del paciente se obtuvo con la Báscula digital **Digital Platform Scale**, Model LC 100, class III, Power DC9V Amps.0.017^a, Temp. Range -5 to +40 C. Berkel Inc. Made in Japan. Con una capacidad de .2kg a 150kg. Se pesó al evaluado con la ropa que usaría durante la prueba, sin tenis.

9.9 Electrocardiograma

La toma del electrocardiograma en reposo se llevó a cabo con Electrocardiógrafo Cardiofax V EGG-8240J/K con programa sincronizado de análisis ECAPS12. Análisis de 4 segundos. Se obtuvo un electrocardiograma convencional de 12 derivaciones.

9.10 Medición de lactato

Se tomaron dos muestras de sangre para determinación de lactato, una en reposo y una posterior a la prueba de Wingate. La toma de muestra de lactato en sangre se tomó con un lactatómetro Lactate Plus, que consiste en un biosensor de lactato oxidasa, con un rango de 0.3 a 25.0mmol/l. Para las muestras se requirió una cantidad de sangre total de 0.7 microlitros. El procedimiento de la toma de muestras consiste en:

- a) Se inserta una tira reactiva en el lactatómetro.
- b) Limpiar la zona de punción con alcohol, en este caso la parte inferior del lóbulo de la oreja, dejar secar el alcohol y puncionar con pluma, número 4.
- c) Tocar con la tira reactiva la gota de sangre, esperar a que se llene en un solo tiempo. El resultado se tendrá en 13 segundos.



Fig.24 Método de toma de lactato en lóbulo de la oreja, con lactatómetro Lactate Plus

9.11 Medición del tiempo de reacción

Cronoscopio de Tiempo de Reacción Manual, fabricado específicamente para este protocolo. El cual tiene un tiempo de medición mínimo de 2 mseg y un máximo de 2147483647mseg. Consta de un microcontrolador (ATMEL atmega 328p) en el formato arduino pro micro (computadora con capacidades mínimas).

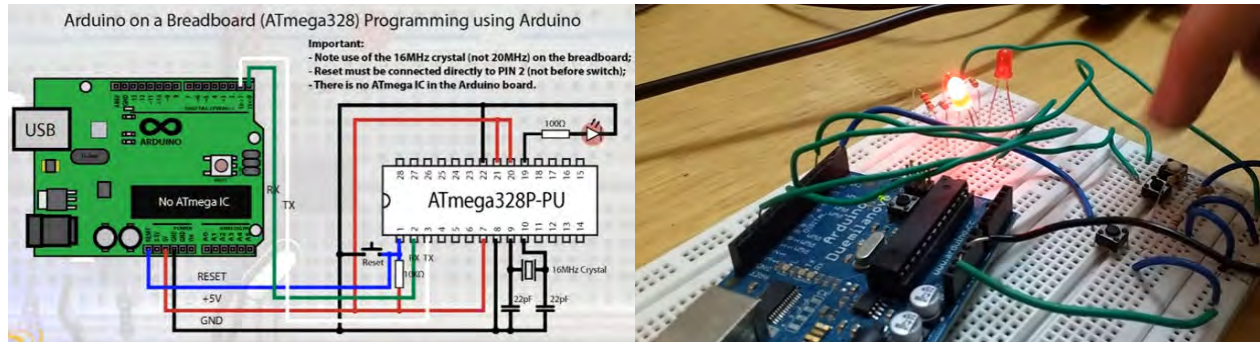


Fig. 25 Microcontrolador ATMEL atmega 328p, Arduino promicro.

Conectado al microcontrolador están los siguientes dispositivos:

Pantalla LCD en la cual se despliega cuando está listo el sistema y los datos obtenidos. Led de 3W de potencia, el cual será el estímulo visual.



Fig. 26 Pantalla LCD



Fig.27 Led de 3 W

2 switch de contacto temporal, de los cuales uno es para realizar la activación del cronómetro, y el otro switch que es para terminar el conteo, el cuál fue adaptado a un freno de bicicleta para simular el frenado ante el estímulo visual.

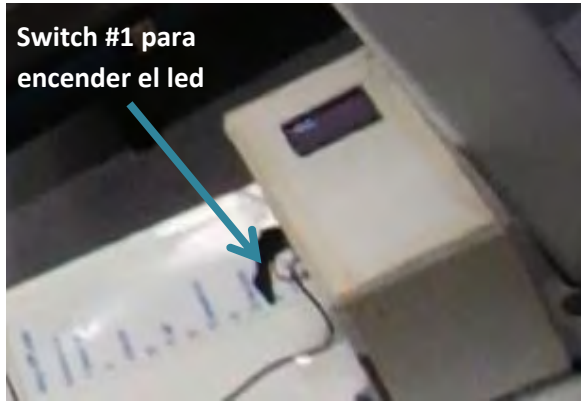


Fig.28 Switch #1 inicia el conteo



Fig.29 Switch #2 Termina el conteo

El funcionamiento del programa inició primeramente en un estado de espera, cuando ya estaba listo para recibir información se generaba en la pantalla un mensaje de activo, desde este momento puede ser presionado el primer switch.



