

### X REUNIÓN DEL GRUPO "AVILÉS"

07



### MECANISMOS DE FATIGA EN EL TIRO CON ARCO

07



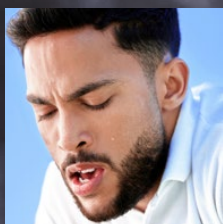
### INGESTA DE MENTOL Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SENSACIÓN TÉRMICA

08



### VITAMINA C Y SU INFLUENCIA EN EL FACTOR DE CRECIMIENTO INDUCIDO POR LA HIPOXIA

07





---

## Dejando Huella

---

Porque desde 1978 estamos poniendo nuestro empeño en afianzar el deporte en Avilés a todos los niveles, dando sus frutos tanto en el entorno social local como en el contexto nacional, contribuyendo a la salud de nuestros ciudadanos/as y promocionando la imagen de nuestra ciudad por todo el territorio español.

# SUMARIO

# 01



	Editorial.	▶	02	06
	Mecanismos de fatiga en el tiro con arco.	▶	07	18
Ingesta de mentol y su relación con el rendimiento deportivo y la sensación térmica.	▶	19	26	
Vitamina C y su influencia en el factor de crecimiento inducido por la hipoxia.	▶	27	37	
	Bibliografía.	▶	38	44

Edita: CONSEJERÍA DE CULTURA, POLÍTICA LINGÜÍSTICA Y TURISMO.  
DIRECCIÓN GENERAL DE DEPORTE.  
Coordina: NICOLÁS TERRADOS CEPEDA.  
UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA DEPORTIVA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS.  
Depósito Legal: AS-3692-2002  
Diseño y maquetación: SIGNUM COMUNICACIÓN Y DISEÑO.  
Filmación: TIPO PRODUCCIÓN GRÁFICA.  
Imprime: TIPO PRODUCCIÓN GRÁFICA.



\* La revista Deporte, Salud y Entrenamiento no se responsabiliza de las opiniones aquí vertidas por los diferentes autores de los artículos.





## Conclusiones de las XI Jornadas de Trabajo del Grupo “Avilés” de Medicina del Deporte, 2022

La organización corrió a cargo del **Departamento de Deporte y Salud de la Comisión Española para la Lucha Antidopaje en el Deporte (CELAD)** y de la **Secretaría General de l'Esport i l'Activitat Física (SGEAF)** a través del CAR de Sant Cugat y del Consell Català de l'Esport.

Las Jornadas tuvieron lugar en el Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat y en el Museo Colet de Barcelona.

El acto de presentación fue presidido por el **Dr. Jose Luis Terreros Blanco**, Director de la AEPSAD junto a **D. Ramón Terrassa**, Director del CAR de Sant Cugat.

### Ponencias



#### De la tecnificación al alto rendimiento



#### MESA REDONDA.

##### ► Organización de los Centros de Tecnificación en Catalunya.

D. Carles Giralt. *Jefe de la Unidad de Alto Rendimiento y Deporte Federado. CCE.*

##### ► Organización del CAR de Sant Cugat y Servicios al Deportista de Alto Nivel.

D. Xavier Balius. *Jefe de la Unidad de Ciencias, Medicina y Tecnología. CAR Sant Cugat.*

Dra. Susana Reguela. *Organización del CAR de Sant Cugat y Servicios al Deportista de Alto Nivel. Jefa de la Unidad de Formación. CAR Sant Cugat.*

##### ► Modelos internacionales de Alto Rendimiento. La Red Mundial de Centros (ASPC) – De Tokyo a París.

D. Josep Escoda. *Jefe de la Unidad de Relaciones Internacionales y Nuevos Desarrollos. Secretario General ASPC. CAR Sant Cugat.*

#### PROTOCOLO MÉDICO CAR SANT CUGAT.

Dra. Montse Bellver. *Jefe de los servicios médicos del CAR-Consorci Sanitari de Terrassa.*



► **Muerte súbita en el Deporte.**

Dr Josep Brugada. Catedrático de Cardiología. *Hospital Clínic, Universitat de Barcelona.*

► **Deporte y Salud Pública.**

Dr. Antoni Trilla. *Consultor Sénior del Servicio de Medicina Preventiva y Epidemiología del Hospital Clínic de Barcelona. Catedrático de Salud Pública y Decano de la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Barcelona.*

► **Nuevas perspectivas en Salud Mental: la indicación de ejercicio físico.**

Dr. Tulio Callorda. Médico psiquiatra. *Coordinador CSM y HdD de Terrassa. Consorci Sanitari de Terrassa.*

► **Diversidad sexual y de género: conceptualización.**

D<sup>a</sup> Blanca Nualart. *Responsable en materia de género i programes deportivos transversales. Consell Català de l'Esport del departament de Presidència Generalitat de Catalunya.*

D<sup>a</sup> Lluïsa Jimenez Gusi. *Responsable de la Àrea para la Igualdad de trato y no-discriminación de personas LGBTI, direcció general de polítiques LGBTI+, del departament d'Igualtat i Feminismes, Generalitat de Catalunya.*

► **Estado actual de la especialidad.**

Dr. Pedro Manonelles. *Miembro de la Junta de Gobierno de SEMED. Director de la Escuela de Formación de la Sociedad Española de Medicina del Deporte.*

► **Juegos Olímpicos Barcelona 92. Organización médica.**

Dr. Josep Farres. *Director Adjunto Asistencia Sanitaria COOB 92.*

Dr. Ramón Olivé. *Jefe de Medicina del Deporte. Consorci Sanitari de Terrassa.*



# 04

## Asistentes



Participaron los directores médicos de los centros de Medicina del Deporte autonómicos, de los Centros de Alto Rendimiento y de Tecnificación y de Ayuntamientos.

### COMUNIDADES AUTÓNOMAS:

- ▶ **Andalucía.** *Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Carmen Vaz Pardal*

---

- ▶ **Asturias.** *Ud. Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Nicolás Terrados Cepeda*

---

- ▶ **Cantabria.** *Centro Regional de Medicina Deportiva de Cantabria. Leonor Berlanga Navarro*

---

- ▶ **Cataluña.** *Consell Català de l'Esport. Daniel Brotons Cuixart*

---

- ▶ **Galicia.** *Centro Galego de Tecnificación Deportiva (CGTD). Santiago Perote Suarez-Rivero*

---

- ▶ **Madrid.** *Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid. Jesús López Peral*

### CENTROS DE ALTO RENDIMIENTO Y DE TECNIFICACIÓN:

- ▶ **CAR de Sant Cugat del Vallés (Barcelona).** *Montse Bellver Vives*

---

- ▶ **CTD de Alicante.** *Julián Álvarez García*

### AYUNTAMIENTOS:

- ▶ **Alcobendas.** *Pablo Gasque Celma*

---

- ▶ **Mahón (Consell Insular de Menorca).** *Fernando Salom Portella*

---

- ▶ **Rivas (Madrid).** *Juan Carlos Tébar Rodrigo*

### CELAD:

- ▶ **Jose Luis Terreros Blanco.** *Director CELAD*

---

- ▶ **Enrique Lizalde Gil.** *Jefe del Departamento de Deporte y Salud CELAD*

---

- ▶ **Fernando Gutierrez Ortega.** *Dir. Centro Medicina del Deporte. Dpto. Deporte y Salud CELAD*

---

- ▶ **Carmen Arnaudas Roy.** *Coordinadora Grupo Avilés. Departamento Deporte y Salud CELAD*





Como resultado de las jornadas se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- ▶ **1. Se insiste en la importancia de los reconocimientos médicos previos a la práctica deportiva para la prevención de la Muerte Súbita.** Una exploración médico-deportiva que incluya anamnesis, exploración física y ECG, es esencial como punto de partida. La realización de pruebas más específicas como ecocardiograma o prueba de esfuerzo, estarían indicadas como complementarias para los deportistas a partir de los 14 ó 15 años o en el caso de sospecha de patología cardíaca.
- ▶ **2. El ejercicio de resistencia “extremo” continuado durante muchos años puede provocar alteraciones en la estructura y función cardíaca y crear un sustrato para padecer arritmias.** Por este motivo, y especialmente en las personas que practican este tipo de deportes, es importante y necesaria la realización de valoraciones cardíacas periódicas.
- ▶ **3. La incidencia de miocarditis por SARS Cov-2 es baja y en general leve.** Esta incidencia tras la vacunación es todavía más baja, afectando en este caso a la franja de edad de 18-25 años. Se aconseja no practicar deporte durante la infección. Si bien la prescripción y práctica deportiva es de gran ayuda en el proceso de recuperación de pacientes post COVID.

En relación con la infección por SARS Cov-2, no se ha observado un aumento de muerte súbita en el deporte.



- ▶ 4. **Se ha de normalizar la realización de pruebas de esfuerzo según el criterio del especialista en medicina del deporte** si bien es importante mantener en todo caso la utilización de mascarilla por parte del personal sanitario, y realizarse en espacios con abundante ventilación y renovación del aire. En el caso de un deportista sintomático se debe realizar un test diagnóstico previo.
- ▶ 5. **Se recuerda la importancia de la prevención en el deporte en general y especialmente en el deporte de alto nivel.** Es de destacar que no se llega al alto rendimiento si no hay salud.
- ▶ 6. **Hay que avanzar en la prescripción de ejercicio físico para la salud mental.**

La actividad física modula la neuroplasticidad y estimula la adherencia terapéutica por lo que es recomendable su uso para el tratamiento de las enfermedades en salud mental, con una prescripción individualizada para cada paciente.

- ▶ 7. **Es importante tener en cuenta los estudios y aportaciones que sobre la diversidad sexual y de género,** el deporte y sus implicaciones se vienen realizando en nuestra sociedad.
- ▶ 8. **Las unidades de medicina deportiva deberían estar vinculadas a los departamentos hospitalarios** junto al resto de especialidades médicas por el valor añadido que suponen para cuidar la salud de nuestros deportistas, sea cual sea su nivel, y practicantes de actividad física así como por su utilidad como herramienta preventiva y terapéutica para las distintas patologías.
- ▶ 9. **La actual falta de formación en España de médicos especialistas en medicina del deporte** ha originado una grave carencia de éstos y que continuará agravándose en los próximos años si no se aprueba próximamente el sistema de formación MIR en esta especialidad.

Este déficit afecta de forma importante a todo el sistema deportivo, a la salud de los deportistas en general y especialmente en los de alto nivel. Un país con importantes resultados deportivos internacionales no puede desprenderse de unos profesionales que vienen contribuyendo sustancialmente al cuidado de la salud y mejora del rendimiento de nuestros deportistas. Del mismo modo la formación de Médicos del Deporte es la referencia especializada para una sociedad activa y saludable que práctica deporte de forma segura.

Una vez más este Grupo de trabajo “Avilés” insta al Ministerio de Sanidad a la aprobación prioritaria y urgente de la formación de Médicos Especialistas en Medicina del Deporte.





# MECANISMOS DE FATIGA EN EL TIRO CON ARCO

# 07



- Consideraciones previas ◀
- Mecanismos de fatiga aguda ◀
- Monitorización de la fatiga ◀

## Consideraciones previas



*Dr. Álvaro González Miranda*

COMO PUNTO DE PARTIDA RESULTA CONVENIENTE TENER UNA VISIÓN GLOBAL DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE ESTA PRÁCTICA DEPORTIVA, PARA PODER RELACIONAR ALGUNAS DE ELLAS CON LOS MECANISMOS DE DESARROLLO DE LA FATIGA QUE PUEDEN ACONTECER:

CENTRO OLÍMPICO DE ESTUDIOS SUPERIORES (MADRID) Y HOSPITAL UNIVERSITARIO LA PAZ (MADRID)

- ▶ El rendimiento viene determinado por lograr enviar el mayor número de flechas lo más cerca del centro de la diana puesto que, a medida que se alejan del mismo la puntuación obtenida va descendiendo. Sin embargo, en ningún caso el valor de la flecha en la diana varía por la decisión de los jueces en relación a si el gesto técnico ha sido mejor o peor.





- ▶ Existen dos fases de competición bien diferenciadas en la modalidad de aire libre: una primera consistente en un *round* clasificatorio en el que se disparan un total de 72 flechas de seis en seis, disponiendo de 180 segundos para cada tanda de seis flechas y con un descanso entre tandas de unos 5-8 minutos (para ir a puntuar y recoger las flechas); una segunda fase de eliminatorias, en la que se tira por el sistema de *sets*, al mejor de cinco, componiéndose cada *set* de 3 flechas y obteniendo dos puntos por *set* ganado, uno por empate y cero por derrota. En este caso se dispone de 60 segundos para lanzar las tres flechas de cada *set* y un descanso entre ellos de unos 2-3 minutos.
- ▶ Las potencias\* de los arcos recurvos utilizados por arqueros de élite (en torno a 45-50 Lb, equivalentes a 20-22 kg) se encuentran muy por encima del 20-30% de la Fuerza Isométrica Máxima (FIM) habitual de los arqueros, umbral que determina la tensión muscular necesaria para colapsar los pequeños vasos que nutren de O<sub>2</sub> al músculo y, por consiguiente, su capacidad de mantener un metabolismo aeróbico para la producción de ATP (González & Gorostiaga, 2002). **Y este hecho se podría hacer extensivo a otras modalidades de tiro con arco, como el compuesto, el tradicional, el desnudo, etc. pues en el alto nivel las potencias siempre superan el mencionado umbral.**
- ▶ A diferencia de otros muchos deportes en los que se puede estimar la intensidad del ejercicio por medio de su relación porcentual con el VO<sub>2</sub>Max y, por tanto, su relación con el metabolismo energético, en el tiro con arco no existe una clara correlación entre los valores de frecuencia cardiaca y la intensidad de la actividad. Los valores de consumo de oxígeno durante las sesiones de entrenamiento de fuerza son superiores cuando se realizan ejercicios que hacen intervenir a muchos grupos musculares, de modo concéntrico y dinámico que cuando se hacen ejercicios excéntricos o isométricos con menos grupos musculares, como en el caso del tiro con arco. Su actividad principal consiste en esfuerzos submáximos intermitentes con periodos de descanso más o menos prolongados, que permiten a los arqueros realizar la apertura de sus arcos en repetidas ocasiones de forma más o menos consecutiva. De hecho, los valores de consumo máximo de oxígeno de los arqueros de élite están muy por debajo de los observados en otros deportes tal y como refleja *World Archery* en la **tabla 1** (Federación Internacional de Tiro con Arco).

TABLA 1

SPORT	MAX OXYGEN CONSUMPTION (ml.kl-1.dk-1)	
	MALE	FEMALE
MARATHON RUNNING	75-80	65-70
CROSS-COUNTRY SKIING	75-78	65-70
SOCCER	55-60	48-52
TENNIS	48-52	40-45
GYMNASTIC	45-50	40-45
RYTHMIC GYMNASTIC	—	40-45
SAILING	50-55	45-50
ARCHERY	39-51	34-42
SHOOTING	40-45	35-40

\*  
EN CASTELLANO SE UTILIZA EL TÉRMINO  
"POTENCIA" DE ARCO DENTRO DEL  
ARGOT COMÚN DE LA ESPECIALIDAD  
PARA DESCRIBIR LA FUERZA QUE ES  
NECESARIO APLICAR PARA LOGRAR  
LA APERTURA ÓPTIMA DEL ARCO.  
DICHA "POTENCIA" PUEDE REGULARSE  
MEDIANTE DIFERENTES MÉTODOS.  
CONVENCIONALMENTE SE MIDE  
EN LIBRAS (Lb) Y SU TÉRMINO  
EQUIVALENTE EN INGLÉS ES "BOW  
POUNDAGE".

TABLA 1: Consumo máximo de oxígeno estimado en diferentes especialidades deportivas (*World Archery*, s.f.).



- ▶ En cuanto al tipo de contracción muscular, fundamentalmente son la contracción isométrica y la isotónica las dos formas principales implicadas en el gesto técnico del tiro con arco. La primera porque exige mantener una posición fija soportando las fuerzas que ejerce el arco durante la máxima apertura para poder apuntar a la diana y disparar. La segunda porque se debe vencer una resistencia de una misma magnitud para lograr abrir el arco cada vez, equivalente a la potencia del mismo (que suele expresarse en Lb en lugar de Kg). Según *World Archery* la fuerza es una habilidad crítica para la práctica deportiva de la especialidad. A pesar de no requerirse una demanda de fuerza máxima durante una única apertura del arco, la suma de la actividad desarrollada a lo largo de una competición convierte la fuerza y la resistencia a su pérdida en un prerequisite indispensable para el rendimiento. Del mismo modo señalan la importancia de lograr una base suficiente de fuerza global sobre la que poder desarrollar posteriormente la fuerza específica necesaria para el gesto técnico de abrir el arco de forma consistente entre uno y otro disparo.
- ▶ Dado que la contracción muscular durante la apertura del arco es mantenida hasta que se dispara la flecha (7-15 segundos habitualmente, dependiendo del tiempo individual de tiro), los grupos musculares implicados utilizan para la producción de ATP el sistema de los fosfágenos de alta energía de forma predominante (esfuerzos cortos, más o menos explosivos, de intensidad submáxima). La duración de los esfuerzos, la intermitencia de los mismos y el reposo existente entre ellos, impide que el sistema anaeróbico láctico sea capaz de ponerse en pleno funcionamiento para cobrar relevancia durante la actividad (**figura 1**).

