



VNIVERSITATIS VALÈNCIA

 Facultad de CC. de la  
Actividad Física y el Deporte

# RENDIMIENTO DEPORTIVO Y EDADES FORMATIVAS EN BALONCESTO DESDE UN ENFOQUE DE CONTINGENCIAS

TESIS DOCTORAL

Programa de doctorado en actividad física y deporte (3161)

Departamento de Educación Física y Deportiva

Presentada por:

**Borja Ricart Luna**

Directores:

**Dra. Cristina Blasco Lafarga**

**Dr. Pablo Monteagudo Chiner**

Valencia, junio, 2021



Esta tesis ha sido depositada en el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia, por D. Borja Ricart Luna con DNI 26754347-B.

Valencia, 21 de Junio de 2021



La Doctora D<sup>a</sup> Cristina Blasco Lafarga en calidad de directora, y D. Pablo Monteagudo Chiner en calidad de codirector, de la tesis doctoral presentada por D. Borja Ricart Luna,

**Rendimiento deportivo y edades formativas en baloncesto desde un enfoque de contingencias.**

por la presente emiten su opinión favorable para el depósito e inicio de la tramitación y posterior defensa de la citada Tesis Doctoral.

Datos del doctorando:

*D. Borja Ricart Luna*

*DNI 26754347-B*

*Graduado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*

*Tesis depositada en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte  
(Departamento de Educación Física y Deportiva)*

Valencia, 8 de junio de 2021



Fdo.: Cristina Blasco Lafarga



Fdo.: Pablo Monteagudo Chiner



**Nota previa 1.** El uso generalizado del género masculino durante la redacción del texto responde únicamente a criterios de claridad y fluidez. En ningún momento se pretende excluir a la mujer ni incidir en estereotipos relativos al género.

**Nota Previa 2.** Las imágenes presentadas durante el trabajo corresponden a los jugadores del equipo EBA de Valencia Basket, en señal de agradecimiento. Estos han dado su consentimiento firmado para la cesión de las imágenes.

**Nota previa 3.** El documento se ha realizado entendiendo a la normativa de APA 6.





*Amb l'emoció del primer dia  
amb la gent que t'estima  
amb l'esforç compartit,  
seguirem*

Obrint pas



## **Agradecimientos**

A Cristina Blasco. Por tu tiempo, tu dedicación y por enseñarme tanto. Desde el momento que entre por la puerta de UIRFIDE me trataste como uno más de la familia.

A Pablo Monteagudo. Por entenderme, por tus consejos y por tu inagotable paciencia. Me has hecho más llevadero esos momentos inevitables de crisis existencial. Gracias amigo.

A Conxa. Porque siendo prácticamente madre soltera me has brindado la mejor vida que has podido. Aunque en ocasiones hayamos pasado por malos momentos, siempre nos tenemos que quedar con lo bueno. Te quiero.

A Rocío. Por crecer junto a mí. Por no dejar de sorprenderme con tu forma positiva de ver la vida. Por tu infinita paciencia. Por todo. Te quiero.

A mi abuela. Que ya no está con nosotros, pero que me dio uno de los mayores regalos que me han dado nunca. No importa la edad que tengas sí, aunque sea en breves instantes, sigues disfrutando de la vida. Has sido un gran espejo en el que mirarse.

A Albert Taberner, Carmeta Albors y Enric Ortega. Esos profesores que no me trataron como un simple número o nota, y que supieron ver algo en mí que el sistema educativo no pudo.

To Nuno, Nino, Mayca, Astrid, Juli, Carlos, Ale, Ocak. My little family that is spread all around the world.

A Andreu Casadevall. Por todo lo que has hecho y sigues haciendo por mí.

A todos los entrenadores y cuerpos técnicos con los que he compartido equipo. En especial a Vicent Revert, Xavi Albert, Ale Di Pasquale, Ángel Cepeda, Carlos Albert y Fede Battaglia. Cada uno de vosotros me ofrece su visión de este deporte que tanto disfrutamos.

A Víctor Pérez. Tu pasión por la preparación física y el baloncesto hace que todos los que estemos a tu alrededor mejoremos. Gracias por tu incesable ayuda.

A Pedro Cotolí. Por hacerme participe de un proyecto como es Alqueria LAB.

A toda la gente que trabaja en Valencia Basket y Alquería.

A Raúl. Compañero de viajes/aventuras. Traductor personal. Un pedazo de esto empieza contigo.

A Albert, Dídac, Alabau, Xavi, Isis, Juan, Manel. Amigos de toda la vida.

A todas las personas que de una forma u otra se han implicado en este proyecto.

## Índice

Resumen.....	15
Abstract.....	17
<b>CAPÍTULO 1.</b> Preámbulo .....	21
<b>CAPÍTULO 2.</b> Introducción .....	25
Perspectivas tradicionales y visión de complejidad en la preparación física en Baloncesto .....	25
Etapas formativas en baloncesto: profundizando en el desarrollo físico .....	34
Contingencias del rendimiento deportivo.....	49
Referencias .....	57
<b>CAPÍTULO 3.</b> Objetivos .....	75
<b>CAPÍTULO 4.</b> Estudio 1: High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players.....	77
<b>CAPÍTULO 5.</b> Estudio 2: Hypovitaminosis D in Young Basketball Players: Association with Jumping and Hopping Performance Considering Gender.....	109
<b>CAPÍTULO 6.</b> Estudio 3: Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un entrenamiento online en jóvenes jugadores de baloncesto confinados por COVID-19. ....	133
<b>CAPÍTULO 7.</b> Conclusiones .....	157
<b>CAPÍTULO 8.</b> Limitaciones y futuras líneas de investigación.....	163
<b>CAPÍTULO 9.</b> Anexos .....	169



## Resumen

Originada en el ámbito económico y administrativo, la teoría de las contingencias es otra visión con la que observar el mundo del rendimiento deportivo. Esta tesis es un compendio de tres artículos en el que se analizan algunas contingencias que podrían influenciar a los jugadores de baloncesto en edades formativas. En función de ello, el *estudio 1* tuvo como objetivo analizar la influencia de la música motivacional sobre la velocidad aeróbica máxima intermitente y la agilidad, en un grupo de jugadores jóvenes de baloncesto bien entrenados (13 sujetos,  $14,85 \pm 0,68$  años), en comparación con música menos motivante y/o ausencia de música. La música motivacional se confirmó como herramienta capaz de mejorar el rendimiento y eficiencia de los jóvenes en zonas de potencia aeróbica intermitente. En cambio, las tareas de agilidad complejas, muy cortas y submáximas no se beneficiaron de la influencia de esta música asincrónica. Cabe destacar que las preferencias musicales fueron importantes incluso en un enfoque grupal. El *estudio 2* tuvo como objetivo verificar si un grupo de jóvenes jugadores de baloncesto bien entrenados presentaba deficiencias en la concentración de Vitamina D, y, a su vez analizar si existía una asociación entre la concentración de Vitamina D y el rendimiento en fuerza explosiva evaluada mediante saltos. Ambos objetivos se diferenciaron por género (14 chicas,  $16,00 \pm 0,55$  años; 13 chicos,  $15,54 \pm 0,52$  años). Se confirmó una prevalencia en ambos géneros de hipovitaminosis D en jóvenes atletas de élite que entrenan en espacios interiores. Además, mientras que el rendimiento pareció verse afectado por los niveles bajos de esta vitamina en los hombres, estas deficiencias parecen tener una asociación diferente con los saltos en las mujeres, lo que apunta a diferentes mecanismos de rendimiento. El objetivo del *estudio 3* fue conocer si un programa de entrenamiento supervisado online orientado a la fuerza era capaz de mitigar los efectos de la cuarentena en la fuerza explosiva y agilidad, diferenciado por categorías de edad (Infantil, U-14: 20 jugadores,  $13,45 \pm 0,51$  años; Cadete, U-16: 22 jugadores,  $15,59 \pm 0,50$  años; y Junior, U-18: 9 jugadores,  $17,00 \pm 0,50$  años). Tras la intervención, la fuerza explosiva mejoró en todas sus variables (Salto de Abalakov bilateral y unilateral), y categorías, mientras la agilidad empeoró, confirmando que la falta de espacio para realizar desplazamientos y la ausencia de orientación perceptiva-cognitiva en el entrenamiento