Fig. 30 Cronoscopio listo para recibir información



Fig. 31 Se presiona el primer Switch para ver el estímulo

Una vez presionado el switch, el programa empezó un conteo en milisegundos y en ese mismo momento se encendió el LED, siendo el estímulo visual al que el evaluado tenía que responder.

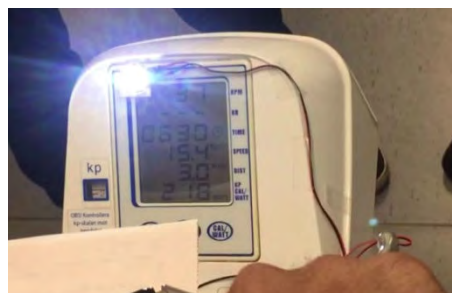


Fig. 32 Se enciende el led y empieza conteo

El programa estará contando y a la espera de que sea presionado el segundo switch, en cuanto se presionó el freno de mano, con la mano derecha, se apagaba el LED y mandaba la información del tiempo de reacción a la pantalla para ser desplegada en milisegundos.



Fig. 33 Se presiona el freno y se apaga el Led



Fig. 34 Tiempo en milisegundos

Se realizaron 5 pruebas de tiempo de reacción simple ante el estímulo luminoso, en reposo. Y una prueba más inmediatamente después de la prueba de Wingate, sin pedalear en el cicloergómetro.

9.12 Prueba de Wingate

Para estimar la capacidad anaeróbica, se utilizó un **cicloergómetro Monark Crescent AB. 818**. La medición de revoluciones por minuto van de 0-199, la velocidad puede ir de 0-99 km/h, la fuerza va de 0.0 – 7.0 kp. Los Watts van 0-7 x rpm. Todo esto se despliega en una pantalla que está frente al manubrio. El freno está constituido por un sistema mecánico que consta de un cinturón que rodea la circunferencia de la llanta. Ambos extremos del cinturón agarrados a un tambor que tiene un péndulo, el cual funciona como una escala de medición, midiendo la diferencia entre la fuerza de los dos extremos del cinturón. Está graduado en kilopondios, equivale a 16.35 watts. Cuenta con un sillín y manubrio ajustables, al manubrio se le adaptó un freno de bicicleta, el cual llevaba integrado el switch de velocidad de reacción. Además el pedal cuenta con correas para ajustarlo al pie.

Con la ayuda del cicloergómetro se les realizará una prueba de potencia máxima anaeróbica, prueba de Wingate, siendo el Gold estándar para estimar la capacidad anaeróbica.[7]

Antes de realizar la prueba de Wingate, primeramente se deberá asegurar el uso correcto del cicloergómetro.

1. Ajuste la altura del asiento:

- a) La rodilla debe estar casi en extensión completa cuando el pedal se encuentre en su posición más baja.
- b) Si el sujeto no puede extender completamente la pierna mientras pedalea durante la prueba, éste puede sufrir de fatiga prematura en las piernas.



Fig. 35 Altura adecuada[28]



Fig. 36 Sillín muy bajo[28]

2. Sujete los pies del sujeto con las correas de los pedales, acomode el manubrio de una forma cómoda. [29]

Ya en el cicloergómetro, según el cálculo que se hizo de kilopondios para el evaluado, $0.075kp \times kg$ de peso, se ajustó en la pantalla la cantidad que le corresponde.

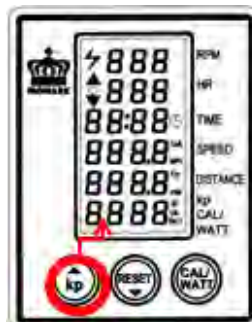


Fig. 37 Ajuste de Kilopondios

Se instruyó al sujeto a llevar una cadencia de 50 revoluciones por minuto, con una resistencia de 0.5 a 1.0 kp durante el calentamiento, después de los 5 minutos de calentamiento se le pidió alcanzar más de 110rpm, cuando el sujeto alcanzó las rpm, se ajustó rápidamente la resistencia de 0.075kp por kg de peso. En el momento que se llegó a los kilopondios que le corresponden al evaluado se iniciará el conteo de 30 segundos con el cronómetro y el sujeto será entonces animado a pedalear tan rápido como le fuera posible hasta la finalización de la prueba. [7]

