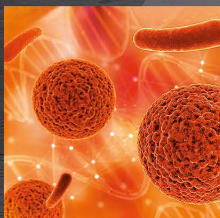
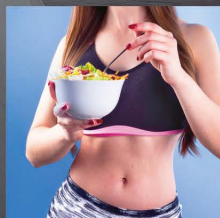


DAVO

Nº 17 • FEBRERO 2019

DEPORTE, SALUD Y ENTRENAMIENTO



REUNIÓN GRUPO
"AVILÉS" 2018

02

SUPLEMENTACIÓN
CON ÁCIDO
FOSFATÍDICO

06

WATSU, NUEVA
FORMA DE TRABAJO
EN EL AGUA

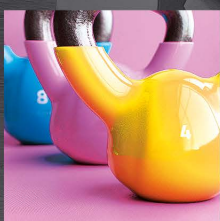
16

MARCADORES
INFLAMATORIOS Y
MITOCONDRIALES

24

DIETA VEGANA
EN EL ALTO
RENDIMIENTO

36



GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Y CULTURA



FUNDACIÓN
DEPORTIVA MUNICIPAL
Ayuntamiento de Avilés



Unidad Regional
de Medicina Deportiva
GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS

Qué bien
nos sientan
los 40



SUMARIO

01



	Editorial. ▶	02	05
Efectos en el rendimiento deportivo de la suplementación con ácido fosfatídico. ▶		06	15
Watsu; una nueva forma de trabajo en el agua. ▶		16	23
Marcadores inflamatorios y mitocondriales relacionados con el entrenamiento de fuerza. ▶		24	34
Efectos de la dieta vegana en el alto rendimiento deportivo. ▶		35	49
Bibliografía. ▶		50	55

Edita: CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN Y CULTURA.
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: GRÁFICAS SUMMA
Imprime: GRÁFICAS SUMMA

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





Conclusiones de la reunión de trabajo del Grupo "Avilés" 2018

Los días 12 y 13 de Noviembre de 2018 en el Palacio de Ferrera de Avilés tuvo lugar la Reunión del Grupo de Trabajo "Avilés" dentro de las VII Jornadas "Deporte y Salud" 2018.

La organización corrió a cargo de **Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AESPAD). Dirección General de Deportes del Principado de Asturias y la Fundación Deportiva Municipal de Avilés a través de la Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias.** Bajo la dirección de Jose Luis Terreros y Nicolás Terrados.

Los temas a debatir fueron:

- ▶ Plan de Apoyo al Deportista de Alto Rendimiento.
- ▶ La problemática de los reconocimientos medico deportivos.
- ▶ La función de los centros de medicina deportiva en la promoción y la prescripción del ejercicio en patologías.

Además, gracias a esta reunión, tuvo lugar la reactivación del citado grupo que se reunió por última vez en junio de 2013.

Asistentes



Asistencia exclusivamente de miembros del Grupo de Trabajo Avilés; Directores médicos de los Centros de Medicina Deportiva oficiales (comunidades autónomas y centros nacionales). Responsables médicos de CAR, CEAR, CTD y CETD. Representantes médicos de centros de medicina deportiva de entidades locales.

Estuvieron representados: CAR Sant Cugat del Vallés, CAR Sierra Nevada, CAR de León, Centro Andaluz de Medicina del Deporte, CRMD Castilla y León, CMD Comunidad de Madrid, Consell Catalá de l'Esport, CMD AEPSAD Madrid, CMD Gobierno de Aragón, CTD Getxo País Vasco, CRMD de Cantabria, URMD del Principado de Asturias GMD Consell Insular de Menorca, CTD Logroño, CGTD Centro Galego de Tecnificación Deportiva, CTD de Trasona Asturias, CMD Ayuntamiento de Rivas, GMD Ayuntamiento de Miranda de Ebro, SMD Puerto de la Cruz, SMD Ayuntamiento de Alcobendas, AEPSAD y CSD.





Programa

► “Introducción a las Jornadas”.

Dr. Jose Luis Terreros. *Director de la AEPSAD.*

► “Plan de Apoyo a la Salud en el Deporte”.

Dra. Carmen Arnaudas. *Médico Especialista en Medicina de la EF y del Deporte. AEPSAD.*

► “Posibilidades de colaboración e investigación”.

Alfonso Beltrán García-Echániz. *Subdirector General ISCIII (Instituto de Salud Carlos III) y Director General de FIPSE (Fundación para la Innovación y la Prospectiva en Salud en España).*

► “Apoyo médico al deportista de alto rendimiento, desde el Centro de Medicina Deportiva de la AEPSAD”.

D. Jesús Mardarás Arrúe. *Subdirector de Promoción e Innovación Deportiva del CSD.*
Dr. Fernando Gutiérrez. *Director del Centro Medicina Deportiva de la AEPSAD.*

► Debate general:

Saul Craviotto. *Medallista olímpico.*
Miguel García. *Entrenador de equipo olímpico.*

► “La problemática de los reconocimientos medico deportivos”.

Panel de discusión entre los asistentes.
Moderadora: Leocricia Jiménez López. *Directora del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD).*

► “Programas de promoción/prescripción de actividad física/ejercicio físico desde los Centros de Medicina Deportiva a los de Atención Primaria. Situación actual”.

Descripción de las iniciativas de diferentes centros: Cataluña, Menorca, Alcobendas y Asturias.

► Debate entre los asistentes y propuestas de colaboración.





Finalmente se elaboraron las siguientes **conclusiones**:

- ▶ 1. **El Grupo Avilés manifiesta la necesidad de mantener la celebración de estas jornadas con periodicidad anual.**

Parece imprescindible que, en el modelo administrativo y deportivo español, los responsables de la medicina del deporte de ámbito estatal, de las Comunidades Autónomas (CCAA), locales y de los Centros de Alto Rendimiento y Tecnificación, mantengan su colaboración y que el Grupo Avilés se constituya como Red de Centros capaz de canalizar las informaciones y propuestas entre los profesionales responsables de la Medicina del Deporte en las administraciones.

La colaboración debe mantenerse a pesar de las dificultades, y las administraciones nacionales y autonómicas deben responsabilizarse de ello.

- ▶ 2. **El Grupo Avilés conoce y está de acuerdo en la necesidad de redactar e implantar el Plan de Apoyo a la Salud en el Deporte por parte de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEPSAD) y el Consejo Superior de Deportes (CSD).**

Este Plan debe desarrollar los artículos 41 a 50 del Cap. III de la Ley Orgánica 3/2013 de Protección de la Salud del deportista y lucha contra el Dopaje en la actividad deportiva (LOPSD).

El Grupo acepta la propuesta por parte de la AEPSAD, en constituirse como grupo de expertos para el desarrollo de dicho Plan.

- ▶ 3. **El Grupo Avilés insta a la AEPSAD y al CSD a que desarrolle el artículo 46 de la LOPSD de 2013, sobre Reconocimientos Médicos para la práctica del Deporte.**

Para ello propone la revisión del Documento **Sistema de reconocimientos médicos para la práctica del deporte** elaborado por la Subcomisión de Protección de la Salud de la Comisión de Control y Seguimiento de la Salud y el Dopaje, actualizado por la Sociedad Española de Medicina del Deporte.

Una vez revisado este documento por el Grupo Avilés, la Sociedad Española de Medicina del Deporte y otros expertos, insta a la Administración a que aborde la regulación de Reconocimientos Medico-deportivos obligatorios dentro de su ámbito de competencias (expedición de licencias deportivas nacionales o autonómicas homologadas para las CCAA).



Todo este proceso se ha de poner en marcha de un modo progresivo y con un estudio de impacto económico y administrativo. Se deben contemplar los diferentes niveles deportivos, los tipos de actividad y las especialidades deportivas.

El Grupo Avilés se pone a disposición de la Administración como grupo de expertos en Medicina del Deporte.

- 4. **El Grupo Avilés recuerda el impacto positivo de planes y estrategias de promoción de la Actividad Física Beneficiosa para la Salud (AFBS), como el Plan A+D del CSD, por ello pide al CSD y a la AEPSAD que vuelva a diseñar, desarrollar e implementar acciones en este sentido, además haciéndolo en una aproximación colaborativa, tal y como recomienda la Organización Mundial de la Salud.**

El Grupo Avilés pone a disposición de la Administración los ejemplos de buenas prácticas en Prescripción de Actividad Física a través de la Medicina del Deporte, con evidencias de mejora significativas de la salud y de muy importante ahorro económico, como un elemento muy importante en esta estrategia.

- 5. **El Grupo Avilés manifiesta el interés y la necesidad de fomentar la Investigación en materia de Medicina del Deporte.**

Necesidad de reimplantar y mantener convocatorias específicas de investigación en materia de deporte y medicina del deporte, bien en los Planes Nacionales I+D o bien propias y específicas de la AEPSAD-CSD, dado el impacto positivo que tienen para el deporte.

- 6. **El Grupo Avilés manifiesta su preocupación por las dificultades que viene experimentando la formación especializada en Medicina del Deporte desde hace ya muchos años.**

Entiende que el mantenimiento de la especialidad es imprescindible para que el Deporte Español cumpla sus objetivos como actividad saludable y para obtener el rendimiento del ámbito deportivo que hasta ahora ha tenido.

La reunión sirvió como lugar de encuentro, discusión e intercambio de conocimientos, así como de problemáticas e iniciativas de los distintos participantes. Dada la gran utilidad de la misma se considera la necesidad de continuar con estas reuniones como mínimo de forma anual.



EFECTOS EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDO FOSFATÍDICO

- ▶ Introducción
- ▶ Fuentes consultadas
- ▶ Resultados
- ▶ Resumen final

Introducción ◀

Miguel Sanjuán Otero ⁽¹⁾
Nicolás Terrados Cepeda ⁽²⁾

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ⁽¹⁾
DE LA EDUCACIÓN FÍSICA Y DEL
DEPORTE. UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO DE MURCIA.

UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA DEPORTIVA ⁽²⁾
DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. FUNDACIÓN
DEPORTIVA MUNICIPAL DE AVILÉS.



EN EL DEPORTE DE ÉLITE LOS PEQUEÑOS FACTORES PUEDEN DETERMINAR EL RESULTADO DE LAS COMPETICIONES. ESTO HACE QUE MUCHOS DEPORTISTAS RECURRAN A ÍNFIMOS DETALLES PARA INTENTAR SUPERAR A SUS RIVALES O LOGRAR SUS OBJETIVOS, COMO POR EJEMPLO LOS SUPLEMENTOS DEPORTIVOS. OCURRE SIN EMBARGO QUE LA SUPLEMENTACIÓN PUEDE NO MEJORAR EL RENDIMIENTO Y LLEGAR A TENER UN EFECTO PERJUDICIAL TANTO EN EL RENDIMIENTO COMO EN LA SALUD. A PESAR DE ELLO, SE CALCULA QUE ENTRE EL 40% Y EL 100% DE LOS ATLETAS GENERALMENTE USAN SUPLEMENTOS DEPORTIVOS, DEPENDIENDO DEL TIPO DE DEPORTE, EL NIVEL DE COMPETENCIA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUPLEMENTOS.⁽¹⁾

Para evitar llegar a ese punto de un consumo de sustancias inservibles o incluso perjudiciales, ha sido necesaria una correcta interpretación de los resultados en diferentes estudios que ensayaron con múltiples suplementos y confirmaron su validez y utilidad. Entre los más utilizados para la mejora del rendimiento deportivo se incluyen la creatina⁽²¹⁾, la cafeína⁽²²⁾, el zumo de remolacha⁽²³⁾ y la beta-alanina⁽²⁴⁾.



Algunos de ellos han pasado por la lista de sustancias prohibidas de la AMA, como ocurrió con la cafeína, o no son empleados más habitualmente por falsas contraindicaciones, caso en el que se incluye la creatina y los supuestos daños renales que provoca, lo que nos indica que incluso los suplementos que tienen una evidencia científica detrás desde hace años todavía son vistos con recelo en algunos sectores.

	A	B	C
ENDURANCE	CAFFEINE CARBOHYDRATE GELS/DRINKS BETA-ALANINE BEETROOT JUICE SODIUM BICARB/CITRATE ANTIOXIDANTS	TAURINE CHERRY ACTIVE L-CARNITINE	EPHEDRINE METHYLHAXANEMINE HERBAL SUPPLEMENTS CITRULINE MALATE L-ARGININE SYNEPHRINE
STRENGTH/SIZE	CREATINE PROTEIN	LEUCINE BCAAs	ZMA ANYTHING 'ANABOLIC' TESTOSTERONE BOOSTERS HERBAL SUPPLEMENTS COLOSTRUM
HEALTH	PROBIOTICS ELECTROLYTES VITAMIN D	VITAMIN C MULTI VITAMIN GLUCOSAMINE QUERCETIN GLUTAMINE FISH OIL COLLAGEN	MAGNESIUM HERBAL SUPPLEMENTS

Imagen 1. **A)** Las sustancias con un alto respaldo científico; **B)** las que tienen una moderada o creciente evidencia; **C)** las que no presentan evidencias científicas o están prohibidas por la AMA. **Close et al. (2016).**

En este cuadro no se incluye el ácido beta-hidroxi-beta-metilbutirato (HMB), aunque en el estudio de **Close** y sus colaboradores sí que aparece como una sustancia en creciente uso, mostrando que con su suplementación se han logrado interesantes resultados⁽²⁷⁾.

Entre los nuevos suplementos que están teniendo una importante repercusión en los últimos años se incluye, con una presencia cada vez mayor entre los deportistas, el ácido fosfatídico⁽²⁵⁾.

Sobre el ácido fosfatídico, encontramos una baja cantidad de información. Empieza a ser bastante habituales en los entornos del culturismo, pero tiene estudios que apoyan su uso para el rendimiento deportivo, como veremos posteriormente.

El ácido fosfatídico (AF) es un suplemento que mejora especialmente el ambiente anabólico celular, mejorando la síntesis proteica y, en consecuencia, la hipertrofia muscular, de ahí su uso entre los culturistas. Sin embargo existen datos que respaldan su uso para aumentar también el rendimiento deportivo al mejorar la composición corporal y la fuerza de los sujetos suplementados.

Este suplemento ha sido escogido a raíz del estudio de **Close y colaboradores**⁽²⁵⁾ en el que analiza los nuevos suplementos y estrategias nutricionales para mejorar el rendimiento deportivo. El objetivo de este estudio es realizar un trabajo de revisión sobre los posibles usos que tienen el ácido fosfatídico sobre diferentes tipos de deportistas.





Fuentes consultadas



Para la realización de este trabajo se han consultados las siguientes fuentes de información:

- ▶ a) Página web del “National Center for Biotechnology Information” (NCBI).
- ▶ b) Página web de Researchgate.
- ▶ c) Página web de “Independent Analysis on Supplements & Nutrition”.
- ▶ d) Biblioteca virtual de la Universidad de la Coruña.
- ▶ e) Biblioteca de la facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de la Coruña.

Resultados



Para analizar la utilidad de la suplementación con ácido fosfatídico (AF) se han analizado los resultados de cuatro estudios, además de la lectura de otros artículos relacionados para obtener una mayor y mejor información.

En primer lugar expliquemos qué es el ácido fosfatídico. La señalización de la vía *mTOR*, conocida también como la “diana de rapamicina en células de mamífero”, es activada con aminoácidos, insulina y factores de crecimiento, afectada por otro lado por la deficiencia de nutrientes o energía. Es la encargada del crecimiento celular, papel clave en la fisiología celular, relacionada por tanto con la síntesis proteica y, en consecuencia, con la hipertrofia⁽²⁾.

El ácido fosfatídico es un lípido a partir del que se forman los fosfoglicéridos, que son unos fosfolípidos que forman parte esencial de la membrana celular. Actúa justamente en el nivel descrito en el párrafo anterior, activando esta vía que dará lugar a una cascada de segundos mensajeros mejorando el ambiente anabólico, por lo que sería interesante ver el efecto de la suplementación con PA sobre la masa muscular en condiciones catabólicas, comunes en ancianos como son la caquexia o la sarcopenia en un enfoque de salud, y en deportistas especializados en fuerza si miramos hacia el objetivo del aumento del rendimiento deportivo. Existe un pequeño número de estudios llevados a cabo con hombres entrenados en esta disciplina, los cuales sugieren que la suplementación con AP podría ser una estrategia dietética útil para aumentar la masa muscular y posiblemente la fuerza en esta población, aunque la investigación de los efectos del AF sobre la degradación de proteínas musculares es actualmente muy limitada y su relevancia práctica sigue siendo desconocida⁽³⁾.



Hoffman y col. (2012) publican uno de los primeros artículos sobre los efectos del AF⁽⁴⁾. Aquí se sugiere que el AF puede aumentar la respuesta de señalización cuando la mTOR se activa con el ejercicio, lo cual proporciona una hipótesis interesante de que la ingestión de AF, en combinación con un programa de entrenamiento de la fuerza, puede estimular ganancias potencialmente mayores en la fuerza muscular y el crecimiento que el entrenamiento de la fuerza en solitario.

Veinte hombres entrenados en trabajo con cargas (al menos 1 año de experiencia en capacitación) se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo y medidas repetidas. Ninguno de los sujetos eran atletas competitivos de fuerza / potencia, pero todos los sujetos se dedicaban actualmente al levantamiento de pesas recreativo que incluía el uso de los ejercicios de sentadilla y press de banca. Se solicitó a los sujetos que no usen ningún suplemento dietético anabólico ni medicamentos para aumentar los músculos y/o el rendimiento.

Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos de tratamiento, 750 mg de ácido fosfatídico (PA, 23.1 ± 4.4 y, 176.7 ± 6.7 cm, 86.5 ± 21.2 kg) ó 750 mg de harina de arroz, que sirvió como placebo (PL; 22.5 ± 2.0 y ; 179.8 ± 5.4 cm; 89.4 ± 13.6 kg). Un total de 7 sujetos permanecieron en el grupo PA y 9 sujetos en el grupo PL. Tanto el suplemento de AF (Mediator™) como el PL estaban en forma de cápsula y tenían una apariencia similar. Los sujetos recibieron una asignación semanal de cápsula, consumiendo cinco cápsulas de cualquiera del tratamiento una vez por día *ad libitum*, conteniendo cada una de ellas 150 mg de AF o PL.

Ambos grupos realizaron la misma rutina de 4 días por semana, dividiendo el programa de entrenamiento de fuerza durante 8 semanas. Los sujetos debían realizar el ejercicio con el 70% de su 1-RM para todos los ejercicios. La carga para los ejercicios de asistencia fue autodeterminada por el sujeto, pero se les requirió usar una carga que les permitiese realizar un 10-12 RM. Se requirió un período de descanso de 90 segundos entre cada serie, para todos los ejercicios, entre los cuales destacaban como principales la sentadilla y el press banca.



Un estudio posterior plantea objetivos similares. Buscando comparar los efectos de varios precursores de PA y fosfolípidos en su capacidad para estimular la señalización de mTOR, así como su capacidad para aumentar los cambios inducidos por el entrenamiento de fuerza en la composición corporal y el rendimiento, el estudio de **Joy y col. (2014)** recoge los resultados del análisis a 28 sujetos entrenados en fuerza (21 ± 3 años, 77 ± 4 kg, 176 ± 9 cm)⁽⁵⁾. En una primera fase de la investigación se estimularon las células de mioblastos C2C12 con diferentes fosfolípidos y precursores de fosfolípidos derivados de fuentes de soja y huevo. En la segunda fase los sujetos consumieron 750 mg de PA diarios o un placebo, tomando parte cada uno de ellos en un programa de entrenamiento de fuerza periodizado de 8 semanas de duración, con 3 entrenamientos semanales. Las medidas de 1 RM press de piernas y press de banca, tejido libre de grasa (LBM), masa grasa, masa total y la sección del área transversal del músculo recto anterior (CSA) se tomaron cuidadosamente antes y después del protocolo de fuerza, siendo divididos por igual en los grupos suplementados con AF o placebo (PLA).