FIGURA 1

	HR		
	DURING SERIES	BETWEEN SERIES	LACTATE (mmol/l)
1ST SERIES	125.4	102.8	2.1
2ND SERIES	126.5	103	1.77
3RD SERIES	122.7	102.5	1.7
4TH SERIES	120	103.5	1.5
5TH SERIES	120	95.2	1.5
6TH SERIES	116.2	98.27	1.4

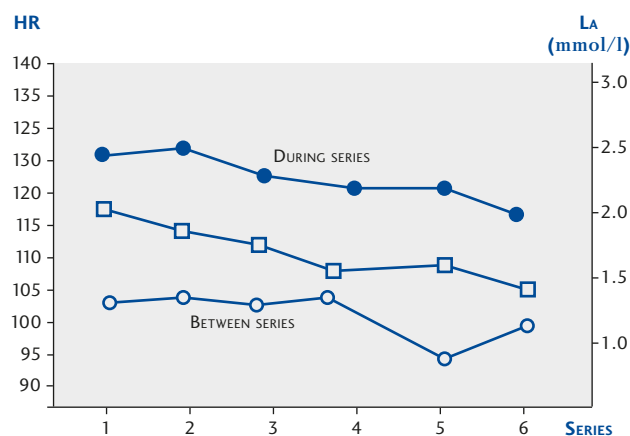
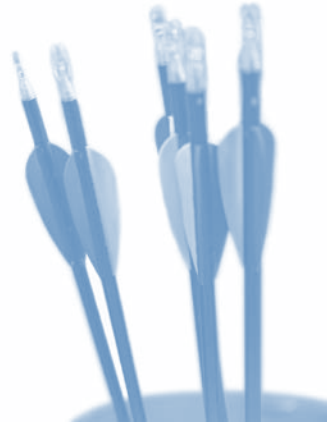


FIGURA 1: Valores de frecuencia cardiaca (heart rate HR) y lactato (La) en arqueros de élite durante la práctica deportiva reglada (*World Archery*, s.f.)



# 10



- ▶ El trabajo intermitente por debajo de la máxima intensidad posible (en este caso la FIM) permite que tanto el ritmo de depleción como la magnitud de la misma en el sistema de los fosfágenos de alta energía sean menores, sin llegar a vaciarse durante la duración de una serie de flechas (6 flechas en 180 segundos para el *round*, 3 flechas en 60 segundos para las eliminatorias).
- ▶ Las jornadas de competición se extienden durante horas, en las cuales además de ejecutar los tiros se deben recorrer más de 2 km caminando (desplazamientos hacia y desde la diana) y aguantar más de 75 minutos de pie (entre trayectos y de forma estática cuando se tanea la puntuación o se sacan las flechas del parapeto). Además, existe un tiempo variable añadido entre tandas y eliminatorias en el que el deportista a veces puede sentarse, hidratarse, comer, etc. No es infrecuente que una jornada de competición se extienda más de 4 horas (**figura 2**).

FIGURA 2: Momento del regreso desde la diana, situada a 70m de la línea de tiro, tras realizar el tanteo de puntos y la recogida de flechas.



## Mecanismos de fatiga aguda

Dado que tanto la sobrecarga no funcional (*non-functional overreaching*) como la fatiga crónica son fenómenos no deseables en el ámbito deportivo y consecuencia de una inadecuada planificación del entrenamiento, no se contemplarán en este trabajo sus posibles causas, más allá de la posibilidad de que alguno de los mecanismos de fatiga aguda insuficientemente recuperados puede llegar a desembocar en estas situaciones.

De los posibles mecanismos de fatiga aguda que han sido estudiados en diferentes trabajos, no todos ellos presentan una influencia relevante en la especialidad deportiva si se atiende a las peculiaridades que se acaban de describir en el apartado previo. Los principales mecanismos a tener en cuenta son los siguientes:

## Depleción de sustratos energéticos

Tal y como define *World Archery* en su manual para entrenadores, el tiro con arco recurvo se trata de una especialidad de resistencia por la duración de las competiciones (más de 3-4 horas), con la particularidad de que alterna esfuerzos anaeróbicos alácticos (durante el proceso de tiro, que no dura más de 7-10 segundos) con periodos de recuperación con predominio del metabolismo aeróbico (*World Archery*, s.f.). Como ya se ha descrito en la figura 1 el metabolismo anaeróbico láctico no tiene especial relevancia.

A pesar de que no existe en la literatura científica evidencia del modo de utilización de los sustratos energéticos para este deporte (más allá de lo descrito en los mencionados manuales de la Federación Internacional de Tiro con Arco, *World Archery*, cuyas fuentes bibliográficas son genéricas), se pueden postular dos principales fuentes de energía durante la práctica deportiva:

- ▶ Durante los esfuerzos que supone la apertura del arco, cuya potencia de competición oscila entre los 20-25 kg por esfuerzo, el uso directo de ATP y el sistema de los fosfágenos para su regeneración parece el sustrato energético fundamental.
- ▶ Durante los periodos de recuperación, en los que el arquero realiza actividades de baja intensidad (mantener la posición de bipedestación entre flechas, caminar, escribir puntuaciones, recoger flechas, hidratarse, conversar con los técnicos, etc.) parece lógico atribuir al sistema aeróbico extensivo el papel predominante en el suministro de energía, con preponderancia del metabolismo lipolítico sobre el glucolítico dada la naturaleza de los esfuerzos.





Por lo tanto, cabe preguntarse ¿puede la depleción de sustratos ser la causa principal de fatiga aguda en esta disciplina?

Con respecto a los periodos de esfuerzo, que como se ha descrito se realizan en series de 6 esfuerzos intermitentes (entre 7-10 segundos cada uno) durante 180 segundos, y un periodo de descanso entre series superior a los 5 minutos, si bien se pueden producir descensos progresivos en las reservas de fosfocreatina muscular, los tiempos descritos deberían permitir una recuperación más o menos adecuada de los depósitos y no deberían ser causa de extenuación para lograr terminar una competición de 72 flechas (Vøllestad *et al.*, 1988), **siempre que se mantenga un ritmo de tiro óptimo.**

En cuanto a los periodos de recuperación, la gran cantidad de energía disponible en el organismo que puede ser suministrada mediante la beta-oxidación de las grasas en la mitocondria debería ser más que suficiente para mantener una actividad de estas características (Ardigò & Capelli, 2012).

En las circunstancias descritas no parece probable que las reservas de glucógeno puedan jugar un papel relevante en este sentido.





## Alteraciones hidroelectrolíticas

Dado que no se trata de una actividad continua ni implica mantener intensidades elevadas a altos porcentajes del  $VO_2\text{Max}$  en el tiempo, la deshidratación aguda no parece un fenómeno que pueda conducir a la extenuación en esta disciplina. Si bien es cierto que se puede encontrar alguna evidencia específica para el tiro con arco recurvo a este respecto, que indica que la deshidratación (acompañada de una sensación subjetiva de fatiga, pérdida de concentración y elevación de la frecuencia cardiaca como mecanismo de compensación) no afecta la capacidad de rendimiento en una serie de 72 flechas (Savvides *et al.*, 2020) (**figura 3**), tales aseveraciones deberían interpretarse con mucha cautela. Si el rendimiento depende entre otros factores de la precisión de las acciones realizadas, la coordinación y la concentración, parece lógico pensar que los efectos nocivos de la deshidratación sobre éstos podrían conducir a una disminución de las capacidades de ejecución correcta. Sobre todo en entornos desfavorables, como pudo ser la última olimpiada en Tokyo 2020 celebrada en 2021.

FIGURA 3

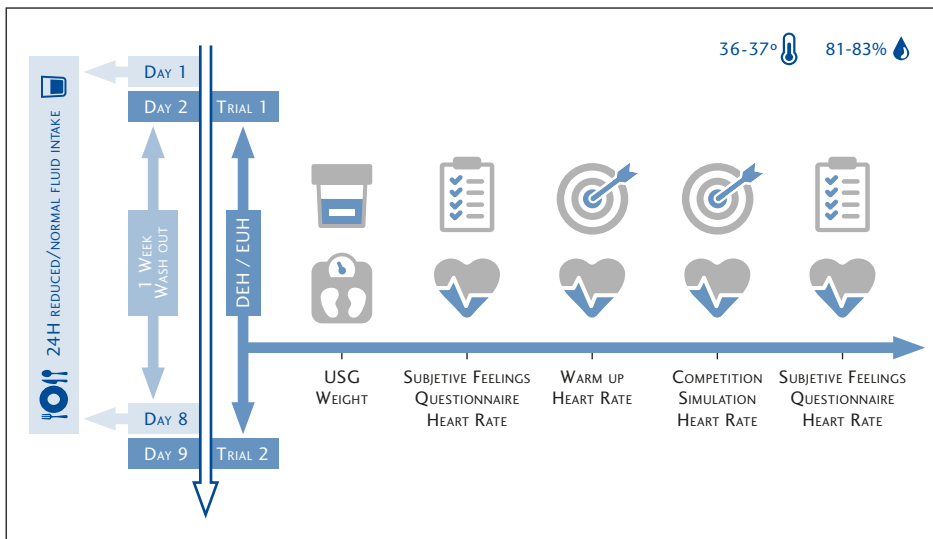
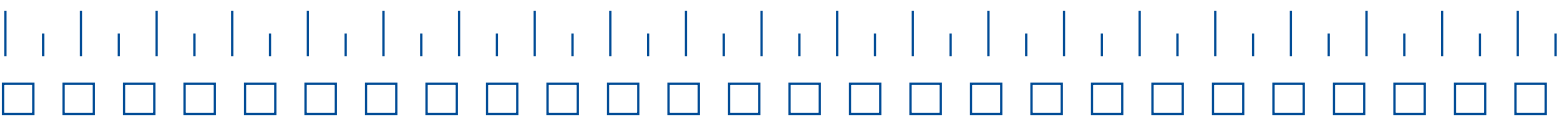


FIGURA 3: Extracto del estudio sobre deshidratación y tiro con arco recurvo: diseño del estudio (Savvides *et al.*, 2020).





## Restricciones en el flujo sanguíneo muscular



Quizá sea uno de los mecanismos que mayor capacidad tenga para conducir al desarrollo progresivo de fatiga durante la actividad. Como se ha comentado en el apartado introductorio, la fuerza isométrica requerida para realizar las aperturas del arco condiciona la oclusión de los capilares que nutren de  $O_2$  a la musculatura implicada en la contracción durante un espacio más o menos prolongado de tiempo (7-10 segundos), advocating al uso del sistema anaeróbico aláctico para la producción de ATP. Se ha descrito la capacidad de la oclusión vascular de incrementar la fatiga periférica mediante el incremento en la desactivación de unidades motoras que, si bien puede recuperarse con la reperfusión, puede conducir a un deterioro progresivo de la eficacia de la contracción muscular por fatiga tanto a nivel central como periférico (Broxterman *et al.*, 2015; Hammer *et al.*, 2020).

## Alteraciones termoregulatorias



La intermitencia de los esfuerzos y los prolongados periodos de recuperación entre ellos deberían bastar para mantener una adecuada homeostasis de la temperatura central, descartando el acúmulo de calor como causa de extenuación durante una competición en condiciones normales de hidratación, humedad y temperatura ambiente. Sin embargo, existe evidencia de que el aumento de la temperatura muscular puede conducir a un incremento del temblor capaz de afectar a la precisión en actividades de tiro (Lakie, 2010) y, por lo tanto, interferir en el rendimiento del tiro con arco (**tabla 2** y **figura 4**).

**TABLA 2**

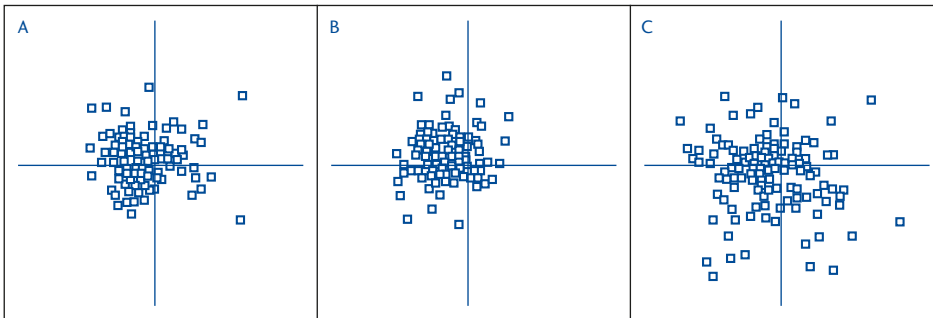
CONDITION	TREMOR EFFECT	TREATMENT (IF APPROPRIATE)
▶ ADRENALINE AND OTHER $\beta_2$ AGONISTS	LARGE INCREASE	$\beta_2$ -BLOCKERS
▶ HYPERTHYROIDISM	LARGE INCREASE	$\beta_2$ -BLOCKERS
▶ RAISED MUSCLE TEMPERATURE	LARGE INCREASE	NOT APPLICABLE
▶ ETHANOL WITHDRAWAL AND DELIRIUM TREMENS	LARGE INCREASE	$\beta_2$ -BLOCKERS
▶ LITHIUM	MODERATE INCREASE	POTASSIUM
▶ EXERCISE	DECREASE FOLLOWED BY INCREASE	NOT APPLICABLE
▶ ISCHAEMIA AND MUSCLE ACTIVITY	LARGE INCREASE	NOT APPLICABLE
▶ LOWERED MUSCLE TEMPERATURE	LARGE INCREASE	NOT APPLICABLE
▶ ACUTE ETHANOL ADMINISTRATION	LARGE INCREASE	NOT APPLICABLE

TABLA 2: Factores asociados con la magnitud del temblor muscular (tomado de Lakie, 2010).





FIGURA 4



Six subjects each fired 20 shots at a target (10 m. distant) using an air pistol in each of three conditions. These were a control condition (A), following cooling of the arm in water at 10°C (B) and following warming in water at 44°C (C). All results are shown in this figure. Each box is 20 cm. square. There is greater dispersion of the 120 shots in heated conditions and smaller but significant dispersion in cooled conditions. Adapted from Lakie *et al.* (1995).

FIGURA 4: Comparación de la precisión de tiro tras el enfriamiento (B) y el calentamiento (C) muscular (tomado de Lakie, 2010).



## Acúmulo de metabolitos

Como se ha mencionado, los fenómenos de elevada lactacidemia y acumulación de hidrogeniones ( $H^+$ ) no parecen tener especial relevancia en la práctica de esta especialidad, puesto que el metabolismo anaeróbico láctico apenas encuentra margen para ponerse en funcionamiento. Sin embargo, la alteración en la liberación de calcio ( $Ca^{++}$ ) y/o la rápida recaptación del mismo por el retículo sarcoplásmico o por proteínas citoplasmáticas puede afectar al desarrollo de tensión muscular. No sólo una importante depleción de ATP puede ser el origen de dicha alteración, sino que el acúmulo de fósforo inorgánico (Pi) procedente de la ruptura de los enlaces de fosfocreatina (PCr) para la regeneración de ATP puede condicionar una menor tensión muscular aun en presencia de niveles normales de  $Ca^{++}$ . Ambas situaciones, que pueden tener un efecto aditivo perjudicial si se combinan, podrían acontecer en casos de gran presión competitiva, en las que el arquero se bloquease y tuviese que “bajar varias flechas” (se denomina así al fenómeno que sucede cuando tras realizar todo el gesto técnico no se consigue culminarlo con la suelta de la flecha, que se baja para volver a repetir el proceso. En muchos casos existe una relación directa con lo que se conoce como “pánico al amarillo” o miedo a disparar cuando se está apuntando al centro de la diana, por temor al fallo repentino, lo que se puede exacerbar en situaciones de mucha presión). En estos casos, en lugar de realizar 6 esfuerzos intermitentes de 7-10 segundos se pueden hasta duplicar los esfuerzos y/o la duración de los mismos, con la sobrecarga que conlleva, produciendo un escenario verdaderamente desfavorable.

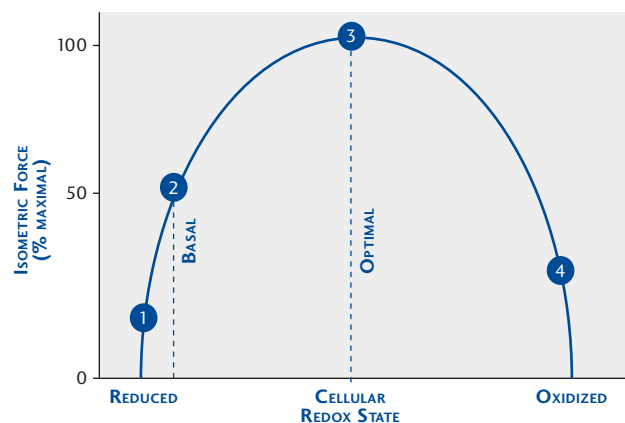


Sin embargo, en estudios realizados con ejercicios isométricos submáximos repetitivos hasta el agotamiento con cargas del 40% de la FIM con los músculos extensores de la rodilla, el mecanismo principal de fatiga no parece estar relacionado con cambios en los niveles de Pi, H<sup>+</sup> o la escasez de sustratos para la resíntesis de ATP, sino con alteraciones en el acoplamiento de los procesos de excitación-contracción muscular (Saugen *et al.*, 1997).

En cuanto al acúmulo de radicales libres, si bien se ha descrito la influencia del ejercicio isométrico en el incremento de su producción (Alessio *et al.*, 2000), salvo situaciones como la descrita unas líneas más arriba (bloqueo del arquero), no debería ser causa de extenuación durante una competición. Dichos radicales pueden aparecer incluso con el ejercicio de baja intensidad y producir alteraciones del sarcolema, modificando la transmisión de los impulsos. En cualquier caso, se ha postulado que para la óptima producción de fuerza, un prerequisite necesario para una adecuada ejecución en tiro con arco, es conveniente un nivel bajo de estos metabolitos que favorezca un estado *redox* favorable para la contracción muscular isométrica (Powers & Jackson, 2008) (figura 5).

