

Factores Epigenéticos y Práctica Deportiva

Epigenetic Factors and Sports Practice

Laura R. Cornejo-Roldán ^a, Karen I. Robles-Sánchez ^b

Abstract:

Introduction. Recently, the investigation of epigenetic factors related to human performance has received increasing attention. Thus, it has also focused on measuring their participation in sports activities. **Aim.** Describe the way in which some epigenetic variables have been shown to intervene in the performance of a sports practice, through the review of journal articles published from 2019 to 2022. **Material and methods.** The information was obtained through the review of 18 articles, located in the PubMed Central and Springer databases, under the following inclusion criteria: English language, publications in the indicated period, and description of at least one epigenetic factor related to some sport practice. **Results.** The findings were included in physiological, nutritional and social epigenetic factors. More attention was received in aspects such as the Relative Age Effect (RAE), performance through the measurement of strength and power, the constitution of the gut microbiota (MI), caffeine intake and the function of the trainers. **Conclusions.** Multiple epigenetic factors studied in relation to sports practice were identified. It is necessary to integrate epigenetic factors into quantitative study models of specific sports activities.

Keywords:

Sports performance, sports practice, athlete, epigenetics, gut microbiota

Resumen:

Introducción. Recientemente la investigación de los factores epigenéticos relacionados al desempeño humano ha recibido cada vez, mayor atención. Es así, que también se ha enfocado a medir la participación de estos en actividades deportivas. **Objetivo.** Describir la forma en la que algunas variables epigenéticas han mostrado intervenir en el desempeño de una práctica deportiva, a través de la revisión de artículos de revistas publicados de 2019 a 2022. **Material y métodos.** La información se obtuvo a través de la revisión de 18 artículos, localizados en las bases de datos PubMed Central y Springer, bajo los siguientes criterios de inclusión: idioma inglés, publicaciones en el periodo señalado y descripción de al menos un factor epigenético relacionado a alguna práctica deportiva. **Resultados.** Los hallazgos se englobaron en factores epigenéticos fisiológicos, nutricionales y sociales. Se recibió mayor atención en aspectos como el Efecto de la Edad Relativa (RAE), el rendimiento a través de la medición de la fuerza y la potencia, la constitución de la microbiota intestinal (MI), la ingesta de cafeína y la función de los entrenadores. **Conclusiones.** Se identificaron múltiples factores epigenéticos estudiados con relación a la práctica deportiva. Es necesario integrar factores epigenéticos a modelos de estudios cuantitativos de actividades deportivas específicas.

Palabras Clave:

Desempeño deportivo, práctica deportiva, atleta, epigenética, microbiota intestinal

Introducción

La relevancia de estudiar factores epigenéticos involucrados en el desempeño de un atleta o en la práctica de un deporte, tiene su base en el conocimiento de que la función y el desarrollo del ser humano conllevan

la interrelación de aspectos génicos influenciados por factores epigenéticos. El hablar de epigenética involucra tomar en cuenta aquellos factores que modulan la expresión del ácido desoxirribonucleico (ADN) de un individuo sin causar mutación en el mismo. Incluso, es necesario considerar factores preconceptionales,

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-5034-5993>, Email: cornejor@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-3155-2049>, Email: ro262277@uaeh.edu.mx

concepcionales y por supuesto postnatales relacionados al momento de edad cronológica en la que se encuentre el individuo a estudiar¹². Surge entonces la siguiente pregunta ¿cuál es la evidencia reportada sobre factores epigenéticos que influyan en un desempeño deportivo?

Entonces, para poder conducir a un atleta hacia un óptimo desempeño, se revisó la información sobre los siguientes factores que conllevan una carga epigenética, como lo son: el Efecto de la Edad Relativa (RAE por sus siglas en inglés)^{2,4,5,14,18}, características del tejido muscular¹⁴, entrenamiento con salto pliométrico (PJT, por sus siglas en inglés)¹⁷, resistencia y rendimiento atlético en clima frío²¹, deportes como fútbol soccer¹⁰, voleibol¹⁷ y tenis⁶, microbiota intestinal (MI)^{9,11,15}, ingesta de omega-3²⁰, Vitamina D^{13,19}, Grosella Negra³, Betabel¹, y cafeína^{8,16}; así como desempeño de los entrenadores^{6,7}.