Dos semanas antes y durante todo el estudio, los sujetos fueron sometidos a una dieta que constaba de un 25% de proteínas, 50% de carbohidratos y 25% de grasas realizada por un dietista registrado que se especializó en nutrición deportiva. Los sujetos se reunieron en grupo con el dietista y se les dieron planes de comidas individuales al comienzo del estudio. El total diario de calorías fue determinado por la ecuación de Harris Benedict y rastreado por registros semanales para garantizar su cumplimiento. El grupo AF recibió 750 mg de PA derivado de soja (Mediator®) por día, mientras que el grupo PLA recibió 750 mg de harina de arroz, cada uno administrado en 5 cápsulas visualmente idénticas. En los días de entrenamiento, los participantes consumieron 450 mg de su respectivo suplemento 30 minutos antes de la sesión y 300 mg inmediatamente después. En los días de descanso, los participantes consumieron 450 mg de su respectivo suplemento con el desayuno y los 300 mg restantes con la cena.

En el estudio de **Andre y col. (2016)** se intentó determinar los efectos de ocho semanas de entrenamiento de fuerza (EF) combinados con suplementos de ácido fosfatídico a una dosis de 250 mg o 375 mg en la composición corporal y el tamaño y la fuerza muscular⁽⁶⁾, una ingesta menor a la planteada en los dos artículos anteriores. Veintiocho hombres con experiencia en el entrenamiento de fuerza fueron asignados aleatoriamente para ingerir 375 mg (AF375, 9 participantes) o 250 mg (AF250, 9 participantes) de AF o 375 mg de placebo (PLC, 10 participantes) diariamente durante los 2 meses antes especificados.

Utilizando un diseño doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo, los participantes recibieron instrucciones de no utilizar ningún suplemento dietético anabólico o medicamentos conocidos por aumentar la masa muscular y/o el rendimiento. Los procedimientos de la prueba incluyeron la recopilación de registros dietéticos y pruebas de la composición corporal, el análisis de la sección transversal del recto femoral (RF CSA) para la masa muscular y la fuerza muscular. Las dietas de los participantes no estaban estandarizadas y se les indicó que no cambiaran sus hábitos dietéticos normales durante el curso del estudio.

Tanto el AF (Mediator™) como PL estaban en forma de cápsula e idénticos en tamaño, forma, color y textura. A los participantes se les proporcionó la totalidad de las cápsulas de suplemento en las que se envasaron las dosis diarias en bolsas individuales. Los participantes debían consumir tres cápsulas de placebo o de AF una vez al día 60 minutos antes del entrenamiento de fuerza y con la cena en días sin sesión.



Como hemos observado, la evidencia científica ha publicado hasta ahora los efectos del AF y el entrenamiento con cargas suplementando a los deportistas con Mediator™. ¿Existen, por tanto, artículos que estudien los efectos de otros suplementos de AF? Escalante y col (2016) selecciona en un estudio a dieciocho varones sanos entrenados en la fuerza, los cuales fueron asignados aleatoriamente a un primer grupo que consumió MaxxTOR® (MT), un suplemento que contiene AF como principal ingrediente activo, pero que también contiene otras sustancias de señalización sinérgica de mTOR, como L-Leucina, Beta-Hidroxi-Beta-Metilbutirato (HMB) y Vitamina D3, y a un segundo grupo que consumió un placebo (PLA).

Para determinar los efectos de MT, los participantes fueron evaluados con una repetición máxima (1RM) de fuerza de la pierna (LP), 1RM de fuerza de press de banca (BP), flexiones hasta el fallo (PU), salto vertical (V), tiempo en un circuito de agilidad (AG), potencia máxima (P), masa corporal magra (LBM), masa grasa (FM) y masa muscular de la pierna (TMM). Los sujetos fueron colocados y monitorizados con una dieta isocalórica que constaba de un 25% proteínas, 50% carbohidratos y 25% de grasa por un dietista profesional⁽⁷⁾.

Del estudio de **Hoffman y col (2012)** se resume que, en sujetos jóvenes entrenados en fuerza, una combinación de un entrenamiento de estas características de al menos 4 días por semana con una ingesta diaria de 750 mg de AF durante 8 semanas parece ofrecer al atleta un beneficio bastante probable en la mejora de la fuerza y uno muy probable en el aumento del tejido magro⁽⁴⁾.

El aumento en el 1-RM sentadilla muestra un beneficio probable del consumo de AF en el aumento de la fuerza del tren inferior. Los sujetos que ingerían AF demostraron un aumento del 12.7% de fuerza en sentadilla, mientras que los sujetos que consumieron PL mostraron una mejora del 9.3%. Las mejoras en press de banca (1-RM) fueron del 5.1% y del 3.3% en AF y PL, respectivamente, por lo que las mejoras de la fuerza en el tren superior del cuerpo en los sujetos que consumen AF no fueron tan evidentes como en el caso del tren inferior. Las diferencias en los cambios en la arquitectura muscular entre AF y PL tampoco fueron claras. Sin embargo, parece muy probable que la suplementación con AF sea más beneficiosa para aumentar la masa corporal magra (aumento del 2,6%) que sin ella o con un placebo (un cambio del 0,1%).

MAGNITUDE BASED INFERENCES ON STRENGTH, MUSCLE ARCHITECTURE AND BODY COMPOSITION CHANGES BETWEEN GROUPS.

PA vs.PL	MEAN DIFFERENCE	CLINICAL INFERENCE	% BENEFICIAL/ POSITIVE	% NEGLIGIBLE/ TRIVIAL	% HARMFUL/ NEGATIVE
1-RM BENCH PRESS (KG)	2.38	UNCLEAR	63.5	0	36.5
1-RM SQUAT (KG)	4.31	LIKELY	88	4.8	7.2
VASTUS LATERALIS THICKNESS (CM)	.007	UNCLEAR	0.25	99.5	0.25
VASTUS LATERALIS PENNATION ANGLE (°)	.79	UNCLEAR	26	18.2	55.8
BODY MASS (KG)	.006	UNCLEAR	72	18	10.1
BODY FAT (KG)	-14.5	UNCLEAR	50.5	0	49.5
LEAN BODY MASS (KG)	1.6	VERY LIKELY	96.4	0.7	2.9

Imagen 2. Diferencias en los resultados de suplementados con AF y placebo del estudio de **Hoffman y col. (2012)**.



Por el mismo terreno se encamina el artículo redactado por **Joy y col. (2014)**, el cual recoge los resultados del análisis a un mayor número de sujetos entrenados en fuerza⁽⁵⁾ que en el caso previo.

Los resultados muestran que en la fase uno diferentes precursores derivados de la soja y el huevo estimularon la señalización de mTOR, y que, dentro de éstos, los efectos de la soja fueron significativamente mayores que los del huevo. En la fase dos, por otro lado, la suplementación con PA aumentó significativamente la masa corporal magra (+2.4 kg), el área de la sección transversal (+1.0 cm) y la fuerza de la pierna (+51.9 kg) sobre la suplementación con placebo. De estos resultados se extrae que la AF activa significativamente la mTOR y mejora las respuestas en la hipertrofia del músculo esquelético, la masa corporal magra y la fuerza máxima para el rendimiento en especialidades de altas demandas de fuerza.

Sin embargo, como indican **Shad y col. (2015)** en un artículo que analiza los estudios de **Hoffman y Joy**, en el primero existe una limitación importante tanto en la ausencia de control sobre la toma del AF en relación al entrenamiento de fuerza, la falta de supervisión en el propio entrenamiento de fuerza y la pequeña muestra que se analiza (16 sujetos), lo cual podría haber enmascarado la potencial diferencia entre el grupo suplementado con AF y el grupo placebo, pues muestra peores resultados que los reflejados en el segundo estudio, el cual sí tuvo una supervisión del entrenamiento, el “timing” de la toma del AF con respecto a la sesión de fuerza fue controlada y la muestra era mayor (28 sujetos) que en el estudio de **Hoffman**, mostrando más diferencias positivas entre el grupo suplementado y el grupo placebo⁽⁸⁾.

Los resultados con dosis inferiores a los 750 mg de suplementación con AF, marcados por los estudios de **Hoffman y Joy**, parecen ser menos concluyentes, como indica el estudio de **Andre y col. (2016)**, dónde se estudian los efectos del consumo de AF con unas dosis de 375 mg 250 mg o 375 mg de placebo⁽⁶⁾.

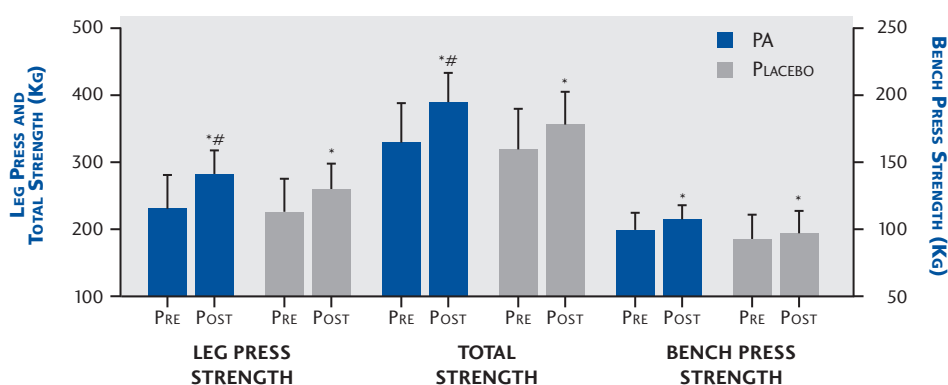


Imagen 3. Cambios observados en el rendimiento en los ejercicios de empuje de piernas (sentadilla) y press banca entre los sujetos suplementados con ácido fosfatídico (PA) y los no suplementados (placebo). **Joy y col. (2014).**



Las diferencias entre los grupos AF375 y AF250 determinan que existe un posible efecto en las mejoras de masa magra, así como un probable efecto sobre el incremento de la masa corporal total, el área de sección transversal del recto femoral y la fuerza muscular, y las que podrían existir entre los dos grupos suplementados y el grupo PLC, dónde se observa un impacto probable de aumento de la masa corporal, masa magra y de el área de sección transversal del recto femoral y, muy probablemente, una influencia en el aumento de la fuerza del tren inferior. Dichas diferencias, sin embargo, no producen un efecto diferencial con respecto al grupo de PLC, lo que hace pensar que las dosis de 375 y 250 mg diarios de AF son insuficientes para la mejora en estos términos.

El último artículo referenciado en el apartado de AF es el estudio de Escalante (2016), en el que se exponen los resultados de la ingesta de MaxxTOR® (MT), un suplemento que contiene AF como principal ingrediente activo, pero que también contiene otras sustancias de señalización sinérgica de mTOR, como L-Leucina, Beta-Hidroxi-Beta-Metilbutirato (HMB) y Vitamina D3⁽⁷⁾. El proyecto seleccionó a dieciocho varones sanos entrenados en la fuerza, los cuales fueron asignados aleatoriamente a un primer grupo que consumió MT y a un segundo grupo que consumió un placebo (PLA). Para determinar los efectos de MT, los participantes fueron evaluados con una repetición máxima (1RM) de fuerza de la pierna (LP), 1RM de fuerza de press de banca (BP), flexiones hasta el fallo (PU), salto vertical (VJ), tiempo en un circuito de agilidad (AG), potencia máxima (P), masa corporal magra (LBM), masa grasa (FM) y masa muscular de la pierna (TMM). Los sujetos fueron colocados y monitorizados con una dieta isocalórica que constaba de un 25% proteínas, 50% carbohidratos y 25% de grasa por un dietista profesional.

MEANS ($\pm$ STANDARD DEVIATIONS) FOR THE CRITERION VARIABLES FOR EACH GROUP.

VARIABLE	VARIABLES	PA375	PA250	PLC	TIME, $p \leq$	GROUP X TIME, $p \leq$
DAY 0	BODY MASS (KG)	75.5 (10.2)	84.6 (14.5)	77.9 (12.7)		
	BODY WATER (KG)	44.2 (3.3)	47.4 (4.8)	45.5 (5.2)		
	LEAN MASS (KG)	56.2 (5.8)	62.5 (8.3)	58.9 (9.7)		
	FAT MASS (KG)	11.4 (4.1)	13.8 (7.6)	10.9 (4.5)		
	RF CSA (MM ²)	2.84 (.9)	2.67 (.4)	2.87 (.8)		
	LP STRENGTH (KG)	362.8 (76.1)	348.3 (62.5)	342.5 (86.0)		
DAY 57	BODY MASS (KG)	77.5 (9.8)	85.3 (14.5)	78.8 (12.6)	.003	.28
	BODY WATER (KG)	44.1 (3.7)	47.7 (4.8)	46.1 (5.6)	.25	.31
	LEAN MASS (KG)	57.5 (5.9)	63.0 (7.1)	60.5 (9.1)	.008	.55
	FAT MASS (KG)	11.0 (4.6)	13.3 (7.4)	10.1 (5.0)	.04	.96
	RF CSA (MM ²)	3.22 (1.01)	3.41 (1.0)	3.21 (.8)	.01	.61
	LP STRENGTH (KG)	411 (89.2)	418.4 (83.0)	370.2 (67.1)	< .001	.58

Imagen 4. Diferencias en los resultados de suplementados con las diferentes dosis de PA y placebo en el estudio de Andre y col. (2016).



Los resultados demuestran que hubo un efecto principal significativo para la LBM donde la suplementación con MT aumentó significativamente la LBM en comparación con el grupo de PLA. Además, hubo un efecto principal significativo para LP donde ambos aumentaron significativamente este resultado, más en el grupo MT que en el grupo de PLA. No se observaron diferencias significativas entre MT y PLA para FM, TMM, VJ, AG, P o PU. Esto sugiere que la adición de MaxxTOR® a un programa de entrenamiento de fuerza de 3 días por semana puede tener un impacto positivo en la LBM y la fuerza más allá de los resultados encontrados únicamente con el entrenamiento.

En este artículo se incluye una tabla comparativa que plasma los resultados obtenidos con la toma de MT frente a la suplementación únicamente con AF que analizan los estudios de **Hoffman y Joy** expuestos previamente. En ella se puede observar como la mejora en el movimiento de cargas de tren superior en suplementados con MT es claramente superior a la mejora obtenida con la suplementación únicamente de AF, siendo mayor también, aunque con una diferencia mínima, el tejido adiposo perdido en sujetos que tomaron MT que en los que tomaron AF.

La tabla, por otra parte, deja patente la mejora en el movimiento de cargas en los ejercicios de press banca y sentadilla, así como un aumento de masa magra y una pérdida de masa grasa en los suplementados con AF, o en productos con AF como agente principal, frente a los deportistas que no consumieron AF.

COMPARISON ON THE EFFECTS OF MT VS PA ALONE ON STRENGTH, BODY COMPOSITION, AND POWER.

VARIABLE	CURRENT STUDY MT% CHANGE	(SUPPLEMENT = MT) PLA% CHANGE	JOY ET AL. (2014) PA% CHANGE	(SUPPLEMENT = PA ONLY) PLA% CHANGE	HOFFMAN ET AL. (2012) PA% CHANGE	(SUPPLEMENT = PA ONLY) PLA% CHANGE
BENCH STRENGTH	16.7 % ↑	7.0 % ↑	7.1 % ↑	5.1 % ↑	5.1 % ↑	3.3 % ↑
LEG STRENGTH	19.7 % ↑	9.1 % ↑	22.7 % ↑	14.3 % ↑	12.7 % ↑	9.3 % ↑
TOTAL STRENGTH	19.1 % ↑	8.7 % ↑	18 % ↑	11.7 % ↑	9.1 % ↑	6.6 % ↑
LEAN BODY MASS	3.1 % ↑	1.4 % ↑	4.0 % ↑	2.0 % ↑	2.6 % ↑	0.1 % ↑
FAT MASS	9.2 % ↓	2.1 % ↓	8.6 % ↓	3.8 % ↓	0%	0%
THIGH HYPERTROPHY	4.0 % ↑	2.7 % ↑	22.2 % ↑	13.3 % ↑	14.8 % ↑	15.5 % ↑
POWER	10.2 % ↑	5.8 % ↑	8.2 % ↑	8.7 % ↑	NA	NA

Imagen 5. Diferencias en los resultados de sujetos suplementados con Mediator™, como en los estudios de Hoffman y Joy, y los sujetos suplementados con MaxxTOR®. **Escalante (2016).**



Resumen final

Consideramos que el ácido fosfatídico posee un alto respaldo de la fundamentación científica. En los dos estudios^(4, 5) en los que se investigan sus efectos en atletas con previa experiencia en el trabajo de fuerza, se ha demostrado que con una toma de 750 mg diarios de Mediator™ en combinación con, al menos, 8 semanas de entrenamiento con cargas, los resultados han sido positivos, con una considerable mejora en el aumento de las marcas en pruebas de fuerza con el tren inferior (en concreto sentadilla) y un aumento de la masa muscular.

Con una toma inferior a esos 750 mg los resultados no son tan convincentes. Con cantidades de 375 y 250 mg diarios de suplementación con AF⁽⁶⁾, lo que representa un 50% y un 33% respectivamente de la toma estudiada en los experimentos anteriores, existen unas ligeras mejoras en la masa magra, masa muscular y área de la sección transversal del músculo, así como un aumento de la fuerza, entre los sujetos suplementados frente a los no suplementados, pero sin llegar a causar un efecto determinante.

Los mejores resultados, sin embargo, llegan con la toma de MaxxTOR®, el cual no es un suplemento que contenga en exclusividad AF, aunque sí es su principal ingrediente activo, junto con otras sustancias como L-Leucina, HMB y Vitamina D3⁽⁷⁾. Con su consumo se han observado unas mejoras sustancialmente mayores en la composición corporal respecto a los estudios anteriores, así como unos resultados de más calidad tanto en ejercicios de tren superior (press banca) como de tren inferior (sentadilla).

El ácido fosfatídico parece tener unos mejores resultados en disciplinas de altas demandas de fuerza. En dos estudios realizados con humanos se observa un beneficio en lo referido al rendimiento con suplementos que contienen ácido fosfatídico.



WATSU; UNA NUEVA FORMA DE TRABAJO EN EL AGUA

- ▶ Introducción
- ▶ Descripción. La técnica
- ▶ Efectos fisiológicos y terapéuticos
- ▶ Efectos beneficiosos de la relajación a través del watsu y su aplicación en el deporte
- ▶ Indicaciones y contraindicaciones del watsu

Introducción ◀

Ana Amelia Menéndez Bernardo

FISIOTERAPEUTA Y ENFERMERA,
UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA
DEPORTIVA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS,
FUNDACIÓN DEPORTIVA MUNICIPAL DE AVILÉS.



EL **WATSU** ES UNA TÉCNICA DE TRABAJO EN AGUA QUE NACIÓ Y SE DESARROLLÓ EN CALIFORNIA EN 1980 DE LA MANO DEL INGENIERO HAROLD DULL. SUS FUNDAMENTOS VIENEN DEL SHIATSU JAPONÉS . DULL PUDO OBSERVAR QUE LAS PERSONAS, AL FLOTAR EN EL AGUA TIBIA, ERAN MÁS SUSCEPTIBLES A RELAJARSE POR LO QUE APROVECHÓ ESTA SITUACIÓN, TAN DIFÍCIL DE CONSEGUIR FUERA DEL AGUA, PARA ASOCIAR OTRO TIPO DE TÉCNICAS MANIPULATIVAS.