FIGURA 5

FIGURA 5: Modelo teórico propuesto por Reid *et al.* sobre el efecto bifásico de los radicales libres de O<sub>2</sub> en la producción de fuerza muscular isométrica (tomado de Powers & Jackson, 2008).



## Alteraciones neuromusculares

La fatiga central es determinante en deportes de fuerza máxima y coordinación que exigen gran activación neuromuscular. Los ejercicios de coordinación, además de la activación nerviosa de las motoneuronas y el reclutamiento de unidades motrices, precisan de una alta sincronización de la actividad de estas unidades. Como ya ha sido comentado en apartados previos, este tipo de ejercicios submáximos intermitentes repetitivos puede desembocar en fallos en el acoplamiento de los fenómenos de excitación-contracción y deteriorar la sinergia de la sincronización intra e inter muscular (Vøllestad *et al.*, 1988; Saugen *et al.*, 1997), sin que aparezcan déficits de sustratos energéticos o estados de lactacidosis. Los cambios en la actividad contráctil de los puentes de actina-miosina pueden contribuir a una pérdida de fuerza, por menor número de puentes, menor fuerza individual de cada puente y menor velocidad de acortamiento-relajación de los mismos.





## Afectación psicológica-volitiva

Como en el resto de deportes, la motivación y la voluntariedad de las acciones juega un papel fundamental no sólo a la hora de alcanzar un elevado rendimiento, sino de retrasar o aminorar el fenómeno de percepción de fatiga y la autoimagen de competencia para la actividad. **La práctica del tiro con arco no es ajena** a estos fenómenos anímicos y existen evidencias que objetivan un mayor nivel de ansiedad (reflejado no sólo por autoinformes, sino también por valores de cortisol y alfa-amilasa salivales alterados) en arqueros y arqueras de nivel internacional con menor rendimiento competitivo (Lim, 2018).



## Potenciación muscular

No toda la musculatura realiza el mismo nivel de esfuerzo durante el proceso de tiro. Se ha descrito la importancia que juega la porción inferior del trapecio de cuerda en la fijación de la escápula durante la apertura del arco para permitir una configuración biomecánicamente más favorable (**figura 6**), así como un movimiento más consistente y fluido, lo que se asocia a un retraso en la aparición de la fatiga. Por lo tanto, los ejercicios de potenciación de este músculo y otros adyacentes que colaboran en las acciones de tiro (como los romboides o el dorsal ancho) producirán no sólo una menor fatiga, sino que favorecerán una recuperación más rápida de estos grupos musculares (Shinohara & Urabe, 2018). Además, con dicha potenciación sería esperable una mejora en los procesos neuromusculares de acoplamiento excitación-contracción, que como se ha indicado anteriormente tienen una notable influencia en la aparición de fatiga durante ejercicios isométricos submáximos intermitentes (Vøllestad *et al.*, 1988), de naturaleza similar a los que acontecen en el tiro con arco.

FIGURA 6



FIGURA 6: Diferencias de eficiencia biomecánica entre arqueros de élite (**izquierda**) y arqueros en proceso de tecnificación (**derecha**): la mayor potenciación del trapecio inferior de cuerda permite una menor abducción del brazo que protege frente a procesos de lesión del manguito rotador y disminuyen el esfuerzo muscular necesario para mantener el arco abierto, favoreciendo el retraso de la aparición de fatiga (tomado de Shinohara & Urabe, 2018).





## Monitorización de la fatiga

A continuación, se enumeran algunas propuestas para monitorizar diferentes aspectos de la fatiga en tiro con arco recurvo (olímpico):

► **Uso de ergómetros y pruebas físicas.** El propio arco puede ser utilizado como un ergómetro específico para la disciplina, puesto que se trata de un dispositivo cuya resistencia a vencer es perfectamente conocida (se mide en libras “Lb”, que se pueden transformar de un modo sencillo a kilogramos “kg” multiplicando por 0,4536). Se podrían realizar aproximaciones a los valores de xRM sin necesidad de aplicar sofisticadas tecnologías.

Por otro lado, aunque la capacidad de consumo máximo de oxígeno no resulte determinante, un buen acondicionamiento aeróbico puede favorecer una mejora en la resistencia competitiva y la regeneración del sistema de los fosfágenos de alta energía, por lo que el uso de test convencionales para determinar las capacidades aeróbicas puede estar indicado como monitor del progreso del entrenamiento de estas cualidades.

► **Valoración de la aparición de fatiga muscular aguda, sobreesfuerzo muscular o DOMS (Delay Onset Muscular Soreness).** Valoración aplicada sobre la musculatura implicada en el ejercicio, en este caso cintura escapular y miembros superiores especialmente, lo que puede reflejar micro lesiones en el citoesqueleto de las células musculares que, en algunos casos (si aparecen con demasiada frecuencia o intensidad) pueden indicar un desajuste entre las cargas programadas y las capacidades del arquero.

► **Valores analíticos.** La observación de leucocitosis o alteraciones en los niveles enzimáticos de LDH, CK, ALT, ASP o de ácido úrico podrían llegar a reflejar lesiones musculares causadas por sesiones excesivas de entrenamiento, mal ajuste del binomio potencia de arco-arquero, deterioro en la técnica de tiro, etc.

► **Diarios y autorregistros.** Pueden aportar gran cantidad de información acerca de las sensaciones del arquero, como por ejemplo la calidad del descanso a través de una valoración subjetiva de la higiene del sueño mediante el *Sleep Hygiene Index* (Mastin, 2006). Así mismo, se pueden recoger otros parámetros objetivos, como los valores matinales de frecuencia cardíaca de reposo y ortostática, cuyas alteraciones pueden indicar estados de fatiga o sobreentrenamiento.

► **Observación deliberada sobre el deportista.** En busca de irritabilidad, apatía, labilidad emocional, cambios repentinos de conducta, lentitud de reacción, bradipsiquia, etc. que puedan subyacer a estados de fatiga psicológica.



# INGESTA DE MENTOL Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SENSACIÓN TÉRMICA

# 19

- Introducción ◀
- Metodología ◀
- Resultados ◀
- Discusión ◀
- Conclusiones ◀
- Aplicaciones prácticas ◀
- Limitaciones ◀

## ► Introducción



EL MENTOL DESTACA POR SER UN COMPUESTO ORGÁNICO, QUE SE LE HAN OTORGADO UN BUEN NÚMERO DE PROPIEDADES BIOLÓGICAS, DE LAS CUALES DESTACA SU CAPACIDAD REFRESCANTES NO TÉRMICA (ECCLES, 1994), QUE ESTÁ COMÚNMENTE PRESENTE EN PRODUCTOS COTIDIANOS EN FORMA DE ADITIVO (FLOOD, 2018). SIN EMBARGO, LA UTILIZACIÓN TÓPICA Y LA INGESTA DEL MENCIONADO COMPUESTO, SE HA CORRELACIONADO DIRECTAMENTE CON UNA MEJORA DEL RENDIMIENTO Y UNA DISMINUCIÓN DE LA SENSACIÓN TÉRMICA, EN AQUELLAS DISCIPLINAS DEPORTIVAS CÍCLICAS QUE SE REALIZAN EN AMBIENTES CALUROSOS (JEFFRIES AND WALDRON, 2019). LA PRÁCTICA DEPORTIVA EN AMBIENTES CALUROSOS Y/O HÚMEDOS PUEDE CONDUCIR A LA APARICIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO, EL CUAL PUEDE TENER UN IMPACTO NEGATIVO SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO (ELY ET AL., 2007). UN GRAN NÚMERO DE DISCIPLINAS DEPORTIVAS, MEDIADAS POR LA GLOBALIZACIÓN DEL DEPORTE, ACOSTUMBRAN A PRACTICARSE EN LOCALIZACIONES Y ESTACIONES DEL AÑO DONDE LAS ALTAS TEMPERATURAS Y HUMEDADES SUELEN DESPUNTAR (MCCUBBIN ET AL., 2020). ESTO HACE QUE NUEVAS ESTRATEGIAS Y CONSIDERACIONES COBREN IMPORTANCIA, CON EL OBJETIVO DE MINIMIZAR LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LAS MENCIONADAS CONDICIONES.

Guillem Vizcaíno Muñoz

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN DEPORTIVA,  
KERN PHARMA PRO CYCLING TEAM.



La aplicación del mentol de forma tópica o en las mucosas, parece generar un estímulo de frescor, en cuanto a sabor, aroma y sensación (Barwood *et al.*, 2020). El mentol genera las mencionadas estimulando principalmente, el potencial del receptor transitorio del canal iónico unido a la membrana melastatina 8 (TRPM-8) (Xu *et al.*, 2020).

Se han estudiado sus efectos sobre el rendimiento y la sensación térmica en una revisión sistemática y metaanálisis publicada en 2019 (Jeffries and Waldron, 2019), con resultados favorables a la suplementación con mentol. Sin embargo, en los últimos años se han publicado un abanico de trabajos, que evidentemente, no analizó en mencionado estudio de revisión. Sin dejar de mencionar, que el trabajo de Jeffries y Waldron integró estudios donde la administración del mentol era oral, tópica u oral y tópica a la vez.

Basándonos en las consideraciones mencionadas, el objetivo es este estudio sería analizar la evidencia actual de la administración interna de mentol y su relación con el rendimiento deportivo y la sensación térmica mediante revisión sistemática y metaanálisis.



## Metodología

### Búsqueda bibliográfica

En esta revisión se incluyen todos los estudios que investigan el efecto del mentol en el rendimiento deportivo y la percepción térmica, siguiendo las guías PRISMA (guías prisma <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-016-0652-4.20>). La búsqueda de estudios se realizó en PubMed entre junio de 2019 y mayo de 2022. Los términos de búsqueda fueron 'menthol' AND 'performance'. Todos los artículos encontrados fueron publicados en inglés.

### Criterios de inclusión

Únicamente 8 de los cuales cumplieron los criterios de inclusión en el metaanálisis. Para ser incluidos en la revisión los estudios debían cumplir 4 criterios: administración del mentol vía oral, estudio experimental con grupo control, realizados con temperaturas superiores a 30°C, análisis del rendimiento y de la percepción térmica. Los criterios de exclusión fueron: administración tópica del mentol y medición del rendimiento con unidades distintas a tiempo.





## Evaluación de los datos

Los datos fueron aislados e introducidos en una hoja de Excel. En los datos recogidos se incluyó: las características de la muestra (sexo, edad, forma física), el diseño del estudio, la muestra, el método de aplicación del mentol y la dosis, el test de rendimiento, los resultados físico-metabólicos, la temperatura ambiental y humedad, el resultado del ejercicio y mediciones de la percepción térmica. Con el fin de comparar los datos del tiempo hasta el agotamiento y de la prueba contrarreloj, las variables 'tiempo' se estandarizaron a velocidad (m/s). Se contactó con los autores de los estudios en los que faltaban datos para obtener más información. Dos de los estudios incluidos en la revisión sistemática no se pudieron analizar estadísticamente en el metaanálisis ya que no incluían los valores finales en relación con el rendimiento ni las desviaciones estándar (SD) correspondientes. Para analizar la sensación térmica percibida se utilizó una escala estandarizada adaptada de Hodder y Parsons. Se determinaron siete puntos (una escala modificada de 7 puntos que va desde "extremadamente frío" (1) a "extremadamente caliente" (7) (Hodder and Parsons, 2007). Se analizaron 7 estudios para la variable rendimiento y 6 estudios para la variable sensación térmica.



## Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó de acuerdo con las guías Cochrane. Los datos sin procesar se extrajeron en forma de media, SD y tamaño de muestra para el metaanálisis. Se utilizó un software público, *R statistical version 3.6.3* (R Foundation for Statistical Computing, Institute for Statistics and Mathematics, Vienna, Austria). La heterogeneidad se investigó utilizando el test Q. Se usó un modelo de efectos aleatorios para el metaanálisis debido a la variabilidad en los resultados experimentales entre los estudios (rendimiento), debido a que este análisis investiga un número pequeño de estudios. Se utilizó G de Hedges e intervalos de confianza del 95 % para expresar las diferencias de medias estandarizadas entre los grupos de mentol y control. La significancia estadística se fijó en  $P < 0,05$  para todos los análisis.



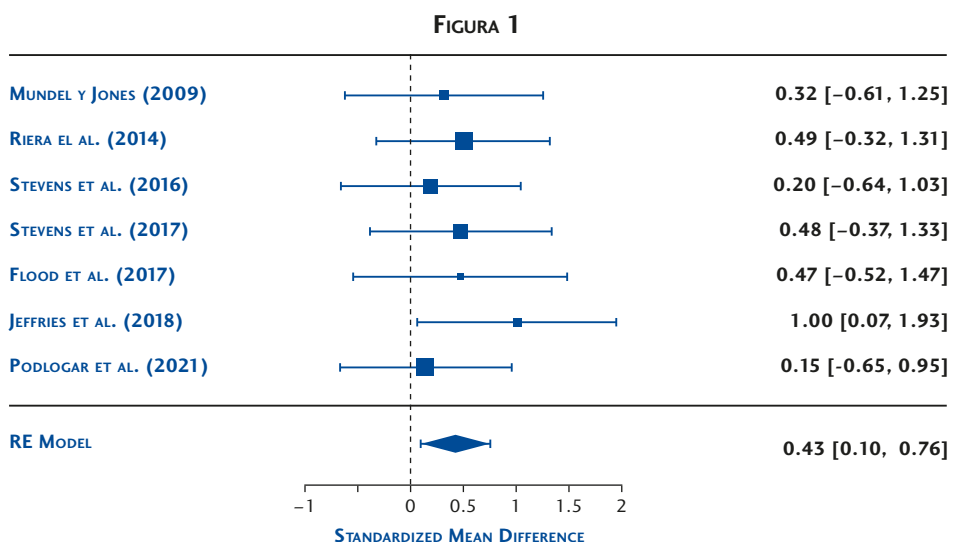
## Resultados

Con los términos de búsqueda descritos, se identificaron 494 artículos. Ocho estudios fueron incluidos en la revisión sistemática analizando los efectos del mentol en el rendimiento deportivo y en la sensación térmica.

Los 8 estudios incluyen un total de 81 participantes todos ellos varones, algunos entrenados y otros amateurs. Comprenden edades entre 18 y 45 años. Todos los estudios tienen grupo control, son cruzados y aleatorizados. La temperatura fue en todos ellos superior a 30°C. La administración de mentol fue con un enjuague bucal oral (n=5) y en forma de bebida (n=3). Las pruebas de rendimiento fueron hasta el agotamiento (n= 4), contrarreloj (n= 3) y hubo 1 estudio en que no se monitorizó la prueba de rendimiento.

Los resultados del metaanálisis analizando el rendimiento se muestran en la **figura 1 (n=7)**. Al realizar el análisis por efectos variables se ha observado un incremento estadísticamente significativo a favor del grupo suplementado con mentol comparado con el grupo control (G de Hedge = -0,42, 95% CI 0,10 - 0,76, p = 0,011). Se ha observado una heterogeneidad en el Q test de 2,33 (p = 0,88).

Los resultados del metaanálisis del análisis de la sensación térmica se muestran en la **figura 2 (n=5)**. Se ha observado que existe una reducción estadísticamente significativa de la sensación térmica durante el ejercicio en los pacientes con suplementación de mentol comparado con el grupo control (G de Hedge = -0,36, 95% CI -0,71 - 0,00, p = 0,048). Se ha observado una heterogeneidad en el Q test de 3,6 (p = 0,60).



**FIGURA 1: Forestplot del efecto del mentol sobre el rendimiento de los deportistas.**  
 Diferencia de la media estandarizada = 0,4265 (ES = 0,17), Z val = 2,5377, p = 0,011. Heterogeneidad: Q(df = 6) = 2,3378, p = 0,8862.





FIGURA 2

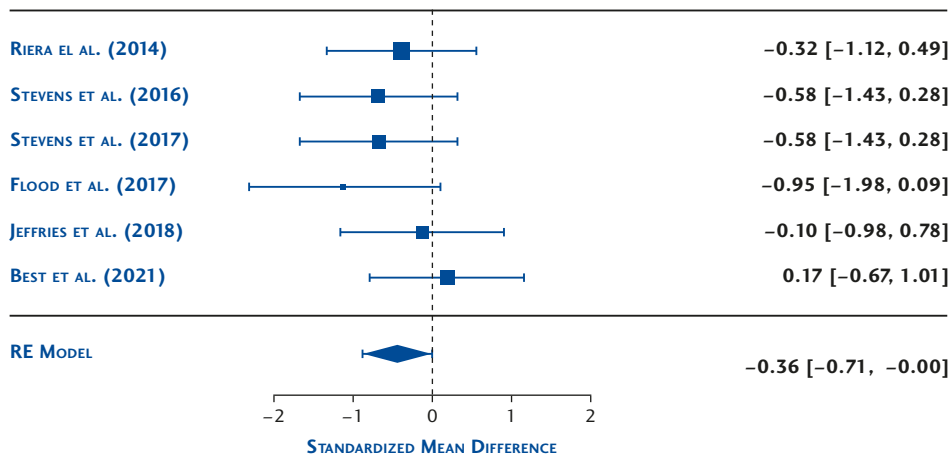


FIGURA 2: Forestplot del efecto del mentol sobre la sensación térmica. Diferencia de la media estandarizada = -0,3578 (ES = 0,18), Z val = - 1,98 , p = 0,048. Heterogeneidad: Q(df = 5) = 3,6303, p-val = 0,6038.

## Discusión

En este estudio hemos encontrado una mejora significativa (**G de Hedge = 0,43**) en el rendimiento deportivo en el grupo suplementado con mentol por vía oral. También se ha observado una disminución significativa en la sensación térmica en el grupo con suplementación de mentol respecto el control (**G de Hedge = -0,36**).