Objetivo

Describir la forma en la que algunas variables epigenéticas han mostrado intervenir en el desempeño de una práctica deportiva, a través de la revisión de artículos de revistas publicadas de 2019 a 2022.

Material y Métodos

La información se obtuvo a través de la revisión de 18 artículos científicos. Estos fueron obtenidos a través de las bases de datos PubMed Central y Springer (Plataforma de la Biblioteca Digital de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo). Fueron considerados los siguientes criterios de inclusión: idioma inglés, publicaciones realizadas durante el periodo de 2019 a 2022, y, descripción de la asociación de al menos un factor epigenético a una determinada característica relacionada al desempeño de una práctica deportiva; criterio de exclusión: asociación de factor epigenético con factor génico. Las palabras claves utilizadas fueron: desempeño deportivo, práctica deportiva, atleta, epigenética, MI. Los pasos a seguir para la elección de los artículos fueron: identificar la asociación del factor epigenético relacionado con alguna estructura o función vinculada al desempeño del deportista, a continuación, revisión de los resultados, descripción narrativa en uno de tres diferentes grupos de factores (fisiológico, nutricional y social). Finalmente, se redactan conclusiones y sugerencias.

Resultados

Se describen los resultados en las siguientes tres secciones de factores epigenéticos: fisiológicos a través

de seis artículos, nutricionales mediante diez autores y sociales con dos publicaciones.

Factores Epigenéticos Fisiológicos

Se puede identificar la utilización del RAE en el área deportiva desde el siglo pasado². RAE se fundamenta en la fecha de nacimiento de un individuo, en cualquiera de los 12 meses considerados dentro de un año completo¹⁸. Éste mismo, asocia las consecuencias observables en un individuo, a través de su propio estado de maduración considerando su edad biológica. Con la participación de 92.08% de hombres y 7.92% de mujeres se evalúa la influencia del RAE en el rendimiento competitivo por lapsos (corto/largo plazo) y por actividad individual/colectiva. Los autores encontraron que esa influencia, bajo condición de competencia a corto plazo fue en lo individual de 10.2% y en lo colectivo de 18.09%, mientras que a largo plazo sólo en lo individual fue de 49.71%; independientemente del lapso hubo una influencia de 16.99%. También se refirió una mayor influencia del RAE en hombres adultos y en juegos de invasión; mientras que ésta fue baja cuando los deportistas se desempeñaron en escenarios nacionales (De la Rubia et al., 2020)⁴. En el baloncesto, la influencia del RAE fue: baja a corto plazo, mejorando a medida que el deportista avanzaba hacia niveles superiores de competición; alta, especialmente cuando la participación de los deportistas fue colectiva y a corto plazo incluso en escenarios nacionales; y, también alta en hombres de 14 a 19 años, con actividad individual a corto plazo, sin diferencia entre los niveles de competición⁵.

En cuanto a las características de fibras musculares, se ha reportado que pueden progresar de forma diferente bajo condiciones de entrenamiento específico. Es así, que la relación de potencia y fuerza alcanzada por un atleta puede basarse en el desarrollo de hipertrofia muscular máxima o hipertrofia muscular óptima¹⁴.

Con respecto al entrenamiento con PJT utilizado para medir condición física, esta ha sido evaluada en jugadores de voleibol sanos, estratificados por edad, sexo y cualidad de aficionado/profesional. Los resultados encontraron que el PJT fue seguro y eficaz al mejorar la aptitud física de los participantes. Específicamente, en el grupo de mayores de 16 años, mostró ser más efectivo al mejorar el rendimiento en los saltos con remate y en el salto de contramovimiento, incluido el acompañado con balanceo de brazos¹⁷.

En relación al entrenamiento sobre resistencia y rendimiento del deportista, se han considerado como importantes una amplia gama de factores a tomar en cuenta, como lo son: requerimientos alimenticios (proteína y otros tipos de energía); suplementos (hierro y de vitamina D); entrenamiento (alto volumen con

intensidad baja a moderada o bajo volumen con alta intensidad); reacciones adversas (cuadros asmáticos o broncoconstricción); medios virtuales (simulación e inteligencia artificial); asistencia de seguridad (vigilancia y primeros auxilios); clima (condiciones extremas y ambientación); medios de comunicación (GPS); tecnología (medidores tanto de fuerza como de potencia); y, aspectos genéticos²¹.

