

# RETOS EN LA INVESTIGACIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE EJERCICIO Y NUTRICIÓN

## RESEARCH CHALLENGES ON THE INTERACTION BETWEEN EXERCISE AND NUTRITION

**Marcela González Gross**

ImFINE Research Group. Departamento de Salud y Rendimiento Humano. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte-INEF. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid (España).

**corresponding author:** marcela.gonzalez.gross@upm.es

### REVISIÓN

Discurso de ingreso en la Real Academia Nacional de Farmacia como académico correspondiente.

### RESUMEN

El aumento de la esperanza de vida y de las enfermedades crónicas no transmisibles (obesidad, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, cáncer, demencia, depresión, entre otras) han propiciado que tanto las Ciencias del Deporte como las de Nutrición ganen en importancia en investigación y en Salud Pública. Pero la falta de conexión y colaboración entre estas áreas han hecho que la mayoría de los estudios científicos analicen los aspectos por separado. El estado actual del conocimiento científico parece indicar que lo razonable es que se aborden de forma conjunta, aunque claramente se planteen nuevos interrogantes en la combinación de ambos. El efecto combinado entre los nutrientes y los estímulos fisiológicos de las cargas de entrenamiento no son los mismos en todas las personas, ya que hay una respuesta individualizada motivada por aspectos genéticos y epigenéticos. Por tanto, deberemos ser capaces de identificar respondedores y no respondedores a las intervenciones nutricionales y de ejercicio. De los muchos retos que se plantean en la actualidad, encontramos la complejidad del balance energético, durante muchos años entendido de forma errónea como una matemática; el efecto que la actividad física o su ausencia tiene en los hábitos y estado nutricional; la sarcopenia y la osteoporosis; la obesidad sarcopénica; la microbiota; el deterioro cognitivo; y la mortalidad.

### ABSTRACT

*The increase of life expectancy and non-communicable chronic diseases (obesity, type 2 diabetes, cardiovascular diseases, cancer, dementia, depression, among others) have led to both Sports and Nutrition Sciences gaining importance in research and in Public Health. But the lack of connection and collaboration between these areas has caused most scientific studies to analyze these aspects separately. The current state of scientific knowledge seems to indicate that it is reasonable to address them jointly, although new questions clearly arise in the combination of both. The combined effect between nutrients and physiological stimuli of training loads are not the same in all people, since there is an individualized response motivated by genetic and epigenetic aspects. Therefore, we must be able to identify responders and non-responders to nutritional and exercise interventions. Among the many challenges that arise today, we find the complexity of the energy balance, for many years misunderstood as a mathematical equation; the effect that physical activity or its absence has on habits and nutritional status; sarcopenia and osteoporosis; sarcopenic obesity; microbiota; cognitive impairment; and mortality.*

#### Palabras Clave:

Actividad física  
Ejercicio físico  
Nutrición

#### Keywords:

Physical activity  
Physical exercise  
Nutrition



## 1. INTRODUCCIÓN

La visión holística de la salud ya nos la presentaron hace tiempo algunos de nuestros sabios favoritos, en la frase de "mens sana in corpore sano", o más recientemente nuestro recordado profesor Grande Covián "menos plato y más zapato", aunque esta visión integrada ha sufrido ciertos altibajos. Los beneficios para la salud de la práctica regular de ejercicio físico, así como del seguimiento de una dieta equilibrada están fuera de toda duda. A través de la nutrición se debe garantizar un correcto aporte de energía, macro y micronutrientes que se verán aumentados por la práctica de actividad física (AF) (1). En la actualidad, nos enfrentamos a diferentes retos que deben de ser abordados de forma multidimensional, es decir, considerando ambos factores en relación con la salud humana. Los retos que se van a abordar en este discurso son balance energético, la asociación entre nutrición, AF y condición física y sedentarismo, sarcopenia y osteoporosis, obesidad sarcopénica, microbiota intestinal, deterioro cognitivo, y receta personalizada de acuerdo con cada persona.