Los diferentes estudios que componen este metaanálisis han utilizado distintos métodos para valorar el rendimiento comparando un grupo control con un grupo suplementado con mentol. Algunos han realizado esfuerzos contrarreloj a una distancia preestablecida y en otros se ha medido el tiempo hasta agotamiento. En la mayoría de los estudios analizados, se ha visto una mejora del rendimiento independientemente de la prueba utilizada.

En numerosos estudios se ha descrito que el mentol estimula los termorreceptores transmitiendo una señal de frío que produce una sensación perceptiva de disminución de la temperatura (Xu *et al.*, 2020). La mejora en el rendimiento deportivo que produce la aplicación interna del podría ser debida en parte a este estímulo fisiológico que produce. En diferentes estudios se ha observado que existe una correlación positiva entre el enfriamiento del cuerpo y el rendimiento deportivo (Barwood *et al.*, 2020). Todos los estudios de este metaanálisis se llevaron a cabo con temperaturas superiores a 30°C, esto apoyaría que esta respuesta fisiológica al mentol suponga un factor importante en el rendimiento deportivo. Se deberían realizar estudios comparando el uso de mentol con un control en ambientes más fríos.



Hay que destacar que dos de los puntos más importantes recaen en la posología y en la temperatura de la preparación. Que determinarán directamente, el impacto ejercido por el propio mentol. Varios estudios han demostrado que la temperatura del líquido ingerido podría tener un efecto positivo sobre el rendimiento deportivo, cuando este se realiza en temperaturas elevadas. Incrementando el consumo de líquidos, atenuando el incremento de la temperatura corporal, y por lo tanto, reduciendo el efecto del estrés por calor (Mündel *et al.*, 2006; Tan and Lee, 2015). En 2014, Riera y colaboradores demostraron que la aplicación interna de mentol mediante agua muy fría o mediante granizados, presentaban una mejor de rendimiento mayor, cuando se comparaba con el mentól a temperatura ambiental (Riera *et al.*, 2014). Parece ser que la cantidad recomendada es de 0,01%, debido a que cantidades más elevadas no ha mostrado una relación a dosis respuesta, pero sí se ha observado que dosis de 0,5% generan un estímulo negativo a causa de su potente sabor (Stevens, Ross and Vogel, 2021).

También es interesante observar cómo en esos estudios en que el mentol fue administrado en una sola dosis al inicio del ejercicio se obtuvieron resultados similares que en los estudios en que se administraron en distintas dosis durante el ejercicio. También se obtuvieron resultados similares en relación con el análisis de la sensación térmica. Esto podría indicar que el mentol no es capaz de producir una mayor disminución de la temperatura al administrar dosis repetidas tal y como se expone en estudios previos (Jeffries and Waldron, 2019).

Además de los 6 estudios que hemos analizado tampoco se observan diferencias entre los estudios en que se administró el mentol en forma de bebida respecto los que se administró en forma de enjuague oral. La cavidad oral es una de las partes del cuerpo con mayor número de termorreceptores (Xu *et al.*, 2020), esto podría indicar que el efecto más importante del mentol en el rendimiento es debido al estímulo de los termorreceptores tal y como se ha comentado previamente (Jeffries and Waldron, 2019). Observándose también en el análisis de la sensación térmica, que no hay relación entre la forma de administración del mentol y la sensación térmica subjetiva.





Hemos observado también que no hay relación entre la humedad relativa del ambiente en el momento de la realización de la prueba y el efecto del mentol sobre el rendimiento o la sensación térmica relativa. Ya que se registraron distintos grados de humedad en distintos estudios de este metaanálisis y no se han reportado diferencias en el análisis estadístico de los datos al tener en cuenta este factor.

Hay algunos estudios de la revisión sistemática que no se han podido incluir en los distintos metaanálisis por la falta de datos para analizar. Creemos que esto podría producir un sesgo de publicación en este metaanálisis. Además, aunque la mayoría de los estudios incluidos en este estudio son cruzados y aleatorizados, no son doble ciego y esto podría provocar sesgos de información en los datos recogidos en los distintos estudios.

Se contactó mediante la plataforma ResearchGate con el Dr Russ Best, con el objetivo de obtener los datos en bruto de su estudio publicado en 2022, pero no fue posible acceder a los datos. Este concluyó que la aplicación oral de mentol mostraba una pequeña mejora del rendimiento en actividades de alta intensidad y corta duración, resultados que no se habían descrito con anterioridad, pero no se pudo añadir a nuestro análisis.





## Conclusiones

- ▶ La administración interna de mentol, mediante enjuagues bucales o bebido, puede generar una mejora del rendimiento deportivo en aquellos deportes aeróbicos que se practiquen en temperaturas superiores a 30°C y/o humedades elevadas.
- ▶ Parece ser que la dosis adecuada sería del 0,01 %, y las mejoras en las respuestas generadas por el mentol se podrían acentuar cuando la temperatura de la disolución fuera muy baja, o incluso estuviera en forma de granizado o hielo.

## Aplicaciones prácticas

La ingesta o enjuague bucal de una bebida formulada con un 0,01 % de mentol, durante la práctica deportiva en ambientes calurosos y/o húmedos, podría ser una buena estrategia para mejorar el rendimiento deportiva. Si a la mencionada formulación, se consiguiera consumir en un estado próximo a la congelación, frío, o bien, en forma de granizado. Aseguraríamos una mayor incidencia de los beneficios del mentol.

## Limitaciones

La poca evidencia actual, sobre el impacto de la ingesta de mentol en deportes de intensidades elevadas y de muy corta duración, o deportes de fuerza. Y el hecho de que solo exista un estudio realizado sobre población femenina, hace que los resultados de este estudio no sean aplicables a todas las disciplinas deportivas existentes.



# VITAMINA C Y SU INFLUENCIA EN EL FACTOR DE CRECIMIENTO INDUCIDO POR LA HIPOXIA

# 27

- Introducción ◀
- Vitamina C y los factores de crecimiento inducidos por la hipoxia ◀
- HIF y su relación con la inflamación ◀
- Ejercicio físico y su relación con el proceso de inflamación ◀
- HIF y vitamina C ◀
- Conclusiones ◀

## ▶ Introducción



Javier Morán Tiesta

A FINALES DE LA DÉCADA DE LOS 90 SE DESCUBRE EL FACTOR DE CRECIMIENTO INDUCIDO POR LA HIPOXIA (HIF) Y SE ANALIZAN LAS RESPUESTAS DEL ORGANISMO ANTE LA HIPOXIA Y ANTE LOS ENTRENAMIENTOS EN HIPOXIA/ALTITUD, COMO SON LA ANGIOGENÉSIS, EL CAMBIO AL METABOLISMO ANAERÓBICO O EL AUMENTO DE LA ERITROPOYETINA. SE DESCUBRIÓ PASADO EL 2000 QUE EL ASCORBATO HIDROXILA LOS HIFs Y DE ÉSTA FORMA SE DESCOMPONEN.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE SALAMANCA  
SALUS INFIRMORUM

ANTE ESTE HECHO LA DUDA QUE SURGE ES ¿LA SUPLEMENTACIÓN CON VITAMINA C ACTUARÁ EN SITUACIONES DE DEGRADACIÓN DE HIF? ¿ESTO PUEDE AYUDAR AL RENDIMIENTO DEPORTIVO? ¿EN QUÉ MOMENTO HABRÍA QUE SUPLEMENTAR PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO?.

EL OBJETIVO DE ESTE TRABAJO HA SIDO HACER UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ESTE TEMA, PARA RESOLVER LAS DUDAS ANTERIORES.



Los resultados obtenidos no son muy concluyentes, debido a escasez de estudios sobre los HIFs en deportistas de élite y su relación con la vitamina C. Pero este trabajo pretende abrir una nueva vía para entender las funciones de la Vitamina C en situaciones de hipoxia, como ocurre en los entrenamientos intensos y/o en los entrenamientos o estancias en hipoxia/altura.

## Vitamina C y los factores de crecimiento inducidos por la hipoxia



## ¿Qué son los factores de crecimiento inducido por la hipoxia (HIFs)?

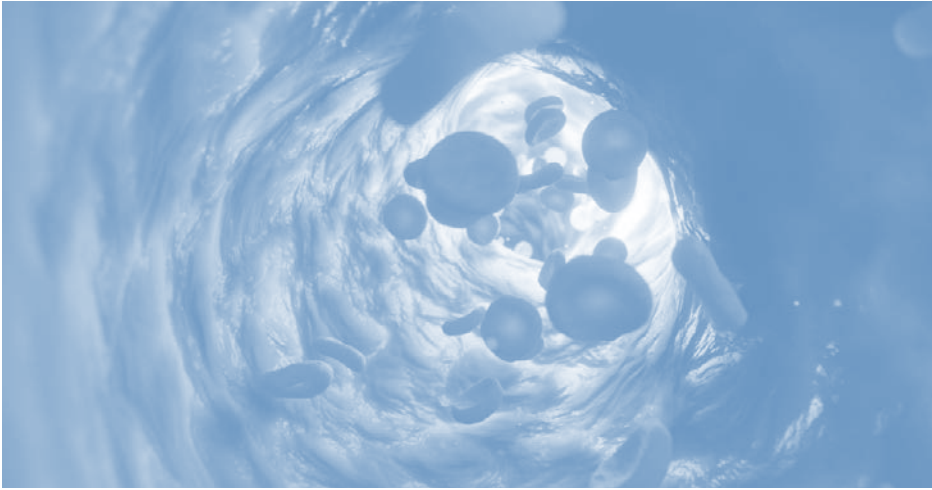


El complejo transcripcional HIF fue descubierto en 1995 por Semenza y Wang. La mayoría, si no todas, las especies que respiran oxígeno expresan el complejo transcripcional altamente conservado HIF-1, que es un heterodímero compuesto por cadenas alfa y beta la cadena alfa esta compuesta por tres subunidades alfa (HIF-1a, HIF-2a, HIF-3a) y a una subunidad beta (HIF 1b) <sup>(64)</sup>; y que se activa bajo situación de disminución de O<sub>2</sub> en la célula <sup>(65)</sup>. HIF juega un papel central en la regulación del metabolismo humano <sup>(66)</sup>.

El factor de crecimiento inducido por hipoxia (HIF) es un factor de transcripción central que permite la respuesta adaptativa al estrés hipóxico en condiciones normales y patológicas mediante la activación de una gran cantidad de genes responsables entre otras funciones, del suministro de oxígeno, angiogénesis, proliferación celular, diferenciación celular y metabolismo <sup>(67,68)</sup>.

La destrucción de HIF resulta posible por la hidroxilación de uno o de otro de los dos residuos propil16 y es realizada por las prolil-hidroxilasas PHD1, PHD2 o PHD3 <sup>(69-71)</sup>, enzimas que actúan como "sensores de oxígeno" en la célula, ya que su actividad catalítica requiere oxígeno como sustrato, y dirigida a la degradación a través de la vía del proteasoma de ubiquitina mediada por Von Hippel Lindau (VHL).





Dery *et al.* en el año 2005 <sup>(72)</sup> describió las respuestas del organismo ante situaciones de hipoxia y éstas las podemos resumir en:

- ▶ Se triplica la producción energética via glucólisis anaeróbica <sup>(73)</sup> bajo situaciones de IL-3 <sup>(74)</sup>, asociado al aumento de la producción de lactato <sup>(75)</sup>.
- ▶ Aumenta el factor de crecimiento endotelial (EGF) y el factor de crecimiento de vasos endoteliales (VEGF) como respuesta a una angiogénesis <sup>(72,73)</sup>.
- ▶ Aumento de la producción de eritropoyetina <sup>(73,76,77)</sup>.

La situación de hipoxia, como mecanismo de estrés hace que el cuerpo responde por diferentes vías, con un objetivo, intentar volver a llevar más oxígeno hacia las células para reestablecer su metabolismo, mientras que no se concluya este proceso el cuerpo adapta su metabolismo a situaciones energéticas más favorables aumentando su vía glucolítica anaeróbica tal y como se acaba de describir.



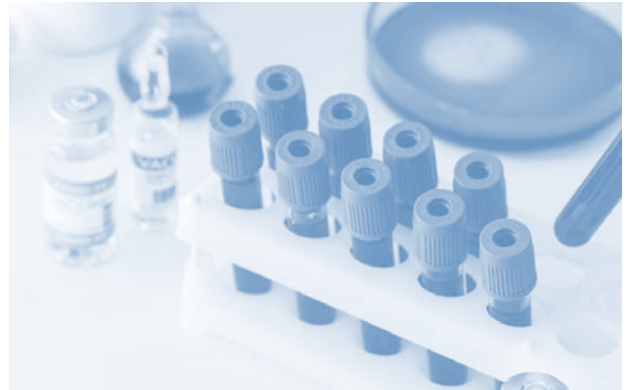
## ¿Cuál es la relación entre los HIF y el metabolismo energético?

La hipoxia puede ser causada no solo por la reducción del suministro de oxígeno del sistema circulatorio local (por ejemplo, cáncer, enfermedad isquémica cardíaca), sino también por el aumento del consumo de oxígeno por parte de las células dedicadas a ciertas funciones, como por ejemplo la muscular <sup>(78,79)</sup>.

Las sustancias oxígeno reactivas (ROS) producidas durante la actividad física no eliminadas tienen un efecto altamente oxidante en los componentes celulares, como los lípidos, las proteínas y los nucleótidos, que pueden amenazar la supervivencia celular. Por lo tanto, la concentración de oxígeno debe regularse estrictamente para equilibrar la demanda y el suministro de oxígeno, por lo que las células pueden mantener la producción de ATP con menos generación de ROS <sup>(80)</sup>.

En el **metabolismo** de los **Hidratos de Carbono** para adaptarse a la privación de oxígeno, las células experimentan simultáneamente dos alteraciones dramáticas del metabolismo celular: producción de ATP independiente del oxígeno y reducción del consumo de oxígeno mitocondrial.





Para mejorar la producción de ATP independientemente del oxígeno se estimula:

- ▶ El flujo glucolítico al inducir la expresión de transportadores de glucosa (GLUT1 y GLUT3) <sup>(80)</sup>.
- ▶ Además regula la expresión de 11 enzimas glucolíticas: aldolasa A, aldolasa C, enolasa 1, gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa, hexoquinasa 1, hexoquinasa 2, lactatodeshidrogenasa A, fosfofructoquinasa L, fosfoglicerato quinasa 1, piruvato quinasa M y triosefosfato isomerasa mejorando la capacidad glucolítica de las células <sup>(81)</sup>.
- ▶ Kim al. <sup>(82)</sup> describió que el HIF tipo 1 (HIF-1) también suprime activamente el metabolismo a través del ciclo del ácido tricarboxílico (TCA) mediante la transactivación directa del gen que codifica la piruvato deshidrogenasa quinasa 1 (PDK1). PDK1 inactiva la enzima del ciclo TCA, piruvato deshidrogenasa (PDH), que convierte el piruvato en acetyl-CoA.



La reducción del consumo de oxígeno en las mitocondrias sirve como salvaguarda para la supervivencia celular bajo hipoxia al inhibir las fugas de electrones aberrantes de las mitocondrias y, a su vez, prevenir la producción de ROS. La reprogramación metabólica alternativa que conduce a una disminución del consumo de oxígeno provoca una remodelación drástica de los orgánulos en las mitocondrias en carcinoma de células renales <sup>(83)</sup>, aunque también se ha observado inhibición de la respiración mitocondrial tras entrenamientos de sprints de alta intensidad <sup>(84)</sup>. Aunque la reducción en la masa mitocondrial es la forma más efectiva de limitar el consumo de oxígeno en la hipoxia, la respiración mitocondrial no se detiene por completo a menos que la tensión de oxígeno caiga a niveles extremadamente bajos <sup>(85)</sup> (<0.3% de oxígeno), lo que sugiere que la mitocondria todavía funciona como sistema generador de ATP en condiciones hipóxicas.



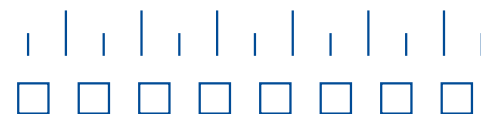


En los procesos de regeneración del hígado en ratas, HIF-1 induce de una forma notable la gluconeogénesis y la glucólisis en el hígado. Hasta tal punto que si se inhibe HIF y a través de sus enzimas, PEPCK y PGK1, daría como resultado unas hipoglucemias graves. Por lo tanto, parece que HIF-1 es necesaria para que el hígado regenerado active la gluconeogénesis, en lugar de la glucólisis, para mantener el metabolismo energético de todo el cuerpo. Estos datos sugieren que HIF juega un papel central en la acumulación hipóxica de glucógeno <sup>(86)</sup>.

En el **Metabolismo** de los **lípidos** es lógico pensar que como la descomposición oxidativa de los ácidos grasos consume una gran cantidad de oxígeno para producir energía, es concebible que el metabolismo de los lípidos se modifique mediante la activación de HIF en la hipoxia <sup>(87)</sup>.

Los ácidos grasos se usan como sustratos para la oxidación y la producción de energía, la síntesis de membrana, el almacenamiento de energía en forma de triacilgliceroles (TAG) y la producción de moléculas de señalización y, por lo tanto, son esenciales. Para la supervivencia y proliferación celular tanto bajo normoxia como hipoxia. Sin embargo, como la oxidación de ácidos grasos tiene lugar dentro de las mitocondrias y requiere oxígeno, el metabolismo de ácidos grasos tiene que modificarse bajo hipoxia para servir principalmente procesos distintos de la producción de energía. Además, dado que la conversión de glucosa en citrato, la principal fuente de acetil-CoA citoplásmico y precursor de ácidos grasos, está prohibida bajo la hipoxia debido a la inhibición del ciclo de TCA, deben explotarse fuentes alternativas de precursores de ácidos grasos, está prohibida bajo la hipoxia debido a la inhibición del ciclo de ácido tricarbóxico <sup>(88)</sup>.