son limitaciones determinantes en el mantenimiento de esta capacidad, con peores consecuencias cuando aumenta la edad. Por lo tanto, se confirma que desde edades tempranas elementos como la nutrición, el contexto del deporte (entrenamiento y competición *indoor* en este caso), el uso de uno u otro nivel de motivación a través de la música, o la orientación del entrenamiento neuromuscular (más o menos perceptivo), juegan un papel fundamental en el rendimiento de los deportistas. A pesar de la juventud de estos jugadores, los profesionales deben tener en cuenta las diferentes contingencias que van apareciendo durante la temporada ya desde los inicios de su vida deportiva.



## Abstract

Originating in the economic and administrative field, the theory of contingencies is valuable analytical alternative when researching the world of sports performance. This thesis is a compendium of three articles in which a number of contingency that could influence basketball players in formative ages are analyzed. Based on this, *study 1* aims at analyzing the influence music has on motivation by comparing it with the absence of music on intermittent maximum aerobic speed and agility, in a group of well-trained young basketball players (13 subjects,  $14.85 \pm 0.68$  years). Motivational music was confirmed as a tool that helped young people and enhanced their performance in intermittent aerobic power. Conversely, complex, very short, and submaximal agility tasks did not benefit from the influence of asynchronous music. Notably, musical preferences were important even in a focus group. The objective of *study 2* was to verify whether a group of well-trained young basketball players presented deficiencies in the concentration of Vitamin D, and - in turn - to analyze whether an association existed between the concentration of Vitamin D and the performance in explosive strength evaluated by jumps. Both objectives were differentiated by gender (14 girls,  $16.00 \pm 0.55$  years; 13 boys,  $15.54 \pm 0.52$  years). A prevalence of hypovitaminosis D was confirmed for both genders in young elite athletes who train indoors. Furthermore, while performance appeared to be affected by low levels of this vitamin in men, these deficiencies appear to have a different association with jumping in women, pointing to different performance mechanisms. The objective of *study 3* was to find out if a strength-oriented supervised online training program was capable of mitigating the effects of quarantine on explosive strength and agility, differentiated by age categories (Infant (U-14): 20 players,  $13.45 \pm 0.51$  years; Cadet (U-16): 22 players,  $15.59 \pm 0.50$  years; and Junior (U-18): 9 players,  $17.00 \pm 0.50$  years). Explosive strength improved in all its variables (bilateral and unilateral Abalakov jump), and categories after the intervention. On the other hand, agility worsened, confirming that the lack of space to perform movements and the absence of perceptual-cognitive orientation in training are determining limitations, with worse consequences as age increases. Therefore, it is confirmed that from an early age, elements such as nutrition, motivation and training

orientation play a fundamental role in the performance of athletes. Professionals must take into account the different contingencies that appear during the season.

# **CAPÍTULO 1**

## **Preámbulo**



La principal premisa dentro del deporte de alto rendimiento siempre ha sido la de ganar, y cuantas más cosas ganes con tu equipo/atleta mejor. A gran parte de la población no le importa el proceso. Sólo tienen en cuenta el resultado. Esta es la dura realidad que cualquier persona que se sumerja en este mundo debe de saber. Ahora bien, como profesionales nuestra tarea tiene que ir mucho más allá. Está en nuestras manos romper una realidad que parece que se impone en nuestro deporte desde edades bien tempranas.

Un año antes de finalizar mi etapa universitaria no tenía muy claro qué hacer con mi vida. En aquel tiempo tuve la gran suerte de coincidir con un antiguo profesor en la universidad que me recomendó hacer las prácticas de la carrera en un equipo de baloncesto, más concretamente en la Lithuania Sports University (LSU) de Kaunas. En aquel momento mi conocimiento sobre el básquet era prácticamente nulo, solo había jugado alguna vez en el parque y en el recreo del colegio. Esto no fue un impedimento para aceptar la plaza e irme. Cuando regresé de aquella aventura, volví con la idea clara de que quería dedicarme profesionalmente a la preparación física en baloncesto. Una de las razones por las que me decidí por esta profesión fue por la variabilidad que ofrecía la figura de preparador físico, es decir, en el rendimiento deportivo no existen dos días iguales. También, me gustó el poder abandonar esa idea de ser un ser autómatas. Este trabajo permite dar rienda suelta a la imaginación y la creatividad.

Las oportunidades laborales que ofrece el mundo del alto rendimiento son escasas. Todos intentamos llegar a la cima del deporte, pero muchos, cansados de esperar, desisten. Por esa razón la gente que podemos llegar a ganarnos la vida con esto, a pesar de no trabajar en las grandes ligas como son la ACB o Euroliga, debemos sentirnos unos privilegiados.

A través de la inquietud y el trabajo diario de campo aparece la necesidad de obtener respuestas a cuestiones que nos abordan en nuestro día a día. Para ello utilizamos libros, artículos o cursos de formación. Sin embargo, no siempre se encuentran respuestas a todas las preguntas. Esta es una de las razones por la cual he decidido seguir formándome mediante esta tesis.

El presente trabajo trata de reflejar la importancia que uno puede tener cuando consigue ser preparador físico de deportistas de alto nivel en formación, a los que aún les quedan muchos años de proceso formativo por delante. A parte de dominar la metodología del entrenamiento, conocer las exigencias físicas del deporte o estructurar las fases sensibles, el preparador físico deberá tener una mente abierta que permita observar y distinguir las diferentes contingencias que desde un ámbito u otro pueden afectar al rendimiento del jugador. En ocasiones, factores que a primera vista parecen tan insignificantes como puede ser un déficit nutricional, o el espacio en el que se entrena, pueden acabar condicionando de forma importante no solo el rendimiento si no también la evolución deportiva del atleta.