En jugadores de fútbol soccer chinos, se reportaron hallazgos sobre su aptitud y rendimiento físico. Estos, fueron clasificados como talentosos y no talentosos en base a su rendimiento táctico y técnico. Los siguientes factores, fueron considerados moduladores del rendimiento físico: edad, peso, estatura e Índice de Masa Corporal (IMC), Capacidad vital forzada pulmonar (CVFP), así como rendimiento en salto y en agilidad. En este estudio, solo encontraron diferencia significativa en el área del rendimiento físico en los jugadores talentosos, al realizar saltos y en cuanto a su agilidad; no hubo diferencia significativa para: edad, CVFP o en las variables antropométricas¹⁰.

Factores Epigenéticos Nutricionales

Por una parte, en la práctica deportiva pueden presentarse un sin número de situaciones adversas que modifiquen el desempeño de esta, entre ellas: ejercicio intenso y prolongado, entrenamiento excesivo, depresión inmunológica, estrés psicológico, alteración en el patrón sueño-vigilia y actividad en ambientes extremos. Igualmente, es importante recordar que la microbiota intestinal (MI) en los deportistas suele tener una composición particular y que, al administrar probióticos, su función dependerá del tipo de cepa y en su caso, de la dosis administrada. Con base a los dos aspectos anteriores, se ha estudiado la suplementación con probióticos asociada al rendimiento del atleta, así como, a la recuperación de sus lesiones. Tal es el caso de la descripción de los autores, en las siguientes observaciones: en poblaciones atléticas ciertos probióticos pueden aumentar la absorción de nutrientes claves para el desempeño del deportista; la suplementación monocepa produce beneficio significativo en el rendimiento de una actividad aeróbica; y, los probióticos antiinflamatorios se han relacionado con una mejor recuperación física secundaria a daño muscular¹¹. Más adelante, es publicada una actualización sobre la MI con referencia a lo siguiente: las modificaciones en su composición parecen depender del estado de salud del individuo; un aumento en la ingesta de fibra dietética está asociado a la riqueza y/o diversidad de la misma; existe una correlación positiva, entre la composición corporal/actividad física con poblaciones bacterianas específicas; aumenta la diversidad de

especies bacterianas con solo ser un individuo activo; se presentan cambios importantes en su composición dentro de las 24 hrs. después de iniciar un cambio en la dieta; su diversidad parece asociarse positivamente a una mayor aptitud cardiorrespiratoria; el atleta posee mayor cantidad de metabolitos fecales; y, se ve perjudicada en caso de realizar ejercicio excesivo prolongado¹⁵. Por último, se subraya la evidencia científica de la MI como contribuyente a los efectos de la ingesta dietética en el rendimiento deportivo influenciando sobre la producción de metabolitos microbianos gastrointestinales incluyendo su efecto inmunitario local. Los autores separaron sus resultados en los siguientes apartados: rendimiento deportivo y calidad nutritiva, con el hallazgo de un rendimiento adverso ante alta ingesta de proteínas con carbohidratos simples, baja ingesta de fibra y/o evasión de alimentos; y, rendimiento prometedor, ante la ingesta de fibra dietética adecuada y consumo de proteínas variadas. Subrayan la necesidad de que los alimentos contengan: grasas no saturadas, especialmente ácidos grasos omega-3 y suplementación de pre/probióticos/simbióticos⁹.

Al evaluarse en un grupo de atletas y no atletas la eficacia de los ácidos grasos omega-3 con respecto al rendimiento deportivo en cuánto a una reducción en el riesgo de desarrollar lesiones y al tiempo necesario para la recuperación de estas, como resultado se recomienda el consumo personalizado de omega-3, debido a diferencias encontradas entre la dosis y el tiempo de administración en los dos grupos estudiados²⁰.

El estudio de los niveles de vitamina D (VD) asociados al rendimiento deportivo mostró en este trabajo, los siguientes datos: rendimiento negativo ante la deficiencia de VD (déficits en la fuerza muscular y degeneración grasa de las fibras musculares tipo II) y la necesidad de agregar evaluación de VD libre, de la función del músculo esquelético y de la habilidad del deportista¹³. En un segundo estudio relacionado con la VD, se pudo confirmar la ya conocida hipovitaminosis D en el 100 % de los jugadores de baloncesto (alto nivel), sin verse afectado su rendimiento en la ejecución de saltos, exclusivamente, en varones¹⁹.