Como el catabolismo de los ácidos grasos se ve modificado por la hipoxia, un exceso intracelular de ácidos grasos libres podrían causar lipotoxicidad. Para evitar esto, las células pueden convertir los ácidos grasos en triacilgliceroles (TAG) neutros, que se almacenan en gotas de lípidos y pueden servir como la forma principal de depósitos de energía <sup>(89)</sup>. Como resultado de todos estos procesos HIF-1 activa la proteína inducible por hipoxia 2 (HIF2), la cual aumenta la acumulación de lípidos tanto en el cáncer como en las células normales <sup>(90)</sup>, los cuales liberarán citoquinas inflamatorias <sup>(91)</sup> y llevando al organismo a un estado de inflamación de bajo grado <sup>(92)</sup>.



Weisberg *et al.* <sup>(93)</sup> encontró que al aumentar los adipocitos, aumenta el número de macrófagos en el tejido adiposo, sobre todo en tejido adiposo subcutáneo en humano <sup>(93)</sup>. Estudios posteriores, demostraron que los macrófagos en el tejido adiposo se agrupan alrededor de los adipocitos que sufren apoptosis en estructuras con forma de corona, lo que sugiere que la eliminación de restos de adipocitos es una función importante de infiltrar macrófagos en individuos obesos, donde se fusionan para formar sincitios que secuestran y eliminan la gota de lípidos de los “adipocitos libres” <sup>(94)</sup>.



## HIF y su relación con la inflamación

El HIF-1 es un factor de transcripción que regula la superposición de genes diana con Glucocorticoides y puede mediar el vínculo entre el estrés oxidativo y el eje HPA <sup>(95,96)</sup>. Ante el avance molecular de las situaciones de estrés e hipoxia surgió en el año 2011 por Eltzschig *et al.* <sup>(97)</sup> la relación que ocurría entre las situaciones de Hipoxia y la inflamación mediados por el Factor de Hipoxia Inducido (HIF). Justificándose de una forma muy contundente la relación entre la activación de HIF y el eje Hipotalamo – Pituitaria – Adrenal <sup>(98)</sup>, hasta tal punto que se ha demostrado que el aumento de la cascada inflamatoria (TNF $\alpha$ ) induce HIF incluso bajo situaciones de normoxia <sup>(99)</sup>, siendo estabilizada por NFKB o de IL – 1 $\beta$  <sup>(100)</sup>.

Las concentraciones de O<sub>2</sub> en el tejido se mantienen típicamente mediante mecanismos homeostáticos que operan a nivel celular, orgánico y sistémico. In vivo, la tensión de O<sub>2</sub> varía entre el 2,5% al 9% en la mayoría de los tejidos sanos. Sin embargo, los tejidos inflamados o enfermos pueden verse privados de O<sub>2</sub> debido al daño vascular, la intensa actividad metabólica de las bacterias y otros patógenos, y un gran número de células infiltrantes, lo que lleva a niveles de O<sub>2</sub> inferiores al 1% <sup>(101)</sup>.

La primera línea defensiva del cuerpo requiere que las células mieloides realicen su función en ambientes hipóxicos para combatir infecciones, mediar en procesos inflamatorios, promover la inmunidad adaptativa y realizar funciones de reparación de tejidos <sup>(101)</sup>. Estas células son únicas porque están bien adaptadas a la hipoxia, tanto metabólica como funcionalmente. Por ejemplo, los neutrófilos operan naturalmente bajo un programa pro-glicolítico, y el bajo O<sub>2</sub> otorga a los neutrófilos una ventaja de supervivencia sobre las condiciones normóxicas <sup>(102)</sup>. Los macrófagos se infiltran específicamente en los tejidos hipóxicos, cambian su programa metabólico a glucólisis, resisten los estímulos apoptóticos y responden a la privación de O<sub>2</sub> al alterar su expresión génica para maximizar sus propiedades biológicas <sup>(103)</sup>.



Un microambiente bajo condiciones limitadas de  $O_2$  parece amplificar las respuestas inflamatorias mediadas por células mieloides, contribuyendo a un estado altamente inflamado. En situaciones de privación de  $O_2$ , muchas respuestas celulares están reguladas principalmente por factores inducibles por hipoxia (HIF). En entornos patológicos que involucran inflamación o procesos de defensa innatos, se requieren HIF para controlar los programas asociados con una amplia gama de funciones de las células mieloides <sup>(102,103)</sup>. Por lo tanto, los HIF son reguladores esenciales de la inflamación y la inmunidad innata.



## Ejercicio físico y su relación con el proceso de inflamación

La actividad física genera cambios en las citoquinas inflamatorias de fase aguda <sup>(63)</sup>, se observó un mayor nivel de nitrato plasmático y urinario (un producto final estable del metabolismo del óxido nítrico) en atletas y no atletas después de dos horas de ejercicio agudo, en comparación con el nivel basal, así como que el ejercicio prolongado induce una reducción en la concentración de óxido nítrico dentro del pulmón que dura varios minutos después del final del ejercicio <sup>(104)</sup>.

Varios estudios han demostrado una respuesta de fase aguda en el ejercicio. Strachan *et al.* <sup>(105)</sup> mostraron una respuesta de fase aguda relacionada con la distancia en el ejercicio, como lo indican las concentraciones de PCR en suero significativamente aumentadas en corredores de larga distancia que compiten en eventos que van de 15 a 88 km, pero solo se observó un pequeño aumento en las concentraciones de PCR después de las carreras de menos de 21 km.

La PCR es un marcador sensible de inflamación sistémica de bajo grado <sup>(106)</sup> y los niveles elevados de PCR en plasma se han asociado con un mayor riesgo de enfermedad coronaria <sup>(107)</sup> en personas que no tienen enfermedad cardiovascular previa. El aumento del nivel de PCR después de un ejercicio prolongado puede indicar una respuesta de fase aguda e inflamación.

La transferrina es una proteína de fase aguda que aumenta después de la inflamación y transporta hierro, junto con la ferritina. El hierro desempeña un papel clave en una serie de procesos celulares, como la síntesis de ADN y el transporte de electrones, y es un componente esencial de la hemoglobina <sup>(108)</sup>. Un estudio no demostró ningún cambio en la transferrina <sup>(109)</sup> después del ejercicio prolongado <sup>(104)</sup>.



Todas estas respuestas que ocurren durante el ejercicio agudo hacen pensar que la actividad física puede ser un mecanismo estresante para el sistema <sup>(44)</sup>, estas respuestas dependerán de la condición física de la persona, ya que se ha demostrado que el estado de condición física determina la respuesta aguda ante el ejercicio.

En el momento que pasen unos minutos tras el estímulo estresante, y suficiente para haber activado el eje HPA, el cuerpo activará la actividad adrenal y aumentará los niveles de cortisol <sup>(110,111)</sup>; este aumento de los niveles de cortisol se producirá de una forma proporcional a la intensidad inducida durante el ejercicio. Sobre todo a intensidades cercanas al 80% de  $VO_{2\text{ máx}}$  implicará una mayor subida de los niveles plasmáticos. Mientras que ejercicio a un 40% de  $VO_{2\text{ máx}}$  no produce aumentos significativos de las concentraciones de cortisol en sangre, pero una vez hechas las correcciones de la reducción del volumen plasmático y analizando los factores circadianos, el ejercicio de baja intensidad en realidad resultó en una reducción en los niveles circulantes de cortisol <sup>(112)</sup>.



Algunos investigadores han realizado estudios para evaluar si el entrenamiento físico está asociado con una reducción de la inflamación, y esto lo han justificado por varias hipótesis:

- ▶ **El ejercicio reduce la masa grasa:** el porcentaje de masa grasa se ha asociado positivamente con varios de los marcadores inflamatorios <sup>(91)</sup>, lo que quiere decir, que si se favorece el descenso de la masa grasa con la actividad física, se asociaría con un descenso de los marcadores inflamatorios <sup>(113-115)</sup>; aunque también existen estudios que reducen los marcadores inflamatorios sin el descenso de la masa grasa <sup>(116,117)</sup>. Lo que confiere a la actividad física un efecto inflamatorio per se, hecho que podría ser discutible al medir solo el IMC en los citados estudios.





- ▶ **El ejercicio reduce la acumulación de macrófagos:** la obesidad se ha asociado con el aumento de macrófagos en el tejido adiposo, y que además éstos son responsables de casi toda la expresión de TNF- $\alpha$  de tejido adiposo y cantidades significativas de expresión de IL-6. El número de macrófagos del tejido adiposo se relaciona de forma proporcional con la obesidad y participa en las vías inflamatorias que se activan en los tejidos adiposos de las personas obesas <sup>(93)</sup>.
- ▶ **La paradoja de la interleucina 6:** El músculo es una fuente importante de la citocina IL-6 durante el ejercicio. Tanto ARNm como los niveles circulantes de IL-6 aumentan con el ejercicio y se correlacionan con el aumento de la expresión del gen IL-6 en células del músculo esquelético después del ejercicio <sup>(118)</sup>. Por otra parte, IL-6 aumenta de forma proporcional a la duración del ejercicio, la intensidad, el número de fibras musculares recuperadas y el nivel de condición física individual. Aunque tradicionalmente se considera una citoquina proinflamatoria, recientemente se ha sugerido que la IL-6 podría tener propiedades antiinflamatorias <sup>(119)</sup>. Así, el mecanismo detrás del efecto antiinflamatorio del ejercicio puede ser, de hecho, un aumento en el nivel de IL-6.
- ▶ **La vía antiinflamatoria colinérgica:** Pavlov *et al.* <sup>(56)</sup> describió la “vía inflamatoria describieron anti colinérgico”. Sugieren que la estimulación del nervio parasimpático sistema, a través del nervio vago eferente, inhibe la liberación de citoquinas proinflamatorias y protege contra la inflamación sistémica, hecho que se produce con la realización de actividad física regular.
- ▶ **El ejercicio como estresor único:** El estrés puede definirse como un estímulo que activa el eje HPA o sistema nervioso simpático para ayudar a un organismo a adaptarse fisiológicamente para enfrentar una amenaza <sup>(49)</sup>. Aunque es paradójico, es probable que el estrés agudo asociado con el ejercicio generalmente conduce a una disminución de la inflamación crónica. Ciertos factores estresantes, como el ejercicio, podría mejorar algunos aspectos de la función inmune al mejorar la capacidad de adaptación del organismo. Se ha demostrado que el aumento de la aptitud aeróbica se asocia con un menor respuesta del eje HPA al estrés psicológico en humanos <sup>(120)</sup>.



## HIF y vitamina C



La degradación de HIF resulta posible gracias a la hidroxilación de uno o de otro de los dos residuos propil16 y se realiza gracias a las prolil-hidroxilasas PHD1, PHD2 o PHD3 <sup>(69-71,121)</sup>, enzimas que actúan como "sensores de oxígeno" en la célula, ya que su actividad catalítica requiere oxígeno como sustrato. Esta degradación del factor de hipoxia inducido se realiza a través de la vía del proteasoma de ubiquitina mediada por el gen VHL, cuyas alteraciones provoca la enfermedad de Von Hippel Lindau (EVHL) que es una mutación heredada, que induce la formación de tumores <sup>(122)</sup>.

En este proceso de degradación existen diferentes genes y está mediado por diferentes sustancias, entre se las que se encuentra el hierro o el ascorbato <sup>(123-127)</sup>. **El ascorbato reduce drásticamente los niveles de HIF1 $\alpha$**  dependiente de un sistema funcional de hidroxilasa, aspecto muy descrito en células cancerosas <sup>(128)</sup>. Aunque se ha encontrado escasos estudios de la degradación de HIF en células sanas en situación de hipoxia <sup>(121,129)</sup> debido al ejercicio físico de alta intensidad, o en situaciones de altitud.



El mecanismo de acción del ascorbato en la degradación de HIF está aún por determinar con exactitud. Aunque se piensa que es posible que el ascorbato actúe para reducir el hierro catalizado en el proceso de separación de la hidroxilasa <sup>(121,124)</sup>. Sin embargo se observan efectos similares con hierro y ascorbato, por lo tanto es posible que el ascorbato funcione de una manera más general para promover la disponibilidad de Fe<sup>2+</sup> <sup>(70)</sup>.

Ante los estudios encontrados <sup>(123,124)</sup> es hipotetizable que en condiciones normales de los tejidos, la actividad HIF-hidroxilasa pueda ser limitada por la disponibilidad de hierro y del ascorbato <sup>(70,123-125)</sup>. Comprender en qué medida esto contribuye a la degradación de los factores de crecimiento inducidos por hipoxia debería ser de interés en futuros estudios. La importancia del rol del ascorbato en la degradación de HIF in vivo está cobrando cada vez mayor importancia <sup>(128)</sup>, además de por su potencial participación en la degradación de la respuesta hipóxica, sino también debido a su posible papel en la reparación de ADN a través de sustancias como la 2-oxoglutarato dependiente de la oxigenasa y sus enzimas relacionadas <sup>(70)</sup>.



## Conclusiones



- ▶ Existe una relación entre las situaciones de hipoxia y la activación de los HIFs, entre las cuales se puede encontrar el ejercicio de alta intensidad.
- ▶ Las respuestas adaptativas del organismo bajo situaciones de aumento de HIFs serían principalmente: aumento del metabolismo anaeróbico, disminución del ciclo del ácido tricarboxílico, aumento de la angiogénesis y aumento de la producción de eritropoyetina, entre otros.
- ▶ La vitamina C ayuda a la hidroxilación de los HIFs, aspecto muy estudiado en células tumorales, pero no tan estudiado en situaciones de actividad física.
- ▶ La Vitamina C actuaría en situaciones de degradación de HIFs. Y esta degradación podría ayudar al rendimiento deportivo.
- ▶ No se conoce con exactitud la cantidad de concentración de ascorbato en sangre para realizar las funciones de hidroxilación de HIF en células musculares tras ejercicio de intensidad.
- ▶ Hace falta mayor investigación en deportistas de élite en el uso del ascorbato para la degradación de HIF, así como cual es el mejor momento de suministrarlo, si previo al ejercicio para tener ascorbato suficiente para la degradación de HIF o con posterioridad al ejercicio de alta intensidad, ya que es necesario situaciones de hipoxia para que el organismo genere adaptaciones al ejercicio físico.





## Artículo 1

Alessio, H. M., Hagerman, A. E., Fulkerson, B. K., Ambrose, J., Rice, R. E., & Wiley, R. L. (2000). Generation of reactive oxygen species after exhaustive aerobic and isometric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9), 1576–1581.

Ardigò, L. P., & Capelli, C. (2012). Energy expenditure during the LANY Footrace 2011 - a case study. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 37(6), 1247–1250.

Axford, R. (2007). *Anatomía y tiro con arco*. Madrid, España: Editorial Tutor.

Broxterman, R. M., Craig, J. C., Smith, J. R., Wilcox, S. L., Jia, C., Warren, S., & Barstow, T. J. (2015). Influence of blood flow occlusion on the development of peripheral and central fatigue during small muscle mass handgrip exercise. *The Journal of physiology*, 593(17), 4043–4054.

González, J.J., & Gorostiaga, E. (2002). Costo energético de los ejercicios isométricos. En González, J.J., & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo* (pp. 116–122). Zaragoza, España: Editorial INDE Publicaciones.

Hammer, S. M., Alexander, A. M., Didier, K. D., & Barstow, T. J. (2020). Influence of blood flow occlusion on muscular recruitment and fatigue during maximal-effort small muscle-mass exercise. *The Journal of physiology*, 598(19), 4293–4306.

Lakie M. (2010). The influence of muscle tremor on shooting performance. *Experimental physiology*, 95(3), 441–450.

Lim I. S. (2018). Comparative analysis of the correlation between anxiety, salivary alpha amylase, cortisol levels, and athletes' performance in archery competitions. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 22(4), 69–74.

Mastin, D. F., Bryson, J., & Corwyn, R. (2006). Assessment of sleep hygiene using the Sleep Hygiene Index. *Journal of behavioral medicine*, 29(3), 223–227. 1

Powers, S. K., & Jackson, M. J. (2008). Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological reviews*, 88(4), 1243–1276.

Savvides, A., DGiannaki, C., Vlahoyiannis, A., S Stavrinou, P., & Aphamis, G. (2020). Effects of Dehydration on Archery Performance, Subjective Feelings and Heart Rate during a Competition Simulation. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 5(3), 67.

Saugen, E., Vøllestad, N. K., Gibson, H., Martin, P. A., & Edwards, R. H. (1997). Dissociation between metabolic and contractile responses during intermittent isometric exercise in man. *Experimental physiology*, 82(1), 213–226.

Shinohara, H., & Urabe, Y. (2018). Analysis of muscular activity in archery: a comparison of skill level. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(12), 1752–1758.

Vøllestad, N. K., Sejersted, O. M., Bahr, R., Woods, J. J., & Bigland-Ritchie, B. (1988). Motor drive and metabolic responses during repeated submaximal contractions in humans. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 64(4), 1421–1427.