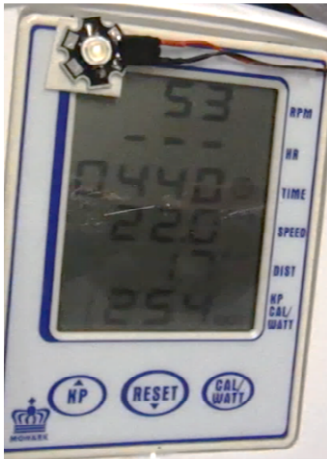


Fig.38 calentamiento a 50 rpm



Fig.39 Se sube arriba de 110rpm

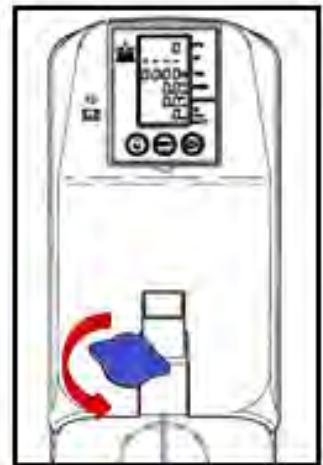


Fig. 40 Se aumenta la resistencia rápidamente

9.13 Cronometraje de la prueba

El tiempo que durará la prueba será medido con un **cronómetro profesional KK-5898**, mide horas, minutos y segundos 1/100sgs, con modo de vista 12/24 Hrs, Tiene una alarma que avisa que el tiempo se cumplió, display para fecha y split time. Se realizó el conteo desde que alcanzaron los kilopondios requeridos a más de 110 rpm, a partir de ahí se contaron 5 segundos de la prueba y el término del Wingate a los 30 segundos.

Fig.41 Cronómetro profesional

9.14 Grabación de la prueba

Se grabó la pantalla del cicloergómetro para tener los datos exactos con una cámara Fujifilm XP60 Finepix, a prueba de agua a 6m y a prueba de golpes desde 1.5m. Sensor CMOS de 16 Megapíxeles, Grabación de Video Full HD (1080p/60cps).



Fig. 38 Cámara Fujifilm XP60 Finepix

10. Procedimiento general

1. A los participantes seleccionados se les envió un correo electrónico con un cuestionario para riesgo cardiovascular, PARQ +. Los que presentaron riesgo bajo fueron citados para pruebas de Wingate.
2. Se pesó al paciente, con la ropa que realizaría la prueba y sin tenis. Este peso se utilizó para calcular los kilopondios que requeriría para realizar la prueba de Wingate con la fórmula $0.075kp \times Kg$ de peso.
3. Se tomó un electrocardiograma en reposo. Solo los que tuvieron electrocardiogramas normales continuaron con las pruebas.
4. Se tomó una muestra de sangre del lóbulo de la oreja para determinación de lactato, en reposo.
5. Se instruyó al evaluado sobre el uso del cronoscopio, se realizan 5 pruebas de tiempo de reacción, en reposo.
6. Se instruyó en cómo realizar la prueba de Wingate. Se ajustaron los kilopondios en el cicloergómetro. Realizaron calentamiento por 5 minutos con 1 kp de resistencia. Al terminar esos 5 minutos de calentamiento se pide que incremente las revoluciones por minuto, hasta 110rpm. En el momento que se alcanzan esas revoluciones por minuto se sube la carga, según los kilopondios que le corresponde al evaluado e inicia el conteo de los 30 segundos.
7. Se realizó la prueba de Wingate de 30 segundos con cicloergómetro.
8. Se realizó una prueba de reacción con fatiga en los primeros 5 segundos, inmediatamente después de la prueba de Wingate, ya sin pedalear.
9. Se tomó una muestra más de sangre, al minuto de haber terminado la prueba, del mismo sitio de punción en el lóbulo de la oreja, para determinación de lactato posterior a la fatiga.

11. Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó con el programa SPSS 16.0 para Windows.

Es una estadística descriptiva. Se obtuvo una distribución de la población normal mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Los dos descriptores que se utilizaron para resumir la muestra fueron la media y la desviación estándar.

Para la correlación de las variables dependientes con distribución normal se utilizó la prueba paramétrica p de Pearson.

12. Definición de variables

<u>VARIABLE</u>	<u>CONSEPTUAL</u>	<u>OPERACIONAL</u>	<u>TIPO</u>	<u>MEDIDA</u>
Fatiga global	Estado resultante de tensiones fisiológicas y psicológicas que provocan una disminución del rendimiento físico o mental	Es el Índice de fatiga alcanzado en la prueba de Wingate con valores entre 27% y 66%	Cuantitativa Continua	Porcentaje %
Índice de fatiga	Es el grado porcentual de caída de la potencia durante el test de Wingate	Es el porcentaje obtenido con la prueba de Wingate, mediante la fórmula: $\% \text{ de fatiga} = (\text{Potencia pico} - \text{Watts a los 30 seg}) / \text{Potencia pico}$	Cuantitativa Continua	Porcentaje %
Tiempo de reacción visual	Cantidad de tiempo transcurrido desde la aparición de un estímulo hasta la iniciación de la respuesta correspondiente	Tiempo que tarda la persona en presionar el freno de mano, inmediatamente después del estímulo luminoso.	Cuantitativa Continua	Milisegundos

13. Resultados

Se reclutaron un total de 21 ciclistas de sexo masculino de entre 18 y 38 años, de los cuales solo cumplieron con las características de inclusión, exclusión y eliminación 15 de ellos, Fig.39

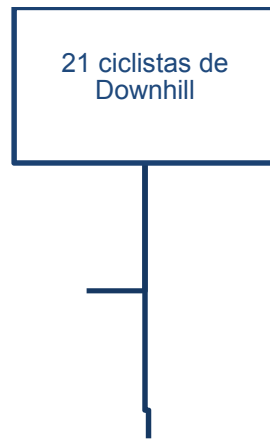


Fig. 39 Pacientes elegidos para el estudio

En el cuadro número 1 se muestra el análisis descriptivo general de la población.