Fue creado como una forma de masaje de bienestar no necesariamente destinado al tratamiento de pacientes con patología, pero progresivamente, fue evolucionando con las aportaciones de terapeutas de todo el mundo que empezaron a añadir movilizaciones y estiramientos analíticos demostrando empíricamente la eficacia de la metodología en el aumento de flexibilidad y amplitud de movimiento en pacientes con muchos tipos de alteraciones neuromusculares y músculo esqueléticas (**Dull apud Ruoti et al., 2000**).

Ha estado envuelta en una estela de “new age” y hay relativamente pocos estudios científicos que avalen su eficacia y los porqués de su utilización por parte de profesionales sanitarios.



Lo cierto es que cada vez un mayor número de terapeutas acuáticos la usan como una técnica más en su día a día y es el trabajo corporal en agua que más crece en los últimos años en Europa y en algunos países de América, como Brasil, donde tiene una alta aceptación.

En Brasil, el watsu ha sido introducido en 1996 por Úrsula Garthoff y Alexander Gerkopoulos en las áreas de Fisioterapia, Educación Física, Psicología y Terapias Corporales lo que provoca un creciente uso en clínica y la proliferación de estudios científicos.

En Japón, es utilizado con atletas después de exhaustivos entrenamientos físicos.

Uno de los más estrechos colaboradores de Harold Dull, el Italiano Giovanni Baccarani es uno de los principales investigadores del momento, empeñado en profesionalizar esta técnica desde 2005. A pesar de que hay ya muchos investigadores en el mundo que estudian sus efectos, no hay una gran cantidad de bibliografía científica al respecto.

Descripción. La técnica

El **watsu** es una técnica **pasiva** de trabajo corporal en agua a temperatura neutra (35 grados). Se realiza en flotación supina con la cara y parte del tronco de la persona fuera del agua y los ojos cerrados.

El terapeuta, que debe tener sus piernas firmemente estables al fondo de la piscina, provoca desplazamientos sutiles del cuerpo del paciente y mediante "agarres" en distintos puntos del cuerpo de éste. Con especial atención a la posición de la cabeza y a la alineación de la columna cervical le moviliza **en todas las dimensiones**. La tridimensionalidad le da un gran valor terapéutico y lo diferencia de muchas otras técnicas convencionales.

Se realizan estiramientos, torsiones y presiones adaptadas a la persona y su patología. Se combinan elementos de masoterapia, movilizaciones articulares analíticas y también de grandes grupos musculares y se provoca una disociación de las cinturas, liberándose las posibles articulaciones rígidas.

El trabajo sobre las estructuras corporales es suave pudiendo ser más fuerte en la columna vertebral, siempre sin producir dolor y manteniéndose durante un tiempo aproximado de 1 h.

Los movimientos son muy suaves y deben seguir un patrón acorde al ritmo respiratorio de ambos. Aprovecha el movimiento inhalatorio para inducir flotabilidad y el movimiento exhalatorio para inducir hundimiento.

El cuerpo permanece en movimiento continuo, las posiciones son alteradas delicadamente permitiendo una transición muy lenta y rítmica entre los movimientos y los flujos ("turbulencias") del agua. Cuando el terapeuta estabiliza o mueve un segmento del cuerpo en el agua, otro segmento es elongado por efecto del arrastre (**Dull apud RUOTI et al., 2000**).



Efectos fisiológicos y terapéuticos



Todos los estudios realizados hasta el momento avalan al **watsu** como una de las técnicas acuáticas más adecuadas para el **tratamiento del estrés**, así como una gran ayuda para el control de diversas algias, insomnio y bajadas de rendimiento físico e intelectual directamente relacionados con él (**Suedfeld; Bornie, 1999**).

En la actualidad es aceptado que el estrés es una de las principales "epidemias" de nuestro siglo y es conocido su efecto nocivo para la salud física y mental por lo que su control es una herramienta clínica de mucha valía para mejorar nuestra salud, bienestar y rendimiento (**Benson et al., 1974; Khashy, 1999; Jacobs, 2001**).

Los principales beneficios estudiados del **watsu** son derivados de los efectos fisiológicos de la inmersión parcial en agua a 34-35 grados con privación sensorial.

1. Efectos derivados de la privación sensorial



La privación sensorial es una forma de terapia conocida y usada desde hace mucho tiempo en psiquiatría aplicable a individuos "Súper estimulados". (**Wadeson; Carpenter, 1976**).

Se refiere a la restricción total o parcial de estímulos de uno o más sentidos. En watsu, hay una privación visual completa (dado que el paciente tiene que estar con los ojos cerrados), parcialmente táctil, parcialmente cinestésica y parcialmente acústica (los oídos quedan inmersos en el agua).

► En el agua.

La ausencia de gravedad experimentada por la fuerza de empuje del agua disminuye el input de los receptores articulares de carga del peso y presión así como la percepción de movimiento, con lo que se puede deducir que se reduce la sensibilidad de las terminaciones nerviosas (**Geigle et al., 1997**).

Esta reducción de estos estímulos permiten que el individuo presente variaciones psicofisiológicas indicativas de **relax** (**Suedfeld; Borrie, 1999**). Una disminución del Cortisol plasmático y urinario, también de ACTH Aldosterona así como una reducción de la frecuencia cardíaca (**Forgays et al., 1991**).

Los estudios de **Wallbaum et al., 1991** y de **Kjellgren et al., 2001** evidenciaron que la asociación de la flotación con la restricción de estímulos ambientales en el agua era más eficaz para producir relajación, que otras técnicas usadas en las que no se combinaban ambas condiciones.





2. Efectos derivados de la inmersión en reposo

► Respuestas Cardiovasculares.

Inmediatamente después de la inmersión en agua y a consecuencia de la presión hidrostática aproximadamente 700 ml de sangre son bombeados de los miembros inferiores al tórax causando un aumento del retorno venoso linfático y un aumento de aproximadamente un 60% del volumen Central (**Denison et al., 1972; Greenleaf, 1984; Hall et al., 1990; Bookspan, 2000; Becker; Cole, 2000**). Estos datos corresponden a una inmersión de pie. Como es lógico la magnitud de los efectos en el sistema cardiovascular disminuye durante la inmersión en supino (flotación) haciendo del watsu una técnica de elección en pacientes con cardiopatías que no podrían ser tratados de otro modo en el agua.

► Respuestas del sistema respiratorio.

Los efectos en el sistema respiratorio derivan del aumento del volumen central y de la compresión que el agua ejerce en la caja torácica y en el abdomen. El centro diafragmático se desplaza ligeramente hacia craneal y la presión intratorácica también aumenta. Estas alteraciones aumentan el trabajo respiratorio en un 65% (**Agostoni et al., 1966, Tipton; Golden; 1996; Becker; Cole 2000**). Al igual que los efectos en el sistema cardiovascular, en este caso, también se ven disminuidos por la posición del paciente.





► Respuestas en el sistema renal.

Como consecuencia del aumento del volumen plasmático, aumenta la diuresis con una pérdida de sodio y de potasio considerable a través de la orina. También se produce una disminución de angina-Vasopresina, Renina y aldosterona plasmática (**Bookspan, 2000**).

► Efectos en el Sistema Nervioso Central y Periférico.

Entre los efectos que se producen por la inmersión las más predominantes son la relajación y la disminución de la percepción del dolor. El relax es una respuesta hipotalámica integrada que resulta de una disminución generalizada de la actividad del sistema **nervioso simpático** y un aumento de actividad del **parasimpático** (**Becker: Cole, 2000**).

3. Efectos derivados de la temperatura del agua



La temperatura del agua tiene un papel muy relevante en la relajación muscular.

Cuando la inmersión se produce a 35 grados Centígrados (temperatura “indiferente” ligeramente superior a la de la piel) se producen los siguientes efectos (**GRFuentes, RI Santos-Fisioterapia, 2002-sid.cu**):

- Disminución del espasmo tanto de la musculatura estriada como de la lisa de órganos y vísceras.
- Hiperemia. Con la que baja el tono muscular, aumenta la nutrición de los tejidos y se promueven los procesos de regeneración facilitando el movimiento articular (**Skinner; Thompson, 1992**).
- Analgesia por el aumento del umbral de sensibilidad de los nociceptores y disminución de la velocidad de conducción nerviosa.
- Sedante. Con aplicaciones de larga duración a temperatura indiferente.



En coherencia con lo expuesto podemos deducir que la hidroterapia, más concretamente la flotación en supino a temperatura neutra, durante un largo periodo de tiempo (1 h), asociada a la privación de los sentidos (watsu) disminuye el estrés con los beneficios fisiológicos que esto conlleva.

**** Temperatura indiferente.** *Se define como la temperatura del medio ambiente próximo al cuerpo, a la que el organismo, en reposo, mantiene su estabilidad térmica sin poner en marcha los mecanismos fisiológicos de termorregulación. No se trata de un valor absoluto, depende de múltiples factores como la temperatura de la piel de cada persona, de las condiciones locales circulatorias, etc.,..*



WATSU

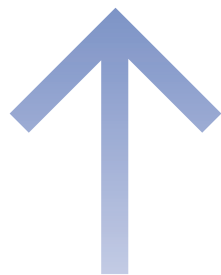
- ▶ ACTIVA SISTEMA NERVIOSO PARASIMPÁTICO.
- ▶ DISMINUYE LA ENTRADA DE INFORMACIÓN SENSORIAL.
- ▶ DISMINUYE EL RITMO CARDÍACO.
- ▶ VASODILATACIÓN PERIFÉRICA.
- ▶ DISMINUYE LA ACTIVIDAD DE LA MUSCULATURA ESTRIADA.
- ▶ DISMINUYE LA ESPASTICIDAD.
- ▶ ESTIMULA LA RESPUESTA DEL SISTEMA INMUNE.
- ▶ MEJORA LA VISCO - ELASTICIDAD DE LOS TEJIDOS BLANDOS.
- ▶ DISMINUYE EL DOLOR.
- ▶ MEJORA LA CALIDAD DEL SUEÑO.
- ▶ MEJORA LA PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD.



Efectos beneficiosos de la relajación a través del watsu y su aplicación en el deporte



No existen estudios científicos suficientes que avalen el uso del Watsu como una terapia con un beneficio directo en la salud de los deportistas aunque parece lógico pensar que los efectos de: disminución del consumo de Oxígeno, reducción de la tensión muscular, disminución de la presión sanguínea, disminución de la respuesta de la Norepinefrina y sobre todo, la **disminución del Cortisol** pueden tener un papel crucial en los periodos de rendimiento, recuperación o en estados de estrés máximo.



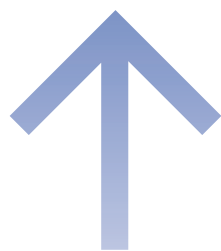
GENERADORES DE CORTISOL

NIVELES DE GLUCOSA BAJOS

ESTRÉS

EXCESO DE ACTIVIDAD FÍSICA

FALTA DE SUEÑO



CONSECUENCIAS D ELEVADOS NIVELES DE CORTISOL

RESISTENCIA INSULINA

GRASA ABDOMINAL

RETENCIÓN DE LÍQUIDOS

ALERGIAS Y ENFERMEDADES INMUNOLÓGICAS

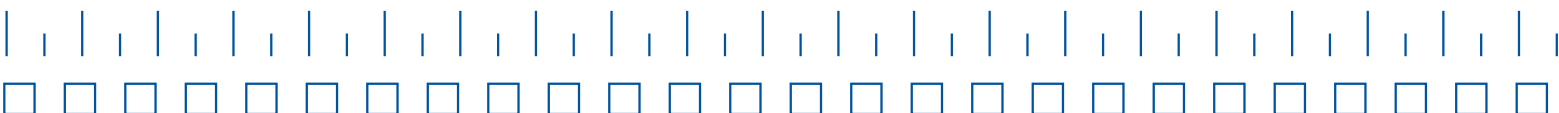
OSTEOPOROSIS



MASA MUSCULAR

SISTEMA INMUNOLÓGICO

CALIDAD DEL DESCANSO



Indicaciones y contraindicaciones del watsu

Indicaciones

- ▶ Fibromialgia.
- ▶ Patologías reumatológicas.
- ▶ Transtornos del comportamiento.
- ▶ Estados de ansiedad, depresión y estrés.
- ▶ Trastornos de estrés postraumático.
- ▶ Patologías músculo esqueléticas.
- ▶ Fatiga muscular.
- ▶ Patologías neurológicas con espasticidad...
- ▶ Insomnio.

Contraindicaciones

- ▶ Arritmias cardíacas, Angina inestable o alteraciones graves del sistema cardiovascular.
- ▶ Heridas abiertas.
- ▶ Epilepsia incontrolada.
- ▶ Incontinencia intestinal imprevisible.
- ▶ Sensibilidad al cloro u otros productos de desinfección del agua de la piscina.
- ▶ Traqueotomías, gastrostomías.
- ▶ Embarazo de riesgo (*evitar tratamiento acuático en el primer trimestre de gestación*).
- ▶ Pacientes con incapacidad para regular la temperatura corporal.
- ▶ Hemorragia cerebral reciente.
- ▶ Diabetes no controlada.
- ▶ Tímpanos perforados.



24

MARCADORES INFLAMATORIOS Y MITOCONDRIALES RELACIONADOS CON EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

- ▶ Introducción
- ▶ Marcadores mitocondriales, sistema endocrino y marcadores inflamatorios
- ▶ Conclusión



Introducción ◀

Alberto Mourinho Cabaleiro ⁽¹⁾
Nicolás Terrados Cepeda ⁽²⁾

MOVE - CENTRO DE SAÚDE E
MOVIMENTO.PONTEVEDRA.

UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA ⁽²⁾
DEPORTIVA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS,
FUNDACIÓN DEPORTIVA MUNICIPAL DE AVILÉS



EL PRINCIPAL MOTIVO POR EL QUE HEMOS ESCOGIDO ESTE TEMA PORQUE CONSIDERAMOS QUE LA FUERZA ES UN ELEMENTO CLAVE EN LA SALUD Y RENDIMIENTO HUMANO.

El entrenamiento de fuerza es uno de los estímulos más eficaces para conseguir incrementar la masa muscular. Los mecanismos que generan hipertrofia pueden ser de varios tipo; desde la respuesta adaptativa a la síntesis de proteína por múltiples repeticiones, a la proliferación de células satélite o la agregación mionuclear. Para poder entender el entrenamiento de hipertrofia, primero debemos conocer cuales son los principales mecanismos tanto a nivel estructural como a nivel neuromuscular, y endocrino. La hipertrofia es el incremento del tamaño del tejido muscular. El crecimiento ocurre por la suma de sarcómeros, incrementando los elementos no contráctiles y los fluidos sarcoplásmicos y el incremento de la actividad de las células satélite. El sistema neuromuscular resulta clave para poder entender la producción de fuerza. La interacción entre nervios y músculos lleva a la producción de fuerza y al movimiento humano. Las motoneuronas son las encargadas de asociar células nerviosas con las acciones motoras. (Abernethy y cols. 1994 ; Ahtiainen y cols. 1995).



El entrenamiento de fuerza conlleva una serie de adaptaciones tanto a nivel neural como muscular. El entrenamiento del sistema nervioso es uno de los principales objetivos del entrenamiento de fuerza para un deportista. Las adaptaciones centrales producen una mejora de la conducción neural, por lo que a más entrenamiento mejoraremos la capacidad de producir un ratio de fuerza máxima. **(Dowling y cols., 1994).**

El mantenimiento del tejido esquelético muscular está determinado por el equilibrio entre la síntesis y la ruptura protéica. La síntesis protéica tiene dos componentes básicos, transcripción y translación. Durante el ejercicio de fuerza, la síntesis proteica está suprimida y la proteólisis está activada produciendo un estado negativo. Una vez acabado el ejercicio, la síntesis proteica se incrementa de 2 a 5 veces, junto con la administración de nutrientes y los efectos durarán hasta aproximadamente 48 horas después del ejercicio. **(Phillips y cols. 1997).**

Marcadores mitocondriales, sistema endocrino y marcadores inflamatorios

Biomarcadores mitocondriales

► Células satélite.

El músculo esquelético es un tejido con una eficiente regeneración de las fibras lo que mantiene la salud del tejido y permite eliminar las células muertas. Las células satélite son esenciales en este proceso. Estas células madre miogénicas, que viven entre la lámina basal y el sarcolema, permanecen inactivas hasta que hay un mecanismo muscular que las necesita. Una vez activadas, producen mioblastos que se multiplican y se unen a las fibras, regenerando y remodelando el músculo. Esto puede incluir la co-expresión de reguladores miogénicos que pueden unirse a la secuencia específica de los elementos del DNA, presentes en los promotores de los músculos. **(Barton-Davies y cols, 1999).**

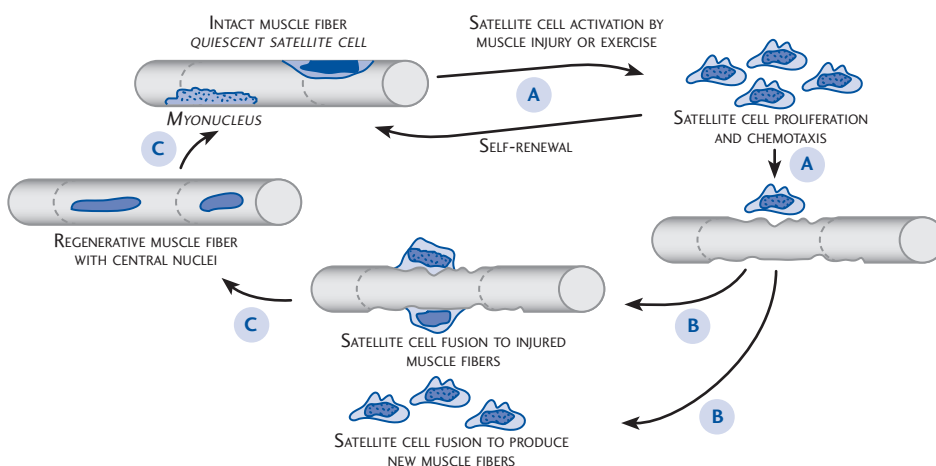


Ilustración 1. James Tidball (2011). Mecanismos de lesión, reparación y regeneración muscular.



Aunque exista la controversia sobre el papel de las células satélite en la hipertrofia, hay literatura que defiende este supuesto mecanismo de crecimiento muscular. Como los demuestran los estudios de **Petrella (2008)** y de **Bellamy (2014)**.

Incluso parece que las células satélite llegan a ser relevantes a partir de cierto umbral. Se descubrió que incrementos en la hipertrofia de la miofibrilla por encima del 15% podría ser logrado sin necesidad de añadir un nuevo núcleo muscular. Incluso esta adición fue requerida cuando la hipertrofia superaba el 26%. Esto sugiere que la función de las células satélite podría ser importante in sujetos bien entrenados porque el tamaño de las miofibrillas podría ser necesariamente alcanzado por encima de los límites del dominio mionuclear. (**Kadi y cols. 2004**).

La hiperplasia ha sido una de las primeras teorías sobre el incremento del número de fibras, aunque la evidencia viene de investigaciones con animales. Un ejemplo lo podemos encontrar en **Alway y cols (1990)**.