World Archery (s.f.). *FITA Coach's Manual Intermediate Level*. Physiological basis of archery module. Recuperado 13 febrero, 2020, de [https://extranet.worldarchery.org/documents/index.php/Coaches/Accreditation/Coaching\\_Levels/Coaching\\_Manual\\_Level2.pdf](https://extranet.worldarchery.org/documents/index.php/Coaches/Accreditation/Coaching_Levels/Coaching_Manual_Level2.pdf)

## Artículo 2

Barwood, M. J. et al. (2020) 'Menthol as an Ergogenic Aid for the Tokyo 2021 Olympic Games: An Expert-Led Consensus Statement Using the Modified Delphi Method', *Sports Medicine*, 50(10), pp. 1709–1727. doi: 10.1007/s40279-020-01313-9.

Best, R. et al. (2021) 'The effect of isolated and combined application of menthol and carbohydrate mouth rinses on 40 km time trial performance, physiological and perceptual measures in the heat', *Nutrients*, 13(12). doi: 10.3390/nu13124309.

Eccles, R. (1994) 'Menthol and related cooling compounds.', *The Journal of pharmacy and pharmacology*, 46(8), pp. 618–630. doi: 10.1111/j.2042-7158.1994.tb03871.x.

Ely, M. R. et al. (2007) 'Impact of weather on marathon-running performance', *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(3), pp. 487–493. doi: 10.1249/mss.0b013e31802d3aba.

Flood, T. R. (2018) *Menthol Use for Performance in Hot Environments*. Available at: [www.acsm-csmr.org](http://www.acsm-csmr.org).

Flood, T. R., Waldron, M. and Jeffries, O. (2017) 'Oral l-menthol reduces thermal sensation, increases work-rate and extends time to exhaustion, in the heat at a fixed rating of perceived exertion', *European Journal of Applied Physiology*, 117(7), pp. 1501–1512. doi: 10.1007/s00421-017-3645-6.

Hodder, S. G. and Parsons, K. (2007) 'The effects of solar radiation on thermal comfort', *International Journal of Biometeorology*, 51(3), pp. 233–250. doi: 10.1007/s00484-006-0050-y.





Jeffries, O., Goldsmith, M. and Waldron, M. (2018) 'l-Menthol mouth rinse or ice slurry ingestion during the latter stages of exercise in the heat provide a novel stimulus to enhance performance despite elevation in mean body temperature', *European Journal of Applied Physiology*, 118(11), pp. 2435–2442. doi: 10.1007/s00421-018-3970-4.

Jeffries, O. and Waldron, M. (2019) 'The effects of menthol on exercise performance and thermal sensation: A meta-analysis', *Journal of Science and Medicine in Sport*. Elsevier Ltd, pp. 707–715. doi: 10.1016/j.jsams.2018.12.002.

McCubbin, A. J. et al. (2020) 'Sports Dietitians Australia position statement: Nutrition for exercise in hot environments', *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 30(1), pp. 83–98. doi: 10.1123/ijsem.2019-0300.

Mündel, T. et al. (2006) 'Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment', *Experimental Physiology*, 91(5), pp. 925–933. doi: 10.1113/expphysiol.2006.034223.

Mündel, T. and Jones, D. A. (2010) 'The effects of swilling an l(-)-menthol solution during exercise in the heat', in *European Journal of Applied Physiology*, pp. 59–65. doi: 10.1007/s00421-009-1180-9.

Podlogar, T. et al. (2021) 'Commercially available carbohydrate drink with menthol fails to improve thermal perception or cycling exercise capacity in males', *European Journal of Sport Science*, pp. 1–9. doi: 10.1080/17461391.2021.1986140.

Riera, F. et al. (2014) 'Physical and perceptual cooling with beverages to increase cycle performance in a tropical climate', *PLoS ONE*, 9(8). doi: 10.1371/journal.pone.0103718.

Stevens, C. J. et al. (2016) 'Running performance and thermal sensation in the heat are improved with menthol mouth rinses but not ice slurry ingestion', *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 26(10), pp. 1209–1216. doi: 10.1111/sms.12555.

Stevens, C. J. et al. (2017) A comparison of mixed-method cooling interventions on preloaded running performance in the heat. Available at: www.nasca.com.

Stevens, C. J., Ross, M. L. R. and Vogel, R. M. (2021) 'Development of a "Cooling" menthol energy gel for endurance athletes: Effect of menthol concentration on acceptability and preferences', *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(1), pp. 40–45. doi: 10.1123/IJSNEM.2020-0190.

Tan, P. M. S. and Lee, J. K. W. (2015) 'The role of fluid temperature and form on endurance performance in the heat', *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(S1), pp. 39–51. doi: 10.1111/sms.12366.

Xu, L. et al. (2020) 'Molecular mechanisms underlying menthol binding and activation of TRPM8 ion channel', *Nature Communications*, 11(1). doi: 10.1038/s41467-020-17582-x.

## Artículo 3

1. Harden A, Zilva SS. The Antiscorbutic Factor in Lemon Juice. *Biochem J*. 1918; 12(3):259–69.

2. Szent-Gyorgyi A. Observations on the function of peroxidase systems and the chemistry of the adrenal cortex: Description of a new carbohydrate derivative. *Biochem J*. 1928;22(6): 1387–409.

3. Svirbely JL, Szent-Gyorgyi A. The chemical nature of vitamin C. *Biochem J*. 1932;26(3):865–70.

4. Gerster H. The role of vitamin C in athletic performance. *J Am Coll Nutr*. 1989 Dec;8(6):636–43.

5. Carpenter K. *The History of Scurvy and Vitamin C*, Kenneth J. Carpenter. 1986. Cambridge University Press, New York. 336 pages. ISBN: 0-521-34773-4. \$34.50. *Bull Sci Technol Soc [Internet]*. 1990 Apr 1;10(2):122–3. Available from: <https://doi.org/10.1177/027046769001000241>

6. Suboticanc-Buzina K, Buzina R, Brubacher G, Sapunar J, Christeller S. Vitamin C status and physical working capacity in adolescents. *Int J Vitam Nutr Res*. 1984;54(1):55–60.

7. Barbany JR, Javierre C. Suplementación en vitamina C y rendimiento deportivo. *Arch Med del Deport*. 2006;23(112):127–41.

8. Nishikimi M, Fukuyama R, Minoshima S, Shimizu N, Yagi K. Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulonogamma-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in man. *J Biol Chem*. 1994 May;269(18):13685–8.

9. Davies MB, Partridge DA, Austin JA. Vitamin C [Internet]. *The Royal Society of Chemistry*; 1991. 1–4 p. (RSC Paperbacks). Available from: <http://dx.doi.org/10.1039/9781847552303>

10. Levine M, Rumsey SC, Daruwala R, Park JB, Wang Y. Criteria and recommendations for vitamin C intake. *JAMA*. 1999 Apr;281(15):1415–23.

11. Kallner A, Hartmann D, Hornig D. On the absorption of ascorbic acid in man. *Int J Vitam Nutr Res*. 1977; 47(4):383–8.

12. Wilson JX. Regulation of vitamin C transport. *Annu Rev Nutr*. 2005; 25:105–25.

13. Welch RW, Wang Y, Crossman AJ, Park JB, Kirk KL, Levine M. Accumulation of vitamin C (ascorbate) and its oxidized metabolite dehydroascorbic acid occurs by separate mechanisms. *J Biol Chem*. 1995 May;270(21):12584–92.

14. Levine M, Conry-Cantilena C, Wang Y, Welch RW, Washko PW, Dhariwal KR, et al. Vitamin C pharmacokinetics in healthy volunteers: evidence for a recommended dietary allowance. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1996 Apr;93(8):3704–9.

15. Kubler W, Gehler J. [Kinetics of intestinal absorption of ascorbic acid. Calculation of non-dosage-dependent absorption processes]. *Int Z Vitaminforsch*. 1970;40(4):442–53.

16. Gropper SAS. *Advanced nutrition and human metabolism*. Sixth edit. Belmont, CA: Wadsworth/Cengage Learning; 2013. 586 p.

17. Fenech M, Amaya I, Valpuesta V, Botella MA. Vitamin C Content in Fruits: Biosynthesis and Regulation. *Front Plant Sci*. 2018;9:2006.

18. Sauberlich H. A history of scurvy and vitamin C. In: Marcel Decker I, editor. *Vitamin C in health and disease*. New York; 1997. p. 1–24.

19. Birmingham B, Shultz JA, Edlefsen M. Evaluation of a Five-A-Day recipe booklet for enhancing the use of fruits and vegetables in low-income households. *J Community Health*. 2004 Feb;29(1):45–62.

20. Basu, T.K. and Schorah CJ. *Vitamin C in Health and Disease*. AVI Pub. Co., editor. Westport; 1982.

21. Schectman G, Byrd JC, Gruchow HW. The influence of smoking on vitamin C status in adults. *Am J Public Health*. 1989 Feb;79(2):158–62.

22. Schectman G. Estimating ascorbic acid requirements for cigarette smokers. *AnnNYAcadSci*. 1993 May;686:335–6.

23. Askew EW. Environmental and physical stress and nutrient requirements. *Am J Clin Nutr*. 1995 Mar;61(3 Suppl):631S-637S.

24. Johnson MB, Thiese SM. A review of overtraining syndrome-recognizing the signs and symptoms. *J Athl Train [Internet]*. 1992;27(4):352–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16558192>



25. Nikolaidis MG, Kerksick CM, Lamprecht M, McNulty SR. Does Vitamin C and E Supplementation Impair the Favorable Adaptations of Regular Exercise? Dal-Pizzol F, editor. *Oxid Med Cell Longev* [Internet]. 2012; 2012:707941. Available from: <https://doi.org/10.1155/2012/707941>
26. Taylor A, Jacques PF, Nadler D, Morrow F, Sulsky SI, Shepard D. Relationship in humans between ascorbic acid consumption and levels of total and reduced ascorbic acid in lens, aqueous humor, and plasma. *Curr Eye Res*. 1991 Aug;10(8):751-9.
27. Taghiyar M, Darvishi L, Askari G, Feizi A, Hariri M, Mashhadi NS, et al. The effect of vitamin C and e supplementation on muscle damage and oxidative stress in female athletes: a clinical trial. *Int J Prev Med* [Internet]. 2013 Apr;4(Suppl 1):S16-23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23717764>
28. Johnston CS. Biomarkers for establishing a tolerable upper intake level for vitamin C. *Nutr Rev*. 1999 Mar;57(3):71-7.
29. Hemila H. Vitamin C may alleviate exercise-induced bronchoconstriction: a meta-analysis. *BMJ Open*. 2013 Jun;3(6).
30. Bendich A, Langseth L. The health effects of vitamin C supplementation: a review. *J Am Coll Nutr*. 1995 Apr;14(2):124-36.
31. Peterkofsky B. Ascorbate requirement for hydroxylation and secretion of procollagen: relationship to inhibition of collagen synthesis in scurvy. *Am J Clin Nutr*. 1991 Dec;54(6 Suppl):1135S-1140S.
32. Omeroglu S, Peker T, Turkozkan N, Omeroglu H. High-dose vitamin C supplementation accelerates the Achilles tendon healing in healthy rats. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009 Feb;129(2):281-6.
33. Yilmaz C, Erdemli E, Selek H, Kinik H, Arikan M, Erdemli B. The contribution of vitamin C to healing of experimental fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2001 Jul;121(7):426-8.
34. Sandukji A, Al-Sawaf H, Mohamadin A, Alrashidi Y, Sheweita SA. Oxidative stress and bone markers in plasma of patients with long-bone fixative surgery: role of antioxidants. *Hum Exp Toxicol*. 2011 Jun;30(6):435-42.
35. Ganta DR, McCarthy MB, Gronowicz GA. Ascorbic acid alters collagen integrins in bone culture. *Endocrinology*. 1997 Sep;138(9):3606-12.
36. Sarisozen B, Durak K, Dincer G, Bilgen OF. The effects of vitamins E and C on fracture healing in rats. *J Int Med Res*. 2002;30(3):309-13.
37. Vaz FM, Wanders RJA. Carnitine biosynthesis in mammals. *Biochem J*. 2002 Feb;361(Pt 3):417-29.
38. Padayatty SJ, Katz A, Wang Y, Eck P, Kwon O, Lee J-H, et al. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *J Am Coll Nutr*. 2003 Feb;22(1):18-35.
39. Davies KJ, Quintanilha AT, Brooks GA, Packer L. Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochem Biophys Res Commun*. 1982 Aug;107(4):1198-205.
40. Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr*. 2000 Aug;72(2 Suppl): 637S-46S.
41. Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev* [Internet]. 2008 Oct;88(4):1243-76. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18923182>
42. Tauler P, Aguilo A, Gimeno I, Fuentespina E, Tur JA, Pons A. Influence of vitamin C diet supplementation on endogenous antioxidant defences during exhaustive exercise. *Pflugers Arch*. 2003 Sep;446(6):658-64.
43. Hemila H. The effect of vitamin C on bronchoconstriction and respiratory symptoms caused by exercise: a review and statistical analysis. *Allergy Asthma Clin Immunol*. 2014;10(1):58.
44. Mastorakos G, Pavlatou M, Diamanti-Kandarakis E, Chrousos GP. Exercise and the stress system. *Hormones (Athens)*. 2005;4(2):73-89.
45. Smith SM, Vale WW. The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress. *Dialogues Clin Neurosci* [Internet]. 2006;8(4):383-95. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17290797>
46. Castro M, Elias LL, Elias PCL, Moreira AC. Physiology and Pathophysiology of the HPA Axis. *Cushing's Syndr*. 2010;1-20.
47. May JM, Qu Z, Meredith ME. Mechanisms of ascorbic acid stimulation of norepinephrine synthesis in neuronal cells. *Biochem Biophys Res Commun* [Internet]. 2012/08/19. 2012 Sep 14; 426(1):148-52. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22925890>
48. Diliberto EJJ, Daniels AJ, Viveros OH. Multicompartmental secretion of ascorbate and its dual role in dopamine beta-hydroxylation. *Am J Clin Nutr*. 1991 Dec;54(6 Suppl):1163S-1172S.
49. Glaser R, Kiecolt-Glaser JK. Stress-induced immune dysfunction: implications for health. Vol. 5, *Nature reviews Immunology*. England; 2005. p. 243-51.
50. Baldwin ASJ. The NF-kappa B and I kappa B proteins: new discoveries and insights. *Annu Rev Immunol*. 1996;14:649-83.
51. Sen R, Baltimore D. Multiple nuclear factors interact with the immunoglobulin enhancer sequences. *Cell* [Internet]. 1986 Aug 29 [cited 2020 Apr 20];46(5):705-16. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0092867486903466>
52. de Koning JJ, Bobbert MF, Foster C. Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. *J Sci Med Sport*. 1999 Oct;2(3):266-77.
53. Bierhaus A, Wolf J, Andrassy M, Rohleder N, Humpert PM, Petrov D, et al. A mechanism converting psychosocial stress into mononuclear cell activation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003 Feb;100(4):1920-5.
54. Pace TWW, Metzko TC, Alagbe O, Musselman DL, Nemeroff CB, Miller AH, et al. Increased stress-induced inflammatory responses in male patients with major depression and increased early life stress. *Am J Psychiatry*. 2006 Sep;163(9):1630-3.
55. Wang F, Cai H, Zhao Q, Xing T, Li J, Wang N. Epinephrine evokes reninase secretion via alpha-adrenoceptor/NF-kappaB pathways in renal proximal tubular epithelial cells. *Kidney Blood Press Res*. 2014;39(4):252-9.



56. Pavlov VA, Tracey KJ. The cholinergic anti-inflammatory pathway. *Brain Behav Immun.* 2005 Nov;19(6):493–9.

57. Kraemer WJ, Fleck SJ, Callister R, Shealy M, Dudley GA, Maresh CM, et al. Training responses of plasma beta-endorphin, adrenocorticotropin, and cortisol. *Med Sci Sports Exerc.* 1989 Apr;21(2):146–53.

58. Hyypä MT, Aunola S, Kuusela V. Psychoendocrine responses to bicycle exercise in healthy men in good physical condition. *Int J Sports Med.* 1986 Apr;7(2):89–93.

59. Fernandez-Garcia B, Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL, Rodríguez-Alonso M, Bandres F, et al. The response of sexual and stress hormones of male pro-cyclists during continuous intense competition. *Int J Sports Med.* 2002 Nov;23(8):555–60.

60. Simpson RJ, Kunz H, Agha N, Graff R. Exercise and the Regulation of Immune Functions. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2015;135:355–80.

61. Keast D, Cameron K, Morton AR. Exercise and the immune response. *Sports Med.* 1988 Apr;5(4):248–67.

62. Shinkai S, Watanabe S, Asai H, Shek PN. Cortisol response to exercise and post-exercise suppression of blood lymphocyte subset counts. *Int J Sports Med.* 1996 Nov;17(8):597–603.

63. Suzuki K, Totsuka M, Nakaji S, Yamada M, Kudoh S, Liu Q, et al. Endurance exercise causes interaction among stress hormones, cytokines, neutrophil dynamics, and muscle damage. *J Appl Physiol.* 1999 Oct;87(4):1360–7.

64. Wang GL, Semenza GL. Purification and characterization of hypoxia-inducible factor 1. *J Biol Chem.* 1995 Jan;270(3):1230–7.

65. Zhang Q, Yan Q, Yang H, Wei W. Oxygen sensing and adaptability won the 2019 Nobel Prize in Physiology or medicine. *Genes Dis [Internet].* 2019 Oct 19;6(4):328–32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31832511>

66. Formenti F, Constantin-Teodosiu D, Emmanuel Y, Cheeseman J, Dorrington KL, Edwards LM, et al. Regulation of human metabolism by hypoxia-inducible factor. *Proc Natl Acad Sci U S A [Internet].* 2010/06/28. 2010 Jul 13;107(28):12722–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20616028>

67. Semenza GL. Life with oxygen. *Science.* 2007 Oct;318(5847):62–4.

68. Poellinger L, Johnson RS. HIF-1 and hypoxic response: the plot thickens. *Curr Opin Genet Dev.* 2004 Feb;14(1):81–5.



69. Wagner Grau P. El factor HIF-1 inducido por la hipoxia y la sensibilidad al oxígeno: Rol del hierro intracelular. Vol. 28, *Acta Médica Peruana*. scielo; 2011. p. 163–8.