Con respecto a la relevancia del consumo de grosella negra (GN) y sus efectos en el rendimiento deportivo, en las titulaciones de marcadores oxidativos o en aspectos cognitivos del atleta, en lo general, los autores encontraron una mejora mínima. Sin embargo, hubo una mejoría significativa solo en el rendimiento deportivo, al administrarse GN a una dosis efectiva de entre 105 a 210 miligramos totales antes de realizar algún ejercicio³.

Al revisar la influencia del consumo de suplementos de betabel (por su contenido de óxido nítrico) en el rendimiento deportivo, ésta se realizó mediante la confirmación de que la suplementación con nitrato (NO-

3) puede: modular la función del músculo (contracción a través del manejo de Ca^{2+} y de las propias proteínas contráctiles); mejorar el metabolismo del músculo esquelético (reducción tanto en la utilización de fosfatos de alta energía, como en la acumulación de metabolitos relacionados a la fatiga muscular); ampliar y mantener la fuerza de productividad muscular (mejoría del flujo sanguíneo en las fibras tipo 2); y, favorecer una adaptación al entrenamiento de resistencia (optimizando la utilización en plasma tanto del nitrito (NO_2^-), como del óxido nítrico (NO)). Subrayan la necesidad de considerar la cantidad y la hora del día en la que se administra el betabel¹.

Para la ingesta de cafeína, se ha sugerido contar con un efecto ergogénico en el rendimiento deportivo, incluso se ha indicado utilizar una dosis de 3-6 mg/kg de masa corporal^{16,8}. Ahora bien, la posición emitida por la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN) sobre esa capacidad ergogénica y la cantidad de dosis sugerida, se basó a partir del estudio de las siguientes variables: dosis de ingesta, tiempo de administración (aguda/crónica), tipo de presentación y cantidad de minutos transcurridos desde su administración hasta la realización del ejercicio; formalidad en la práctica del ejercicio; y, en relación al individuo su estado de hidratación y termorregulación. Los resultados obtenidos fueron: la dosis de la cafeína puede estar asociada con una ingesta particular (de 3-6 mg/kg de masa corporal), su suplementación mejoró el rendimiento cuando se administró de forma aguda y existe como práctica común su administración 60 minutos antes del ejercicio. También hicieron la observación de que la variación de los resultados, obviamente, estuvo a expensas del diseño de cada protocolo⁸. En ambos artículos se sugieren incluir en próximos protocolos, variables que impliquen: administración de cafeína (hora del día de la ingesta y tipos de presentación [goma de mascar, píldoras, spray, gel, etc.]), e individuo (edad y sexo)^{16,8}; y, práctica del entrenamiento (la formalidad de ésta)¹⁶.

Factores Epigenéticos Sociales

Con la finalidad de crear pautas comunes que permitieran a un grupo de tenistas suecos mejoría en su desarrollo a largo plazo, se les estudió a través de las prácticas cotidianas de sus entrenadores. Como resultados se obtuvieron la importancia de realizar mejoras en comunicación y colaboración. Estas, enfocadas a las relaciones de clubes con entrenadores, estos últimos, ubicados en diferentes áreas geográficas⁶.

Los resultados de los autores reportaron que el origen de la percepción sobre los atletas de una "actitud no respondedora al entrenamiento", podría estudiarse a través de las siguientes variables psicológicas:

acompañamiento a los atletas, seguimiento de plan de apoyo estratégico por atleta, motivación personal, identificación de talento individual, factores sociales estresantes y adicciones. Así mismo, sugirieron que, contando con recursos suficientes para el desarrollo de los entrenadores, la atención de ambas áreas impactaría en la percepción que se tiene sobre la actitud del atleta durante su entrenamiento⁷.