Estos resultados difieren con los obtenidos en otras investigaciones. **Petrella y cols. (2008)** investigaron sobre si el reclutamiento de las células satélite podía generar hipertrofia. Para ello reunió a 66 personas desentrenadas realizando un entrenamiento de fuerza de extensión de rodilla. Con los datos las clasificó según su grado de respuesta según el al área transversal de fibra muscular "extrema" (fCSA) en respuesta alta (n=17) respuesta moderada (n=32) y nula respuesta (n=17). Al comenzar el entrenamiento se pudo observar como todos los sujetos tenían un número similar de células satélite. Al acabar el grupo de alta respuesta evidenció un significativo incremento del número de células neurales de adhesión molecular (NCAM) y del número de NCAM relacionadas con el núcleo. Los investigadores decidieron medir a mayores otros valores para ver si podían influir en los resultados como la IGF-1, distintas isoformas de IGF-1 o el nivel de mioestatinas, las cuales pueden actuar como precursoras de las células satélite. Durante el entrenamiento el grupo de alta respuesta obtuvo un incremento del 117% el número de células satélite disponibles. En cambio el grupo moderado no obtuvo cambios. La conclusión que se alcanzó fue que el grupo de nula respuesta no tuvo crecimiento asociado a que hubo agregación proteica y no se consiguió activar la células satélite.



► Ribosomas.

En los últimos años el RNA también han sido estudiado como una parte importante de la biología muscular. Los microRNAs están aceptados como reguladores de los fenotipos de las células de mamíferos. Los miRNAs son 22-nucleótidos reguladores de genes que son capaces de bloquear la translación del código genético de las proteínas.

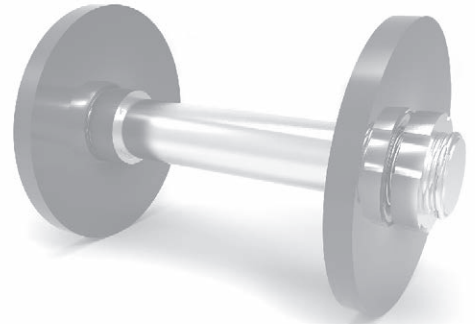
La biogénesis del ribosoma también podría generar incremento de la masa muscular.

Stec MJ. y cols. (2016) relacionaron el alto nivel de respuesta con la hipertrofia de las fibras tipo II, acompañada por un incremento de la densidad del ribosoma. Para ello utilizó a 42 sujetos y los sometió a 4 semanas de entrenamiento con el objetivo de generar hipertrofia. Dividió a los grupos en Xtr, Mod y Non según el grado de respuesta. Se encontró que en Non empeoró un 7%, el Mod mejoró un 22% y el Xtr mejoró un 83% el tamaño del área transversal de fibra muscular "extrema" (fCSA) de las fibras tipo II. El autor señala que la biogénesis del ribosoma puede ser clave a la hora de regular la síntesis proteica. Una de las causas puede ser por la regulación al alza que produce que producen los ribosomas sobre ciertos mecanismos celulares, como la activación de mTOR y por otro lado la regulación a la baja de P70S6 quinasa, relacionada con hipertrofia muscular a largo plazo. **Mobley(2018)** también obtuvo resultados parecidos.

Roberts y cols. (2018) sí encontraron evidencia en distintos biomarcadores mitocondriales entre los gran respondedores y los bajo respondedores. Ellos afirman que esto puede ser que un gran nivel mitocondrial puede aportar energía par producir anabolismo. Es una idea paradójica, ya que muchos son los autores que señalaron que la la biogénesis mitocondrial poco tendría que ver con el entrenamiento de fuerza.

A mayores vieron como el entrenamiento de fuerza disminuye los niveles de citrato sintasa mientras que otros biomarcadores como PGC-1a no encontraban diferencias entre los grandes y los poco respondedores. Estos resultados sugieren que el volumen mitocondrial no cambia o puede decrecer después de un nivel un entrenamiento de fuerza (**Kon y cols., 2014**); y que los gran respondedores expresaron un nivel elevado de volumen mitocondrial comparado con el grupo de bajo responder. Otros autores también señalan que se puede mejorar la función mitocondrial con el entrenamiento de fuerza. (**Porter y cols., 2015**). La nueva hipótesis de que el entrenamiento de fuerza puede servir para generar biogénesis mitocondrial es novedosa, pero tenemos evidencia de que la atrofia muscular si que decrece el número de mitocondrial. **Murach y Bagley (2016)** citan 3 artículos que combinan el entrenamiento de fuerza con el resistencia obteniendo más hipertrofia que el grupo que sólo realiza fuerza. (**Lundberg et al., 2013; Lundberg, Fernandez-Gonzalo & Tesch, 2014; Mikkola et al., 2012**).





En un estudio con 56 sujetos que realizaron un entrenamiento de fuerza durante 12 semanas (**Davidson y cols., 2010**) obtuvieron diferencias significativas en el marcador miRNA entre los grupos de respuesta extrema y los de baja respuesta. La expresión de los niveles de miR-378, miR-29^a y miR-451, encargados de la señalización de mTOR, se demostraron estadísticamente como capaces de generar o no hipertrofia. Los autores sí que se encontraron diferencias importantes al ver que el grupo de altos respondedores incrementaron la MYOZ1 miofibrilar de manera significativa comparada con el grupo de bajos respondedores, un biomarcador relacionado con la formación de nuevas miofibrillas. Entre sus características es capaz de incrementar la fCSA y es capaz de incrementar el nivel de rendimiento aeróbico (**Frey y cols., 2008**). Los autores señala que el rol de este biomarcador podría ser la explicación del bajo grado de hipertrofia en el grupo, pero hay que seguir investigando al respecto.

Sistema endocrino



El balance proteico está influenciado en parte por el sistema endocrino. Varias hormonas tienen una función importante a la hora de determinar si un estímulo va a ser anabólico o en su contra catabólico, manteniendo, ayudando e limitando el crecimiento muscular. Las principales hormonas anabólicas son: **IGF-1, GH, testosterona e insulina**.

► IGF-1.

Es un péptido con una estructura similar a la insulina. Es la encargada de señalar la vía intracelular. Estas significativas cascadas tiene tanto efectos anabólicos como anti-catabólicos, promoviendo el crecimiento del tejido. Son precursoras de la síntesis proteica, inhibidoras de la ruptura proteica e incrementan el diámetro del miotubo y en numero de núcleo por fibra. A pesar de sus propiedades anabólicas, hay evidencia de que su receptor no es esencial para general hipertrofia. (**Spangenburg EE y cols., 2008**).

Hay varias isoformas, y la mayoría son producidas en el hígado. Otras no se producen en el hígado pero su síntesis se debe a la actividad física. De hecho la contracción muscular produce la mayoría de IGF-1, activando miofibrillas. La IGF-1 Ec es una variantes de IGF-1 genética específica del tejido muscular, expresada en respuesta a las cargas mecánicas que lleva a cabo acciones autocrina o paracrina. La IGF-1 Ec es estimulada mecánicamente, y dado que la secuencia carbónica péptida es diferente por las isoformas, se ha llamado factor de crecimiento mecánico (MGF).



Con el paso de la edad los niveles de IGF-1 disminuyen asociándose a atrofia muscular, lo que sugiere que hay un umbral de circulación de esta hormona a partir de la cual el sistema muscular está en comprometido.

También es un potente efector de la PI3K/Akt, el cual es necesario para activar la transducción después de un estímulo mecánico. Incluso hay alguna investigación que señala que concentraciones de IGF-1 no se correlacionan con el incremento de la síntesis proteica. **(Zou, 2011).**

La regulación a la alta de IGF-1 post ejercicio es mostrada después del ejercicio, y este mecanismo temporal coincide con la regulación de las células satélite. **Petrella y cols., 2008).**

Incluso, los efectos primarios de la IGF-1 sobre la hipertrofia podría manifestar la habilidad para estimular y fusionar el trauma muscular, y además proteger y mantener la función principal de DNA.



► Hormona de crecimiento.

La hormona de crecimiento (GH) es una hormona lanzada por glándula pituitaria anterior. Es segregada de forma pulsátil y su pico de emisión es por la noche. La GH posee propiedades tanto anabólicas como catabólicas. Por un lado estimula la lipólisis (ruptura de lípidos) y por otro promueve la ingesta celular y la incorporación de aminoácidos. Incluso hay evidencia que regula la síntesis de masa muscular **(Velloso CP, 2008).**

La influencia de la GH en el tejido muscular se lleva a cabo potenciando el efecto de la IGF-1. **(Hameed M. Y cols, 2003).** Además la manera de liberar isoformas de IGF-1 al sistema, produce que GH aumente la liberación de MGF. **(Lida, K y cols., 2004).**



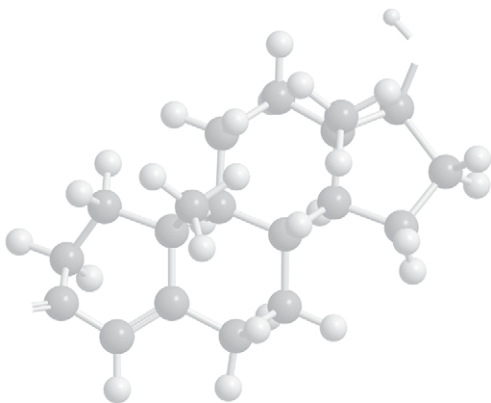


La GH sirve para potenciar más que para regular la función de IGF-1.

La reducción en el tamaño de la miofibrilla se ha visto en la masa muscular con la deficiencia de receptores de la GH. **(Sotiropoulos A y cols, 2006).**

Estos efectos llevan a que GH regule la fusión celular que resulta del incremento de núcleo por fibra muscular.

► Testosterona.



La testosterona es la hormona esteroide derivada del colesterol en las células de Leydig liberadas por la vía hipotalámica-pituitaria-gonadal, y en pequeñas cantidades sintetizada en las glándulas adrenales y ovarios. Los hombres tienen aproximadamente 10 veces más testosterona que las mujeres, y estas diferencias entre sexos vienen dadas por la pubertad. La mayoría de la testosterona circulante se encuentra en globulina (60%) o la albumina (38%), el 2% está libre, en un estado sin consolidar. Este 2% está disponible para los tejidos corporales para unirse a los receptores de los andrógenos en el citoplasma. **(Vingren y cols., 2010).**

Los efectos anabólicos de la testosterona están demostrados. La administración de testosterona, acompañada de entrenamiento de fuerza produce hipertrofia. En mujeres adultas se ha visto ganancias de masa muscular cuando la testosterona estaba elevada crónicamente **(Hakkinen K. y cols, 2000)**. Los efectos anabólicos han sido atribuidos a la habilidad para incrementar la síntesis proteica y a disminuir la proteólisis **(Hakkinen K. y cols, 2000)**. Esto sugiere que la testosterona se incrementa mediante la liberación de GH y IGF1/MFG, mientras que la inhibición es producto de la actividad de IGFBP-4, el cual es antagonista de IGF-1 **(Urban Ri. Y cols, 1995)**.

Hay evidencia también que los receptores de andrógenos juegan un rol importante en la respuesta anabólica al ejercicio. **(Ahtiainen JP. y cols, 2011)**.

La concentración de los receptores de andrógenos están disminuidos después de un entrenamiento de fuerza, pero los niveles se incrementan después de unas horas. **(Vingren y cols, 2011)**. Esta regulación al alza de los receptores de andrógenos aparece dependiendo de los niveles de testosterona. Estos descubrimientos sugieren que picos agudos de testosterona pueden inducir hipertrofia mediante los efectos de los receptores de andrógenos.

► Insulina.

La insulina es una hormona segregada por las células beta del páncreas. En gente sana la insulina regula el metabolismo de la glucosa. También tiene efectos anabólicos, estimulando las fases de iniciación y elongación de las proteínas por la regulación de eIFs y eFS. La insulina además tiene efectos sobre la activación de mTOR, el cual es una serina/treonina proteína quinasa que juega un rol clave en la regulación del crecimiento celular y la monitorización celular de su oxigenación, alimentación y a nivel energético.





A pesar de sus propiedades anabólicas, el principal efecto de la insulina es la reducción de la ruptura de proteínas. **(Biolo G, 1999)(Denne SC., y cols., 1999)(Kettelhut IC y cols., 1988).**

Actualmente no se entiende el mecanismo por el cual la insulina reduce la proteólisis. Dado que la hipertrofia representa diferencias entre síntesis proteica y la proteólisis, una disminución de la ruptura proteica podría mejorar la agregación de proteínas y así facilitar las ganancias de hipertrofia.

► Mioquinas.

El término mioquinas es usado para describir las citoquinas que son segregadas localmente por el músculo de modo autocrino o paracrino, para llegar a la circulación y ejercer influencia en otros tejidos. El entrenamiento de fuerza puede producir estas sustancias y estas pueden llegar a producir efectos anabólicos o catabólicos en el organismo. **(Nielsen, 2007).** La producción de mioquinas proporciona un concepto básico para clarificar como se comunican intercelularmente los músculos con otros órganos. Hay una docena de mioquinas conocidas, y se siguen descubriendo más.

► Factor de Crecimiento Mecánico (MGF).

El MGF es necesario para producir crecimiento muscular. Es el encargado de iniciar la hipertrofia favoreciendo la recuperación local y la regeneración después de un estrés. Bamman (2007) señaló que los sujetos con alto grado de respuesta al entrenamiento de hipertrofia incrementaron sus niveles de MGF en hasta un 126%, comparándolo con los de menor grado de respuesta.

MGF puede regular el crecimiento muscular por varios motivos. Por un lado, estimula la síntesis de proteínas por la fosforilación de p70S6 kinasa, una serina/treonina kinasa que elige como blanco a S6 causando síntesis proteica en el ribosoma. Otra manera podría ser por la regulación a la baja de procesos catabólicos involucrados en la proteólisis.

Por otro lado el MGF puede influir en las adaptaciones hipertróficas por la mediación que tiene sobre las células satélite. La liberación de IGF-1 sobre las células satélite promueve la liberación de MGF, regulando la señal extracelular. El MGF es expresado rápidamente en el hígado mediante IGF-1 después del ejercicio. Entonces, es cuando el MGF genera activación y proliferación de las células satélite **(Hill, 2003)** pero no diferenciación **(Yang, 2002).** Esta observación sugiere que el MGF incrementa el número de mioblastos disponibles post-ejercicio para reparar fácilmente la células satélite.

► Interleucinas.

Las IL son un tipo de citoquinas segregadas por los tejidos para controlar y coordinar la respuesta inmune. La más estudiada es la IL-6, la cual tiene un papel importante sobre la hipertrofia muscular y estimulando la síntesis de colágeno en tendones sanos.

El entrenamiento de fuerza regula la IL-6 y puede estimular su producción. La magnitud de su liberación es importante, ya que la IL-6 es el principal mediador ante el daño muscular, iniciando un serie de respuestas antiinflamatorias.



La primera acción que tiene la IL-6 sobre las células satélite es la proliferación (**Kami, 1998**) mediante la agregación mionuclear.

La IL-15 es otra mioquina con efectos sobre el crecimiento muscular. Se ha visto niveles elevados de IL-15 en el tejido muscular producto de la inflamación, estrés oxidativo o ambos, después ejercicio (**Quinn, 2008**).

Debemos diferenciar niveles altos post-ejercicio a tenerlos elevados crónicamente. La evidencia señala que tener las IL elevadas crónicamente indica un estado de inflamación de bajo grado que puede llevar a la pérdida de masa muscular (**Mitchell, 1997**). Por lo que IL elevadas de manera aguda produce anabolismo, mientras que hacerlo de manera crónica genera catabolismo.

► Miostatina.

La proteína miostatina es un factor de crecimiento que limita el crecimiento del tejido muscular, por ejemplo concentraciones elevadas de miostatina (MSTN) en un individuo provocan una disminución en el desarrollo normal de los músculos.

Puede ser que la MSTN genere atrofia muscular por la inhibición que tiene sobre la activación de las células satélite, (**McFarlane C (2008)**) o bien porque bloquee la MPS un fibras musculares (**Taylor WE, 2001**).

Biomarcadores inflamatorios



► Citokinas inflamatorias.

Varios son los estudios que relacionan la pérdida de masa muscular con el incremento de citoquinas inflamatorias (**Taaffe, D.R.; y cols., 2000**) (**Visser, M., y cols. 2002**).

Las citoquinas inflamatorias TNF- α y IL-1 β están elevadas en la proteólisis del sistema muscular (**Zamir, 1992**) y que IL-1 estimula la ruptura de las proteínas por otros mecanismos (**Zamir, 1992**). Otros estudios demuestran que TNF- α estimula el lanzamiento de IL-1 desde los macrófagos y las células endoteliales (**Dinarelli CA, y cols., 1986**) (**Strauch MJ y cols., 1985**) como un posible incremento de la ruptura de proteínas, observadas en diversas investigaciones.

Por otro lado **Fischer (2012)** intentó relacionar el grado de respuesta al ejercicio relacionándolo con las citoquinas inflamatorias TNF- α , IL-6, y CRP. Para ello utilizó un grupo de mujeres de más de 60 años pero sin ninguna patología ni problema hormonal. Se encontró que los respondedores incrementaron la masa muscular y disminuyeron el % de grasa, mientras que en los no respondedores incrementó el % de grasa y decreció la masa libre de grasa. En los no respondedores se encontró una circulación elevada de TNF- α más elevada en reposo en un 18% y post ejercicio en un 24% comparado con los respondedores. En cambio con otras variables no había diferencias significativas.



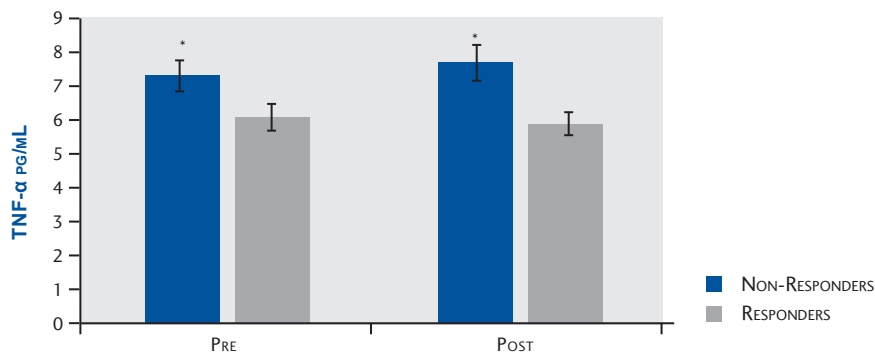


Ilustración 2. Diferencias pre y post entrenamiento en TNF- α . (Fisher, 2012).

Estos resultados sugieren que elevadas concentraciones de TNF- α produce inflamación sistémica que puede interferir con la hipertrofia del sistema muscular. Un bajo grado de inflamación sistémica puede ser la mayor influencia a la hora de detener un incremento de masa muscular (Visser, M., y cols., 2002) (Fisser, G., y cols., 2011).

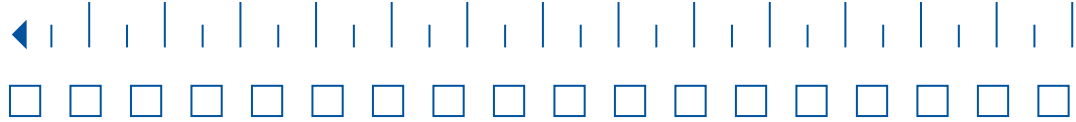
Mobley y cols. (2018) observaron como el entrenamiento reducía los niveles de TNF- α . Pero dentro de los 3 grupo observó diferencias entre ellos. El grupo de alta respuesta obtuvo un descenso significativo, el moderado un descenso moderado y el grupo que no respondió no varió nada sus niveles. Los autores sugieren que estos resultados, sumados a la actividad de la 20S proteosoma, indicarían la incapacidad que tiene para la regular los mRNA y la inducción de los niveles de proteosomas de los bajo respondedores, siendo los responsable del bajo grado de hipertrofia. Incluso señalan que la asociación entre los cambios entre los niveles L-1 β mRNA o 20S proteosoma y los cambios en el vasto lateral sugieren que estos biomarcadores tienen mínima capacidad de predecir hipertrofia.