## 2. RETO: BALANCE ENERGÉTICO, PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA OBESIDAD

El balance energético es la relación entre la energía gastada y la energía consumida; sin embargo, no es pura matemática, ya que en esta ecuación influyen muchos componentes (1, 2). El apetito, entendido como la ingesta calórica conductual, y la AF (gasto energético conductual), contribuyen al balance energético y al control de la grasa corporal. En este sentido, una reciente revisión realizada desde la Sociedad Española de la Nutrición sobre la ingesta dietética, gasto energético y AF ha observado que el 76,4% de los artículos analizados sobre un total de 698, no tuvo en cuenta el gasto calórico y el 93,1% la AF (1). El impacto del ejercicio físico sobre los mecanismos de control del apetito influye sobre el balance energético (2). La práctica regular de ejercicio físico modifica la composición corporal, aumenta la masa libre de grasa, que a su vez aumenta el metabolismo basal, la demanda energética y el impulso para comer. Por otra, disminuye el tejido adiposo, modificando la acción de la leptina. El ejercicio modifica la liberación de los péptidos gástricos, aumentando aquellos con efecto inhibitorio e inhibiendo a los que tienen efecto estimulante del apetito. El ejercicio a largo plazo parece que ejerce cierta regulación global de apetito y saciedad y que, a mayor gasto, mejor control del balance energético. Queda por conocer mejor el efecto de la termogénesis no asociada a ejercicio, que es la AF que realizamos de forma espontánea, como andar, subir escaleras, que algunos datos indican que puede tener efectos positivos sobre la regulación metabólica (2). En los estudios

HELENA y EYHS, se observó que aquellos adolescentes con mayor ingesta calórica eran más delgados y con menos grasa corporal que aquellos con menor ingesta calórica y más sedentarios (3). De estos resultados, se deriva el impacto que tiene el ejercicio físico sobre las personas y que debería considerarse en las investigaciones de nutrición.

## 3. RETO: ANALIZAR DATOS DE NUTRICIÓN TENIENDO EN CUENTA ACTIVIDAD FÍSICA, SEDENTARISMO Y CONDICIÓN FÍSICA

El efecto de ser activo o sedentario no solo influye en nuestro balance energético, si no que también en la elección de alimentos y bebidas. En un estudio realizado en personas mayores de 55 años de Madrid y Mallorca, los autores trataron de clasificar a la población en función de su nivel de AF y tiempo sedentario y relacionarlo con la ingesta de líquidos. Se agruparon en 4 categorías: en activos y poco sedentarios, activos y sedentarios, inactivos y poco sedentarios e inactivos y sedentarios. Se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el volumen total de líquido ingerido, agua y en la osmolaridad, ya que el grupo de activos y poco sedentario bebieron mayor cantidad y presentaron mayor concentración de osmolaridad en la sangre (4). A su vez, ingirieron mayor cantidad de otras bebidas como café, leche, bebidas isotónicas, vino y bebidas destiladas en comparación con el resto de los grupos, aunque los resultados no fueron significativos. Además, esta misma muestra fue dividida en función de su condición física, teniendo en cuenta la fuerza del tren superior e inferior, la fuerza de prensión manual, el equilibrio, la agilidad y función cardiorrespiratoria. Se encontraron diferencias en el porcentaje de ingesta deficitaria de micronutrientes; específicamente, más del 85% de hombres y mujeres, en la vitamina D, el potasio y la vitamina E. También, el 82% de las mujeres presentó ingesta deficitaria de calcio y alrededor del 50% de los hombres y mujeres en la ingesta de folato (4). En relación con su condición física, los participantes con mayores niveles de condición física presentaron un mejor perfil de micronutrientes (5). Hay que destacar la importancia de analizar los resultados teniendo en cuenta el sexo y el riesgo que entraña la deficiencia prolongada de micronutrientes. En otro de los trabajos publicados por Aparicio-Ugarriza y col. (2019), se observó que aquellos biomarcadores sanguíneos que estaban fuera del rango de normalidad, el 67% y el 25% de los participantes, tenían valores deficitarios de 25(OH)D y de vitamina B<sub>12</sub> y homocisteína, respectivamente (6). En relación con los resultados de este estudio, ya en 2006, el grupo de la Dra. Fried, una de las máximas expertas en fragilidad, alertaba de que bajas concentraciones de micronutrientes son un factor de riesgo independiente de fragilidad (7). Por tanto, el reto número dos, la AF y la condición



física influyen sobre hábitos y estado nutricional y no se están teniendo en cuenta a la hora de interpretar los datos científicos y de plantear soluciones.