Cuadro 1 Análisis descriptivo general

Variable	n= 15 Hombres			
	Media	Desviación Estándar	Mínima	Máxima
Edad	29.8000	6.41650	21.00	38.00
Tiempo de reacción reposo	203.27	24.94985	144.00	244.00
Tiempo de reacción fatiga	283.47	81.19453	200.00	454.00
% Índice de fatiga	35.9460	6.20334	27.00	51.01

Se realizó la prueba de normalidad mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, obteniéndose una distribución normal de la muestra, la cual se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2 Prueba de Normalidad.

Variable	n= 15 Hombres			
	Media	Desviación Estándar	Kolmogorov Smirnov Z	Significancia
Edad	29.8000	6.41650	.740	.643
Tiempo de reacción reposo	2.0327	2.4949	.594	.872
Tiempo de reacción fatiga	2.8347	8.1194	.846	.472
% Índice de fatiga	35.9460	6.20334	.716	.684

a. Prueba de distribución Normal (≥ 0.05)

Al obtener una distribución normal se utilizó para la correlación de las muestras la prueba paramétrica P de Pearson.

VARIABLES	%Índice Fatiga	Tiempo Reacción final
% IF Correlación	1	-.129
Significancia		.323
Número	15	15
TRf Correlación	-.129	1
Significancia	.323	
Número	15	15

Cuadro 3 %Índice de fatiga-Tiempo de reacción final.

Con la prueba P de Pearson se determinó la correlación que existe entre las variables a estudiar, el tiempo de reacción al terminar la prueba de Wingate y el % del Índice de fatiga. Encontrándose que no existe correlación entre estas dos variables. Que se muestra en el cuadro 3.

Se realizó además la correlación, con la P de Pearson, que existe entre la edad y el % de Índice de fatiga, encontrándose que tampoco existe correlación. Cuadro 4.

Cuadro 4 Correlación de variables, Edad y % de Índice de fatiga.

VARIABLES	Edad	%Indice Fatiga
Edad Correlación	1	.155
Significancia		.290
Número	15	15
IF Correlación	.155	1
Significancia	.290	
Número	15	15

Para la correlación entre la edad y el tiempo de reacción al final del test, no se encontró correlación. Cuadro 5.

Cuadro 5 Correlación de variables, Edad y Tiempo de reacción al final del test.

VARIABLES	Edad	TRf
Edad Correlación	1	-.071
Significancia		.401
Número	15	15
TRf Correlación	-.071	1
Significancia	.401	
Número	15	15

14. Discusión

Los tiempos de reacción son una faceta muy importante en el entrenamiento y rendimiento de distintos deportes, siendo fundamental en pruebas deportivas de velocidad; así en distintos estudios se ha encontrado un promedio de tiempos de reacción visual en atletas de 136.14 ± 16.36 mseg. [30]

Son varios los factores que influyen en estos tiempos de reacción, como su mejora con la ingesta de cafeína en deportes de combate (cafeína $0.37\text{seg} \pm 0.07$, placebo $0.42\text{seg} \pm 0.05$)[21]. Sin embargo algunos de estos factores intervienen de forma negativa. Se ha observado que el ejercicio intenso tiene efectos decrementales en la percepción visual periférica. (A 40W 210mseg, a 240W 230 240mseg)[20].

Así, en este estudio se encontró una media de tiempo de reacción visual al inicio de 203mseg. y de 283mseg. al término del test de Wingate, pero a pesar de estos cambios se encontró que no existe correlación entre el % de Índice de fatiga y el tiempo de reacción visual.

En un estudio original en el que describen los tiempos de reacción por grupo de edad, jóvenes (18 a 44 años), maduros (45 a 64 años) y adultos mayores (65 a 93 años) se encontró que entre el grupo de jóvenes y adultos mayores se incrementaron los tiempos de reacción de 135.0 a 143.5 mseg.[31] En este estudio no se encontró correlación entre la edad y velocidad de reacción visual.

En un estudio realizado en jóvenes de 33 años comparado con adultos mayores de 75 años, demostró que existe mayor % Índice de fatiga en adultos mayores. [54] En este estudio tampoco se encontró correlación entre la edad y el % del índice de fatiga.

Debido a que el test de Wingate fue diseñado para hombres[6];y los tiempos de reacción son mayores en mujeres [22]. Solo se llevó a cabo el estudio en varones para realizar una correlación adecuada de las variables.