No podría plasmar todo el mundo deportivo en un solo trabajo. Aun así, me gustaría reflejar esta visión de complejidad a partir de tres artículos. El principal objetivo que se ha perseguido con las investigaciones que componen la tesis es que fuese de utilidad, es decir, por un lado, permitiendo incidir en el rendimiento y la salud de los deportistas, y, por otro lado, ampliando el conocimiento de las distintas contingencias que subyacen en jugadores de baloncesto en formación.

# **CAPÍTULO 2**

## **Introducción**





## **Perspectivas tradicionales y visión de complejidad en la preparación física en Baloncesto**

Durante décadas, científicos, entrenadores y/o preparadores físicos han enfocado su trabajo desde una perspectiva tradicional del deporte, basada en teorías reduccionistas (Balagué y Torrents, 2011), mecanicistas y conductistas (Seirul.lo, 2017). Sin embargo, muchos autores esbozan razonamientos complementarios que tratan de dar sentido a ciertos fenómenos que suceden durante la práctica deportiva y no quedan explicados en la concepción tradicional. Se abren así a interpretaciones más complejas (Acero y Peñas, 2005; Balagué y Torrents, 2011; Seirul.lo, 2017), vinculadas con las teorías de los sistemas dinámicos (García-Manso y Martín-González, 2008). En las líneas que siguen, trataremos de analizar ambas perspectivas confrontándolas desde la práctica deportiva y el día a día de figuras clave en el ámbito del rendimiento deportivo como el entrenador y/o el preparador físico.

Una de las premisas que se repiten en la literatura científica acerca de la perspectiva tradicional es que da explicación a cualquier fenómeno, por complejo que sea, de una forma simple (Balagué y Torrents, 2011). Como se ha introducido previamente, un concepto importante en esta perspectiva es que está construida a partir de una visión lineal (Balagué y Torrents, 2011; Seirul.lo, 2017), lo que implica que se asume como verdadera la posibilidad de predecir de forma concreta lo que va a suceder (Balagué y Torrents, 2011). Esta predicción de acontecimientos sucede por medio de un razonamiento lógico según el cual, teniendo un poco de información del estado inicial de estos hechos se puede saber su estado futuro (García-Manso y Martín-González, 2008).

Un ejemplo aplicado al deporte podría observarse cuando se afirma que un jugador de baloncesto, que destaca en los diferentes test físicos por tener los mayores niveles de salto de altura, es al mismo tiempo el que más rebotes tanto ofensivos como defensivos conseguirá por partido. A través de esta visión simplista se entendería que la capacidad de salto es la mediadora en la captura del rebote durante el partido de baloncesto, y que, por lo tanto, a mayor altura de salto más rebotes conseguirían los jugadores. Este concepto de simplicidad o linealidad lleva implícita la idea de que el comportamiento de los

distintos fenómenos siempre es igual, con causas cuantificables y consecuencias predecibles, algo que los autores Balagué, Torrents, Pol, y Seirullo (2014) denominan como *dosis-efecto*. A día de hoy, los partidarios de esta perspectiva en el deporte siguen aplicando esta lógica para intentar predecir qué pasará en el futuro sin integrar en sus propuestas de entrenamiento todo lo que sucede alrededor.

Estas predicciones *dosis-efecto* pueden referirse tanto a la predicción de consecuencias adversas, como puede ser relacionar un tipo de acción repetitiva o exceso de carga con una lesión; como a hechos favorables, como por ejemplo el asimilar que gracias a que se ha entrenado de una forma concreta se ha conseguido un pico determinado de rendimiento o que siempre que se entrene igual se alcanzará el mismo pico. Subyace la idea de que cada vez que se repite el proceso, el resultado es el mismo (García-Manso, Martín-González, Vaamonde, y Da Silva-Grigoletto, 2012). La realidad es que en ambos casos se desconoce el proceso completo que ha llevado a tal efecto, aunque la probabilidad de relación *dosis-efecto*, o la reiteración del mismo efecto ante la misma dosis fuera alta en ambos casos. Asumir la *dosis-efecto* sin analizar el contexto en que se produce la lesión, por ejemplo, una sobrecarga que pueda deberse tanto a un problema de cadena o alteración muscular, como a una incorrección técnica, puede no evitar que se repita el evento negativo. Al igual que replicar el ciclo de entrenamiento con exactitud no asegura que se repita el efecto positivo o éxito.

Aplicando el razonamiento lógico de esta perspectiva de la linealidad a través de un ejemplo técnico, encontramos la situación en la que un entrenador propone al deportista entrenar el gesto del lanzamiento a canasta durante una hora al día, de forma que, al ir comprobando mejoras en su efectividad, el entrenador decide aumentar a dos horas diarias este entrenamiento. Basándose en la óptica lineal se consideraría que la mejora del deportista sería exponencial a las horas que invierte en el entrenamiento, por lo que, si se aumenta el doble de horas, la mejora del jugador también sería doble. Para llegar a este tipo de deducciones, los entrenadores realizan un desglose analítico y una reducción de los elementos en que se descompone el fenómeno -en este caso el lanzamiento-, estudiando cada uno de ellos por separado. Se espera así obtener un entendimiento completo del fenómeno (García-Manso y Martín-González, 2008). Podría decirse, sin embargo, que a partir de esta visión analítica en la que se diseccionan los componentes de una tarea, los profesionales tienden a separar, como si fueran aislables, dos posibles

vías de intervención: cuerpo y mente. Para hacer mejorar el rendimiento del deportista se utiliza el cuerpo y las áreas que se centran en este, tales como la fisiología o la biomecánica. En cambio, para el aprendizaje del deporte se interviene sobre la metodología o la psicología, corriendo el riesgo de dejar de lado lo condicional (Seirul.lo, 2017).

A raíz de esta perspectiva tradicional de *dosis-efecto* en la que las acciones que ocurren dentro del deporte son proporcionales al estímulo, es muy común ver a equipos de todas las edades y categorías realizar durante las sesiones de entrenamiento ejercicios de lanzamiento. Los entrenadores, de una forma analítica y repetitiva, enseñan a sus jugadores la secuencia a seguir, con el fin de mejorarla técnicamente. Esto se repite con la esperanza de que sea aprendido y finalmente automatizado por el deportista (Seirul.lo, 2017), quien trasladará esta acción a la pista el día de partido. Se obvia, sin embargo, que no existen ni dos tiros, ni dos días iguales.

Así pues, este paradigma presenta ciertas limitaciones y/o inconvenientes a los que se deben enfrentar los profesionales que se posicionan a favor de esta visión tradicional:

En primer lugar, la idea de generalizar todos los procesos y resultados, dando por hecho que un determinado suceso se verá correspondido siempre con el mismo resultado. Desde hace años, en el mundo del rendimiento deportivo se ha desechado la idea de que todos los deportistas requieren el mismo entrenamiento para mejorar su rendimiento. La idea de generalizar no tiene cabida ya que afecta directamente a uno de los principios básicos del entrenamiento, la individualización. En la actualidad la individualización es verdaderamente determinante (Muñoz, Sánchez, García, y Prieto, 2019). El adaptar el trabajo físico y técnico-táctico, a través de un análisis previo, a las características o singularidades de los deportistas parece ser una pieza clave para la mejora de estos. De hecho, como describe Torrents (2005), lo que a algunos deportistas les impulsa al éxito, a otros no les proporciona mejoras, e incluso en ocasiones les puede llevar al fracaso. Esto explicaría que en ciertas fases del entrenamiento algunos deportistas fueran capaces de generar nuevos patrones de movimiento y mejorar su rendimiento con facilidad, incluso responder a estímulos nuevos con bastante solvencia. Y en cambio, otros jugadores, siguiendo la misma programación y las mismas cargas no fueran capaces de responder eficientemente ante estos estímulos ni de mejorar o adquirir patrones de juego resolutivos, a pesar de repetirlo en el tiempo (Torrents, 2005).