#### 4. RETO: PREVENIR SARCOPENIA Y OSTEOPOROSIS

En relación con el envejecimiento, uno de los grandes problemas asociados es la pérdida de masa muscular. El importante avance realizado en investigación en Ciencias del Deporte llevó al grupo europeo de estudio de la sarcopenia (EWGSOP), a actualizar su definición, anteponiendo la fuerza muscular incluso a la cantidad de masa muscular (8). Actualmente, la sarcopenia se define como un trastorno progresivo y generalizado del músculo esquelético asociado con el incremento de la probabilidad de sufrir eventos adversos como caídas, fracturas, discapacidad física y mortalidad. La fuerza muscular es el principal parámetro de diagnóstico de sarcopenia, donde un bajo nivel de fuerza muscular está relacionado con una mayor posibilidad de sarcopenia. El diagnóstico se confirma finalmente por la presencia de baja cantidad muscular o calidad (8). Al igual que hace unos años se puso de manifiesto que el tejido adiposo es metabólicamente activo, los avances de los últimos años han conducido a comprender la actividad metabólica del músculo, la síntesis de su proteína, las mioquinas y los receptores de vitamina D (9). Esto ha condicionado una visión totalmente renovada de la masa muscular. La interacción entre el efecto estresor del ejercicio y la ingesta de proteína favorece la síntesis frente a la degradación, actuando sobre la biogénesis mitocondrial, que es la respuesta que sufre la mitocondria al estímulo contráctil. Es importante diferenciar cual es el objetivo del entrenamiento, si se pretende una mayor funcionalidad o aumentar su contenido (9). Este estudio sugiere que un aumento de la intensidad del ejercicio (por ejemplo, entrenamiento en intervalos de velocidad o el entrenamiento interválico de alta intensidad, HIIT) llevan a una mejor función y respiración mitocondrial, mientras que los niveles prolongados de baja intensidad y alto volumen parecen aumentar el contenido mitocondrial dentro del músculo esquelético. Si buscamos ambos efectos, podemos optar por un entrenamiento combinado como el HIIT (9).

La ingesta de proteína y la realización de AF es vital en la edad adulta. En este sentido, Coelho Junior y col., (2020), dividieron su población de acuerdo con la fragilidad (robustos, pre-frá-giles y frágiles) evaluada mediante 3 índices diferentes (escala osteoporótica, índice modificado de Linda Fried y Escala Fried (10). Aunque una de las principales conclusiones de los autores es que hay diferencias en función del índice utilizado, sí se observa que el nivel de AF es superior en los robustos y que los frágiles realizan significativamente menos minutos de AF que los robustos. Con relación a la ingesta proteica, ésta es superior en los robustos, tanto

en ingesta diaria total como por kg de peso y en gramos totales (10), destacando que fueron muy superiores a lo recomendado en la actualidad, acercándose a la ingesta recomendada de proteínas para personas deportistas. Además, hay que mencionar que la distribución de ingesta de proteínas a lo largo del día de estos participantes fue similar a lo recomendado en deportistas (0,25-0,30 g/kg peso corporal), salvo en el desayuno (10). Concretamente, se observó que la ingesta de leucina fue alta en los robustos (10), confirmando lo mencionado en este apartado.

Un estado óptimo de vitamina D favorece la fuerza muscular, ya que los receptores de vitamina D también se expresan en el tejido muscular (11). Los datos sugieren que la leche y otros productos lácteos que contienen diferentes compuestos bioactivos (es decir, proteínas, leucina) que pueden mejorar la síntesis de proteínas musculares, especialmente cuando se combinan con ejercicios de resistencia (11). Los ácidos omega-3 pueden incrementar la masa muscular y la fuerza al mediar la señalización celular y el daño oxidativo relacionado con la inflamación. A su vez, la vitamina D tiene un efecto positivo sobre la densidad mineral ósea, donde se observó también que el consumo de alcohol presentó efectos negativos en personas mayores españolas (12). Además, el magnesio está involucrado en los procesos de contracción muscular, demostrando grandes beneficios en relación con la fuerza muscular (11). Por su parte, las dietas acidógenas aumentan la degradación de las proteínas musculares, que se ve agravada por el envejecimiento (11). En este sentido, hay que destacar que estos micronutrientes están en bajas concentraciones en la población adulta (5). Existe también una estrecha relación entre AF, fragilidad y mortalidad, en la cual, los participantes que eran sedentarios y los que eran inactivos tenían un 16% menos de probabilidades de morir, mientras que los activos tenían un 25% menos de riesgo de mortalidad. En relación con la dieta, una dieta de mala calidad o una dieta de calidad regular presentaron un 37% menos de probabilidades de morir frente a los participantes con una buena calidad de la dieta que mostraron un 45% menos de riesgo de mortalidad (13).