El descenso de otros marcadores inflamatorios como pueden ser la Proteína C-Reactiva (CRP) también se han asociado con un incremento de la masa muscular después de una intervención de 12 meses (Mavros y cols., 2014). Otros autores también han encontrado descensos de CRP con aumento de la masa muscular (Mavros, y cols., 2014).

La asociación de la CRP con la obesidad es un hecho. El CRP es producido tanto en el tejido adiposo como en el subcutáneo, en respuesta a la circulación de IL-6 (Bataille RÉG., y cols., 2005). El descenso de CRP puede ser producido por un descenso del tejido adiposo, ya que éste es el mayor responsable de la circulación de citoquinas, las cuales inician o median sobre la respuesta inflamatoria. Reducir el tejido adiposo con el trabajo de fuerza podría tener repercusión directa o indirecta sobre la circulación de CRP. Entonces para poder generar masa muscular el primer paso que deberíamos considerar es el descenso de CRP para poder incrementar la masa muscular con el entrenamiento de fuerza. Schaap, L. (2006) relacionaron la inflamación en biomarcadores como la IL-6 y la CRP con el grado de atrofia muscular en señoras mayores, llegando a relacionarlo con que puede suponer perder el 40% de la musculatura en 3 años.



Conclusión



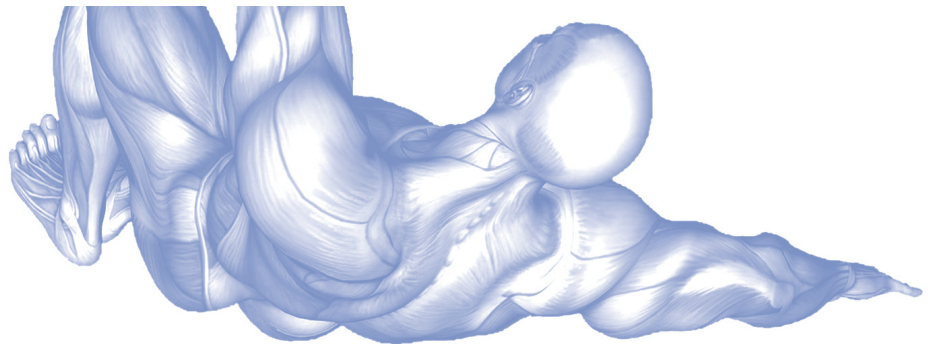
El músculo está considerado en la actualidad como otro órgano endocrino (**Gabriel, 2017**). La capacidad que tiene el músculo para controlar hormonas o procesos inflamatorios se ha infravalorado, pero recientes investigaciones señalan que la cantidad de músculo y el índice de producción de fuerza puede estar relacionado con la prevención de patologías y con el riesgo de muerte (**Gale, 2007**).

El grado de respuesta al entrenamiento de fuerza depende tanto del sistema endocrino, como de la función mitocondrial, las mioquinas y las citokinas inflamatorias. Métodos de entrenamiento correctos y reducir la inflamación sistémica post-ejercicio, puede ser lo más propicio para obtener mayores grados de desarrollo muscular.

La función anabólica o catabólica del sistema endocrino está señalizada por distintas hormonas como son; la IGF-1, la hormona de crecimiento, la testosterona y la insulina.

A nivel mitocondrial las células satélite, con su capacidad de donar el núcleo y la biogénesis ribosómica otorgan a la mitocondria funciones anabólicas. (**Tidball, 2011**).

Las mioquinas (citokinas sintetizadas en el músculo a nivel local) también tienen una función metabólica. El MGF, es el encargado de iniciar la hipertrofia y detener la ruptura proteica; las interleucinas son las mioquinas en las que el ejercicio puede influir y tienen funciones tanto anabólicas como catabólicas; y la mioestatina, cuya inhibición genera gran hipertrofia muscular. Las citokinas inflamatorias (TNF- α , IL-1, IL-6, o CRP) son encargadas de producir proteólisis. Hay evidencia de que altas dosis de inflamación sistémica están relacionadas con baja capacidad de respuesta al entrenamiento de fuerza (**Fischer, 2012**).



EFFECTOS DE LA DIETA VEGANA EN EL ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO

35

- Introducción
- Dietas veganas y rendimiento deportivo
- Macronutrientes y micronutrientes. Deficits y consideraciones específicos de una dieta vegana
- Ingesta total de energía
- Macronutrientes
- Micronutrientes
- Conclusiones

Introducción



Mario de Ana Macías ⁽¹⁾
Nicolás Terrados Cepeda ⁽²⁾

EN LA ACTUALIDAD HAY UN CLARO INCREMENTO DE LA POBLACIÓN VEGANA EN EL MUNDO. EL 1,4% DE LA POBLACIÓN ESTADOUNIDENSE ES VEGANA, POR LO QUE NO CONSUMEN CARNE, PESCADO, PRODUCTOS LÁCTEOS NI HUEVOS.^[1] ESTE AUMENTO EN LA PROLIFERACIÓN DE CONSUMO DE DIETAS VEGANAS, TAMBIÉN ES CLARO EN REINO UNIDO.^[2]

CLUB BALONCESTO
CIUDAD DE VALLADOLID ⁽¹⁾

UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA ⁽²⁾
DEPORTIVA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS,
FUNDACIÓN DEPORTIVA MUNICIPAL DE AVILÉS

Cada vez son más las noticias que sobre deportistas de alto nivel que adoptan dietas veganas. Por ejemplo, podemos nombrar deportistas como *Lewis Hamilton* (fórmula 1), *Venus Williams* (tenis), *Colin Kaepernick* (fútbol americano), *Kyrie Irving* (baloncesto), *Scott Jurek* (corredor de larga distancia), *Jermain Defoe* (fútbol), *David Haye* (boxeo) o *Kendrick Yahcob Farris* (halterofilia). Todos ellos citados en un artículo periodístico, en la prestigiosa website de noticias *Bussines Insider*.^[3]



Pero, no se puede descartar que algunos casos de veganismo en atletas nos sean reales o no tengan nada que ver con motivos deportivos, sino con motivos éticos, morales, filosóficos o religiosos.^[4]

La Asociación Dietética americana (*American Dietetics Association*) define una dieta vegetariana como aquella que no incluye carne (incluidas las aves) o marisco, o productos alimenticios que contienen estos alimentos. Dicho organismo expone que los patrones de alimentación de los vegetarianos pueden variar considerablemente. Las diferentes dietas vegetarianas pueden clasificarse en:

- ▶ **Ovo-lacto-vegetarianos.** Incluyen productos lácteos y huevos en la dieta.
- ▶ **Lacto-vegetarianos.** Incluyen productos lácteos, pero evitan huevos.
- ▶ **Ovo-vegetarianos.** Incluyen huevos, pero no productos lácteos.
- ▶ **Veganos.** No incluyen productos lácteos, huevos ni ningún producto que proceda de los animales.

Debemos tener en cuenta, que numerosos estudios de buena reputación (por ejemplo, *EPIC Oxford*, *Adventist health Study 1 y 2* y *GEICO Study*) describieron claras ventajas saludables de las dietas vegetarianas o veganas en comparación con las dietas que contienen carne y otros alimentos de origen animal^{[6] [12]}. Así mismo, debemos tener en cuenta los posibles beneficios asociados al consumo de una dieta vegetariana, tales como reducciones en enfermedad coronaria, hipertensión, diabetes mellitus, obesidad e incluso la reducción de algunos tipos de cánceres se han observado en participantes que siguen este tipo de dietas^{[9] [10] [11]}. Además, se observa un perfil cardio-metabólico más favorable en consumidores de dietas veganas, en comparación con consumidores de dietas omnívoras.^{[14] [95]}

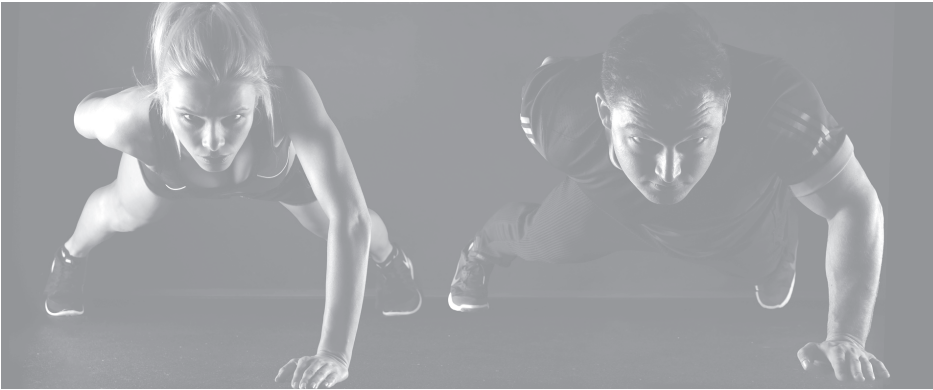
La anterior exposición de beneficios no hace una referencia directa al alto rendimiento deportivo. Entrando en aspectos puramente relacionados con el alto rendimiento deportivo, nos encontramos que **la dieta vegana puede tener efectos sobre:**

- ▶ Aumento en el rendimiento de un deportista debido a la alta ingesta de carbohidratos que aumentan los depósitos de glucógeno en el cuerpo.^{[15] [16]}
- ▶ El aumento de fitoquímicos y antioxidantes consumidos en una dieta vegana puede reducir el estrés oxidativo referido a la prolongada exposición al ejercicio y mejorar la inmunidad general del deportista.^[17]
- ▶ Cambios en la acidosis intramuscular, que puede limitar el ejercicio de alta intensidad.^[18]

Este trabajo tiene como fin revisar este tipo de dietas en el contexto del rendimiento deportivo.



► Dietas veganas y rendimiento deportivo



► Rendimiento aeróbico y anaeróbico

Un estudio realizado durante más de dos años, realizado sobre 49 no vegetarianos y 49 vegetarianos, entre los que se incluían veganos, lacto vegetarianos y lacto-ovo vegetarianos, concluye que no existen diferencias entre los grupos referidos en rendimiento anaeróbico (medido con el test *Wingate*), ni en consumo máximo de oxígeno ^[20]. Así mismo diferentes estudios, indican que no existen diferencias en test de sprints repetidos (*RSA*) entre Lacto-ovo vegetarianos y no vegetarianos. Pero suplementados con creatina ^[21]. En esta misma línea, un estudio realizado con adultos activos, concluye que hay una peor economía de esfuerzo en vegetarianos. No se encuentran efectos en el rendimiento aeróbico máximo ^[22]. Otros estudios tampoco encuentran diferencias en el consumo máximo de oxígeno o contracción máxima voluntaria entre grupos lacto-ovo vegetarianos y no vegetarianos. ^[23]

► Fuerza y potencia

Un estudio realizado sobre un programa de fuerza de 12 semanas, realizado a un grupo lacto-ovo vegetariano y a un grupo que consume carne de res, expone que no existen diferencias en fuerza (1RM) entre ambos grupos excepto en un ejercicio, en extensión de cuádriceps, el grupo vegetariano tuvo un aumento de fuerza significativo en relación al otro grupo. ^[24] Hay que mencionar, otra investigación que expone que no existen diferencias en fuerza (repeticiones hasta fallo) o ganancias de potencia (1RM) entre un grupo que consume una dieta lacto-ovo vegetariana y otro grupo que consume carne de ganado tras un programa de entrenamiento de fuerza de 12 semanas. ^[25]





Dietas veganas y efecto sobre la salud

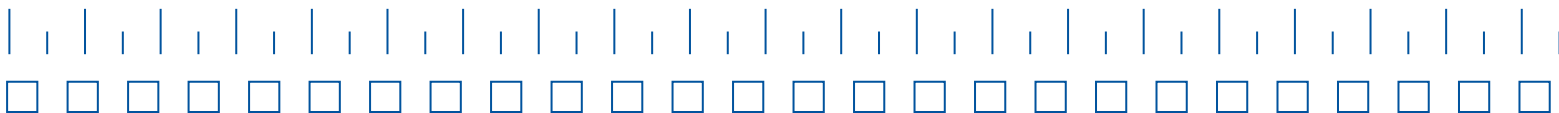


Una dieta vegetariana puede estar asociada a muchos beneficios para la salud por su mayor contenido en fibra, ácido fólico, vitaminas C y E, potasio, magnesio, y muchos fitoquímicos, además de un contenido de grasas insaturadas. En comparación con otras dietas vegetarianas, las dietas veganas tienden a contener menos grasas saturadas y colesterol y más fibra dietética.^[8] Además, las dietas veganas suelen ser bajas en ácidos grasos n-3, vitamina D, calcio, zinc y vitamina B-12. Debemos añadir información acerca de la salud ósea de las personas que adoptan una dieta vegana, ya que la restricción de calcio por alimentos animales es una de las preocupaciones añadidas a esta dieta. Estudios transversales y longitudinales basados en la población vegana, publicados en las últimas 2 décadas sugieren que no hay diferencias en la densidad ósea mineral, tanto para hueso trabecular como cortical, entre omnívoros y lactoovovegetarianos^[26]. Pero otros estudios muestran que el riesgo de fractura de huesos es mayor en vegetarianos, salvo que consuman 525 mg de calcio/día.^[28]

Parámetros inmunológicos



Un deportista de alto rendimiento deportivo es muy susceptible a enfermedades infecciosas. El ejercicio físico ocasiona cambios inmunitarios que se manifiestan de distinta forma, dependiendo del tipo de ejercicio y la duración del mismo, como podemos observar en las siguientes tablas.



	EJERCICIO	POSTEJERCICIO
LEUCOCITOS	↑ DE LEUCOCITOS ↑ DE LINFOCITOS ↑ DE NEUTRÓFILOS	↓ LINFOCITOS ↓ EL COCIENTE NEUTRÓFILOS/LINFOCITOS ↓ EL COCIENTE LINFOCITOS T: CD4+/CD8+ ↓ EL NUMERO NK
ACTIVIDAD	↑ ACTIVIDAD LÍTICA DE NK ↑ ACTIVIDAD FAGOCÍTICA NEUTRÓFILOS ↓ MITOGÉNESIS DE LINFOCITOS	↓ LA CAPACIDAD DE LAS CÉLULAS NK ↓ LA ACTIVIDAD FAGOCÍTICA NEUTRÓFILOS
CITOKINAS	↑ CITOKINAS PROINFLAMATORIAS: INTERFERÓN, IL-1, 2 Y 6	
REACTANTES FASE AGUDA	↑ PCR	
PRODUCCIÓN DE IG		↓ LA PRODUCCIÓN DE IG POR LOS LINFOCITOS B

Tabla 1. Cambios inmunológicos inducidos por el ejercicio.

	ENTRENAMIENTO. RESPECTO A SEDENTARIOS	SSE. RESPECTO AL ESTADO BASAL
LEUCOCITOS	↓ DE LEUCOCITOS ↓ EL COCIENTE CD4+/CD8+ (COOP/SUPR)	↓ LEUCOCITOS ↓ NEUTRÓFILOS
ACTIVIDAD	↓ ACTIVIDAD FAGOCÍTICA DE NEUTRÓFILOS ↓ LA RESPUESTA MITOGÉNICA DE LOS LINFOCITOS	↓ DE LA DEGRANULACIÓN DE NEUTRÓFILOS POR ESTIMULACIÓN LPS ↑ DE LA EXPRESIÓN DE CD4 5RO+ EN CD4+
PRODUCCIÓN DE IG	↓ PRODUCCIÓN DE IG	↓ DE IG SALIVAR

Tabla 2. Cambios inmunológicos inducidos por el entrenamiento.

Es sabido que la dieta es uno de los factores extrínsecos que pueden favorecer la existencia de estrés oxidativo^[31]. En este sentido, los vegetarianos pueden tener un sistema de defensa antioxidante mejorado para contrarrestar el estrés oxidativo inducido por el ejercicio debido a mayores cantidades de frutas, verduras y cereales integrales ingeridos en la dieta.^[17]

Se necesita una investigación amplia y de larga duración sobre este tema para poder opinar de forma consistente.



Macronutrientes y micronutrientes.

Deficits y consideraciones específicos de una dieta vegana



Los deportistas de élite, que participan en actividades de entrenamiento intenso o de gran volumen, tienen necesidades energéticas distintas.^[32] En este sentido, la ingesta nutricional de la dieta vegana posee las siguientes características en relación a la clasificación referida en el primer punto, relacionando estas con una dieta omnívora.^[33, 34, 35]

- ▶ Menor ingesta total de energía.
- ▶ Mejor perfil de consumo de grasa, explicado como colesterol más bajo, grasa total y saturada y mayor cantidad de grasa poliinsaturada.
- ▶ Menor ingesta proteica.
- ▶ La mayor ingesta de fibra dietética.

Deberemos tratar detenidamente cada punto, ya que la mala gestión de este tipo de dietas puede provocar en el deportista efectos adversos.



Ingesta total de energía



Las consecuencias de una dieta que no contenga la cantidad de energía suficiente pueden ser negativas para el deportista. Repercutirá en una disminución de los niveles inmunológicos, que puede conllevar a enfermedad, así como en el tiempo de descanso o recuperación para el deportista^[30]. Esta menor ingesta innecesaria de energía en los veganos, puede dar lugar a pérdida de peso, de masa muscular, disminución de la capacidad de trabajo, así como una reducción de la adaptación al entrenamiento^[36]. En la **tabla 3** se muestran los requerimientos energéticos para realizar actividad física^[32]:



NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA	KCAL/KG/DÍA	KCAL/DÍA
ACTIVIDAD FÍSICA GENERAL. 30 – 40 MINUTOS/DÍA, 3 VECES POR SEMANA	DIETA NORMAL, 25-35	1800-2400 ^a
NIVELES MODERADOS DE ACTIVIDAD FÍSICA INTENSA 2 – 3 HORAS/DÍA, 5 – 6 VECES POR SEMANA. ^b	50-80	2500-8000 ^c
ALTO VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO INTENSO 3-6 HORAS/DÍA, 1-2 SESIONES/DÍA, 5-6 VECES POR SEMANA. ^b	50-80	2500-8000 ^c
ATLETAS DE ELITE ^d	150-200	HASTA 12000 ^e

a: VALORES ESTIMADOS PARA 50 – 80 KG.

b: LOS NIVELES MODERADOS DE ENTRENAMIENTO INTENSO USAN UN NIVEL DE RANGO MÁS BAJO, EL ENTRENAMIENTO INTENSO DE ALTO VOLUMEN USA EL NIVEL SUPERIOR DE RANGO.

c: VALORES ESTIMADOS PARA 50 – 100 KG.

d: DEPENDE DE LA PERIODIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO, Y DEL VOLUMEN E INTENSIDAD.

e: VALORES ESTIMADOS PARA UN ATLETA DE 60 – 80 KG.

f: VALORES ESTIMADOS PARA UN ATLETA DE 100 – 150 KG.