Por otro lado, la espontaneidad del juego representa un problema a la hora de defender la visión lineal (Balagué et al., 2014), sobre todo en los deportes de equipo. Durante los entrenamientos o la propia competición se realizan conductas por parte del deportista, muchas de ellas automatizadas, con el fin de conseguir un objetivo concreto. Pero en un deporte como es el baloncesto, la consecución de los objetivos no depende solo de un jugador o una respuesta automatizada. Un ejemplo sería, ese equipo que memoriza todas las jugadas tácticas de ataque del equipo rival antes del encuentro con el fin, de impedir que consigan generar puntos o ventajas. Si durante el desarrollo del partido el equipo rival decide hacer algunas modificaciones, los defensores probablemente no podrán realizar su acción previamente programada/entrenada. De modo que, las situaciones espontaneas que suceden en el juego propician la adaptación del jugador mediante conductas o respuestas improvisadas e instantáneas.

En último lugar, también es una limitación importante en los modelos reduccionistas intentar aplicar la lógica para predecir qué pasará en el futuro teniendo solo en cuenta el propio suceso o fenómeno, diseccionándolo por partes y analizando las partes por separado, sin tener en cuenta todo lo que sucede alrededor y su interconexión. Con esta perspectiva asumimos que un deportista es igual a la suma de sus partes, pero ignoramos el papel que juegan las interacciones y sinergias entre dichas partes (Balagué y Torrents, 2011). Enlazándolo con el ejemplo del tiro, vemos que un jugador que tiene un porcentaje de acierto en tiros libres en los entrenamientos del 95%, puede bajar en los partidos hasta un 55%. Lo que parece ser un tiro estático, siempre desde la misma distancia y aparentemente en las mismas condiciones, no lo es. Este lanzamiento está conectado a muchos otros factores que le rodean, el marcador del partido, el cansancio del jugador, la importancia de esos tiros libres... todo ello se ve supeditado a la consecución de la meta del jugador. Tal y como venimos explicando, a la hora de analizar este objetivo de mejora, en nuestro ejemplo, se tendrán que tener en cuenta todas las variables que interfieren en el tiro y cómo se relacionan entre sí.

Frente a este enfoque lineal, la nueva perspectiva o modelo de análisis del deporte, parte desde la comprensión de lo que los autores denominan teoría de los sistemas. Los sistemas son elementos que se relacionan y actúan de forma conjunta en un contexto, momento o espacio concreto, en los que, además existen normas o reglas definidas físicamente o de manera imaginaria (Torrents, 2005). Dentro de los sistemas, cohabitan una gran cantidad

de variables y niveles que se relacionan entre sí. En el caso del Sistema Deportivo, las personas con las que convive el deportista, las condiciones ambientales de la ciudad donde reside, entre muchas otras variables, interaccionan de manera continua en su día a día. Por concretar algo más, el Sistema Deportivo contempla desde el club donde juega el deportista a la cafetería donde almuerza diariamente; desde lo más macro hasta lo más micro o cercano al jugador (García-Manso y Martín-González, 2008).

En este sentido autores como García-Manso y Martín-González (2008) diferencian entre dos tipos de sistemas, los cerrados y los abiertos. En el caso de los primeros, están en constante equilibrio y evolucionan hacia estados uniformes donde las irregularidades son firmes o están suavizadas. El concepto de sistema cerrado está en concordancia con la visión tradicional del deporte. Por el contrario, los sistemas abiertos operan lejos del equilibrio y pueden evolucionar hacia estados que muestran un orden macroscópico dinámico y patrones significativos, los sistemas parten de la idea que, en el caso del deportista, cualquier cambio durante las condiciones iniciales a las que se ve expuesto podría implicar enormes diferencias en su evolución (García-Manso y Martín-González, 2008). Desarrollando la idea de sistema y de los componentes que lo forman, deberemos saber cómo interactúan entre sí para comprender cómo se comportan (Balagué y Torrents, 2011). Solo así conseguiremos explicar sus propiedades emergentes teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el número de interacciones de un sistema, mayor será su complejidad, y más difícil será su análisis (Balagué y Torrents, 2011).

A medida que avanza el desarrollo de esta nueva visión va aumentando en el deporte la importancia de conceptos como el de complejidad. El paradigma de la complejidad es altamente congruente con la naturaleza del juego de los deportes en equipo. El jugador se expone, dentro de los diferentes sistemas, a una gran cantidad de niveles que permiten a su vez ajustarse a los continuos cambios (Orellana y Torres, 2010). Una de sus principales características, parte de la idea, de que lo complejo no puede ser aprendido analíticamente. Es necesario interactuar en un entorno donde se establezcan interrelaciones entre todos los aspectos que tienen una influencia directa o indirecta en el rendimiento del deportista (Seirul.lo, 2017).

Volvamos al ejemplo de la enseñanza del tiro libre mencionado anteriormente en la visión tradicional, donde el jugador tiene un porcentaje diferente de acierto en los tiros libres, 95% en los entrenamientos, y 55% durante los partidos. Podremos intuir que no solo la

técnica es el fenómeno que interviene durante el lanzamiento en el momento del tiro, sino una multitud de variables interrelacionadas entre sí, que permitirán al deportista la consecución o no de sus metas a través de la adaptación a dichos fenómenos. En la visión tradicional, observábamos que los profesionales dividían a los deportistas en dos campos de intervención, el cuerpo y la mente. El enfoque de complejidad rompe con esta idea. Durante los procesos de adaptación, aprendizaje y entrenamiento de los deportistas encontramos diferentes enfoques, ya sean, fisiológicos, psicológicos o biomecánicos. Todos ellos pueden influir en el rendimiento de deportista (Balagué y Torrents, 2011). Por lo tanto, se intenta aunar conceptos en vez de disociar y diferenciar cada una de las partes que afectan al rendimiento, de modo que el jugador será el resultado de la suma de todos los procesos y sus interacciones.