#### 5. RETO: PREVENIR / TRATAR OBESIDAD SARCOPÉNICA

La obesidad sarcopénica se define como un exceso de grasa corporal y la pérdida significativa de masa muscular (14). En un estudio realizado en población española adulta, se vio que aproximadamente el 85% de los participantes presentó sobrepeso y/u obesidad. Así mismo, el 67% y 56% mostró un aumento del porcentaje de masa grasa y de obesidad abdominal, respectivamente (15). Con el aumento de la edad, disminuye el porcentaje de personas con una composición corporal normal y aumenta la obesidad sarcopénica (15). La obesidad sarcopénica se asocia con un deterioro



funcional acelerado y con un mayor riesgo de enfermedades cardiometabólicas y mortalidad (16), por lo que el diagnóstico precoz es importante en el envejecimiento. Los mecanismos biológicos que explican la obesidad sarcopénica durante el envejecimiento son la disfunción mitocondrial y el aumento del estrés oxidativo, conduciendo a una menor masa y función muscular. Además, se produce un aumento de la producción de citoquinas y leptina, la disminución de la acción de la adiponectina y el factor de crecimiento (16). Una reciente revisión sistemática que versa sobre la relación de nutrición y ejercicio en relación con la obesidad sarcopénica concluye que hay pocos estudios realizados y que combatir la obesidad sarcopénica es compleja (17), ya que es necesaria una intervención dietética hipocalórica, pero a su vez un aumento de la ingesta para incrementar la masa muscular. Los mejores resultados se obtuvieron mediante la intervención con ejercicio de fuerza muscular y dieta hipocalórica, donde disminuyó significativamente la masa grasa y la masa muscular se mantuvo y/o aumentó (17). En relación con el sobrepeso y la obesidad, se ha observado que hay respondedores y no respondedores a la intervención, como ocurrió con los 57 participantes sometidos a un entrenamiento durante 12 semanas, donde se observaron diferencias tan grandes como que unos perdieron 14 kg y otros ganaron 2 kg (1).

## 6. RETO: DESCRIBIR EL EFECTO DEL EJERCICIO Y LA NUTRICIÓN EN LA MICROBIOTA

La microbiota intestinal comprende bacterias, hongos, arqueas, protistas, helmintos y virus que habitan simbióticamente el sistema digestivo humano (18). Los factores que influyen en ella son el estrés, el tipo de nacimiento, el embarazo, la edad, el consumo de prebiótico, probióticos y antibióticos, el ejercicio físico, la nutrición y la genética (19), siendo la dieta, seguida del sueño, los ritmos circadianos y la AF los mayores factores extrínsecos que afectan a la misma. Cualquier cambio que sucede en la microbiota intestinal, afecta al metabolismo. Sin embargo, hasta la fecha se conocen pocos estudios en esta área y no está claro como influye un estilo de vida activo y una dieta equilibrada en la microbiota intestinal (18). La reciente revisión sistemática publicada por Aya y col., (2021) observó que existen diferencias significativas entre deportistas y personas inactivas, encontrando una mayor diversidad y más microbiota en los deportistas debido al consumo de proteínas y el seguimiento de una dieta equilibrada (18). Así mismo, hallaron una relación estrecha entre la función cardiorrespiratoria y la composición de la microbiota intestinal. El consumo máximo de oxígeno es un factor predictivo de la diversidad alfa-intestinal de la micro-

biota. No obstante, no se han observado diferencias significativas entre sexos. De estos resultados, se deriva que la microbiota intestinal presenta diferentes perfiles en función del ejercicio físico y de la calidad nutricional de la dieta. Por ejemplo, en un estudio realizado en maratonianos, percibieron que aumentó la bacteria *Veilonella*, cuya fisiología incluye la capacidad de obtener energía a través de la fermentación del lactato y su incapacidad para utilizar la glucosa (20). Este hecho llevó a los autores a inocular esta bacteria en ratones y realizar entrenamiento de resistencia. La bacteria *Veilonella* aumentó, así como la mejora en las vías del lactato; no obstante, el lactato no pudo atravesar el lumen para llegar a músculo, cerebro o hígado, aunque si pudiera pasar la barrera intestinal (20).