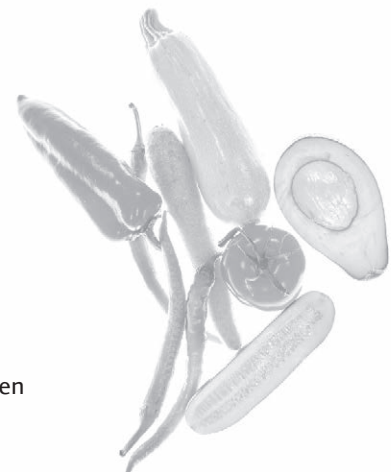
Tabla 3: requerimientos energéticos para realizar actividad física.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, un deportista vegano consume menos energía que un deportista omnívoro, representado en la **tabla 4** ^[33]. Además, este tipo de dietas, comparadas con una dieta omnívora, son inferiores en proteína, grasas, vitamina B12, vitamina D, riboflavina, calcio, hierro y zinc. ^[33] ^[37]



TIPO DE DIETA	KCAL TOTAL
VEGANA	2383
VEGETARIANA	2722
SEMI – VEGETARIANA	2849
PESCO – VEGETARIANA	2744
OMNÍVORA	2985

Tabla 4. Diferencias en el aporte energético.



En este mismo sentido, en las dietas veganas, (ver **Tabla 4**), es en las que menos energía total (kcal) se consume, en comparación con dietas vegetarianas, semi-vegetarianas, pesco-vegetarianas y omnívoras. ^[33]



Macronutrientes

Proteínas

La “International Society of Sport Nutrition” (ISSN)^[41] opina que: **a)** Para aumentar y mantener la masa muscular a través de un equilibrio proteico muscular positivo, una ingesta proteica diaria total debe estar en el rango de 1.4-2.0 g de proteína/kg de peso corporal/día (g/kg/d). **b)** Las dosis proteicas agudas deben intentar contener 700-3000 mg de leucina y/o un contenido relativo de leucina más alto, además de una matriz equilibrada de los aminoácidos esenciales (AAE). **c)** Las proteínas rápidamente digeridas que contienen altas proporciones de aminoácidos esenciales (EAA) y leucina adecuada, son más efectivas en la estimulación de las síntesis proteica muscular (MPS). **d)** Los atletas deben considerar enfocarse en las fuentes de alimentos integrales de proteínas que contienen todos los EAA (es decir, son los EAA los que se requieren para estimular el MPS).^[41]

La MPS (*Síntesis de proteína muscular*), nombrada en los puntos anteriores, es conocido como equilibrio neto proteico. Alcanzar un equilibrio neto proteico positivo mediante una síntesis de proteína muscular elevada promueve la recuperación del ejercicio, la adaptación y el anabolismo^[37]. Las tasas de MPS aumentan rápidamente a niveles máximos dentro de los 30 minutos de la ingestión de proteínas y se mantienen durante tres horas antes de comenzar rápidamente a bajar a las tasas basales de MPS, aunque los aminoácidos todavía están elevados en la sangre.^[39]

Debemos tener en cuenta que la limitación alimenticia que conlleva una dieta vegana priva al deportista de ingerir determinados alimentos, por lo que, aparentemente los deportistas veganos consumen menos proteínas que atletas que desarrollan dietas omnívoras y vegetarianas.^[38] Por lo tanto, la optimización de las proteínas ingeridas juega un papel muy importante en los atletas veganos. Se debe prestar especial atención a la cantidad y la calidad de las proteínas consumidas.

Las proteínas de origen vegetal suelen ser incompletas, y normalmente presentan menor tasa de BCAAS que dietas omnívoras. Por las razones anteriores, una suplementación con proteína es recomendada.^[37]

En conclusión, las dietas veganas poseen menor cantidad de proteínas en comparación con dietas omnívoras. Deberían tener una adecuada suplementación y cuidadosas elecciones nutricionales.^[32]



EL papel de los carbohidratos en el ejercicio físico ha sido ampliamente expuesto en la literatura científica^[32]. Pero debemos tener en cuenta que la disponibilidad de carbohidratos para el músculo y el sistema nervioso central puede verse comprometida por el entrenamiento de un atleta o la competición.^[42]

Podemos clasificar el objetivo de la ingesta nutricional de carbohidratos de la siguiente manera (**Tabla 5**):

	GRADO DE ACTIVIDAD FÍSICA	GR/KG DE PESO/DÍA
SEGÚN ACSM	DEPORTISTAS	6-10
SEGÚN ISSN	GENERAL, 30-60 MINUTOS/DÍA, 3-4 VECES/SEMANA	3-5
	MODERADO – ALTO, 2-3 HORAS/DÍA, 5-6 VECES/SEMANA	5-8
	ALTO, 3-6 HORAS/DÍA, 5-6 VECES POR SEMANA	8-10
SEGÚN IOC (INCLUIDA INGESTA PREVIA, DURANTE Y POST EJERCICIO)	BAJO	3-5
	MODERADO, 1 HORA/DÍA	5-7
	PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA, 1-3 HORAS/DÍA	6-10
	DEPORTISTAS DE FUERZA	4-7
	MODERADO – ALTA INTENSIDAD, 4-5 HORAS/DÍA	8-12
SEGÚN L.M. BURKE ET AL.	BAJA INTENSIDAD	3-5
	MODERADO	5-7
	PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA	6-10
	COMPROMISO DEPORTIVO EXTREMO	8-12

Tabla 5. Indicaciones sobre la ingesta de carbohidratos en diferentes ejercicios.

En referencia a dietas veganas, es necesario exponer que este tipo de dietas suelen ser altas en carbohidratos, fibra, fruta, verduras, antioxidantes y fitoquímicos^[43]. De esta forma, y en referencia a la tabla anteriormente expuesta, debemos exponer que lograr una ingesta adecuada de carbohidratos a través de una dieta vegana es relativamente sencillo.



Grasas



Los requisitos de grasa para un deportista son similares, aunque ligeramente más altos que para las personas que no practican deporte. Es importante consumir cantidades adecuadas de grasa para asegurar una salud óptima, el mantenimiento del equilibrio energético, la ingesta óptima de ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles, así como para reponer las reservas de triacilglicerol intramuscular.^[32]

Respecto a las dietas veganas, es necesario indicar que son, por norma general, más bajas en grasa total y saturada, y más altas en grasas n-6 que las dietas omnívoras y vegetarianas^[33, 46]. Esta característica de las dietas veganas, asocia este tipo de dietas con reducciones en enfermedades del corazón, hipertensión, diabetes tipo II, colesterol y cáncer^[46].

En la **Tabla 6**, podemos observar la cantidad, expresada en gramos, de la ingesta de este macronutriente en comparación con otro tipo de dietas.^[33]

	VEGANA	VEGETARIANA	SEMI-VEGETARIANA	PESCO-VEGETARIANA	OMNÍVORA
GRASA TOTAL (g)	68	96	107	99	122
GRASAS SATURADAS (g)	21	41	47	43	54
GRASAS MONOINSATURADAS (g)	19	31	36	32	46
GRASAS POLIINSATURADAS (g)	28	24	24	24	22
COLESTEROL (mg)	149	275	321	296	376

Tabla 6. Diferencias en la ingesta de grasas en diferentes tipos de dieta.

Se observa como una dieta vegana tiene una menor posee ingesta total diaria de grasa. Por otro lado, la ingesta diaria total de colesterol, también es menor en relación a los demás tipos de dietas expuestos.



Para finalizar este apartado expondremos una tabla (ver **Tabla 7**), donde se recogen todas las recomendaciones nutricionales sobre macronutrientes, de las asociaciones nutricionales y autores más importantes.

		TIPO DE ACTIVIDAD	RECOMENDACIONES (G/KG DE PESO/DÍA)
PROTEÍNAS	ISSN	FITNESS GENERAL	0.8-1.0
		PERSONAS MAYORES	1.0-1.2
		ENTRENAMIENTO INTENSO MODERADO	1.0-1.5
		ALTO VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO INTENSO	1.5-2.0
		PERSONA SEDENTARIA	0.8
	ACSM	DEPORTISTAS DE FUERZA-RESISTENCIA	1.2-1.7
	IOC	DEPORTISTAS DE FUERZA-RESISTENCIA	1.6-1.7
		DEPORTISTAS	1.3-1.8
CARBOHIDRATOS	SEGÚN ISSN	GENERAL, 30-60 MINUTOS/DÍA, 3-4 VECES/SEMANA	3-5
		MODERADO – ALTO, 2-3 HORAS/DÍA, 5-6 VECES/SEMANA	5-8
		ALTO, 3-6 HORAS/DÍA, 5-6 VECES POR SEMANA	8-10
	SEGÚN ACSM	DEPORTISTAS	6 - 10
	SEGÚN IOC (INCLUIDA INGESTA PREVIA, DURANTE Y POST EJERCICIO)	BAJO	3-5
		MODERADO, 1 HORA/DÍA	5-7
		PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA, 1-3 HORAS/DÍA	6-10
		DEPORTISTAS DE FUERZA	4-7
		MODERADO – ALTA INTENSIDAD, 4-5 HORAS/DÍA	8-12
	SEGÚN L.M. BURKE ET AL.	BAJA INTENSIDAD	3-5
		MODERADO	5-7
		PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA	6-10
		COMPROMISO DEPORTIVO EXTREMO	8-12
GRASAS	ISSN / ACSM		0.5 – 1

Tabla 7. Recomendaciones de ingesta de macronutrientes en función del ejercicio.





Micronutrientes



Las vitaminas y los minerales son nutrientes esenciales. Su importancia está íntimamente ligada a la salud, pudiendo verse afectados con el rendimiento deportivo. Este tipo de nutrientes revisten verdadera importancia en dietas veganas, ya que la escasez de muchos de ellos en alimentos provenientes de dietas veganas hace de éstos una parte muy importante a la hora de desarrollar este tipo de dietas. Se debe prestar especial atención al logro de una ingesta adecuada de vitamina B12, hierro, zinc, calcio, yodo y vitamina D, según la *American Dietetic Association*^[47].

Vitamina B12



La única fuente dietética de la vitamina B12 es la animal. Solo las bacterias, hongos y las algas son capaces de sintetizarlas, los demás seres vivos son incapaces de hacerlo y la van acumulando a partir sobre todo de la síntesis bacteriana y de los seres vivientes colocados en la parte inferior de la cadena biológica. Una pequeña cantidad de vitamina se puede sintetizar en las bacterias del intestino delgado. Debido a la abstención de productos de origen animal, los consumidores de dietas veganas tienen un elevado riesgo de sufrir deficiencia de esta vitamina, como certifica un estudio científico que indica que el 50% de las personas que consumen dieta vegana poseen una deficiencia en esta vitamina; además de un 21% más de la muestra, que indica que poseen valores bajos de dicho micronutriente ^[50,51,32,37]. La ingesta dietética de referencia para ese micronutriente es de $2,4 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$ para adultos de ambos sexos. En veganos, se recomienda consumir hasta $6 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$ de B12 suplementaria^[32,33]. Es común la suplementación con Vitamina B12 en deportistas veganos.^[33]



Hierro

Las necesidades de hierro de un varón adulto son de *10 mg/día* y las de una mujer entre *15–17 mg/día*. Las reservas del cuerpo humano son del orden de 4 gramos del que la hemoglobina supone el 62% y el resto está en diversos enzimas, mioglobina, flavoproteínas y en forma de depósito en el hígado, bazo y médula ósea. Debido a la alta ingesta de granos integrales y legumbres, una dieta vegana puede aportar las mismas cantidades de hierro que una dieta omnívora^[46, 8]. Sin embargo, se debe prestar atención sobre las concentraciones por los problemas que puedan surgir debido a la biodisponibilidad del hierro de los alimentos veganos. Además, se deben tener en cuenta los distintos alimentos veganos comunes en una dieta que contienen inhibidores que reducen la cantidad de hierro absorbido en la dieta^[53]. Los deportistas veganos deben incluir alimentos vegetales ricos en hierro en sus dietas, pero la suplementación con hierro es muchas veces necesaria.^[52]

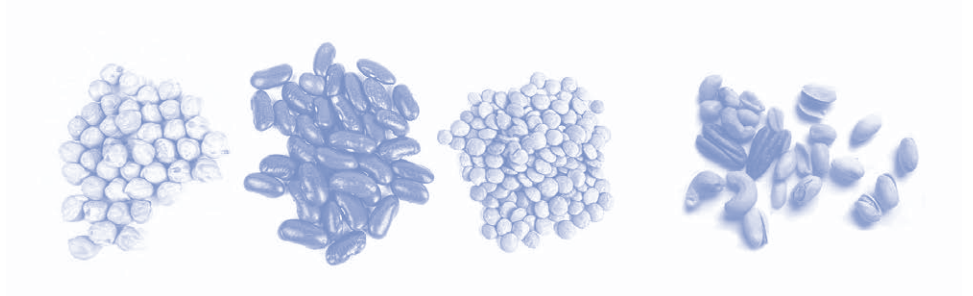
Zinc

Son los productos de origen animal la fuente más importante de este mineral. Según el *IOM*, los veganos deberán consumir un 50% más de zinc en su dieta debido a su baja biodisponibilidad. Existe controversia en este tema, ya que numerosos alimentos presentes en una dieta vegana son fuentes de zinc. Sin embargo, estos alimentos también son altos en fosfatos, que pueden empobrecer la absorción del propio zinc; aunque, por otro lado, el cocinado de estos alimentos puede reducir los fitatos^[53]. La suplementación con zinc es una buena opción para los atletas veganos. Para aquellos atletas que rechazan la suplementación o aquellos que desean aumentar su ingesta de zinc a base de alimentos, las semillas de calabaza y de cáñamo contienen 5 mg en una porción de media taza.^[52]

Calcio

Las necesidades diarias de Calcio son de 1000 mg. La absorción, como norma general es del 30% del calcio ingerido, y depende de factores como la presencia de vitamina D, la concentración de calcio del intestino, las necesidades orgánicas y la presencia o no de neutralizantes. La absorción de este mineral, como sucede con otros micronutrientes, puede variar según el consumo del mismo. El cuerpo es capaz de regular la tasa de calcio en periodos en los que la ingesta es menor. Por otro lado, cuando la ingesta es baja, y la vitamina D presente es suficiente, una proporción mayor de la cantidad de calcio es absorbido desde la sangre. La actividad física ayuda a mantener en buen equilibrio este mineral. Para conseguir los requerimientos de calcio, los deportistas veganos deben consumir fuentes de calcio a base de plantas, como frijoles, legumbres y vegetales verdes en cantidades suficientes para lograr la recomendación de *1000 mg/día*. Debido a la gran disponibilidad





de calcio en vegetales, nueces y semillas, la deficiencia de calcio es una no debe ser una preocupación para los deportistas veganos^[52]. Las dietas veganas consumen menos calcio en comparación con dietas vegetarianas u omnívoras^[27]. En relación a lo anterior, los veganos muestran un riesgo mayor de riesgo de fractura^[55]. Esta premisa, se ha sugerido que podría estar relacionada con la menor ingesta de proteínas, aunque investigaciones recientes han demostrado que las dietas altas en proteínas no tienen efectos en la absorción de calcio^[56].

Yodo

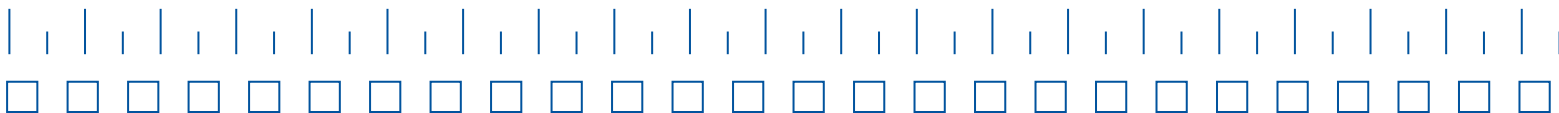


La cantidad total en el organismo es de *10-20 mg* y se acumula en el tiroides, eliminándose principalmente en la orina. Suele ir ligado a un aminoácido, la tirosina que es necesaria en una cierta concentración. Está ampliamente distribuido por la naturaleza, en productos animales, vegetales y el agua. Es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo físico y mental; a parte, juega un papel muy importante en las hormonas tiroideas. Los veganos han mostrado consumir cantidades altas o muy bajas de este mineral, dependiendo de las elecciones de los alimentos, lo cual puede dar lugar a una disfunción tiroidea. La recomendación de ingesta diaria de yodo es de *150 µg/día* para adultos. Deportistas veganos que consuman regularmente una pequeña cantidad de algas marinas de diverso tipo no deben presentar déficit en este elemento.^[52]

Vitamina D



Los alimentos que más vitamina D aportan son los aceites de pescados. Se absorbe en el intestino con la bilis, por la piel a través de la exposición solar y también lo puede hacer por la vía parenteral, subcutánea e intramuscular. La ingesta dietética de vitamina D parece ser baja en veganos que no alcanzan una exposición solar suficiente^[57]. La recomendación diaria de esta vitamina varía de *400 I.U./día* a *600 U.I./día*, dependiendo del organismo que desarrolle tal valor. Una pobre concentración de esta vitamina afecta negativamente la fuerza muscular y el consumo de oxígeno, y sugieren que la suplementación podría proteger contra el daño por uso excesivo a través de su papel en el metabolismo del calcio y la función del músculo esquelético. La optimización del estado de la vitamina D es quizás una consideración importante para todos los atletas veganos^[58].



Conclusiones

Los principales déficits que puede acarrear una dieta vegana en un deportista de alto rendimiento, serían; en la ingesta calórica, en la ingesta de grasa y en algunas vitaminas y minerales esenciales.

Se debe prestar especial atención a las posibles deficiencias en vitamina B12, hierro, zinc, calcio, yodo y vitamina D, según la *American Dietetic Association*.^[47]

Mediante el presente trabajo se comprueba que la adopción de una dieta vegana por un deportista de alto rendimiento es posible, sólo con una la planificación correcta de determinada suplementación.

Se deben realizar investigaciones concluyentes sobre los factores anteriormente expuestos, centrando la investigación sobre las dietas veganas, específicamente.



Artículo 1

1. Garthe, I; Maughan, RJ. "Athletes and Supplements: Prevalence and Perspectives". *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2018 Mar 1; 28(2): 126-138.

2. Wang X; Proud CG. "The mTOR pathway in the control of protein synthesis". *Physiology (Bethesda)*. 2006 Oct; 21: 362-9.

3. Bond, P. "Phosphatidic acid: biosynthesis, pharmacokinetics, mechanisms of action and effect on strength and body composition in resistance-trained individuals". *Nutr Metab (Lond)*. 2017; 14: 12.

4. Hoffman, J; Stout, J; Williams, D; Wells, A; Fragala, M; Mangine, G; Gonzalez, A; Emerson, N; McCormack, W; Scanlon, T; Purpura, M; Jäger, R. "Efficacy of phosphatidic acid ingestion on lean body mass, muscle thickness and strength gains in resistance-trained men". *J Int Soc Sports Nutr*. 2012; 9: 47.

5. Joy, J; Gundermann, D; Lowery, R; Jäger, R; McCleary, S; Purpura, M; Roberts, M; Wilson, S; Hornberger, T; Wilson, J. "Phosphatidic acid enhances mTOR signaling and resistance exercise induced hypertrophy". *Nutr Metab (Lond)*. 2014; 11: 29.

6. Andre, T; Gann, J; McKinley-Barnard, S; Song, J; Willoughby, D. "Eight Weeks of Phosphatidic Acid Supplementation in Conjunction with Resistance Training Does Not Differentially Affect Body Composition and Muscle Strength in Resistance-Trained Men". *J Sports Sci Med*. 2016 Sep; 15(3): 532-539.

7. Escalante, G; Alencar, M; Haddock, B; Harvey, P. "The effects of phosphatidic acid supplementation on strength, body composition, muscular endurance, power, agility, and vertical jump in resistance trained men". *J Int Soc Sports Nutr*. 2016; 13: 24.