Las limitantes del estudio son su muestra pequeña y el uso de varones únicamente.

15. Conclusión

Se sabe que el incremento de los tiempos de reacción por aumento en la edad, es debido tanto a la pérdida de células cerebrales, como la pérdida de mielina de los nervios periféricos[23].

En este estudio la correlación que existe entre el tiempo de reacción - %índice de fatiga ($r=.129$), así como entre el %Índice de Fatiga- la edad de los ciclistas ($r= .155$) y entre las variables de edad-tiempos de reacción visual ($r= .071$), no fue significativa.

Por lo que la hipótesis primaria de este estudio que es "El tiempo de reacción ante un estímulo visual se incrementa cuando los ciclistas varones que practican Downhill llegan a la fatiga global", no se puede confirmar.

Al existir antecedentes en la literatura, que hay cambios de los tiempos de reacción debido a distintas variables aplicadas y ya que en este estudio la muestra fue tan pequeña y solo se valoraron hombres, no podemos concluir que no exista correlación alguna entre el tiempo de reacción y las variables estudiadas.

Para determinar si realmente influye o no la fatiga global en los tiempos de reacción visual en los ciclistas, se tendrían que realizar nuevos estudios con un mayor número de población y que esta fuera más homogénea, respecto a años practicando, horas al día y días a la semana.

ANEXOS

CONSIDERACIONES ÉTICAS

PAR-Q+

EL CUESTIONARIO DE PREPARACIÓN PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA PARA TODOS

La actividad física regular es divertida y saludable, y más personas deben ser más activas físicamente todos los días de la semana. Ser más activo físicamente es muy seguro para la mayoría de las personas. Este cuestionario le dirá si es necesario que usted busque más consejos de su médico O un profesional calificado de ejercicio antes de ser más activo físicamente.

SECCIÓN 1	- SALUD GENERAL		
	Por favor lea las siguientes 7 preguntas y conteste honestamente cada una con sí o no	SI	NO
1	¿Alguna vez le han diagnosticado alguna enfermedad cardíaca o hipertensión?		
2	¿Siente dolor en el pecho, o palpitaciones al realizar actividad física o sus actividades diarias?		
3	¿Ha perdido la conciencia o pierde el equilibrio por mareo en los últimos 12 meses?		
4	¿Lo han diagnosticado con alguna otra enfermedad crónica?		
5	¿Está tomando actualmente medicamentos para enfermedades crónicas?		
6	¿Presenta algún problema óseo o muscular que le impida realizar actividad física?		
7	¿Alguna vez su médico le ha prohibido realizar actividad física?		



Si contestaste **NO** a las preguntas de arriba, haz terminado el cuestionario, haremos tu electrocardiograma el día de la prueba.



Si contestaste **SI** a cualquiera de las preguntas de arriba, por favor pasa a la sección 2.

SECCIÓN 2	- ENFERMEDADES CRÓNICAS		
	Por favor lea las siguientes preguntas y conteste honestamente cada una con sí o no	SI	NO
1	¿Tiene problemas de Artritis, osteoporosis o problemas en la espalda?		
2	¿Tiene algún tipo de Cáncer?		
3	¿Tiene algún problema cardiovascular o enfermedad cardíaca? Este incluye Enfermedad coronaria, Hipertensión arterial, Falla cardíaca, arritmias cardíacas		
4	¿Tiene alguna condición metabólica? Diabetes tipo 1, Diabetes tipo 2, Prediabetes		
5	¿Tiene alguna enfermedad mental o problemas de entendimiento?		
6	¿Tiene algún problema pulmonar? Asma, EPOC, Hipertensión pulmonar		
7	¿Alguna vez ha presentado algún infarto cerebral?		
8	¿Tienes alguna otra enfermedad crónica que no haya nombrado?		



Si contestaste **NO** a las preguntas de arriba, haz terminado el cuestionario, haremos tu electrocardiograma el día de la prueba.



Si contestaste **SI** a cualquiera de las preguntas de arriba, se te dará cita para una consulta médica.

SECCIÓN 3	- DECLARACIÓN		
-----------	---------------	--	--

Yo, el abajo firmante, he leído, entendido a mi entera satisfacción y completado este cuestionario. Reconozco que este permiso de actividad física es válido por un máximo de 12 meses a partir de la fecha en que se completa y se convierte en inválido si mi condición cambia.

NOMBRE

EDAD

FECHA

FIRMA

TESTIGO

Traducido del texto original

For more information, please contact:
Canadian Society for Exercise Physiology
www.csep.ca

KEY REFERENCES

1. Jamnik VJ, Warburton DER, Makarski J, McKenzie DC, Shephard RJ, Stone J, and Gledhill N. Enhancing the effectiveness of clearance for physical activity participation; background and overall process. APNM 36(S1):S3-S13, 2011.
2. Warburton DER, Gledhill N, Jamnik VK, Bredin SSD, McKenzie DC, Stone J, Charlesworth S, and Shephard RJ. Evidence-based risk assessment and recommendations for physical activity clearance; Consensus Document. APNM 36(S1):S266-s298, 2011.