Discusión

En cuanto a los factores fisiológicos, existe la omisión de describir algunos puntos como: el significado del aspecto maduración de los participantes en su investigación⁴; una evidencia sólida para la mayoría de las variables utilizadas, en la práctica del baloncesto, con relación a la función del RAE⁵; los valores de potencia, fuerza e hipertrofia, ya que los autores hablaron de una progresión diferencial de la potencia y la fuerza basada en una hipertrofia muscular, sin definir las¹⁴; cuáles son los datos específicos sobre la modulación de los elementos relacionados al desempeño de un atleta y/o cuales serían las mejores opciones de su medición, con la finalidad de obtener datos contundentes²¹; y, la valoración numérica de la diferencia significativa que se mencionó como resultado en este estudio (uno de los escasos artículos que utilizaron un diseño específico para ello)¹⁰. En cuanto a los factores nutricionales, las omisiones consideradas son: la validación de los hallazgos en modelos humanos¹¹; la relación de cada uno de los aspectos comentados sobre la MI con la actividad atlética, ya que únicamente dos de ellas sí la tuvieron¹⁵; obtener resultados relacionados al efecto inmunitario local de la MI participante⁹; la confirmación de una significancia estadística entre un rendimiento deportivo negativo versus deficiencia de VD¹³; y, el conocimiento del tiempo promedio de anticipación en la ingesta de GN antes de realizar algún ejercicio³. Por último, en cuanto a los factores sociales, los aspectos omitidos son: conocer las mediciones específicas tanto en la comunicación como en lo colaborativo⁶; y, en cuanto al aspecto de los entrenadores la definición sobre cómo se evaluaría el desarrollo de los mismos⁷.

Ahora bien, los puntos importantes señalados a lo largo de la presente revisión en cuánto a los factores fisiológicos fueron: la participación predominante del sexo masculino en el estudio⁴; una influencia real del RAE en jugadores de baloncesto a corto plazo⁵; un PJT que mejoró la aptitud física y específicamente al rendimiento, en la variable edad¹⁷; y, la importancia de contemplar un gran número de factores epigenéticos medioambientales con relevancia y/o impacto sobre la resistencia y el rendimiento del deportista (sociales y/o tecnológicos)²¹. Con respecto a los nutricionales, la importancia identificada fue: la sugerencia de integrar en los

protocolos las variables sexo, edad, tipo de deporte, definición de rendimiento deportivo, entre otros, para poder contar con un mayor sustento sobre los resultados²⁰; es interesante encontrar que aun con una deficiencia de VD el desempeño deportivo en el sexo masculino no se vio afectado, quizá sea pertinente ahondar en el estudio, incluyendo otras variables participativas en el metabolismo de la VD, en ambos sexos¹⁹; la administración del betabel fue para la de tipo suplementos¹; y, la semejanza en cuanto a la dosis de administración de la cafeína^{8,16}. En cuanto a los factores sociales, la importancia fue: la integración a la publicación de variables psicológicas para analizar en el atleta⁷.

Conclusiones

Existen una gran variedad de factores epigenéticos relacionados al desempeño deportivo de un atleta. La relevancia de la presente revisión versa sobre la existencia de la presentación de resultados con un enfoque descriptivo y cualitativo; y, que el factor epigenético más fortalecido fue el nutricional y de este, la MI. Sin embargo, ahora se torna necesario, realizar una revisión similar integrando artículos con resultados de significancia estadística y con confirmación en modelos animales, en su caso. La presente búsqueda, también permitió observar la oportunidad de en lo sucesivo plantear protocolos en los que también se integren factores epigenéticos mencionados inicialmente como serían: preconcepcionales, concepcionales, postnatales y por grupo etario previo al inicio de la actividad física. Ya que, lo descrito hasta aquí, y, por lo tanto, lo encontrado en la bibliografía se ubicó específicamente durante el tiempo que un individuo desarrolla actividad deportiva.

Conflicto de intereses

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés dentro de la participación del presente artículo.

Referencias

[1] Arazi H, Eghbali E. Possible Effects of Beetroot Supplementation on Physical Performance Through Metabolic, Neuroendocrine, and Antioxidant Mechanisms: A Narrative Review of the Literature. *Front Nutr.* 2021; 8: 660150. doi: 10.3389/fnut.2021.660150

[2] Bell JF, Massey A, Dexter T. Birthdate and Ratings of Sporting Achievement: Analysis of Physical Education GCSE Results. *Eur J Phys Edu.* 1997; 2 (2): 160-166. doi: 10.1080/1740898970020203

[3] Braakhuis A, Somerville V, Hurst R. The effect of New Zealand blackcurrant on sport performance and related biomarkers: a systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020; 17: 25. doi: 10.1186/s12970-020-00354-9