A la hora de conceptualizar los sistemas complejos o dinámicos, existen disparidad de opiniones y/o matices entre los autores. Balague, Torrents, Hristovski, Davids, y Araújo (2013) los definen como una estructura y componentes funcionalmente heterogéneos que interactúan a diferentes intensidades y que abarcan diferentes escalas espacio-temporales. Estos mismos autores afirman que los componentes que conviven son también adaptativos y dirigidos hacia objetivos dinámicos, ajustando su comportamiento a las limitaciones emergentes del sistema. Solé y Manrubia (2009) puntualizan que un sistema complejo es un conjunto de varios elementos, también denominados agentes, que se relacionan entre sí y cuyos enlaces contienen información oculta al observador. Por otro lado, García-Manso y Martín-González (2008) los definen como, sistemas abiertos, generalmente, que intercambian con su entorno, materia, energía o información. De la propia autoorganización de sus partes emergen nuevas propiedades macroscópicas.

Por lo tanto, aplicando estas definiciones al mundo del deporte, observamos que la práctica de cualquier acción deportiva surge de la interacción entre los diferentes sistemas (Tarragó, Seirul-lo, y Cos, 2019). De hecho, existe una gran cantidad de factores o estímulos a los que un jugador se ve expuesto y que interactúan entre sí. Y no solo en la práctica deportiva, si no también fuera del deporte, todos ellos serán participes en su desarrollo profesional y personal. Estos factores pueden ser desde niveles moleculares, subsistemas fisiológicos, relaciones con compañeros y entrenadores u oponentes, incluso las capacidades técnicas, tácticas, capacidades físicas, decisiones, procesos de pensamiento o la creatividad (Balague et al., 2013). Desde una perspectiva compleja del

deporte, cualquier factor puede ser determinante, y todos ellos deben ser tenidos en cuenta de forma conjunta en el entrenamiento.

Esta nueva concepción parte, como hemos comentado, de un prisma contrapuesto a la perspectiva tradicional en el que se considera que el deporte está regido por una visión no lineal e integrada. Así, el deporte se caracteriza porque el comportamiento de las variables no va a depender de unas reglas preestablecidas y automatizadas. Además, puede haber más de una respuesta a un mismo estímulo (García-Manso et al., 2012). Es decir, las variables que afecten al jugador durante el juego pueden no ser siempre las mismas, ni influenciar al deportista de la misma manera. Dicha integración no lineal (propia de los sistemas complejos) se da en todo tipo de acciones motrices, tanto en deportes de oposición como en deportes sin oposición (Balagué et al., 2014).

Por lo tanto, no podremos predecir los diferentes fenómenos con exactitud, y aún menos generalizar lo que va a suceder. Dicho en otras palabras, por mucho que se intente replicar con máxima fidelidad los diferentes procesos que han llevado a unos determinados resultados, al ser un sistema complejo, el resultado puede no ser el esperado.

La aplicabilidad de este nuevo paradigma, el de los sistemas complejos en el mundo del entrenamiento, parte de la base de que el deportista es la pieza central del entrenamiento. El desempeño del deportista se determinará a partir de la interrelación de las diferentes estructuras que lo conforman (Seirul.lo, 2017), que según Tarragó et al. (2019) son la estructura condicional, bioenergética, coordinativa, cognitiva, mental, creativo-expresiva, emotivo-volitiva y socio-afectiva. Por lo tanto, el jugador podrá verse sumido en acontecimientos dentro del contexto deportivo en los que deberá generar respuestas adaptativas con el fin de lograr optimizar su rendimiento (Seirul.lo, 2017). El objetivo del entrenamiento pues, será satisfacer las nuevas necesidades generadas por este nuevo constructo desde las estructuras de las cuales se compone el deportista.

Tal y como señalan Tarragó et al. (2019), en primer lugar, la estructura condicional se centra en la fuerza, la velocidad y la resistencia. Antiguamente se conocían como capacidades físicas básicas, y hoy en día los diferentes especialistas las han rebautizado como capacidades físicas facilitadoras. Siempre según estos autores, la estructura bioenergética hace referencia a la energía que tiene el jugador para poder realizar las acciones necesarias para la práctica deportiva. En el caso de la estructura coordinativa,

explica la capacidad para ejecutar el movimiento, la movilidad, lateralidad y disociaciones que permitirá al jugador realizar diferentes acciones técnicas. La estructura cognitiva se encarga del conocimiento y reconocimiento, percepción-acción, de la información por parte del jugador de todo lo que sucede en el juego. Por otro lado, la estructura mental será la mediadora en la respuesta a situaciones cambiantes e imprevistas y explica cómo el jugador podrá ser capaz de autoorganizarse y no desestabilizarse. La estructura creativo-expresiva es la capacidad que tiene el jugador de expresarse, tratar de sacar la originalidad y todos sus conocimientos adyacentes. La estructura emotivo-volitiva se refiere a las acciones por las cuales se consigue la satisfacción del deseo, influidas por las emociones y estados de ánimos entre otros. Por último, la estructura socio-afectiva se centra en la relación con los compañeros y el rol que ocupa cada uno dentro del sistema deportivo. Todas estas estructuras serán importantes en la evolución del deportista a lo largo de su vida, la cual quedará supeditada a la optimización equilibrada de todas ellas.

No obstante, al igual que sucede en la visión tradicional, este nuevo paradigma no queda exento de una serie de limitaciones y/o inconvenientes. En primer lugar, la teoría de los sistemas complejos nació en el mundo de la física y la biología, por eso, los fenómenos que suceden en estas áreas son más sencillos de explicar. En cambio, en otros campos o contextos adquiere una dimensión más abierta, en el que, precisamente por ser complejo se puede entender o aplicar de una o varias formas diferentes. Otra limitación que se aprecia, es que el uso de modelos complicados no explica necesariamente mejor la realidad (García-Manso y Martín-González, 2008).

Haciendo un repaso a lo mencionado durante esta primera parte del compendio y como conclusión de este apartado, encontramos una limitación en esta perspectiva en la cual se observa, que muchos de los fenómenos que suceden dentro del deporte carecen de una explicación lineal de por qué o como han sucedido. Por otro lado, la nueva perspectiva basada en las teorías de los sistemas complejos intenta unificar la idea de que, la interacción entre ciencias es la encargada de mediar en los diferentes fenómenos que suceden durante la práctica deportiva. Por lo tanto, en el caso del rendimiento deportivo se abandona la concepción de que solo se puede mejorar a través del desarrollo de las habilidades o capacidades físicas básicas. Las mejoras en otros campos como la nutrición,



el comportamiento mental y/o emocional, entre otros, pasan a ser otras vías de acceso igualmente eficaces para la mejora del deportista (Balagué y Torrents, 2011).

Como ya se ha tratado en diversas ocasiones, la complejidad no es el camino más sencillo ni el más rápido para explicar un suceso, esto choca un poco con la inmediatez que requiere el mundo del rendimiento deportivo. Sin embargo, la perspectiva actual es aplicable tanto al ámbito de la salud como del rendimiento, desde la iniciación deportiva hasta el deporte de élite (Balagué et al., 2014). Por eso los profesionales deberán comprender las dos visiones, tradicional y compleja, que, aunque en un principio parecen contrapuestas, en ocasiones se complementan la una a la otra. A su vez, se deberá controlar al máximo todas las variables que repercutan en el rendimiento del deportista con la intención de entender lo mejor posible las circunstancias que nos rodean (García-Manso y Martín-González, 2008), partiendo desde una flexibilidad conceptual que permita sacar lo mejor de cada modelo. Así, tanto entrenador como jugador podrán optimizar el proceso de rendimiento a lo largo de todas las etapas de formación del deportista.