8. Shad, BJ; Smeuninx, B; Atherton, PJ; Breen, L. "The mechanistic and ergogenic effects of phosphatidic acid in skeletal muscle". *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015 Dec; 40(12): 1233-41.

9. Cooper, R; Naclerio, F; Allgrove, J; Jimenez, A. "Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update". *J Int Soc Sports Nutr*. 2012; 9: 33.

10. Grgic, J; Trexler, ET; Lazinica, B; Pedisic, Z. "Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis". *J Int Soc Sports Nutr*. 2018; 15: 11.

11. Jones, AM. "Dietary Nitrate Supplementation and Exercise Performance". *Sports Med*. 2014; 44(Suppl 1): 35-45.

12. Hobson, RM; Saunders, B; Ball, G; Harris, RC; Sale, C. "Effects of β -alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis". *Amino Acids*. 2012 Jul; 43(1): 25-37.

13. Close, GL; Hamilton, DL; Philp, A; Burke, LM; Morton, JP. "New strategies in sport nutrition to increase exercise performance". *Free Radic Biol Med*. 2016 Sep; 98: 144-158

14. Wilson, JM; Lowery, RP; Joy, JM; Andersen, JC; Wilson, MC; Stout, JR; Duncan, N; Fuller, JC; Baier, SM; Naimo, MA; Rathmacher, J. "The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study". *Eur J Appl Physiol*. 2014; 114(6): 1217-1227.

Artículo 2

Agostoni, E.; Gurtner, G.; Torri, G.; Rahn, H. Respiratory mechanics during submersion and negative pressure breathing. *J. Appl. Physiol.*, v. 21, n. 1, p. 251-8. 1996.

Benson, H.; Beary, J. F.; Carol, M. P. The relaxation response. *Psychiatry*, v. 37, p. 37-46, 1974.

Bookspan, J. Efeitos fisiológicos da imersão em repouso.

In: Ruoti, R. G.; Morris, D. M.; Cole, A. J. Reabilitação aquática. São Paulo: Manole, 2000.

Dull, H. Watsu: exercícios para o corpo na água. São Paulo: Summus, 2001.

Denison, D. M.; Wagner, P. D.; Kingaby, G. L.; West, J. B. Cardiorespiratory responses to exercise in air and underwater. *J. Appl. Physiol.*, v. 33, n. 4, p. 426-30, 1972.

Geigle, P. R.; Gould, M. L.; Hunt, H. C. Aquatic physical therapy for balance: the interaction of somatosensory and hydrodynamic principles. *J. Aquatic Phys. Ther.*, v. 5, n. 1, p. 4-10, 1997.

Skinner, A. T.; Thompson, A. M. Pain management by physiotherapy. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992.

Suedfeld, P.; Borrie, R. A. Health and therapeutic applications of chamber and flotation restricted environmental stimulation therapy (REST). *Psychol. Health*, v. 14, p. 545-66, 1999.

Wadeson, H.; Carpenter, W. Impact of the seclusion room experience. *J. Nerv. Ment. Dis.*, v. 163, n. 5, p. 318-28, 1976.

Wallbaum, A. B.; Rzewnick, R.; Steele, H.; Suedfeld, P. Progressive muscle relaxation and restricted environmental stimulation therapy for chronic tension headache: pilot study. *Int. J. Psychosom.*, v. 38, n. 1-4, p. 33-9, 1991.

Artículo 3

Abernethy PJ1, Jürimäe J, Logan PA, Taylor AW, Thayer RE. (1994) Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Med*. 1994 Jan; 17(1): 22-38.

Adams GR and Bamman MM. Characterization and regulation of mechanical loading induced compensatory muscle hypertrophy. *Compr Physiol* 2: 2829-2870, 2012.

Ahtiainen JP1, Hulmi JJ, Kraemer WJ, Lehti M, Nyman K, Selänne H, Alen M, Pakarinen A, Komulainen J, Kovanen V, Mero AA, Häkkinen K. (1995). Heavy resistance exercise training and skeletal muscle androgen receptor expression in younger and older men. *Am J Physiol*. 269 (5 Pt 1): E820-6.

Alway SE1, Gonyea WJ, Davis ME. (1990). Muscle fiber formation and fiber hypertrophy during the onset of stretch-overload. *Am J Physiol*. 259 (1 Pt 1): C92-102.

Barton-Davis ER1, Shoturma DI, Sweeney HL. (1999) Contribution of satellite cells to IGF-I induced hypertrophy of skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*. 167(4): 301-5.

Bataille RÉG, Klein B. C-reactive protein levels as a direct indicator of interleukin-6 levels in humans in vivo. *Arthritis Rheum*. 2005; 35: 982-3

Berg, K, and French, J. The effect of resistive exercise interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *J Strength Cond Res* 23: 62-71, 2009.

Biolo G, Williams BD, Fleming RY, Wolfe RR. (1999). Insulin action on muscle protein kinetics and amino acid transport during recovery after resistance exercise. *Diabetes*. 48(5): 949-57.

Bouchard C. (1983). Human adaptability may have a genetic basis. In Health Risk Estimation, Risk Reduction and Health Promotion. Proceedings of the 18th Annual Meeting of the Society of Prospective Medicine, ed. Landry F, pp. 463-476. Canadian Public Health Association, Ottawa.

Bouchard C & Rankinen T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 33, S446-S451.



Bouchard C, An P, Rice T, Skinner JS, Wilmore JH, Gagnon J, Pe'russe L, Leon AS & Rao DC (1999). Familial aggregation of $\dot{V}O_{2\max}$ response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. *J Appl Physiol* 87, 1003–1008.

Bouchard C, Sarzynski MA, Rice TK, Kraus WE, Church TS, Sung YJ, Rao DC & Rankinen T (2011). Genomic predictors of the maximal O_2 uptake response to standardized exercise training programs. *J Appl Physiol* 110, 1160–1170.

Bouchard C, Tremblay A, Despres JP, Theriault G, Nadeau A, Lupien PJ, Moorjani S, Prudhomme D & Fournier G (1994). The response to exercise with constant energy intake in identical twins. *Obes Res* 2, 400–410.

Burd NA, West DWD, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, Moore DR, Holwerda AM, Parise G, Rennie MJ, Baker SK, and Phillips SM. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PLoS One* 5: e12033, 2010.

Campos GE1, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ, Staron RS. (2008). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones.

Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ, and Staron RS. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol* 88: 50–60, 2002.

Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;100:126–131. [PMC free article][PubMed].

Caspersen, C. Powell, K. Christensen, G. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 1985, 100:126–131. Published in final edited form as: *Cancer Prev Res (Phila)*. 2015 February ; 8(2): 105–110. doi:10.1158/1940-6207.CAPR-14-0320.

Charette SL1, McEvoy L, Pyka G, Snow-Harter C, Guido D, Wiswell RA, Marcus R. (1991). Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J Appl Physiol* (1985). 1991 May; 70(5): 1912-6.

Denne SC, Liechty EA, Liu YM, Brechtel G, Baron AD. (1991) Proteolysis in skeletal muscle and whole body in response to euglycemic hyperinsulinemia in normal adults. *Am J Physiol.* 261 (6 Pt 1): E809-14.

Dinareello CA, Cannon JG, Wolff SM, et al. Tumour necrosis factor (cachectin) is endogenous pyrogen and induces production of interleukin-1. *J Exp Med* 1986; 163: 1433-1450.

Dowling, JJ et cols. 1994. Are humans able to voluntarily elicit maximum muscle force? *Neurosci lett.* 179: 25-28, 1994.

Fabian Sanchis-Goma Lynn, R., and Morgan. DL (1994) decline running produce more sacomeres in rat vastus intermedius muscle fibres than does incline running. *J appl pphysiol.* 77: 1439-1444.

Fisher, G.; Hyatt, T.C.; Hunter, G.R.; Oster, R.A.; Desmond, R.A.; Gower, B.A. (2011) Effect of diet with and without exercise training on markers of inflammation and fat distribution in overweight women. *Obesity (Silver Spring)* 19, 1131–1136.

Goto, K, Ishii, N, Kizuka, T, and Takamatsu, K. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Med Sci Sport Exerc* 37: 955–963, 2005.

Goto, K, Nagasawa, M, Yanagisawa, O, Kizuka, T, Ishii, N, and Takamatsu, K. Muscular adaptations to combinations of high- and low-intensity resistance exercises. *J Strength Cond Res* 18: 730–737, 2004.

Häkkinen K1, Pakarinen A, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. (2000) Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 55(2): 895-105.

Hameed M1, Lange KH, Andersen JL, Schjerling P, Kjaer M, Harridge SD, Goldspink G. (2004) The effect of recombinant human growth hormone and resistance training on IGF-I mRNA expression in the muscles of elderly men. *J Physiol.* 555 (Pt 1): 231-40. Epub 2003 Oct 17.

Hill M1, Wernig A, Goldspink G. (2003). Muscle satellite (stem) cell activation during local tissue injury and repair. *J Anat.* 2003 Jul; 203 (1): 89-99.

Iida K1, Itoh E, Kim DS, del Rincon JP, Coschigano KT, Kopchick JJ, Thorner MO. (2004) Muscle mechano growth factor is preferentially induced by growth hormone in growth hormone-deficient lit/lit mice. *J Physiol.* 560 (Pt 2): 341-9. Epub 2004 Aug 12.

James Tidball (2011). *Mechanisms of Muscle Injury, Repair, and Regeneration.* Article in *Comprehensive Physiology* · October 2011.

John K. Petrella,1,2 Jeong-su Kim,1,2 David L. Mayhew,1,2 James M. Cross,3 and Marcas M. Bamman 1, 2 (2008) Potent myofiber hypertrophy during resistance training in humans is associated with satellite cell-mediated myonuclear addition: a cluster analysis. Departments of 1Physiology and Biophysics and 3Surgery, The University of Alabama at Birmingham, Birmingham; and 2Geriatric Research, Education, and Clinical Center, Veterans Affairs Medical Center, Birmingham, Alabama.

Kadi F1, Schjerling P, Andersen LL, Charifi N, Madsen JL, Christensen LR, Andersen JL. (2004). The effects of heavy resistance training and detraining on satellite cells in human skeletal muscles. *J Physiol.* 2004 Aug 1; 558 (Pt 3): 1005-12. Epub 2004 Jun 24.

Kami K1, Senba E. (1998). Localization of leukemia inhibitory factor and interleukin-6 messenger ribonucleic acids in regenerating rat skeletal muscle. *Muscle Nerve.* Jun; 21 (6): 819-22.

Karimé González,1 Jorge Fuentes,2,3 and José Luis Márquez 4 (2017) Physical Inactivity, Sedentary Behavior and Chronic Diseases. *Korean J Fam Med.* 2017 May; 38(3): 111–115.

Kettelhut IC, Wing SS, Goldberg AL. (1988). Endocrine regulation of protein breakdown in skeletal muscle. *Diabetes Metab Rev.* ;4 (8): 751-72.



Lamon S, Wallace MA, Leger B, and Russell AP. Regulation of STARS and its downstream targets suggest a novel pathway involved in human skeletal muscle hypertrophy and atrophy. *J Physiol (Lond)* 587: 1795–1803, 2009.

Leeann M. Bellamy, (2014) *The Acute Satellite Cell Response and Skeletal Muscle Hypertrophy following Resistance Training*.

Leger B, Cartoni R, Praz M, Lamon S, Deriaz O, Crettenand A, Gobelet C, Rohmer P, Konzelmann M, Luthi F, and Russell AP. Akt signaling through GSK-3 β , mTOR and Foxo1 is involved in human skeletal muscle hypertrophy and atrophy. *J Physiol (Lond)* 576: 923–933, 2006.

Mavros, Y.; Kay, S.; Simpson, K.A.; Baker, M.K.; Wang, Y.; Zhao, R.R.; Meiklejohn, J.; Climstein, M.; O'Sullivan, A.J.; de Vos, N.; et al. Reductions in c-reactive protein in older adults with type 2 diabetes are related to improvements in body composition following a randomized controlled trial of resistance training. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle* 2014, 5, 111–120.

Mayank agarwal, Shraddha Singh, Jagdish narayan, Shivani Pandey, Sunita tiwari, Priyanka SharMa. (2017) Cardiovascular Response and Serum Interleukin-6 Level in Concentric Vs. Eccentric Exercise. DOI: 10.7860/JCDR/2017/25281.9703.

McFarlane C, Hennebry A, Thomas M, Plummer E, Ling N, Sharma M, et al. Myostatin signals through Pax7 to regulate satellite cell self-renewal. *Exp Cell Res*. 2008; 314 (2): 317–29. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2007.09.012> PMID: 17949710.

Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DWD, Burd NA, Breen L, Baker SK, and Phillips SM. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *J Appl Physiol* 113: 71–77, 2012.

Mitchell JB1, DiLauro PC, Pizza FX, Cavender DL. (1997) The effect of pre-exercise carbohydrate status on resistance exercise performance. *Int J Sport Nutr*. 1997 Sep; 7 (3): 185-96.

Nielsen AR1, Pedersen BK. (2007) The biological roles of exercise-induced cytokines: IL-6, IL-8, and IL-15. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2007 Oct; 32 (5): 833-9.

Oded Zamir, Per-Olof Hasselgren, CA Takashi Higashiguchi, Janice A. Frederick and Josef E. Fischer (1992). Tumour necrosis factor (TNF) and interleukin-1 (IL-1) induce muscle proteolysis through different mechanisms

Phillips SM1, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR. (1997) Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol*. 1997 Jul; 273 (1 Pt 1): E99-107.

Quinn LS1. (2008) Interleukin-15: a muscle-derived cytokine regulating fat-to-lean body composition. *J Anim Sci*; 86 (14 Suppl): E75-83. Epub 2007 Aug 20.

Schoenfeld B. The use of specialized training techniques to maximize muscle hypertrophy. *Strength Cond J* 33: 60–65, 2011.

Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med* 2013 doi: 10.1007/s40279-013-0017-1.

Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res* 24: 2857–2872, 2010.

Schuenke MD, Herman JR, Gliders RM, Hagerman FC, Hikida RS, Rana SR, Ragg KE, and Staron RS. Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. *Eur J Appl Physiol* 112: 3585–3595, 2012.

Shinohara, M, Kouzaki, M, Yoshihisa T, and Fukunaga T. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol* 77: 189–191, 1998.

Sotiropoulos AI, Ohanna M, Kedzia C, Menon RK, Kopchick JJ, Kelly PA, Pende M. (2006) Growth hormone promotes skeletal muscle cell fusion independent of insulin-like growth factor 1 up-regulation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 103 (19): 7315-20. Epub 2006 May 2.

Spangenburg EE1, Le Roith D, Ward CW, Bodine SC. (2008) A functional insulin-like growth factor receptor is not necessary for load-induced skeletal muscle hypertrophy. *J Physiol*. 586(1): 283-91. Epub 2007 Nov 1.

Stec MJ, Kelly NA, Many GM, Windham ST, Tuggle SC, Bamman MM. Ribosome biogenesis may augment resistance training-induced myofiber hypertrophy and is required for myotube growth in vitro. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2016; 310(8):E652–E61. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00486.2015> PMID: 26860985; PubMed Central PMCID: PMC4835943.

Strauch MJ, Wood DD. Reduction of interleukin-like activity after treatment with dexamethasone. *J Leuk Biol* 1985; 37: 193-207.

Taaffe, D.R.; Harris, T.B.; Ferrucci, L.; Rowe, J.; Seeman, T.E. Cross-sectional and prospective relationships of interleukin-6 and c-reactive protein with physical performance in elderly persons: MacArthur studies of successful aging. *J Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci*. 2000, 55, M709–M715.

Taylor WE, Bhasin S, Artaza J, Byhower F, Azam M, Willard DH Jr, et al. Myostatin inhibits cell proliferation and protein synthesis in C2C12 muscle cells. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2001; 280(2): E221–8. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2001.280.2.E221> PMID: 11158924.

Toigo, M and Boutellier, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *Eur J Appl Physiol* 97: 643–663, 2006.

Urban RJ1, Bodenburg YH, Gilkison C, Foxworth J, Coggan AR, Wolfe RR, Ferrando A. (1996). Testosterone administration to elderly men increases skeletal muscle strength and protein synthesis.

Velloso CP1. (2008) Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I. *Br J Pharmacol*. 154(3): 557-68. doi: 10.1038/bjp.2008.153.

Vierck, J., O'Reilly, B., Hossner, K., Antonio, J., Byrne, K., Bucci, L. and Dodson, M. Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell Biol Int* 24: 263–272, 2000.

Vingren JL1, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training: the upstream regulatory elements. *Sports Med*. 2010 Dec 1;40(12):1037-53. doi: 10.2165/11536910-000000000-00000.

Visser, M.; Pahor, M.; Taaffe, D.R.; Goodpaster, B.H.; Simonsick, E.M.; Newman, .B.; Nevitt, M.; Harris, T.B. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor-alpha with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: The health abc study. *J Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci*. 2002, 57, M326–M332.

Wilmore JH, Stanforth PR, Gagnon J, Rice T, Mandel S, Leon AS, Rao DC, Skinner JS & Bouchard C (2001). Cardiac output and stroke volume changes with endurance training: the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 33, 99–106.

Yang SY1, Goldspink G. (2002) Different roles of the IGF-I C peptide (MGF) and mature IGF-I in myoblast proliferation and differentiation. *FEBS Lett*. 2002 Jul 3; 522(1-3): 156-60.

Zou K1, Meador BM, Johnson B, Huntsman HD, Mahmassani Z, Valero MC, Huey KA, Boppard MD. (2011) The $\alpha_2\beta_1$ integrin increases muscle hypertrophy following multiple bouts of eccentric exercise. *J Appl Physiol* 111(4): 1134-41. doi:10.1152/japplphysiol.00081.2011. Epub 2011 Aug 4.

Gale CR, Martyn CN, Cooper C, Sayer AA. (2007). Grip strength, body composition, and mortality. *Int J Epidemiol*. 2007 Feb;36(1):228-35. Epub 2006 Oct 19.