[4] De la Rubia A, Lorenzo-Calvo J, Lorenzo A. Does the Relative Age Effect Influence Short-Term Performance and Sport Career in Team Sports? A Qualitative Systematic Review. *Front Psychol.* 2020; 11: 1947. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01947

[5] De la Rubia-Riazza A, Lorenzo J, Mon-López D, Lorenzo A. Impact of the Relative Age Effect on Competition Performance in Basketball: A Qualitative Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17: 8596. doi: 10.3390/ijerph17228596

[6] Gerdin G, Fahlström P, Glenne M, Linner S. Swedish Tennis Coaches' Everyday Practices for Creating Athlete Development Environments. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17: 4580. doi: 10.3390/ijerph17124580

[7] Gleason B, Hornsby W, Suarez D, Nein M, Stone M. Troubleshooting a Nonresponder: Guidance for the Strength and Conditioning Coach. *Sports.* 2021; 9: 83. doi: 10.3390/sports9060083

[8] Guest N, Home J, Vanderhout S, El-Sohemy A. Sport Nutrigenomics: Personalized Nutrition for Athletic Performance. *Front Nutr.* 2021; 6: 8. doi: 10.3389/fnut.2019.00008

[9] Hughes R, Holscher H. Fueling Gut Microbes: A Review of the Interaction between Diet, Exercise, and the Gut Microbiota in Athletes. *Adv Nutr.* 2021; 12: 2190–2215. doi: 10.1093/advances/nmab077

[10] Iruña A, Torres-Mestre V, Cebrian-Ponce A, Carrasco-Marginet M, Altarriba-Bartes A, Vives-Uson M, et al. Physical Fitness and Performance in Talented & Untalented Young Chinese Soccer Players. *Healthcare.* 2022; 10: 98. doi: 10.3390/healthcare10010098

[11] Jäger R, Mohr A, Carpenter K, Kerksick C, Purpura M, Moussa A, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: Probiotics. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019; 16: 62. doi: 10.1186/s12970-019-0329-0

[12] Kanherkar RR, Bhatia-Dey N, Csoka A. Epigenetics across the human lifespan. *Front Cell Dev Biol.* 2014; 2 (49): 1-19. doi: 10.3389/fcell.2014.00049

[13] Książek A, Zagrodna A, Slowinska-Lisowska M. Vitamin D, Skeletal Muscle Function and Athletic Performance in Athletes—A Narrative Review. *Nutrients.* 2019; 11: 1800. doi: 10.3390/nu11081800

[14] Kyle S, Ishida A, Taber C, Fry A, Stone M. Emphasizing Task-Specific Hypertrophy to Enhance Sequential Strength and Power Performance. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2020; 5: 76. doi: 10.3390/jfkm5040076

[15] Mohr A, Jäger R, Carpenter K, Kerksick C, Purpura M, Townsend J, et al. The athletic gut microbiota. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020; 17: 24. doi: 10.1186/s12970-020-00353-w

[16] Pickering C, Grgic J. Caffeine and Exercise: What Next?. *Sports Med.* 2019; 49: 1007–1030. doi: 10.1007/s40279-019-01101-0

[17] Ramírez-Campillo R, García-de-Alcaraz A, Chaabene H, Moran J, Negra Y, Granacher U. Effects of Plyometric Jump Training on Physical Fitness in Amateur and Professional Volleyball: A Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2021; 12: 636140. doi: 10.3389/fphys.2021.636140

[18] Redondo Castán JC, Fernández-Martínez E, Izquierdo J. Efecto de la edad relativa en las disciplinas de lanzamientos de los participantes españoles en el plan nacional de tecnificación de atletismo. *Cuad. psicol. deporte.* 2019; 19 (3): 156-167. doi: 10.6018/cpd.378391

[19] Ricart B, Monteagudo P, Blasco-Lafarga C. Hypovitaminosis D in Young Basketball Players: Association with Jumping and Hopping Performance Considering Gender. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18: 5446. doi: 10.3390/ijerph18105446

[20] Thielecke F, Blannin A. Omega-3 Fatty Acids for Sport Performance—Are They Equally Beneficial for Athletes and Amateurs? A Narrative Review. *Nutrients.* 2020; 12: 3712. doi: 10.3390/nu12123712

[21] Wang J, Guan H, Hostrup M, Rowlands D, González-Alonso J, Jensen J. The Road to the Beijing Winter Olympics and Beyond: Opinions and Perspectives on Physiology and Innovation in Winter Sport. *J Sci Sport Exerc.* 2021; 1-11. doi: 10.1007/s42978-021-00133-1

Anexos

Tabla 1. Factores Epigenéticos Fisiológicos.