## **Etapas formativas en baloncesto: profundizando en el desarrollo físico**

Los deportistas deben ser capaces de adquirir y dominar los diferentes recursos y habilidades que los capacite para la práctica del baloncesto, durante los 25 años aproximadamente que puede durar su carrera deportiva. Para ello deberán superar cada una de las etapas formativas que ocupa este largo camino, las cuales pueden ser determinantes para llegar a la élite deportiva. Un aspecto a tener en cuenta para potenciar la mejora del deportista durante la consecución de las etapas, parte del entrenador o preparador físico y de cómo este conoce profundamente el deporte que se entrena y sus exigencias físicas.

A continuación, daremos unas pinceladas definitorias del baloncesto desde la perspectiva condicional por la cual se caracteriza esta tesis.

### ***Exigencias físicas y condicionales del deporte***

Para el correcto desempeño y dominio de sus tareas, los jugadores dependerán de las particularidades técnico-tácticas y las demandas físicas del baloncesto. Durante las décadas de los años 70 y 80, los autores que escribieron sobre las exigencias físicas en jugadores de este deporte comulgaban con la idea de que estaba dominado por deportistas capaces de recorrer la máxima distancia posible durante la duración de un partido (Fox y Mathews, 1984). Dicho de otra forma, los mejores eran aquellos capaces de soportar esfuerzos continuos durante el mayor tiempo posible. Esta idea había sido concebida a partir de un deporte como el atletismo, pionero en el campo de la metodología y la investigación, y precursor de gran parte de la teoría del entrenamiento, pasando como tal a las teorías tradicionales del entrenamiento de los deportes colectivos.

En los últimos años se ha desarrollado y profundizado en el conocimiento del juego, comprobando que la distancia que recorren los jugadores de baloncesto no es a la única demanda física a la que se ven expuestos. Los autores Schelling y Torres-Ronda (2016) afirman que el baloncesto es un deporte de alta intensidad caracterizado por altas demandas aeróbicas-anaeróbicas, aceleraciones-deceleraciones y continuos cambios de

dirección. Sin dejar de lado la distancia que recorren, toman importancia diferentes ritmos y tipos de carrera (Svilar, Castellano, Jukic, y Casamichana, 2018; Vázquez-Guerrero et al., 2019).

Disociando las distintas exigencias físicas que ocurren dentro del juego encontramos un primer apartado dirigido hacia los esfuerzos y movimientos de alta intensidad (Vázquez-Guerrero, Ayala, Garcia, y Sampaio, 2020). Durante un partido se llegan a realizar hasta un total 1050 movimientos por jugador (Abdelkrim, Fazaa, y Ati, 2007), y al menos una de cada diez acciones requiere alta intensidad (Abdelkrim, Chaouachi, Chamari, Chtara, y Castagna, 2010). Para que se produzcan dichas acciones los deportistas deben de ser capaces de generar niveles máximos de fuerza en un período mínimo de tiempo, lo que comúnmente se conoce como fuerza explosiva. La prestación condicional de la fuerza explosiva en las diferentes acciones técnico-tácticas será dependiente de la agilidad y velocidad de reacción (Sánchez, 2007). Por ejemplo, el jugador puede realizar durante el partido un salto vertical que depende en gran medida de la fuerza explosiva, pero si no se realiza en el momento adecuado, éste pierde su efectividad. Por lo tanto, entenderemos la agilidad y la velocidad de reacción como el contexto donde se producen acciones a partir de la fuerza explosiva.

Los esfuerzos de alta intensidad están sujetos a una breve y parcial recuperación (Abdelkrim et al., 2007). El poder realizarlos durante un espacio prolongado de tiempo dependerá en gran medida de los sistemas metabólicos (Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román, y Castagna, 2013). Se entiende así que el baloncesto es un deporte con esfuerzos intermitentes en el que tanto los sistemas de energía aeróbicos como los anaeróbicos se estresan (Stojanović et al., 2018). Como ejemplo, un jugador en una situación defensiva, que dura 24 segundos, debe ejecutar varios movimientos sucesivos de alta intensidad. En este caso, el principal sistema encargado de suministrar energía será el anaeróbico. En cambio, si el jugador debiese prolongar su actividad manteniendo estas acciones defensivas de forma interválica durante 10 minutos, el resultado dependería también de su sistema aeróbico. Aunque en la práctica ambos sistemas están siempre presentes en todas las acciones, el que uno predomine sobre otro variará en momentos concretos.

En cuanto a los movimientos y/o acciones explosivas que se llevan a cabo en el baloncesto, hay que destacar los cambios de dirección. Se ha demostrado que un jugador

puede llegar a realizar entre 50 y 60 cambios de velocidad y dirección durante un partido (Balčiūnas, Stonkus, Abrantes, y Sampaio, 2006). Esta habilidad multidireccional está subordinada a un control de sus componentes individuales como son la posición corporal, activación muscular, producción de fuerza y la interpretación cognitiva (Sheppard y Young, 2006). Se incluye así el contexto espacio-temporal en el que se realiza, en concordancia con el punto anterior donde observábamos que en los deportes colectivos suceden acciones impredecibles. Este movimiento de cambio de dirección se presenta como una herramienta o alternativa a la que los jugadores pueden recurrir para anticiparse o reaccionar ante los diferentes estímulos del juego.

Como se nombraba en el párrafo anterior, los cambios de velocidad también son importantes dentro del baloncesto, lo que puede llevarse a cabo gracias a la habilidad de acelerar y decelerar. En la práctica deportiva suceden cambios rápidos de ritmo o acciones concretas de ataque o defensa que permiten al jugador, por vía de las aceleraciones y deceleraciones, reaccionar rápidamente. Durante los partidos, predominan las deceleraciones a máxima intensidad sobre las aceleraciones (Vázquez-Guerrero, Suarez-Arrones, Gómez, y Rodas, 2018). Este hallazgo ha hecho que entrenadores y preparadores físicos desarrollen una metodología de trabajo específica que se basa en ofrecer al deportista ejercicios con altos niveles de deceleraciones, recurriendo a la sobrecarga excéntrica con el objetivo de simular y potenciar lo que sucede en la pista.

Otro movimiento y/o acción representativa debido a su continuo uso, es la capacidad de salto o altura de salto. Se ejecutan entre 40 y 60 saltos por deportista a lo largo del partido de baloncesto (Balčiūnas et al., 2006). Esta habilidad es partícipe en acciones como la captura del rebote, impedir que un jugador rival realice un pase o bloquear un lanzamiento, entre otras. Aunque la consecución de dichas acciones de forma exitosa no dependerá exclusivamente de la altura que sea capaz de alcanzar durante el salto, ya que, como se expone en el apartado de sistemas complejos de esta tesis, hay muchas más variables que pueden influir.

En la Figura 1, podemos ver representado algunos de los movimientos y/o acciones más relevantes y característicos en la práctica del baloncesto.