70. Schofield CJ, Ratcliffe PJ. Oxygen sensing by HIF hydroxylases. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2004 May;5(5):343–54.

71. Boulahbel H, Durán R V, Gottlieb E. Prolyl hydroxylases as regulators of cell metabolism. *Biochem Soc Trans.* 2009 Feb;37(Pt 1):291–4.

72. Dery M-AC, Michaud MD, Richard DE. Hypoxia-inducible factor 1: regulation by hypoxic and non-hypoxic activators. *Int J Biochem Cell Biol.* 2005 Mar;37(3):535–40.

73. Semenza GL. Regulation of oxygen homeostasis by hypoxia-inducible factor 1. *Physiology (Bethesda).* 2009 Apr;24:97–106.

74. Lum JJ, Bui T, Gruber M, Gordan JD, DeBerardinis RJ, Covello KL, et al. The transcription factor HIF-1 $\alpha$  plays a critical role in the growth factor-dependent regulation of both aerobic and anaerobic glycolysis. *Genes Dev [Internet].* 2007/04/16. 2007 May 1;21(9):1037–49. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17437992>

75. Lee DC, Sohn HA, Park Z-Y, Oh S, Kang YK, Lee K-M, et al. A lactate-induced response to hypoxia. *Cell.* 2015 Apr;161(3):595–609.

76. Lappin TR, Lee FS. Update on mutations in the HIF: EPO pathway and their role in erythrocytosis. *Blood Rev.* 2019 Sep;37:100590.

77. Ratcliffe PJ. HIF-1 and HIF-2: working alone or together in hypoxia? *J Clin Invest [Internet].* 2007 Apr;117(4):862–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17404612>.

78. Richardson RS, Duteil S, Wary C, Wray DW, Hoff J, Carlier PG. Human skeletal muscle intracellular oxygenation: the impact of ambient oxygen availability. *J Physiol [Internet].* 2006/01/05. 2006 Mar 1;571(Pt 2):415–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16396926>

79. Richardson RS, Noyszewski EA, Kendrick KF, Leigh JS, Wagner PD. Myoglobin O<sub>2</sub> desaturation during exercise. Evidence of limited O<sub>2</sub> transport. *J Clin Invest.* 1995 Oct;96(4):1916–26.

80. Goda N, Kanai M. Hypoxia-inducible factors and their roles in energy metabolism. *Int J Hematol.* 2012 May;95(5):457–63.

81. Semenza GL. HIF-1, O<sub>2</sub>, and the 3 PHDs: How Animal Cells Signal Hypoxia to the Nucleus. *Cell [Internet].* 2001 Oct 5 [cited 2020 Apr 20];107(1):1–3. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867401005189>



82. Kim J, Tchernyshov I, Semenza GL, Dang C V. HIF-1-mediated expression of pyruvate dehydrogenase kinase: a metabolic switch required for cellular adaptation to hypoxia. *Cell Metab.* 2006 Mar;3(3):177–85.
83. Zhang H, Gao P, Fukuda R, Kumar G, Krishnamachary B, Zeller KI, et al. HIF-1 inhibits mitochondrial biogenesis and cellular respiration in VHL-deficient renal cell carcinoma by repression of C-MYC activity. *Cancer Cell.* 2007 May;11(5):407–20.
84. Larsen FJ, Schiffer TA, Ortenblad N, Zinner C, Morales-Alamo D, Willis SJ, et al. High-intensity sprint training inhibits mitochondrial respiration through aconitase inactivation. *FASEB J Off Publ Fed Am Soc Exp Biol.* 2016 Jan;30(1):417–27.
85. Fukuda R, Zhang H, Kim J, Shimoda L, Dang C V, Semenza GL. HIF-1 regulates cytochrome oxidase subunits to optimize efficiency of respiration in hypoxic cells. *Cell.* 2007 Apr;129(1):111–22.
86. Pescador N, Villar D, Cifuentes D, Garcia-Rocha M, Ortiz-Barahona A, Vazquez S, et al. Hypoxia promotes glycogen accumulation through hypoxia inducible factor (HIF)-mediated induction of glycogen synthase 1. *PLoS One.* 2010 Mar;5(3):e9644.
87. Narravula S, Colgan SP. Hypoxia-inducible factor 1-mediated inhibition of peroxisome proliferator-activated receptor alpha expression during hypoxia. *J Immunol.* 2001 Jun;166(12):7543–8.
88. Mylonis I, Simos G, Paraskeva E. Hypoxia-Inducible Factors and the Regulation of Lipid Metabolism. *Cells* [Internet]. 2019 Mar 3;8(3):214. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30832409>
89. Wang H, Airola M V, Reue K. How lipid droplets “TAG” along: Glycerolipid synthetic enzymes and lipid storage. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids.* 2017 Oct;1862(10 Pt B):1131–45.
90. Gimm T, Wiese M, Teschemacher B, Deggerich A, Schodel J, Knaup KX, et al. Hypoxia-inducible protein 2 is a novel lipid droplet protein and a specific target gene of hypoxia-inducible factor-1. *FASEB J Off Publ Fed Am Soc Exp Biol.* 2010 Nov;24(11):4443–58.
91. Fantuzzi G. Adipose tissue, adipokines, and inflammation. *J Allergy Clin Immunol.* 2005 May;115(5):911–9; quiz 920.
92. Escobar-Morreale HF, Villuendas G, Botella-Carretero JL, Sancho J, San Millan JL. Obesity, and not insulin resistance, is the major determinant of serum inflammatory cardiovascular risk markers in pre-menopausal women. *Diabetologia.* 2003 May;46(5):625–33.
93. Weisberg SP, McCann D, Desai M, Rosenbaum M, Leibel RL, Ferrante AWJ. Obesity is associated with macrophage accumulation in adipose tissue. *J Clin Invest.* 2003 Dec;112(12):1796–808.
94. Cinti S, Mitchell G, Barbatelli G, Murano I, Ceresi E, Faloia E, et al. Adipocyte death defines macrophage localization and function in adipose tissue of obese mice and humans. *J Lipid Res.* 2005 Nov;46(11):2347–55.
95. Majmundar AJ, Wong WJ, Simon MC. Hypoxia-inducible factors and the response to hypoxic stress. *Mol Cell.* 2010 Oct;40(2):294–309.
96. Vettori A, Greenald D, Wilson GK, Peron M, Facchinello N, Markham E, et al. Glucocorticoids promote Von Hippel Lindau degradation and Hif-1a stabilization. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2017/08/29. 2017 Sep 12;114(37):9948–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28851829>
97. Eltzschig HK, Carmeliet P. Hypoxia and inflammation. *N Engl J Med* [Internet]. 2011 Feb 17;364(7):656–65. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21323543>
98. Harrell CS, Rowson SA, Neigh GN. Pharmacological stimulation of hypoxia inducible factor-1 $\alpha$  facilitates the corticosterone response to a mild acute stressor. *Neurosci Lett* [Internet]. 2015/05/29. 2015 Jul 23;600:75–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26037418>
99. Jung Y, Isaacs JS, Lee S, Trepel J, Liu Z-G, Neckers L. Hypoxia-inducible factor induction by tumour necrosis factor in normoxic cells requires receptor-interacting protein-dependent nuclear factor kappa B activation. *Biochem J.* 2003 Mar;370(Pt 3):1011–7.
100. Jung Y-J, Isaacs JS, Lee S, Trepel J, Neckers L. IL-1 $\beta$ -mediated up-regulation of HIF-1 $\alpha$  via an NF $\kappa$ B/COX-2 pathway identifies HIF-1 as a critical link between inflammation and oncogenesis. *FASEB J Off Publ Fed Am Soc Exp Biol.* 2003 Nov;17(14):2115–7.
101. Lewis JS, Lee JA, Underwood JC, Harris AL, Lewis CE. Macrophage responses to hypoxia: relevance to disease mechanisms. *J Leukoc Biol.* 1999 Dec;66(6):889–900.
102. Walmsley SR, Print C, Farahi N, Peyssonnaud C, Johnson RS, Cramer T, et al. Hypoxia-induced neutrophil survival is mediated by HIF-1 $\alpha$ -dependent NF- $\kappa$ B activity. *J Exp Med.* 2005 Jan;201(1):105–15.
103. Cramer T, Yamanishi Y, Clausen BE, Forster I, Pawlinski R, Mackman N, et al. HIF-1 $\alpha$  is essential for myeloid cell-mediated inflammation. *Cell.* 2003 Mar;112(5):645–57.
104. Kazeem A, Olubayo A, Ganiyu A. Plasma Nitric Oxide and Acute Phase Proteins after Moderate and Prolonged Exercises. *Iran J Basic Med Sci* [Internet]. 2012 Jan;15(1):602–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23492862>
105. McConkey B. C reactive protein concentrations during long distance running. *Br Med J (Clin Res Ed)* [Internet]. 1984 Dec 15;289(6459):1696. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6439381>





106. Pearson TA, Mensah GA, Alexander RW, Anderson JL, Cannon RO 3rd, Criqui M, et al. Markers of inflammation and cardiovascular disease: application to clinical and public health practice: A statement for healthcare professionals from the Centers for Disease Control and Prevention and the American Heart Association. *Circulation*. 2003 Jan;107(3):499–511.
107. Ridker PM, Rifai N, Rose L, Buring JE, Cook NR. Comparison of C-reactive protein and low-density lipoprotein cholesterol levels in the prediction of first cardiovascular events. *N Engl J Med*. 2002 Nov;347(20):1557–65.
108. LaManca JJ, Haymes EM. Effects of iron repletion on VO<sub>2</sub>max, endurance, and blood lactate in women. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1993 Dec;25(12):1386–1392. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/8107547>
109. Strachan AF, Noakes TD, Kotzenberg G, Nel AE, de Beer FC. C reactive protein concentrations during long distance running. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1984 Nov;289(6454):1249–51.
110. Davies CT, Few JD. Effects of exercise on adrenocortical function. *J Appl Physiol*. 1973 Dec;35(6):887–91.
111. Eliakim A. Endocrine Response to Exercise and Training-Closing the Gaps. *Pediatr Exerc Sci*. 2016 May;28(2):226–32.
112. Hill EE, Zack E, Battaglini C, Viru M, Viru A, Hackney AC. Exercise and circulating Cortisol levels: The intensity threshold effect. *J Endocrinol Invest* [Internet]. 2008;31(7):587–91. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF03345606>
113. Ryan AS, Nicklas BJ. Reductions in plasma cytokine levels with weight loss improve insulin sensitivity in overweight and obese postmenopausal women. *Diabetes Care*. 2004 Jul;27(7):1699–705.
114. Esposito K, Pontillo A, Di Palo C, Giugliano G, Masella M, Marfella R, et al. Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women: a randomized trial. *JAMA*. 2003 Apr;289(14):1799–804.
115. Vozarova B, Weyer C, Hanson K, Tataranni PA, Bogardus C, Pratley RE. Circulating interleukin-6 in relation to adiposity, insulin action, and insulin secretion. *Obes Res*. 2001 Jul;9(7):414–7.
116. Nicklas BJ, You T, Pahor M. Behavioural treatments for chronic systemic inflammation: effects of dietary weight loss and exercise training. *CMAJ*. 2005 Apr;172(9):1199–209.
117. Borodulin K, Laatikainen T, Salomaa V, Jousilahti P. Associations of leisure time physical activity, self-rated physical fitness, and estimated aerobic fitness with serum C-reactive protein among 3,803 adults. *Atherosclerosis*. 2006 Apr;185(2):381–7.
118. Bruunsgaard H. Physical activity and modulation of systemic low-level inflammation. *J Leukoc Biol*. 2005 Oct;78(4):819–35.
119. Keller P, Keller C, Carey AL, Jauffred S, Fischer CP, Steensberg A, et al. Interleukin-6 production by contracting human skeletal muscle: autocrine regulation by IL-6. *Biochem Biophys Res Commun*. 2003 Oct;310(2):550–4.
120. Traustadottir T, Bosch PR, Matt KS. The HPA axis response to stress in women: effects of aging and fitness. *Psychoneuroendocrinology*. 2005 May;30(4):392–402.
121. Traber MG, Stevens JF. Vitamins C and E: Beneficial effects from a mechanistic perspective. *Free Radic Biol Med* [Internet]. 2011;51(5):1000–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2011.05.017>
122. Jaakkola P, Mole DR, Tian YM, Wilson MI, Gielbert J, Gaskell SJ, et al. Targeting of HIF- $\alpha$  to the von Hippel-Lindau ubiquitylation complex by O<sub>2</sub>-regulated prolyl hydroxylation. *Science* (80-). 2001;292(5516):468–72.
123. Vissers MCM, Gunningham SP, Morrison MJ, Dachs GU, Currie MJ. Modulation of hypoxia-inducible factor-1  $\alpha$  in cultured primary cells by intracellular ascorbate. *Free Radic Biol Med*. 2007 Mar;42(6):765–72.
124. Flashman E, Davies SL, Yeoh KK, Schofield CJ. Investigating the dependence of the hypoxia-inducible factor hydroxylases (factor inhibiting HIF and prolyl hydroxylase domain 2) on ascorbate and other reducing agents. *Biochem J*. 2010 Mar;427(1):135–42.
125. Miles SL, Fischer AP, Joshi SJ, Niles RM. Ascorbic acid and ascorbate-2-phosphate decrease HIF activity and malignant properties of human melanoma cells. *BMC Cancer* [Internet]. 2015 Nov 7;15:867. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26547841>
126. Kupari M, Rapola J. Reversible pulmonary hypertension associated with vitamin C deficiency. *Chest*. 2012 Jul;142(1):225–7.





127. Li SH, Ryu JH, Park SE, Cho YS, Park JW, Lee WJ, et al. Vitamin C supplementation prevents testosterone-induced hyperplasia of rat prostate by down-regulating HIF-1 $\alpha$ . *J Nutr Biochem* [Internet]. 2010;21(9):801–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnutbio.2009.06.004>
128. Knowles HJ, Raval RR, Harris AL, Ratcliffe PJ. Effect of ascorbate on the activity of hypoxia-inducible factor in cancer cells. *Cancer Res*. 2003 Apr;63(8):1764–8.
129. Pattinson KTS, Sutherland AI, Smith TG, Dorrington KL, Wright AD. Acute mountain sickness, vitamin C, free radicals, and HIF-1 $\alpha$ . Vol. 16, *Wilderness & environmental medicine. United States*; 2005. p. 172–3.
130. Caruana H, Marshall JM. Effects of modest hyperoxia and oral vitamin C on exercise hyperaemia and reactive hyperaemia in healthy young men. *Eur J Appl Physiol*. 2015 Sep;115(9):1995–2006.
131. Mariacher C, Gatterer H, Greilberger J, Djukic R, Greilberger M, Philippe M, et al. Effects of antioxidant supplementation on exercise performance in acute normobaric hypoxia. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2014 Apr;24(2):227–35.
132. Aguilo A, Monjo M, Moreno C, Martinez P, Martinez S, Tauler P. Vitamin C supplementation does not influence plasma and blood mononuclear cell IL-6 and IL-10 levels after exercise. *J Sports Sci*. 2014;32(17):1659–69.
133. Yfanti C, Fischer CP, Nielsen S, Akerstrom T, Nielsen AR, Veskoukis AS, et al. Role of vitamin C and E supplementation on IL-6 in response to training. *J Appl Physiol*. 2012 Mar;112(6):990–1000.
134. Rossman MJ, Groot HJ, Reese V, Zhao J, Amann M, Richardson RS. Oxidative stress and COPD: the effect of oral antioxidants on skeletal muscle fatigue. *Med Sci Sports Exerc*. 2013 Jul;45(7):1235–43.
135. Roberts LA, Beattie K, Close GL, Morton JP. Vitamin C consumption does not impair training-induced improvements in exercise performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011 Mar;6(1):58–69.
136. Ranadive SM, Joyner MJ, Walker BG, Taylor JL, Casey DP. Effect of vitamin C on hyperoxia-induced vasoconstriction in exercising skeletal muscle. *J Appl Physiol*. 2014 Nov;117(10):1207–11.
137. Limberg JK, Kellawan JM, Harrell JW, Johansson RE, Eldridge MW, Proctor LT, et al. Exercise-mediated vasodilation in human obesity and metabolic syndrome: effect of acute ascorbic acid infusion. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2014 Sep;307(6):H840–7.
138. Richards JC, Crecelius AR, Larson DG, Dinunno FA. Acute ascorbic acid ingestion increases skeletal muscle blood flow and oxygen consumption via local vasodilation during graded handgrip exercise in older adults. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2015 Jul;309(2):H360–8.
139. Romero SA, Ely MR, Sieck DC, Luttrell MJ, Buck TM, Kono JM, et al. Effect of antioxidants on histamine receptor activation and sustained postexercise vasodilatation in humans. *Exp Physiol*. 2015 Apr;100(4):435–49.
140. Crecelius AR, Kirby BS, Voyles WF, Dinunno FA. Nitric oxide, but not vasodilating prostaglandins, contributes to the improvement of exercise hyperemia via ascorbic acid in healthy older adults. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2010 Nov;299(5):H1633–41.
141. Chou C-C, Sung Y-C, Davison G, Chen C-Y, Liao Y-H. Short-Term High-Dose Vitamin C and E Supplementation Attenuates Muscle Damage and Inflammatory Responses to Repeated Taekwondo Competitions: A Randomized Placebo-Controlled Trial. *Int J Med Sci*. 2018;15(11):1217–26.
142. Choi K-M, Hoon KM, Won HT, Kim J-D, Park K duck, Kim M-Y, et al. Comparative bioavailability of synthetic vitamin C and Nutra-C (calcium ascorbate) in Korean healthy volunteers. *Anal Sci Technol*. 2016;29(4):162–9.
143. Lundby C, Calbet JAL, Robach P. The response of human skeletal muscle tissue to hypoxia. *Cell Mol Life Sci*. 2009;66(22):3615–23.
144. Abe T, Kitaoka Y, Kikuchi DM, Takeda K, Numata O, Takemasa T. High-intensity interval training-induced metabolic adaptation coupled with an increase in Hif-1 $\alpha$  and glycolytic protein expression. *J Appl Physiol*. 2015;119(11):1297–302.
145. Favier FB, Britto FA, Freysenet DG, Bigard XA, Benoit H. HIF-1-driven skeletal muscle adaptations to chronic hypoxia: Molecular insights into muscle physiology. *Cell Mol Life Sci*. 2015;72(24):4681–96.
146. Lindholm ME, Rundqvist H. Skeletal muscle hypoxia-inducible factor-1 and exercise. *Exp Physiol*. 2016;101(1):28–32.
147. Paschalis V, Theodorou AA, Kyparos A, Dipla K, Zafeiroidis A, Panayiotou G, et al. Low vitamin C values are linked with decreased physical performance and increased oxidative stress: reversal by vitamin C supplementation. *Eur J Nutr*. 2016 Feb;55(1):45–53.
148. Braakhuis AJ. Effect of vitamin C supplements on physical performance. *Curr Sports Med Rep*. 2012;11(4):180–4.