Desde hace años, se conoce el eje cerebro-intestino, del que se podría decir que el músculo también forma parte. El músculo es un órgano activo que libera mioquinas y una mayor actividad genera bacterias beneficiosas para el organismo humano. Por ejemplo, el aumento del tipo de bacterias, de la producción metabólica de bacterias, mejora de la barrera intestinal, de la función de la microbiota, y las vías de biosíntesis, así como la disminución del estado inflamatorio. Por tanto, en los próximos años, la microbiota y su relación con el ejercicio físico y la nutrición serán claves en la salud de la población.

## 7. RETO: REDUCIR EL RIESGO DE DETERIORO COGNITIVO

El ejercicio físico ejerce un papel preventivo del deterioro cognitivo y es un tipo de intervención novedosa para mejorar la función cognitiva y reducir la neurodegeneración, especialmente en personas mayores (21). Las células del músculo esquelético pueden producir y secretar varias mioquinas de forma endocrina. En este sentido, se ha sugerido que las contracciones musculares relacionadas con el ejercicio también aumentan la producción y los niveles circulantes de catepsina B, capaces de cruzar la barrera hematoencefálica y mediar la expresión del factor neurotrófico derivado del cerebro en el hipocampo, promoviendo por tanto la plasticidad cerebral y mejorando la función cognitiva y la memoria (22).

La prevención para reducir el riesgo de demencia a través de la intervención dietética y ejercicio físico es vital. Anstey y col., (2020) llevaron a cabo un estudio en 125 adultos mayores de 18 años, con sobrepeso u obesidad y/o alguna enfermedad crónica (23). Dividieron a los participantes en tres grupos: un grupo que realizó una consulta presencial sobre dieta y AF; un grupo que fue dirigido por médicos y que siguieron un programa de modificación del estilo de vida; y el grupo control. Los resultados mostraron que aquellos que siguieron el programa de modificación del estilo de



vida mediante dieta y ejercicio físico, redujeron el riesgo de demencia durante al menos 15 meses. Hasta el momento los mecanismos subyacentes que relacionan ejercicio físico con la salud cerebral no están claros, aunque sí se conoce que el ejercicio físico mejora la función cerebral en el cerebro que envejece (21).

## 8. RETO: CONSEGUIR LA RECETA PERSONALIZADA

El entrenamiento provoca cambios agudos y adaptativos a largo plazo en la fisiología humana que median la mejora del rendimiento y el estado de salud. Las respuestas son integradoras y están orquestadas por varios mecanismos, como la expresión génica. La expresión génica es fundamental para construir la adaptación del sistema biológico al entrenamiento físico (24). La combinación de factores genómicos y ambientales, el estrés, el tabaco, la dieta, las infecciones y el ejercicio físico influyen sobre los fenotipos humanos, donde el ejercicio físico confiere un fenotipo más saludable y que mejora el rendimiento (25). Hacer ejercicio físico con regularidad previene muchas enfermedades crónicas, disminuye el riesgo de mortalidad y aumenta la longevidad. Sin embargo, los mecanismos involucrados son poco conocidos. El efecto modulador del ejercicio físico (aeróbico y de resistencia) sobre la expresión génica se conoce desde hace algún tiempo y nos ha proporcionado una comprensión de las respuestas biológicas al ejercicio físico. Los datos de investigaciones emergentes sugieren que las modificaciones epigenéticas son extremadamente importantes tanto para el desarrollo como para la enfermedad en los seres humanos (25).

Así especial atención han recibido aquellas variantes genéticas que puedan influir en la capacidad de adaptación al metabolismo aeróbico como la de los genes que codifican a los factores de transcripción PPAR receptor de peroxisoma-proliferador-activado delta que está involucrado en el metabolismo de los lípidos y glúcidos afectando a la sensibilidad a la insulina y captación de glucosa por los músculos; o los genes que codifican a los factores inducibles por hipoxia, que codifican entre otras la producción de eritropoyetina y la biogénesis mitocondrial, el gen que codifica para el factor nuclear respiratorio NFR2, que condiciona el consumo de oxígeno en deportes de resistencia y protege las neuronas y la barrera hematoencefálica frente al estrés oxidativo y los daños inducidos por procesos inflamatorios; y otros genes involucrados que codifican para los receptores beta2 y beta3 adrenérgicos (ADRP2 y 3), el receptor de la vitamina D, de la óxido nítrico sintasa, etc (26). Respecto al rendimiento muscular, el gen ACTN3 codifica la proteína alfa-actinina-3 componente básico de la contracción de las fibras musculares rápidas en los mamíferos, también relacionado con la sarcopenia; o el gen CK-MM que codifica la isoforma citosólica mus-