Año	Autor	Tipo de estudio	Núm. de artículos revisados	Factores epigenéticos
2020	De la Rubia et al.	RB¶	19	RAE* ‡ Deportes de equipo ‡ Rendimiento en competencia a corto y a largo plazo, individual y colectivo ‡ Juegos de invasión Contextos nacionales
	De la Rubia Riazza et al.	RB¶	9	RAE* ‡ Edad ‡ Baloncesto Rendimiento en competencia a corto plazo, colectivo ‡ Contextos nacionales
	Kyle et al.	RB¶	No se mencionan métodos	Músculo ‡ Rendimiento ‡

2021	Ramírez-Campillo et al.	RB¶	18	PJT† ‡ Volleyball Sexo ‡ Edad ‡ Entrenamiento Aficionados Profesionales
2021	Wang et al.	RB¶	No se mencionan métodos	Fisiología ‡ Nutrición § Análisis de datos Seguridad de lesiones ‡ Termoregulación ‡ Empleo de tecnología Entrenabilidad Resistencia ‡
2022	Irrurtia et al.	PIR**	722 jugadores chinos de soccer	Aptitud ‡ Rendimiento motor ‡

*Efecto de la Edad Relativa; †Salto Pliométrico; ‡Factor fisiológico; §Factor nutricional; ||Factor social; ¶ Revisión Bibliográfica; ** Protocolo de Investigación Retrospectivo.

Tabla 2. Factores Epigenéticos Nutricionales.

Año	Autor	Tipo de estudio	Núm. de artículos revisados	Factores epigenéticos
-----	-------	-----------------	-----------------------------	-----------------------

2019	Jäger et al.	RB¶	39	Probióticos § Depresión inmunológica ‡ Microbiota § Recuperación de lesiones ‡
2019	Książek et al.	RB¶	22	Función muscular ‡ Rendimiento ‡ Vitamina D §
2019	Pickering et al.	Ma**	54	Cafeína §
2020	Mohr et al.	Ma**	21	Microbiota intestinal § Composición Corporal ‡ Actividad física ‡ Aptitud cardiorrespiratoria ‡
2020	Thielecke et al.	RB¶	52	Ácidos grasos § Rendimiento ‡ Resistencia ‡ Reducción de riesgo de tener lesiones ‡ Periodo de recuperación de lesiones ‡

2020	Braakhuis et al.	Ma**	9	Grosella negra § Rendimiento deportivo ‡ Efectos secundarios ‡ Marcadores oxidativos ‡ Cognición ‡
2021	Hughes et al.	RB¶	267	Nutrición § Ejercicio ‡ Microbiota intestinal § Rendimiento ‡
2021	Ricart et al.	PICDC†	27 jugadores de baloncesto de alto nivel	Sexo ‡ Vitamina D § Baloncesto Rendimiento ‡
2021	Arazi et al.	Ma**	34	Betabel § Músculo ‡ Rendimiento ‡ Resistencia ‡ Periodo de ingesta § Cantidad suministrada §
2021	Guest et al.	Ma**	68	Cafeína §

*Efecto de la Edad Relativa; †Salto Pliométrico; ‡Factor fisiológico; §Factor nutricional; ||Factor social; ¶ Revisión Bibliográfica; ** Metaanálisis; †† Protocolo de Investigación Cuantitativo, Descriptivo y Correlacional.

Tabla 3. Factores Epigenéticos Sociales.

Año	Autor	Tipo de estudio	Núm. de artículos revisados	Factores epigenéticos
2020	Gerdin et al.	PIC ¶¶	13 entrenadores de clubes de tenis suecos	Tenistas Interrelación interclubes y de entrenadores con diferente localización geográfica
2021	Gleason et al.	RB**	No se mencionan métodos	Actitud

*Efecto de la Edad Relativa; †Salto Pliométrico; ‡Factor fisiológico; §Factor nutricional; ||Factor social; ¶Protocolo de Investigación Cualitativo; ** Revisión Bibliográfica.