Fig. 1: Distintas acciones que suceden en el baloncesto

Aunque en un primer momento durante esta introducción, se trate de homogeneizar las diferentes exigencias físicas, el preparador físico y el entrenador deben ser conscientes de que no todos los jugadores saltan, aceleran o recorren la misma distancia. Es importante conocer que existen factores como la posición de juego, el sexo o la edad, los cuales pueden ser determinantes en la reproducción/replicabilidad de acciones o movimientos específicos del baloncesto. Respecto a la posición de juego que ocupa cada jugador, autores como Vázquez-Guerrero et al. (2020) afirman que los deportistas que desempeñan la función de base son capaces de realizar un mayor número de aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad, que sus compañeros de equipo. Esto se debe a la amplia diversidad de movimientos tácticos que requiere esta posición. Por el contrario, los jugadores que menos acciones de este tipo realizan son los que ocupan la posición de pívot. En cuanto al sexo, los valores de distancia recorrida y porcentaje de acciones a alta intensidad encontrados en mujeres son más bajos que en hombres (Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, García-Rubio, Pino-Ortega, y Ibáñez, 2019). Por último, la edad también parece ser un factor diferencial tanto en las capacidades neuromusculares como en la potencia aeróbica (Calleja-González, Tobalina, Martínez-Santos, Mejuto, y Terrados, 2015). Por lo tanto, cuando se trabaja con deportistas se deberá intentar no generalizar, buscando para cada uno de ellos el entrenamiento que realmente necesita.

En base a lo desarrollado durante esta sección podemos concluir que el baloncesto es un deporte que está compuesto por movimientos acíclicos como aceleraciones-desaceleraciones, saltos y cambios de dirección (Schelling y Torres-Ronda, 2016; Tous-Fajardo, Gonzalo-Skok, Arjol-Serrano, y Tesch, 2016), lo que a su vez requiere de la combinación de fuerza explosiva, agilidad y velocidad de reacción (Sánchez, 2007). Además, todo ello estará supeditado por los distintos sistemas metabólicos. Como profesionales deberemos conocer las diferentes exigencias que requiere nuestro deporte y nuestros jugadores, ya que puede ayudar en la implementación de estrategias de entrenamiento que favorezcan el rendimiento del jugador, desde las edades de formación hasta la élite.

### *Etapas formativas*

Dentro del proceso-persona-contexto-tiempo encontramos lo que se denomina etapas en formación, donde se construye la esencia de lo que será un deportista en el futuro. El jugador durante su vida deportiva alcanza a través de formación y aprendizaje diferentes escalones o niveles (Cañadas, Ibáñez, García, Parejo, y Feu, 2013). En estos va adquiriendo conocimientos físicos, técnicos y tácticos.

En España, las etapas de formación comprenden el período desde que el jugador inicia la práctica deportiva hasta que cumple los 18 años. En Estados Unidos en cambio no dan por finalizada la etapa formativa hasta los 21 años. En ambos casos esta fase/categoría suele ser la antesala al profesionalismo. En realidad, existen diversidad de opiniones al respecto sobre alargar la vida formativa en España hasta los 21 años. Este hecho podría suponer un margen de tiempo para el desarrollo madurativo de los jugadores. Además, favorecería a los clubs a la hora de tomar decisiones con respecto a la continuidad de los jugadores, puesto que solo es posible predecir el nivel de rendimiento futuro cuando el deportista está cerca de la madurez (Martindale, Collins, y Daubney, 2005).

Así pues, el proceso de aprendizaje del deportista parte desde la iniciación deportiva. Esta etapa inicial suele estar enmarcada desde los seis a los doce años aproximadamente, aunque depende del desarrollo individual del deportista y de su experiencia previa (González-Víllora, García-López, Contreras-Jordán, y Sánchez-Mora, 2009). El objetivo principal del entrenamiento durante estas edades debe ir encaminado hacia la adquisición

de los patrones cognitivo-motrices básicos, en los cuales se asentará el posterior aprendizaje de la toma de decisiones y las habilidades motrices específicas del deporte (J. Hernández y Castro, 2000). Una vez finalizada esta primera etapa, el jugador deberá empezar la especialización deportiva (Giménez, Abad, y Robles, 2010).

Jayanthi, Pinkham, Dugas, Patrick, y LaBella (2013) definen la especialización deportiva como el entrenamiento exclusivamente de un solo deporte durante un año. Dicho entrenamiento se centrará en desarrollar el rendimiento del deportista en las diferentes habilidades específicas del deporte. Sin embargo, no todos los profesionales están de acuerdo con esta idea, algunos sugieren que la especialización debe de estar presente desde que el jugador se inicia en el deporte.

La concepción de que el atleta debe empezar cuanto antes a desarrollarse solo en las habilidades específicas del deporte se denomina especialización temprana. La edad que los autores Côté, Lidor, y Hackfort (2009) consideran apropiada para empezar la especialización se sitúa entre los 6 y 7 años. Durante esta edad el jugador experimentará una participación centrada en un deporte a través de una gran cantidad de actividades de práctica deliberada con el objetivo de mejorar las habilidades deportivas y el rendimiento (Côté et al., 2009). Se entiende que cuantas más horas pase practicando las diferentes habilidades específicas del deporte más oportunidades tendrá para mejorar. Esta concepción casa con la comprensión del deporte a través de la teoría mecanicista y de la *dosis-efecto* en la visión lineal. Y aunque siempre existen posibilidades diferentes de abordar un mismo fenómeno, gracias a diferentes investigaciones podemos observar algunos efectos adversos que lleva consigo la especialización temprana.

En primer lugar, aquellos atletas que se especializan tempranamente y sólo practican un deporte experimentan más lesiones graves durante sus carreras deportivas, que los que realizan diferentes deportes durante las etapas iniciales (Rugg, Kadoor, Feeley, y Pandya, 2018). En segundo lugar, los deportistas que llegan a la élite en la mayoría de disciplinas no suelen especializarse tempranamente (Ortega, Buitrago, y Rodríguez, 2021), menos del 1% de los que se especializan logran alcanzar el nivel élite o profesional (Ortega et al., 2021).

La visión que se opone a la especialización temprana argumenta que el inicio de la práctica deportiva no debe ser específica del deporte. Esta perspectiva está muy acorde

con la teoría de sistemas complejos en la que, el aprendizaje de ciertas habilidades genéricas ayuda al deportista a conectar de una forma más progresiva y eficaz con el futuro deporte (Giménez et al., 2010). Se entiende que, a mayor exposición de nuevos estímulos durante la iniciación deportiva, mayor capacidad y eficiencia tendrá en el futuro a la hora de resolver los problemas que presenta el juego (Giménez et al., 2010). Una herramienta que incrementa el vivenciar distintos estímulos es la práctica de multideporte. De hecho, uno de los casos más famosos en el mundo del deporte es el del jugador Allen Iverson. Durante su etapa en el instituto jugaba al fútbol americano y al baloncesto al mismo tiempo. En ambos deportes llegó a conquistar el campeonato estatal donde fue nombrado mejor jugador. Sólo en la universidad se decantó por el baloncesto hasta convertirse en una estrella de la NBA.