The PAR-Q+ was created using the evidence-based AGREE process (1) by the PAR-Q+ Collaboration chaired by Dr. Darren E. R. Warburton with Dr. Norman Gledhill, Dr. Veronica Jamnik, and Dr. Donald C. McKenzie (2). Production of this document has been made possible through financial contributions from the Public Health Agency of Canada and the BC Ministry of Health Services. The views expressed herein do not necessarily represent the views of the Public Health Agency of Canada or BC Ministry of Health Services.



COPYRIGHT © 2012 4 / 4
CSEP approved Sept 12 2011 version

CONSENTIMIENTO INFORMADO TEST DE WINGATE

Nombre del paciente:

Nombre del médico que le informa:

Fecha:

En qué consiste

Es una prueba con fines diagnósticos o pronósticos, evalúa el rendimiento anaeróbico o como un esfuerzo estandarizado que puede analizar respuestas a ejercicios supramaximales.

Sirve, además, para valorar la capacidad global de su organismo ante dicho esfuerzo y poder medir el índice de fatiga que presenta. Se realiza en una bicicleta ergométrica MONARK requiere pedaleo con miembros inferiores durante 30", a la máxima velocidad y contra una fuerza constante.

Durante toda la exploración se controlan la frecuencia del pulso y el electrocardiograma, para analizar sus variaciones. La prueba se detendrá si aparecieran síntomas o signos alarmantes.

Riesgos típicos

Pueden existir síntomas (cansancio muscular, mareo, náusea, dolor en las piernas, angina de pecho) o signos (hipertensión arterial), que se aliviarán o desaparecerán al cesar la actividad física. En ciertos casos de enfermedad coronaria importante, pudieran presentarse trastornos del ritmo cardíaco graves, síncope y, muy ocasionalmente, infarto de miocardio o insuficiencia cardíaca; el riesgo de muerte es excepcional (1 por 10.000).

Antes de firmar este formulario, no dude en pedir cualquier aclaración adicional que desee.

Declaro que he sido informado por el médico de los riesgos del procedimiento, alternativas. Estoy satisfecho/a con la información recibida, he podido formular toda clase de preguntas que he creído conveniente y me han aclarado todas las dudas planteadas. En consecuencia, doy mi consentimiento para la realización del procedimiento.

Firma del paciente

Firma del médico

BIBLIOGRAFÍA

1. Burr JF, Drury CT, Ivey AC, Warburton DER. Physiological demands of downhill mountain biking. *J. Sports Sci.* [Internet]. 2012 [cited 2016 Aug 13];30:1777–85. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2012.718091>
2. Becker J, Runer A, Neunhäuserer D, Frick N, Resch H, Moroder P. A prospective study of downhill mountain biking injuries. *Br. J. Sports Med.* [Internet]. 2013 [cited 2016 Aug 13];47:458–62. Available from: <http://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2012-091755>
3. Lea Davison. 2016 USAC Rulebook. MTB Olympic long team training in Europe; 2016.
4. Brian Lopes LM. Masering mountain bike skills. 2nd ed. Human Kinetics; 2010.
5. JOHN C. HIGGINBOTHAM, PhD, MPH, COMMITTEE CO-CHAIR MARK RICHARDSON, PhD, COMMITTEE CO-CHAIR GARY HODGES, PhD STUART USDAN, PhD JONATHAN WINGO, PhD. HOW ARE COMPETITIVE MOUNTAIN BIKERS TRAINING: AN ASSESSMENT OF FREQUENCIES, MODALITIES [A DISSERTATION]. [TUSCALOOSA, ALABAMA]: Department of Kinesiology, The university of Alabama; 2012.
6. Anthony C. Hackney, Ph.D. A SIMPLIFIED VERSION OF THE WINGATE ANAEROBIC POWER TEST. *Nav. Health Res. Cent.* 1988;
7. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity. *Sports Med.* [Internet]. 1987 [cited 2016 Sep 13];4:381–394. Available from: <http://link.springer.com/article/10.2165/00007256-198704060-00001>
8. Shen J, Barbera J, Shapiro CM. Distinguishing sleepiness and fatigue: focus on definition and measurement. *Sleep Med. Rev.* [Internet]. 2006 [cited 2017 Mar 13];10:63–76. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1087079205000444>
9. Millet GY, Millet GP, Lattier G, Maffiuletti NA, Candau R. Alteration of neuromuscular function after a prolonged road cycling race. *Int. J. Sports Med.* [Internet]. 2003 [cited 2017 Mar 13];24:190–194. Available from: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-2003-39088>
10. Astrand-Rodahl. *Fisiología del Trabajo físico*. 3a. edición. Medica Panamericana; 1997.
11. Coppin E, Heath EM, Bressel E, Wagner DR. Wingate anaerobic test reference values for male power athletes. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2012 [cited 2016 Oct 7];7:232–6. Available from: http://facstaff.bloomu.edu/jandreac/class_notes/575/Labs/Wingate%20paper.pdf