Artículo 4

- [1] Stahler C. How many adults are vegetarian? *Veg J* 2006; 25: 14–5.
- [2] <http://www.telegraph.co.uk/food-and-drink/news/number-of-vegans-in-britain-rises-by-360-in-10-years/>.
- [3] <https://www.businessinsider.es/vegan-athletes-and-why-they-changed-their-diet-11?r=US&IR=T>.
- [4] Fogelholm, M. (2003). Dairy products, meat and sports performance. *Sports medicine*, 33 (8), 615–631.
- [5] Walter, E. (2016). Vegan. La alimentación más saludable y sus repercusiones en el clima, el medio ambiente, los derechos de los animales y los derechos humanos. Henrich Fundación ProVegan.
- [6] Appleby, P. N., & Key, T. J. (2016). The long-term health of vegetarians and vegans. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 287–293.
- [7] Marsh, K., Zeuschner, C., & Saunders, A. (2012). Health implications of a vegetarian diet: A review. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 6 (3), 250–267.
- [8] Craig, W. J. (2009). Health effects of vegan diets. *The American journal of clinical nutrition*, 89 (5), 1627S–1633S.
- [9] Barnard, N. D., Levin, S. M., & Yokoyama, Y. (2015). A systematic review and meta-analysis of changes in body weight in clinical trials of vegetarian diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115 (6), 954–969.
- [10] Orlich, M. J., & Fraser, G. E. (2014). Vegetarian diets in the Adventist Health Study 2: a review of initial published findings. *The American journal of clinical nutrition*, 100 (Supplement 1), 353S–358S.
- [11] Craddock, J. C., Probst, Y. C., & Peoples, G. E. (2016). Vegetarian and omnivorous nutrition—Comparing physical performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 26 (3), 212–220.
- [12] Le, L. T., & Sabaté, J. (2014). Beyond meatless, the health effects of vegan diets: findings from the Adventist cohorts. *Nutrients*, 6 (6), 2131–2147.
- [13] Maron, B. J., & Pelliccia, A. (2006). The heart of trained athletes. *Circulation*, 114 (15), 1633–1644.
- [14] Maron, B. J. (2003). Sudden death in young athletes. *New England Journal of Medicine*, 349(11), 1064–1075.
- [15] Barr, S. I., & Rideout, C. A. (2004). Nutritional considerations for vegetarian athletes. *Nutrition*, 20 (7), 696–703.
- [16] Ferreira, L. G., Burini, R. C., & Maia, A. F. (2006). Vegetarian diets and sports performance. *Revista de Nutrição*, 19 (4), 469–477.
- [17] Trapp, D., Knez, W., & Sinclair, W. (2010). Could a vegetarian diet reduce exercise-induced oxidative stress? A review of the literature. *Journal of sports sciences*, 28(12), 1261–1268.
- [18] (Carr, A. J., Hopkins, W. G., & Gore, C. J., (2011). Effects of Acute Alkalosis and Acidosis on Performance, 41 (10), 801–814.
- [19] Pawlak, R., Lester, S. E., & Batumunde, T. (2014). The prevalence of cobalamin deficiency among vegetarians assessed by serum vitamin B12: a review of literature. *European journal of clinical nutrition*, 68 (5), 541–548.
- [20] Hanne, N., Dlin, R., & Nrotstein, A. (1986). Physical fitness, anthropometric and metabolic parameters in vegetarian athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 26 (2), 180–185.
- [21] Baguet, A., Everaert, I., De Naeyer, H., Reyngoudt, H., Stegen, S., Beeckman, S., ... & Taes, Y. (2011). Effects of sprint training combined with vegetarian or mixed diet on muscle carnosine content and buffering capacity. *European journal of applied physiology*, 111 (10), 2571–2580.
- [22] Hietavala, E. M., Puurinen, R., Kainulainen, H., & Mero, A. A. (2012). Low-protein vegetarian diet does not have a short-term effect on blood acid-base status but raises oxygen consumption during submaximal cycling. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9 (1), 50.
- [23] Raben, A., Kiens, B., Richter, E. A., Rasmussen, L. B., Svenstrup, B., Micic, S., & Bennett, P. (1992). Serum sex hormones and endurance performance after a lacto-ovo vegetarian and a mixed diet. *Medicine and science in sports and exercise*, 24 (11), 1290–1297.
- [24] Wells, A. M., Haub, M. D., Fluckey, J., Williams, D. K., Chernoff, R., & Campbell, W. W. (2003). Comparisons of vegetarian and beef-containing diets on hematological indexes and iron stores during a period of resistive training in older men. *Journal of the American Dietetic Association*, 103 (5), 594–601.
- [25] Haub, M. D., Wells, A. M., & Campbell, W. W. (2005). Beef and soy-based food supplements differentially affect serum lipoprotein-lipid profiles because of changes in carbohydrate intake and novel nutrient intake ratios in older men who resistive-train. *Metabolism*, 54 (6), 769–774.
- [26] New, S. A. (2004). Do vegetarians have a normal bone mass? *Osteoporosis International*, 15 (9), 679–688.
- [27] Davey GK, Spencer EA, Appleby PN, Allen NE, Knox KH, Key TJ. (2003) EPIC-Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33,883 meat-eaters and 31,546 non meat-eaters in the UK. *Public Health Nutr* 2003; 6: 259–69.
- [28] Appleby, P., Roddam, A., Allen, N., & Key, T. (2007). Comparative fracture risk in vegetarians and non-vegetarians in EPIC-Oxford. *European journal of clinical nutrition*, 61 (12), 1400–1406.
- [29] Richter, E. A., Kiens, B., Raben, A., Tvede, N., & Pedersen, B. K. (1991). Immune parameters in male athletes after a lacto-ovo vegetarian diet and a mixed Western diet. *Medicine and science in sports and exercise*, 23 (5), 517–521.
- [30] Venkatraman, J. T., & Pendergast, D. R. (2002). Effect of dietary intake on immune function in athletes. *Sports medicine*, 32 (5), 323–337.
- [31] Fernández, J. M., Da Silva-Grigoletto, M. E., & Túnez-Fiñana, I. (2009). Estrés oxidativo inducido por el ejercicio. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 2 (1).
- [32] Potgieter, S. (2013). Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. *South African journal of clinical nutrition*, 26 (1), 6–16.
- [33] Clarys, P., Deliens, T., Huybrechts, I., Deriemaeker, P., Vanaelst, B., De Keyser, W., ... & Mullie, P. (2014). Comparison of nutritional quality of the vegan, vegetarian, semi-vegetarian, pesco-vegetarian and omnivorous diet. *Nutrients*, 6 (3), 1318–1332.
- [34] Phillips, F. (2005). Vegetarian nutrition. *Nutrition Bulletin*, 30 (2), 132–167.
- [35] Rauma, A. L., Nenonen, M., Helve, T., & Hänninen, O. (1993). Effect of a strict vegan diet on energy and nutrient intakes by Finnish rheumatoid patients. *European journal of clinical nutrition*, 47 (10), 747–749.
- [36] Loucks, A. B. (2004). Energy balance and body composition in sports and exercise. *Journal of sports sciences*, 22 (1), 1–14.
- [37] Rogerson, D. (2017). Vegan diets: practical advice for athletes and exercisers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 36.
- [38] Venderley, A. M., & Campbell, W. W. (2006). Vegetarian diets. *Sports Medicine*, 36 (4), 293–305.



- [39] Rennie, M. J., Bohé, J., & Wolfe, R. R. (2002). Latency, duration and dose response relationships of amino acid effects on human muscle protein synthesis. *The Journal of nutrition*, 132 (10), 3225S-3227S.
- [40] Kniskern, M. A., & Johnston, C. S. (2011). Protein dietary reference intakes may be inadequate for vegetarians if low amounts of animal protein are consumed. *Nutrition*, 27 (6), 727-730.
- [41] Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., ... & Smith-Ryan, A. E. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14 (1), 20.
- [42] Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of sports sciences*, 29 (sup1), S17-S27.
- [43] McEvoy, C. T., Temple, N., & Woodside, J. V. (2012). Vegetarian diets, low-meat diets and health: a review. *Public health nutrition*, 15 (12), 2287-2294.
- [44] Slavin, J. L. (2005). Dietary fiber and body weight. *Nutrition*, 21 (3), 411-418.
- [45] Mudgil, D., & Barak, S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: a review. *International journal of biological macromolecules*, 61, 1-6.
- [46] Dinu, M., Abbate, R., Gensini, G. F., Casini, A., & Sofi, F. (2017). Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: a systematic review with meta-analysis of observational studies. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(17), 3640-3649.
- [47] Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Position of the American dietetic association, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109 (3), 509-527.
- [48] Burke, L. M. (2015). Re-examining high-fat diets for sports performance: did we call the 'nail in the coffin' too soon?. *Sports medicine*, 45 (1), 33-49.
- [49] Volek, J. S., Kraemer, W. J., Bush, J. A., Incledon, T., & Boetes, M. (1997). Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 82 (1), 49-54.
- [50] Pawlak, R., Lester, S. E., & Babatunde, T. (2016). The prevalence of cobalamin deficiency among vegetarians assessed by serum vitamin B12: a review of literature. *European journal of clinical nutrition*, 70 (7), 866-866.
- [51] Gilling, A. M., Crowe, F. L., Lloyd-Wright, Z., Sanders, T. A., Appleby, P. N., Allen, N. E., & Key, T. J. (2010). Serum concentrations of vitamin B12 and folate in British male omnivores, vegetarians and vegans: results from a cross-sectional analysis of the EPIC-Oxford cohort study. *European journal of clinical nutrition*, 64 (9), 933-939.
- [52] Fuhrman, J., & Ferreri, D. M. (2010). Fueling the vegetarian (vegan) athlete. *Current sports medicine reports*, 9 (4), 233-241.
- [53] Hunt, J. R. (2002). Moving toward a plant-based diet: are iron and zinc at risk?. *Nutrition reviews*, 60 (5), 127-134.
- [54] Dagnelie, P. C., van Staveren, W. A., Vergote, F. J., Dingjan, P. G., Van Den Berg, H., & Hautvast, J. G. (1989). Increased risk of vitamin B-12 and iron deficiency in infants on macrobiotic diets. *The American journal of clinical nutrition*, 50 (4), 818-824.
- [55] Ho-Pham, L. T., Nguyen, N. D., & Nguyen, T. V. (2009). Effect of vegetarian diets on bone mineral density: a Bayesian meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 90 (4), 943-950.
- [56] Heaney, R. P. (2007, March). Effects of protein on the calcium economy. In *International Congress Series* (Vol. 1297, pp. 191-197). Elsevier.
- [57] Crowe, F. L., Steur, M., Allen, N. E., Appleby, P. N., Travis, R. C., & Key, T. J. (2011). Plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans: results from the EPIC-Oxford study. *Public health nutrition*, 14 (2), 340-346.
- [58] Moran, D. S., McClung, J. P., Kohlen, T., & Lieberman, H. R. (2013). Vitamin D and physical performance. *Sports Medicine*, 43 (7), 601-611.
- [59] Tarnopolsky, M. A., Parshad, A., Walzel, B., Schlattner, U., & Wallmann, T. (2001). Creatine transporter and mitochondrial creatine kinase protein content in myopathies. *Muscle & nerve*, 24 (5), 682-688.
- [60] Tarnopolsky, M. A. (2007). Clinical use of creatine in neuromuscular and neurometabolic disorders. *Subcellular Biochemistry*, 46, 183.
- [61] Tarnopolsky, M. A. (2000). Potential benefits of creatine monohydrate supplementation in the elderly. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 3 (6), 497-502.
- [62] Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., ... & Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14 (1), 18.
- [63] Burke, D. G., Chilibeck, P. D., Parise, G. I. A. N. N. I., Candow, D. G., Mahoney, D., & Tarnopolsky, M. (2003). Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (11), 1946-1955.
- [37] Rogerson, D. (2017). Vegan diets: practical advice for athletes and exercisers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14 (1), 36.
- [64] Everaert, I., Mooyaart, A., Baguet, A., Zutinic, A., Baelde, H., Achten, E., ... & Derave, W. (2011). Vegetarianism, female gender and increasing age, but not CNBP1 genotype, are associated with reduced muscle carnitine levels in humans. *Amino acids*, 40 (4), 1221-1229.
- [65] Harris, R. C., Jones, G., Hill, C. A., Kendrick, I. P., Boobis, L., Kim, C., ... & Wise, J. A. (2007). The carnitine content of V Lateralis in vegetarians and omnivores. *The FASEB Journal*, 21 (6), A944-A944.
- [66] Harris, R. C., Wise, J. A., Price, K. A., Kim, H. J., Kim, C. K., & Sale, C. (2012). Determinants of muscle carnitine content. *Amino acids*, 43 (1), 5-12.
- [67] Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Hoffman, J. R., Wilborn, C. D., Sale, C., ... & Campbell, B. (2015). International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12 (1), 30.
- [68] Terrados, N y Leibar, X. (2015). Aspectos Específicos de la Nutrición Deportiva y Ayudas Ergogénicas. *Máster Universitario en Alto Rendimiento Deportivo*. COES. Apuntes presentados en clase, Noviembre, 2015.
- [69] Arasa, G. 2005. *Manual de Nutrición Deportiva*. Paidotribo. Barcelona.
- [70] Hardt, J. J., & O'Rourke, K. D. (2007). Nutrition and hydration. *The CDF response, in perspective*. *Health progress* (Saint Louis, Mo.), 88 (6), 44.



- [71] Nowak, R. K., Knudsen, K. S., & Schulz, L. O. (1988). Body composition and nutrient intakes of college men and women basketball players. *Journal of the American Dietetic Association*, 88, 575–578.
- [72] Schroder, H., Terrados, N., & Tramullas, A. (2004). Risk assessment of the potential side effects of long-term creatine supplementation in team sport athletes. *European Journal of Nutrition*, 44, 255–261.
- [73] Hickson, J. F., Jr., Johnson, C. W., Schrader, J. W., & Stockton, J. E. (1987). Promotion of athletes' nutritional intake by a university foodservice facility. *Journal of the American Dietetic Association*, 87, 926–927.
- [74] Cole, C. R., Salvaterra, G. F., Davis, J. E., Jr., Borja, M. E., Powell, L. M., Dubbs, E. C. et al. (2005). Evaluation of dietary practices of National Collegiate Athletic Association Division I football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 490–494.
- [75] Millard-Stafford, M., Rosskopf, L.B., & Sparling, P.B. (1989). Coronary heart disease: Risk profiles of college football players. *Physician and Sports-medicine*, 17, 151–163.
- [76] van Erp-Baart, A. M., Saris, W. H., Binkhorst, R. A., Vos, J. A., & Elvers, J. W. (1989). Nationwide survey on nutritional habits in elite athletes. Part I. Energy, carbohydrate, protein, and fat intake. *International Journal of Sports Medicine*, 10 (suppl. 1), S3–S10.
- [77] Grandjean, A. C., & Rudd, J. S. (1994). Energy intake of athletes. In M. Harries, C. Williams, W. D. Stanish, & L. J. Micheli (Eds.), *Oxford textbook of sports medicine* (pp. 53–65). New York: Oxford University Press.
- [78] Lundy, B., O'Connor, H., Pelly, F., & Caterson, I. (2006). Anthropometric characteristics and competition dietary intakes of professional rugby league players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16, 199–213.
- [79] Jacobs, I., Westlin, N., Karlsson, J., Rasmussen, M., & Houghton, B. (1982). Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 48, 297–302.
- [80] Bangsbo, J., Norregaard, L., & Thorsoe, F. (1992). The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 152–157.
- [81] Schena, F., Pattini, A., & Mantovanelli, S. (1995). Iron status in athletes involved in endurance and prevalently anaerobic sports. In C. V. Kies & J. A. Driskell (Eds.), *Sports nutrition: Minerals and electrolytes* (pp. 65–76). Boca Raton, FL: CRC Press.
- [82] Maughan, R. J. (1997). Energy and macronutrient intakes of professional football (soccer) players. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 45–47.
- [83] Reeves, S., & Collins, K. (2003). The nutritional and anthropometric status of Gaelic football players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, 539–548.
- [84] Raizel, R., da Mata Godois, A., Coqueiro, A. Y., Voltarelli, F. A., Fett, C. A., Tirapegui, J., ... & de Faria Coelho-Ravagnani, C. (2017). Pre-season dietary intake of professional soccer players. *Nutrition and health*, 23 (4), 215–222.
- [85] Short, S. H., & Short, W. R. (1983). Four-year study of university athletes' dietary intake. *Journal of the American Dietetic Association*, 82, 632–645.
- [86] Risser, W. L., Lee, E. J., LeBlanc, A., Poindexter, H. B., Risser, J. M., & Schneider, V. (1990). Bone density in eumenorrheic female college athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 570–574.
- [87] Nutter, J. (1991). Seasonal changes in female athletes' diets. *International Journal of Sport Nutrition*, 1, 395–407.
- [88] Clark, M., Reed, D. B., Crouse, S. F., & Armstrong, R. B. (2003). Pre- and post-season dietary intake, body composition, and performance indices of NCAA division I female soccer players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, 303–319.
- [89] Martin, L., Lambeth, A., & Scott, D. (2006). Nutritional practices of national female soccer players: Analysis and recommendations. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 130–137.
- [90] Papadopoulou, S. K., Papadopoulou, S. D., & Gallos, G. K. (2002). Macro- and micro-nutrient intake of adolescent Greek female volleyball players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12, 73–80.
- [91] Vanacore, D., Messina, G., Lama, S., Bitti, G., Ambrosio, P., Tenore, G. C., ... & Novellino, E. (2018). Effect of Restriction Vegan Diet's on Muscle Mass, Oxidative Status and Myocytes Differentiation: a Pilot Study. *Journal of cellular physiology*.
- [92] Blancquaert, L., Baguet, A., Bex, T., Volckaert, A., Everaert, I., Delanghe, J., ... & Greenhaff, P. (2018). Changing to a vegetarian diet reduces the body creatine pool in omnivorous women, but appears not to affect carnitine and carnitine homeostasis: a randomised trial. *British Journal of Nutrition*, 119 (7), 759–770.
- [93] Wirnitzer, K. C., & Kornel, E. (2014, January). Energy and macronutrient intake of a female vegan cyclist during an 8-day mountain bike stage race. In *Baylor University Medical Center Proceedings* (Vol. 27, No. 1, pp. 42–45). Taylor & Francis.
- [94] Novakova, K., Kummer, O., Bouitbir, J., Stoffel, S. D., Hoerler-Koerner, U., Bodmer, M., ... & Krähenbühl, S. (2016). Effect of l-carnitine supplementation on the body carnitine pool, skeletal muscle energy metabolism and physical performance in male vegetarians. *European journal of nutrition*, 55 (1), 207–217.
- [95] Benatar, J. R., & Stewart, R. A. (2018). Cardiometabolic risk factors in vegans: A meta-analysis of observational studies. *PLoS one*, 13 (12), e0209086.
- [96] Haider, L. M., Schwingshackl, L., Hoffmann, G., & Ekmekcioglu, C. (2018). The effect of vegetarian diets on iron status in adults: A systematic review and meta-analysis. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58 (8), 1359–1374.
- [97] Lynch, H., Johnston, C., & Wharton, C. (2018). Plant-Based Diets: Considerations for Environmental Impact, Protein Quality, and Exercise Performance. *Nutrients*, 10 (12), 1841.
- [98] Wirnitzer, K., Boldt, P., Lechleitner, C., Wirnitzer, G., Leitzmann, C., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). Health Status of Female and Male Vegetarian and Vegan Endurance Runners Compared to Omnivores—Results from the NURMI Study (Step 2). *Nutrients*, 11 (1), 29.



► 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 Ortolando 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

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



PUBLICACIONES

57



Nº9

- ▶ ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE MEDIO URBANO.
Hernández L. A. / Ferrando J. A. / Quílez J.
Aragón 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.
Gaizka 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
- ▶ EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDOS GRASOS
OMEGA 3 EN LA RECUPERACIÓN MUSCULAR
Juan Martínez Fernández

Nº13

- ▶ PLATOS Q-RING – BUSCANDO LA PEDALADA PERFECTA.
José Luis de Santosa
- ▶ EFECTOS 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
- ▶ EFECTOS 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 CARDIACA
Pedro Luis del Mazo Tomé / Belén Fernández Alonso
- ▶ HIDROXIMETILBUTIRATO Y SU POSIBLE APLICACIÓN DEL DEPORTE A LA
SALUD.
Ana Amelia Menéndez Bernardo
- ▶ LAS GRASAS COMO APOORTE ENERGÉTICO DURANTE EL EJERCICIO.
Alberto Mouriño 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
- ▶ EFECTOS 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

- ▶ EFECTOS 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
- ▶ EFECTOS DE LA DIETA VEGANA EN EL ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO
Mario de Ana Macías
Nicolás Terrados Cepeda

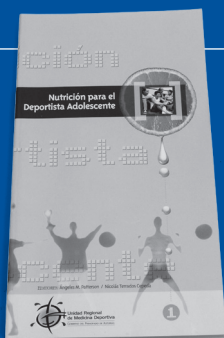
▶ Monografías



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



This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]

□ □



CON EL DEPORTE,
de toda
la vida



FDM
avilés



DEPORTE ASTURIANO

GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS

www.asturias.es/deporteasturiano