cular de la creatina cinasa responsable de la rápida generación de ATP durante la contracción muscular intensa, evitando la fatiga muscular, o el gen de la ECA que se ha relacionado el alelo I con deportes de resistencia como en triatletas, mientras que el alelo D de la ECA se asocia con pruebas de fuerza y potencia y se ha encontrado en nadadores de élite. El potencial humano parece limitado por la similitud de los perfiles poligénicos en los extremos del deporte de élite (26). Estos autores observaron que, tras identificar asociaciones entre 23 polimorfismos genéticos y fenotipos de resistencia humana, se obtuvieron las frecuencias genotípicas típicas de esos polimorfismos. Usando cálculos de probabilidad, encontraron que solo un 0,0005 % de individuos en el mundo tiene la forma preferible de estos 23 polimorfismos. A medida que sigue aumentando el número de variantes de ADN, se ha demostrado que la forma deseable de cada polimorfismo será aún menor (26).

Tal y como se deriva de estos hallazgos, la respuesta y adaptación al ejercicio físico, es muy variable en función de cada individuo (27). Álvarez y col., (2018) observaron que el entrenamiento de fuerza muscular fue capaz de reducir el número de mujeres no respondedoras al ejercicio físico con relación a la resistencia a la insulina (28). Además, un reciente estudio ha mostrado que el entrenamiento de potencia muscular antes y durante el confinamiento por COVID-19, atenuó los efectos de estar sentado, así como disminuyó la discapacidad física y mantuvo la calidad de vida de participantes mayores con diabetes tipo 2 (29). En un reciente estudio piloto en personas mayores entre los factores genéticos implicados en el desarrollo de la sarcopenia, se encontró que la sarcopenia se asoció con los genotipos metilenoetrahidrofolato reductasa, alfa-actinina-3 y factor respiratorio nuclear 2. Además, el efecto combinado de los tres polimorfismos explicó el 39 % de la variación interindividual en el riesgo de sarcopenia. No obstante, son necesarios más estudios dada la alta prevalencia entre la población adulta (30).

## 9. CONCLUSIONES

En conclusión, hay que destacar que es necesaria la nutrición de precisión (31) y la prescripción de ejercicio físico de forma individualizada (32) así como abordar el reto de aquellas personas que no responden a las intervenciones de dieta, ejercicio físico y/o la combinación de ambos. Se trata de añadir vida a los años, no sólo años a la vida. He dicho.

## Agradecimientos

Me gustaría agradecer a los muchos profesionales que me han apoyado y que han compartido conmigo mi trayectoria profesional hasta la fecha, y destacar muy especialmente a:



Prof. Dra. Ascensión Marcos (CSIC)  
Prof. Dr. Klaus Pietrzik (Universidad de Bonn, Alemania)  
Prof. Dr. Manuel Castillo (Universidad de Granada)  
Prof. Dr. Ángel Gutiérrez (Universidad de Granada)  
Dña. Laura Barrios (CSIC)  
Prof. Dr. Luis Moreno (Universidad de Zaragoza)  
Prof. Dr. Ángel Gil (Universidad de Granada)  
Dr. Rafael Urralde (Universidad Complutense de Madrid)  
Prof. Dr. Francisco Sánchez Muñiz (Universidad Complutense de Madrid)

A los integrantes de la Red EXERNET y su presidente, Prof. Dr. José Antonio Casajús

A todos los compañeros de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte INEF-UPM, de la que formo parte desde 2004

A los compañeros del Área de Educación Física y Deportiva

A los investigadores y colaboradores del Grupo de investigación ImFINE

A todos ellos, muchas gracias.