12. Portero P, Gomez-Merino D. Fatiga y motricidad. EMC - Kinesiterapia - Med. Física [Internet]. 2013 [cited 2016 Oct 7];34:1–13. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1293296512639747>
13. Conde González J. Tesis La interacción de la carga de trabajo física y mental en la percepción de la fatiga física durante y después de un ejercicio físico hasta el agotamiento. Editorial de la Universidad de Granada; 2011.
14. C. Sánchez Arjona, Y. Ruiz Martínez, M. C. Martín Fernández. Influencia del lugar de extracción en la determinación de los niveles de lactato durante una prueba de esfuerzo incremental. R E V T N U Z E Med. Deporte. 2008;57–60.
15. Ashnagar Z, Shadmehr A, Jalaei S. The effects of acute bout of cycling on auditory & visual reaction times. J. Bodyw. Mov. Ther. [Internet]. 2015 [cited 2016 Aug 13];19:268–72. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1360859214000758>
16. Kosinski RJ. A literature review on reaction time. Clemson Univ. [Internet]. 2008 [cited 2016 Aug 13];10. Available from: <http://archive.li/jw9W>
17. J.E. HALL. GUYTON & HALL: TRATADO DE FISIOLOGIA MEDICA (12ª ED.). 12th ed. S.A. ELSEVIER ESPAÑA; 2011.
18. Robles Pérez JJ, others. El tiempo de reacción específico visual en deportes de combate. 2014 [cited 2017 Mar 26]; Available from: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/661009>
19. M. Fernandez-del-Olmo. Isometric knee extensor fatigue following a Wingate test: peripheral and central mechanisms. Scand J Med Sci Sports. 2011;
20. Ando S. Peripheral visual perception during exercise: why we cannot see. Exerc. Sport Sci. Rev. [Internet]. 2013 [cited 2017 Mar 25];41:87–92. Available from: http://journals.lww.com/acsm-essr/Fulltext/2013/04000/Peripheral_Visual_Perception_During_Exercise___Why.4.aspx?trendmd-shared=%25SPONSORED%25
21. Santos V, Santos V, Felipe L, Almeida Jr. J, Bertuzzi R, Kiss M, et al. Caffeine Reduces Reaction Time and Improves Performance in Simulated-Contest of Taekwondo. Nutrients [Internet]. 2014 [cited 2017 Mar 27];6:637–49. Available from: <http://www.mdpi.com/2072-6643/6/2/637/>
22. Hodgkins J. Reaction time and speed of movement in males and females of various ages. Res. Q. Am. Assoc. Health Phys. Educ. Recreat. [Internet]. 1963 [cited 2016 Aug 13];34:335–343. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10671188.1963.10613242>
23. KARI LAHTELA, PEKKA NIEMI' and VESA KUUSELA'. Adult visual choice-reaction time, age, sex and preparedness. Scand. J. Psychol. 1985;357–62.

24. Gavkare AM, Surdi AD, Nanaware NL. Auditory Reaction Time, Visual Reaction Time and Whole Body Reaction Time in Athletes. 2013 [cited 2016 Aug 13]; Available from: <http://imsear.li.mahidol.ac.th/handle/123456789/157515>
25. Gregory Vandenbulcke-Plasschaert. Spatial analysis of bicycle use and accident risks for cyclists. Facultad de ciencias de la escuela de doctorado en ciencias;
26. David G. Myers. Psicología. Séptima edición. Holland, Michigan: Panamericana; 2015.
27. Living A. Personal Fitness Training Registration Form. [cited 2016 Sep 13]; Available from: <http://www.ucalgary.ca/activeliving/files/activeliving/uofc-personal-training-registration-2016.pdf>
28. Gómez-Puertoa JR, Da Silva-Grigolettoa ME, Viana-Montanera BH, Vaamondeb D, Alvero-Cruz JR. Medicina del Deporte. 2008 [cited 2017 Mar 26]; Available from: https://www.researchgate.net/profile/Marzo_DA_SILVA-GRIGOLETTO/publication/43602240_La_importancia_de_los_ajustes_de_la_bicicleta_en_la_prevenccion_de_las_lesiones_en_el_ciclismo_aplicaciones_practicas/links/0deec52fe5d6eb27d5000000.pdf
29. Edgar Lopategui. Uso y operación del cicloergómetro (Monark-Crescent AB). Fisiol. Ejerc. Universidad Interamericana de Puerto Rico;
30. Tejero JP, Soto-Rey J, Rojo-González JJ. Estudio del tiempo de reacción ante estímulos sonoros y visuales. *Eur. J. Hum. Mov.* 2011;149–162.
31. Robert Gottsdanker, PhD. Age and Simple Reaction Time. *J. Gerontol.* 1982;37:342–8.
32. Joel Chidley, Alexandra L. MacGregor, Caoimhe Martin, Calum Arthur, Jamie H. Macdonald. Characteristics explaining performance in downhill mountain biking. *Int J Sports Physiol Perform* 2014.
33. Drew G, Grocke C, Cahalan P. Direction, Interpretation and Management. Published Online First: 2003.http://recreationsa.org/wp-content/uploads/2013/08/Trail-Signs-Draft-Guideline-addendum_v2-.pdf
34. Suárez VJC, Trigo RM. Fatiga del sistema nervioso mediante umbrales Flicker Fusion después de una prueba de ultrarresistencia por relevos de 200 km.(Fatigue of the nervous system through Flicker Fusion thresholds after a 200 km ultra-endurance relay event). *CCD Cult 文化-科技-体育 Doi 1012800ccd* 2010;5:33–38 .<http://ccd.ucam.edu/index.php/revista/article/view/64> (accessed 30 May 2017).