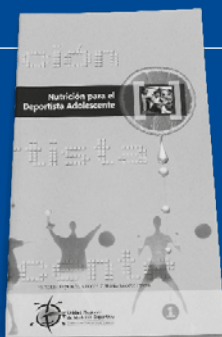


## ► Monografías

### Nº 1 NUTRICIÓN PARA EL DEPORTISTA ADOLESCENTE

**Editores: Ángeles M. Patterson  
Nicolás Terrados Cepeda**

Eduardo Iglesias  
Ángeles M. Patterson  
Xabier Leibar  
Nicolás Terrados



- **CAP.1** NECESIDADES NUTRICIONALES Y HÁBITOS ALIMENTICIOS DE LOS ADOLESCENTES. GENERALIDADES
- **CAP.2** INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN DEPORTIVA: EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL Y LOS HÁBITOS ALIMENTICIOS DE FUTBOLISTAS ADOLESCENTES ASTURIANOS
- **CAP.3** ANEMIAS NUTRICIONALES
- **CAP.4** RECOMENDACIONES NUTRICIONALES Y CONSEJOS PRÁCTICOS

### Nº 2 ACTUALIZACIONES EN EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

**Editor: Nicolás Terrados Cepeda**

Benjamín Fernández García  
Nicolás Terrados Cepeda  
Dionisio Alonso Curiel  
Juan M. del Campo Vecino  
Ricardo Rodríguez Suárez  
Daniel Alonso Curiel



- **CAP.1** METABOLISMO ENERGÉTICO DE LOS DEPORTES DE RESISTENCIA
- **CAP.2** ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE LARGA DURACIÓN
- **CAP.3** LA RESISTENCIA EN BALONCESTO
- **CAP.4** EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN EL FÚTBOL MODERNO
- **CAP.5** DE LA INICIACIÓN ATLÉTICA AL ALTO RENDIMIENTO EN LA PRUEBA DE MARATÓN: UNA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO



# 46

## ▶ Revistas



### Nº1 \_\_\_\_\_

- ▶ EJERCICIO FÍSICO PARA LA SALUD DE LOS ADULTOS  
Nicolás Terrados Cepeda / Javier Pérez-Landaluce  
Benjamín Fernández García
- ▶ NUEVOS ASPECTOS DEL METABOLISMO ENERGÉTICO  
Y DE LA FATIGA EN DEPORTES DE LARGA DURACIÓN  
Nicolás Terrados Cepeda / Javier Pérez-Landaluce  
Benjamín Fernández García

### Nº2 \_\_\_\_\_

- ▶ EJERCICIO FÍSICO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES. LA FUERZA  
Javier Pérez-Landaluce / Raquel Ortolano Ríos  
Benjamín Fernández García / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ RESPUESTAS Y ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO  
DE ALTA INTENSIDAD: APLICACIONES AL ENTRENAMIENTO  
Benjamín Fernández García / Javier Pérez-Landaluce  
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ ANTIOXIDANTES Y DEPORTE  
Dr. Juan Carlos Bango Melcón

### Nº3 \_\_\_\_\_

- ▶ LA ACTIVIDAD FÍSICA EN EDAD ESCOLAR.  
SU RELACIÓN CON LA SALUD  
Javier Rodríguez Ordax / Sara Márquez Rosa  
Serafín de Abajo Olea / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ CICLO MENSTRUAL Y DEPORTE  
María Luisa Ruiz Fernández / Luis María Gutiérrez Glez.
- ▶ EJERCICIO FÍSICO DURANTE EL EMBARAZO  
María Esther Álvarez Cueto

### Nº4 \_\_\_\_\_

- ▶ MEDICINA DEPORTIVA APLICADA A DEPORTES DE EQUIPO (BALONCESTO)  
Antonio Tramullas
- ▶ EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN EL FÚTBOL MODERNO  
Ricardo Rodríguez Suárez
- ▶ NUTRICIÓN Y FÚTBOL: NECESIDADES NUTRICIONALES  
Y PRÁCTICAS DIETÉTICAS RECOMENDADAS  
Eduardo Iglesias / Ángeles M Patterson
- ▶ NOVEDADES EN GENÉTICA Y EJERCICIO  
Raquel Ortolano Ríos / Nicolás Terrados Cepeda

### Nº5 \_\_\_\_\_

- ▶ EL ESQUÍ ALPINO. ACONDICIONAMIENTO FÍSICO  
PREVIO AL INICIO DE LA TEMPORADA  
Javier Pérez-Landaluce López
- ▶ ACTUALIZACIONES SOBRE LA ACIDOSIS LÁCTICA  
Y EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO  
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ OBESIDAD Y EJERCICIO. METABOLISMO DE LA GRASA DURANTE EL EJERCICIO  
Nicolás Terrados Cepeda

### Nº6 \_\_\_\_\_

- ▶ CARGAS DE TRABAJO SALUDABLES EN EL DEPORTE  
Y APLICACIÓN DE LA GENÉTICA  
María Ramos Bueno / Tania Fernández González  
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL TENIS DE COMPETICIÓN  
Jaime Fernández Fernández / Alberto Méndez Villanueva  
Babette Pluim / Nicolás Terrados Cepeda







# 47

## Nº7

- ▶ **IMPORTANCIA DEL EJERCICIO FÍSICO EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE CIERTAS PATOLOGÍAS**  
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **METABOLISMO DEL BALONCESTO**  
Nicolás Terrados Cepeda / Enrique Salinas  
Julio Calleja
- ▶ **AYUDAS ERGOGÉNICAS NATURALES EN LA SALUD Y EL RENDIMIENTO DEPORTIVO. UTILIZACIÓN DE SUBSTANCIAS TAMPÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DEPORTIVO**  
Manuel Rodríguez Alonso
- ▶ **PAPEL DE LA FISIOTERAPIA EN LA RECUPERACIÓN DEL DEPORTISTA**  
Tania Fernández González

## Nº8

- ▶ **NIÑOS, EJERCICIO, OBESIDAD Y ESTILO DE VIDA**  
Javier Pérez Landaluce
- ▶ **ANEMIAS NUTRICIONALES**  
Xabier Leibar
- ▶ **EL EJERCICIO FÍSICO COMO FUENTE DE SALUD EN EL NIÑO Y EL ADULTO**  
Nicolás Terrados Cepeda

## Nº9

- ▶ **ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE MEDIO URBANO**  
Hernández L. A. / Ferrando J. A. / Quílez J.  
Aragonés M. / Terreros J. L.
- ▶ **NUEVOS EFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO Y DEL ENTRENAMIENTO EN LOS FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EMERGENTES**  
Gracia Valcárcel Piedra / Nicolás Terrados Cepeda  
Rafael Venta Obaya
- ▶ **ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ÉXITO ASOCIADOS AL ENTRENAMIENTO DE LA CONDICIÓN FÍSICA EN EL BALONCESTO MODERNO**  
Julio Calleja-González / Argia Langarika Rokafort  
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **EL CORE. LA ESTABILIDAD LUMBOPÉLVICA EN EL DEPORTISTA**  
Belén Fernández Alonso

## Nº10

- ▶ **INTRODUCCIÓN AL ENTRENAMIENTO EN CICLISMO**  
Yago Alcalde
- ▶ **ACTUALIZACIÓN SOBRE LOS BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA PARA LA SALUD**  
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **CONSIDERACIONES PARA EL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ALTURA EXTREMA Y PERFIL DEL DEPORTISTA**  
Gaizca Mejuto

## Nº11

- ▶ **EXIGENCIA EN BALONCESTO: CARGA EXTERNA E INTERNA**  
Xavi Schelling i del Alcázar
- ▶ **DEMANDA FÍSICA DEL BADMINTON EN CATEGORÍA JUNIOR**  
Francisco Félix Álvarez Dacal
- ▶ **BASES COMUNES PARA LA RECUPERACIÓN DEL JUGADOR EN DEPORTES DE EQUIPO**  
Nicolás Terrados Cepeda / Julio Calleja-González
- ▶ **REFLEXIONES DESPUÉS DE LOS JUEGOS OLÍMPICOS DE LONDRES 2012**  
Nicolás Terrados Cepeda / Julio Calleja-González  
Xabier Leibar Mendarte

## Nº12

- ▶ **APLICACIÓN DE LA CUANTIFICACIÓN Y CONTROL DE LA CARGA EN EL FÚTBOL, PARA LA RECUPERACIÓN DEL FUTBOLISTA**  
Ramón Moré García / Álvaro Vázquez García
- ▶ **ACTUALIZACIÓN SOBRE EL METABOLISMO ANAERÓBICO**  
Nicolás Terrados Cepeda  
Francisco Sánchez Sotomayor
- ▶ **EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 EN LA RECUPERACIÓN MUSCULAR**  
Juan Martínez Fernández



# 48

Nº13

- ▶ **PLATOS Q-RING - BUSCANDO LA PEDALADA PERFECTA**  
José Luis de Santosa
- ▶ **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD**  
Luis Camacho Mateo
- ▶ **HIDROXIMETILBUTIRATO Y SU POSIBLE APLICACIÓN DEL DEPORTE A LA SALUD**  
Sergio Martínez López

Nº14

- ▶ **ASMA INDUCIDA POR EL EJERCICIO. CUIDADOS DE ENFERMERÍA Y FISIOTERAPIA**  
Pedro Luis del Mazo Tomé / Belén Fernández Alonso
- ▶ **EFFECTOS DEL CALOR AMBIENTAL EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD**  
Juan Andrés Jiménez Luna / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **LOS MONITORES DEPORTIVOS DE LA FUNDACIÓN DEPORTIVA MUNICIPAL DE AVILÉS ANTE LA PARADA CARDÍACA**  
Coral Castro Cuervo / Tatiana Cuartas Álvarez  
Rafael Castro Delgado / Pedro Arcos González
- ▶ **LAS TÉCNICAS DE HIDROCINESITERAPIA EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA RECUPERACIÓN**  
Ana Amelia Menéndez Bernardo
- ▶ **LAS GRASAS COMO APORTE ENERGÉTICO DURANTE EL EJERCICIO**  
Alberto Mourinho Cabaleiro / Nicolás Terrados Cepeda

Nº15

- ▶ **EL TENIS DESDE UN PUNTO DE VISTA FÍSICO Y FISIOLÓGICO**  
Iago Hermida Beneitez
- ▶ **LAS AYUDAS ERGOGÉNICAS DEPORTIVAS Y LA PROBLEMÁTICA DE SU CONTAMINACIÓN**  
Juan Ruiz López
- ▶ **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO ELECTROESTIMULADO**  
Marta Fernández Troyano
- ▶ **EL METODO HALLIWICK, UNA FORMA ESPECÍFICA DE TERAPIA EN EL AGUA**  
Ana Amelia Menéndez Bernardo

Nº16

- ▶ **ANÁLISIS DE LA FATIGA DEL CROSSFIT Y SUS MÉTODOS DE RECUPERACIÓN**  
Jorge Méndez Almeida / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **EL DAÑO MUSCULAR INDUCIDO POR EL EJERCICIO Y LAS "AGUJETAS": MECANISMOS DE PRODUCCIÓN, MANIFESTACIONES Y RELACIÓN CON LA FATIGA Y LA GENÉTICA**  
Diego Marqués-Jiménez / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **MECANISMOS DE REGULACIÓN ÁCIDO-BÁSICA DURANTE EJERCICIO FÍSICO INTENSO Y MÉTODOS PRÁCTICOS PARA MAXIMIZAR SU EFICACIA**  
Eneko Castañeda Etxebarria / Nicolás Terrados Cepeda

Nº17

- ▶ **EFFECTOS EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDO FOSFÁTICO**  
Miguel Sanjuán Otero / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **WATSU; UNA NUEVA FORMA DE TRABAJO EN EL AGUA**  
Ana Amelia Menéndez Bernardo
- ▶ **MARCADORES INFLAMATORIOS Y MITOCONDRIALES RELACIONADOS CON EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA**  
Alberto Mourinho Cabaleiro / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **EFFECTOS DE LA DIETA VEGANA EN EL ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**  
Ana Amelia Menéndez Bernardo



## Nº18

- ▶ EFECTO DE LAS EPICATEQUINAS SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD  
Hugo Gámir Ríos
- ▶ REHABILITACIÓN DE LA MUSCULATURA ISQUIOTIBIAL EN FUTBOLISTAS  
Bárbara Camblor García
- ▶ COMPOSICIÓN CORPORAL EN EL FÚTBOL  
Iñaki Uncetabarrenechea Urdangarin
- ▶ ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL ESQUÍ DE MONTAÑA  
Lide Leibar Eraso

## Nº19

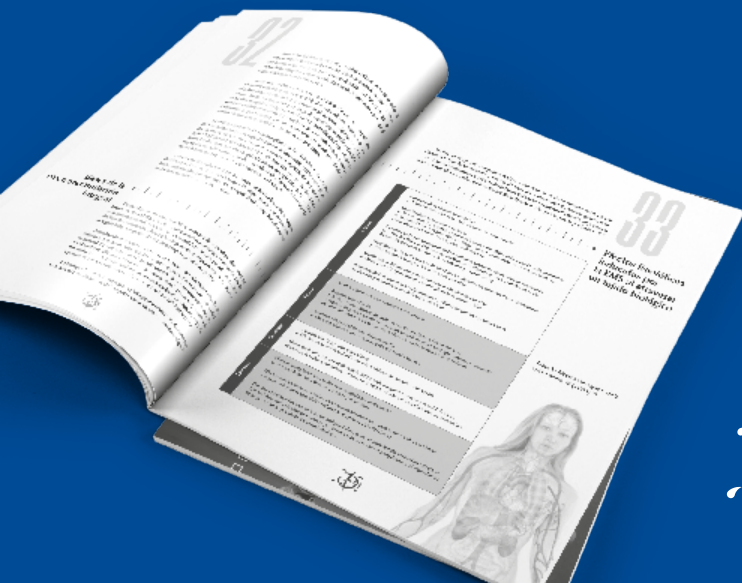
- ▶ LA VITAMINA D Y SU IMPORTANCIA PARA LOS DEPORTISTAS  
Adenis Manrique Betancourt
- ▶ EL YOGA COMO MÉTODO PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS SÍNTOMAS DE LA FIBROMIALGIA  
Susana Pulgar Muñoz
- ▶ COVID-19, EJERCICIO FÍSICO PARA MEJORAR LA INMUNIDAD  
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ VITAMINA C Y RENDIMIENTO DEPORTIVO  
Javier Morán Tiesta

## Nº20

- ▶ POSIBLES BENEFICIOS FISIOLÓGICOS DEL ENTRENAMIENTO EN AMBIENTE CALUROSO Y DEL ENTRENAMIENTO COMBINADO DE CALOR Y ALTURA MODERADA  
Iker Baztarrika Prieto
- ▶ ENTRENAMIENTO DE FUERZA APLICADO AL CICLISMO DE ALTO RENDIMIENTO  
Oscar Martínez Castro / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ LA ACTIVIDAD FÍSICA EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA OSTEOPOROSIS  
Adenis Manrique Betancourt
- ▶ REHABILITAR EN EL AGUA CON EL MÉTODO DE LOS ANILLOS DE BAD RAGAZ (BRRM)  
Ana Amelia Menéndez Bernardo

## Nº21

- ▶ MECANISMOS DE FATIGA EN EL TIRO CON ARCO  
Dr. Álvaro González Miranda
- ▶ INGESTA DE MENTOL Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SENSACIÓN TÉRMICA  
Guillem Vizcaíno Muñoz
- ▶ VITAMINA C Y SU INFLUENCIA EN EL FACTOR DE CRECIMIENTO INDUCIDO POR LA HIPOXIA  
Javier Morán Tiesta









CON EL DEPORTE,  
de toda  
la vida



**FDM**  
avilés



---

# DEPORTE ASTURIANO

---

GOBIERNO DEL  
PRINCIPADO DE ASTURIAS

---

[www.asturias.es/deporteasturiano](http://www.asturias.es/deporteasturiano)