## 10. REFERENCIAS

- González-Gross M, Aparicio-Ugarriza R, Mielgo-Ayuso J, Fuentes-Jiménez F. Nutrición deportiva: desde la fisiología a la práctica. 1ª Ed. Editorial Médica Panamericana. 2020. Madrid. ISBN: 978-84-9110-603-6.
- Blundell JE, Gibbons C, Caudwell P, Finlayson G, Hopkins M. Appetite control and energy balance: impact of exercise. *Obes Rev.* 2015 Feb;16 Suppl 1:67-76. doi: 10.1111/obr.12257.
- Cuenca-García M, Ortega FB, Ruiz JR, Labayen I, Moreno LA, Patterson E, et al., on behalf of HELENA Study Group. More physically active and leaner adolescents have higher energy intake. *J Pediatr.* 2014 Jan;164(1):159-166.e2. doi: 10.1016/j.jpeds.2013.08.034.
- Aparicio-Ugarriza R, Luzardo-Socorro R, Palacios G, Bibiloni MM, Julibert A, Tur JA, et al. Impact of physical activity and sedentarism on hydration status and liquid intake in Spanish older adults. The PHYSMED study. *Nutr Hosp.* 2016 Jul 13;33(Suppl 3):309. doi: 10.20960/nh.309.
- Aparicio-Ugarriza R, Luzardo-Socorro R, Palacios G, Bibiloni MM, Argelich E, Tur JA, et al. What is the relationship between physical fitness level and macro- and micronutrient intake in Spanish older adults? *Eur J Nutr.* 2019 Jun;58(4):1579-1590. doi: 10.1007/s00394-018-1696-z.
- Aparicio-Ugarriza R, Díaz ÁE, Palacios G, Bibiloni MM, Julibert A, Tur JA, et al. Association between blood marker analyses regarding physical fitness levels in Spanish older adults: A cross-sectional study from the PHYSMED project. *PLoS One.* 2018 Oct 24;13(10):e0206307. doi: 10.1371/journal.pone.0206307.
- Semba RD, Bartali B, Zhou J, Blaum C, Ko CW, Fried LP. Low serum micronutrient concentrations predict frailty among older women living in the community. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2006 Jun;61(6):594-9. doi: 10.1093/gerona/61.6.594.
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019 Jan 1;48(1):16-31. doi: 10.1093/ageing/afy169. Erratum in: *Age Ageing.* 2019 Jul 1;48(4):601.
- Coelho-Júnior HJ, Calvani R, Picca A, Gonçalves IO, Landi F, Bernabei R, et al. Protein-Related Dietary Parameters and Frailty Status in Older Community-Dwellers across Different Frailty Instruments. *Nutrients.* 2020 Feb 17;12(2):508. doi: 10.3390/nu12020508.
- Hughes DC, Ellefsen S, Baar K. Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2018 Jun 1;8(6):a029769. doi: 10.1101/cshperspect.a029769.
- Moradell A, Navarrete-Villanueva D, Fernández-García ÁI, Marín-Puyalto J, Gómez-Bruton A, Pedrero-Chamizo R, et al. Role of Dietary Intake and Serum 25(OH)D on the Effects of a Multicomponent Exercise Program on Bone Mass and Structure of Frail and Pre-Frail Older Adults. *Nutrients.* 2020 Oct 1;12(10):3016. doi: 10.3390/nu12103016.
- Cruz-Jentoft AJ, Hughes B, Scott D, Sanders KM, Rizzoli R. Nutritional strategies for maintaining muscle mass and strength from middle age to later life: A narrative review. *Maturitas.* 2020 Feb;132:57-64. doi: 10.1016/j.maturitas.2019.11.007.
- Brown JC, Harhay MO, Harhay MN. Physical activity, diet quality, and mortality among sarcopenic older adults. *Aging Clin Exp Res.* 2017 Apr;29(2):257-263. doi: 10.1007/s40520-016-0559-9.
- Gómez-Cabello A, Vicente Rodríguez G, Vila-Maldonado S, Casajús JA, Ara I. Aging and body composition: the sarcopenic obesity in Spain. *Nutr. Hosp.* 2012 Feb; 27(1): 22-30.
- Gomez-Cabello A, Pedrero-Chamizo R, Olivares PR, Luzardo L, Juez-Bengochea A, Mata E, et al., on behalf of EXERNET Study Group. Prevalence of overweight and obesity in non-institutionalized people aged 65 or over from Spain: the elderly EXERNET multi-centre study. *Obes Rev.* 2011 Aug;12(8):583-92. doi: 10.1111/j.1467-789X.2011.00878.x. Erratum in: *Obes Rev.* 2012 May;13(5):482.
- Roh E, Choi KM. Health Consequences of Sarcopenic Obesity: A Narrative Review. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020 May 21;11:332. doi: 10.3389/fendo.2020.00332.
- Trouwborst I, Verreijen A, Memelink R, Massanet P, Boirie Y, Weijts