35. Hunter AM, Gibson ASC, Lambert MI, *et al.* Effects of supramaximal exercise on the electromyographic signal. *Br J Sports Med* 2003;**37**:296–299.
<http://bjsm.bmj.com/content/37/4/296.abstract>.
36. Gómez-Campos R, Cossio-Bolaños MA, Brousett Minaya M, Hochmuller-Fogaca RT. Mecanismos implicados en la fatiga aguda. 2010; Available from:
<https://repositorio.uam.es/handle/10486/5367>
37. Naharudin MN, Yusof A. Fatigue Index and Fatigue Rate during an Anaerobic Performance under Hypohydrations. Lucia A, editor. PLoS ONE [Internet]. 2013 8:e77290. Available from: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0077290>
38. Abbiss CR, Laursen PB. Models to Explain Fatigue during Prolonged Endurance Cycling: Sports Med. [Internet]. 2005 35:865–98.
Available from: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200535100-00004>
39. Shen J, Barbera J, Shapiro CM. Distinguishing sleepiness and fatigue: focus on definition and measurement. *Sleep Med. Rev.* [Internet]. 2006 .10:63–76.
40. Clemente-Suárez VJ, Martínez A, Muñoz VE, González-Ravé JM. Fatiga del sistema nervioso después de una prueba incremental de consumo máximo de oxígeno. *Arch Med Deporte* [Internet]. 2010 174–180.
41. Goodwin ML, Harris JE, Hernández A, Gladden LB. Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. *J. Diabetes Sci. Technol.* [Internet] 2007 1:558–569. Available from
42. Ozturk M, Ozer K, Gokce E. Evaluation of blood lactate in young men after wingate anaerobic power test. *East. J. Med.* [Internet]. 1998 [cited 2017 May 31];3:13–16.
43. Ángeles-Velázquez JL, García-González A del C, Díaz-Greene EJ, Rodríguez-Weber FL. Índices estáticos y dinámicos de la hiperlactatemia. *Med. Interna México* [Internet]. 2016;32:225–231.

44. Álvarez Romero JA, others. Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio [Internet]. Universidad Nacional de Colombia.
45. Gratas-Delamarche A, Le Cam R, Delamarche P, Monnier M, Koubi H. Lactate and catecholamine responses in male and female sprinters during a Wingate test. *Eur. J. Appl. Physiol.* [Internet]. 1994 [cited 2017 May 31];68:362–366. Available from: <http://www.springerlink.com/index/VT2V76103G1N6553.pdf>
46. Kronisch RL, Pfeiffer RP. Mountain Biking Injuries: An Update. *Sports Med.*2002 [cited 2016 Aug 13];32:523–37. Available from: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200232080-00004>
47. Fick D. Mountain Biking Injuries: Downhill vs Cross-Country. *Phys. Sportsmed.* [Internet]. 1997 25:18p–18p. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00913847.1997.11440178>
48. Giuliano G, Aranda L. Cuadernos de Taller Museo Dr. Horacio G. Piñero Fac. de Psicología–UBA. http://www.psi.uba.ar/extension/museo/cuadernos_taller/descargas/cuaderno_04.pdf
49. Bullier J. Integrated model of visual processing. *Brain Res Rev* 2001;**36**:96–107. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165017301000856>
50. Alberich J, Fontanills DG, Franquesa AF. Percepción visual. [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Disseny_grafic/Diseno_grafico/Diseno_grafico_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Disseny_grafic/Diseno_grafico/Diseno_grafico_(Modulo_1).pdf)
51. Bonnet, Claude. Psicofísica de los tiempos de reacción: teorías y métodos. *Rev Latinoam Psicol* 1994;**26**:431–44.
52. Goodale MA, Humphrey GK. The objects of action and perception. *Cognition* 1998;**67**:181–207. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010027798000171>
53. Nancy Kanwisher. Visual attention: Insights from brain imaging. *Nat Rev Neurosci*;1:91–100.

54. Kent-Braun, J.A., Ng, A.V., Doyle, J.W. and Towse, T.F. (2002). Human skeletal muscle responses vary with age and gender during fatigue due to incremental isometric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1813-1823.