- P, *et al.* Exercise and Nutrition Strategies to Counteract Sarcopenic Obesity. *Nutrients*. 2018 May 12;10(5):605. doi: 10.3390/nu10050605.
18. Aya V, Flórez A, Perez L, Ramírez JD. Association between physical activity and changes in intestinal microbiota composition: A systematic review. *PLOS ONE*. 2021; 16(2): e0247039. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247039>.
  19. Hasan Nand Yang H. Factors affecting the composition of the gut microbiota, and its modulation. *PeerJ*. 2019; 7 e7502.
  20. Scheiman J, Lubner JM, Chavkin TA, MacDonald T, Tung A, Pham L-D, *et al.* Meta-omics analysis of elite athletes identifies a performance-enhancing microbe that functions via lactate metabolism. *Nat Med*. 2019 Jul;25(7):1104–9.
  21. Bray NW, Pieruccini-Faria F, Barthe R, *et al.* The effect of physical exercise on functional brain network connectivity in older adults with and without cognitive impairment. A systematic review. *Mech Ageing Develop*. 2021 Jun; 111493.
  22. Marques-Aleixo I, Beza J, Arnaldina S, Stevanovic J, Coxito P, Gonçalves I, *et al.* Preventive and therapeutic potential of physical exercise in neurodegenerative diseases. *Antioxid Redox Signal*. 2021 Mar 10; 34(8): 674-693.
  23. Anstey KJ, Cherbuin N, Kim S, McMaster M, D'Este C, Lautenschlager N, *et al.* An Internet-Based Intervention Augmented With a Diet and Physical Activity Consultation to Decrease the Risk of Dementia in At-Risk Adults in a Primary Care Setting: Pragmatic Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*. 2020 Sep 24;22(9):e19431. doi: 10.2196/19431.
  24. Soci UPR, Melo SFS, Gomes JLP, Silveira AC, Nóbrega C, de Oliveira EM. Exercise Training and Epigenetic Regulation: Multilevel Modification and Regulation of Gene Expression. *Adv Exp Med Biol*. 2017;1000:281-322. doi: 10.1007/978-981-10-4304-8\_16.
  25. Denham J, Marques FZ, O'Brien BJ, Charchar FJ. Exercise: Putting Action into Our Epigenome. *Sports Med*. 2014; 44 (2): 189–209. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0114-1>.
  26. Álvarez C, Ramírez-Vélez R, Ramírez-Campillo R, Ito S, Celis-Morales C, García-Hermoso A, *et al.* Interindividual responses to different exercise stimuli among insulin-resistant women. *Scand J Med Sci Sports*. 2018 Sep;28(9):2052-2065. doi: 10.1111/sms.13213.
  27. Pickering C, and Kiely J. Understanding personalized training responses: can genetic assessment help?. *Open Sports Scien*. 2017; 10 (1).
  28. Brazo-Sayavera J, López-Torres O, Martos-Bermúdez Á, Rodríguez-García L, González-Gross M, Guadalupe-Grau A. Effects of Power Training on Physical Activity, Sitting Time, Disability, and Quality of Life in Older Patients With Type 2 Diabetes During the COVID-19 Confinement. *J Phys Act Health*. 2021 Apr 21;18(6):660-668. doi: 10.1123/jpah.2020-0489.
  29. Williams AG, Folland JP. Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance. *J Physiol*. 2008 Jan 1;586(1):113-21. doi: 10.1113/jphysiol.2007.141887.
  30. Urzi F, Pokorny B and Buzan E. Pilot Study on Genetic Associations With Age-Related Sarcopenia. *Front. Genet*. 2021; 11:615238. doi: 10.3389/fgene.2020.615238.
  31. de Toro-Martín J, Arsenault BJ, Després JP, Vohl MC. Precision Nutrition: A Review of Personalized Nutritional Approaches for the Prevention and Management of Metabolic Syndrome. *Nutrients*. 2017 Aug 22;9(8):913. doi: 10.3390/nu9080913.
  32. Herold F, Müller P, Gronwald T and Müller NG. Dose–Response Matters! — A Perspective on the Exercise Prescription in Exercise–Cognition Research. *Front. Psychol*. 2019 Nov 1; 10:2338. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02338.

Si desea citar nuestro artículo:

**Retos en la investigación de la interacción entre ejercicio y nutrición**

Marcela González Gross

An Real Acad Farm [Internet].

An. Real Acad. Farm. Vol. 87. n° 4 (2021) · pp 395-401

DOI: <http://dx.doi.org/10.53519/analesranf.2021.87.04.03>