Aun así, los propios detractores de la especialización temprana señalan la existencia de ciertas excepciones como es el caso de la gimnasia (Law, Côté, y Ericsson, 2007). En esta disciplina los deportistas necesitan unos niveles de flexibilidad muy altos que deberán ser adquiridos desde edades tempranas, puesto que una vez empieza el proceso madurativo serán más complejos de lograr.

Dejando a un lado la especialización temprana y centrándonos en las distintas etapas formativas, se observa que durante el transcurso de la vida deportiva del jugador es importante que vivencie tanto éxitos como fracasos. Los éxitos le pueden proporcionar una mayor confianza y adherencia al proceso, mientras que los fracasos los puede transformar en un motivo para la búsqueda de metas de maestría y éxito (Montoya, 2012). El sistema de competición de baloncesto español está dividido en Pre-Benjamín (6 y 7 años), Benjamín (8 y 9 años), Alevín (10 y 11 años), Infantil (12-13 años), Cadete (14-15 años), Junior (16-17 años), Senior (de 18 años hasta que cesan la actividad). Con el fin de crear un desequilibrio competitivo, podemos observar que cada categoría está compuesta por dos generaciones en el que se presupone que los jugadores de primer año parten con un cierto nivel de desventaja física, con respecto a los jugadores de segundo año.

A medida que los jugadores van superando las distintas etapas o fases deberán ir evolucionando como deportistas. Por ello, dichas etapas deberán plantearse de forma progresiva y coherente evitando saltarse escalones necesarios en la educación motriz de los jugadores (Fuentes-Guerra, 2000). El entrenador y/o preparador físico será el



responsable de adecuar su intervención siendo importante el tiempo de práctica y una planificación idónea. A su vez, deberá atender a los diferentes niveles de formación, edad cronológica y el nivel de maduración de sus jugadores (Leite, Gómez, Lorenzo, y Sampaio, 2011). Siendo conscientes de que factores como son los psicológicos, fisiológicos o genéticos pueden influir en el desarrollo del deportista (Castillo, Balaguer-Solá, y García-Merita, 2007).

### ***Evolución de las exigencias condicionales durante las etapas de formación***

Independientemente de la perspectiva en que se fundamente, el objetivo básico al que el preparador físico debe hacer frente consiste en el desarrollo de las capacidades condicionales que permitirán la mejora de sus jugadores. Anclado en el tiempo encontramos la visión más tradicional del profesional del rendimiento, el que durante las etapas formativas basa su trabajo en el desarrollo de las diferentes capacidades físicas básicas. Acorde a la teoría reduccionista, las capacidades físicas básicas se distinguen en 4 grupos, la resistencia, la fuerza, la velocidad y la flexibilidad (Gutiérrez, 2011; Ruiz, 2010). Cada una de estas capacidades ejerce un efecto determinado en el deportista que podría alterar su rendimiento. En el caso de la resistencia, otorga al jugador la capacidad de realizar esfuerzos durante un tiempo determinado. En segundo lugar, la fuerza es la encargada de mediar en una gran cantidad de acciones como salto, sprint, pases, entre otras. Por otro lado, la velocidad pone a disposición del deportista la posibilidad de realizar una gran cantidad de acciones en el menor tiempo posible. En último lugar, la flexibilidad sirve para que el jugador mantenga su estado de salud muscular. Como comentábamos al principio del párrafo, la comprensión y desarrollo de estas capacidades se realiza de forma totalmente analítica. De forma que, por ejemplo, si un preparador físico quisiera que un jugador mejorara el salto, trabajaría la fuerza. Tal y como venimos hablando, desde una visión más compleja esta acción no depende solo de la fuerza, y también la mejora de la flexibilidad de tobillo podría provocar mejoras en el salto (Howe, Bampouras, North, y Waldron, 2019; Yun et al., 2016), entre otros.

Una concepción más compleja del entrenamiento busca a través de diferentes tareas la funcionalidad del juego. En la última década se ha desarrollado y explotado el concepto de entrenamiento funcional, con la finalidad de cuidar al atleta y asegurarse que es capaz

de manejar su propio peso en todos los planos y ejes de movimiento exigidos por el deporte, concepto reforzado desde la perspectiva del entrenamiento funcional. De esta forma el deportista afronta con mayor potencialidad neuromuscular las habilidades deportivas (Boyle, 2016; Santana, 2015). Su principal característica es que los ejercicios que componen los entrenamientos van dirigidos a entrenar movimientos, no músculos (Boyle, 2016; Mackey, 2013) ni capacidades físicas básicas. Por lo tanto, gracias al entrenamiento funcional los deportistas verán una similitud entre lo que sucede en el gimnasio y la pista, lo que podrá propiciar una mayor creencia en el proceso.

Es útil para el entrenador la perspectiva que sustentan algunos autores como Santana (2015); Seirul.lo (2017); Tarragó et al. (2019), que nos recuerda que la funcionalidad del entrenamiento se puede centrar en distintas áreas funcionales propias del deporte. Santana (2015) propone las siguientes categorías, locomoción, empujar y tirar, cambios de nivel y rotación. La locomoción hace referencia a cualquier acción que utiliza movimientos alternos de las piernas para mover el cuerpo, como puede ser correr o andar. En segundo lugar, empujar y tirar o lo que es lo mismo la habilidad de lanzar, se ve representado constantemente en el juego a través de un pase a un compañero o un lanzamiento a canasta, entre otros. Los cambios de nivel permiten al deportista realiza acciones a diferentes alturas (agacharse, bajar el centro de gravedad para defender o levantarse). En último lugar, la rotación o habilidad de realizar cambios de dirección es necesaria para cargar el cuerpo en una dirección a diferentes velocidades. Así pues, deberemos tener en mente estas cuatro habilidades a la hora de desarrollar un programa de entrenamiento.

Aunque esta perspectiva del entrenamiento se adapte mejor a la visión compleja del deporte no ha quedado exento de controversia entre los distintos profesionales del sector, por ejemplo, porque no incluye las estructuras socio-emocional ni cognitiva (Tarragó et al., 2019). La necesidad generalizada que tiene el preparador físico por diferenciarse del resto de sus compañeros vio en este método la oportunidad que estaba buscando. El problema empezó a partir de las malas interpretaciones por falta de información (Boyle, 2016), y por falta de conocimiento del deporte. El entrenamiento funcional era para algunos únicamente sinónimo de ejercicios de equilibrio, balones de estabilidad y saltos al bosu. Además, en muchos casos los métodos de entrenamiento tradicional que habían llevado a grandes resultados se desecharon, de nuevo por un problema de falta de visión global, es decir los movimientos que se entrenan deben trasladarse al contexto del juego.

La clave para desarrollar un programa de entrenamiento óptimo desde el punto de vista del preparador físico, es no ir demasiado lejos en ninguna dirección, es decir no por más complicado va ser mejor (Boyle, 2016), porque complicado no es lo mismo que complejo (Torrents, 2005). También se deberá prestar especial atención a las diferentes edades madurativas de cada grupo y a las particularidades físicas de cada jugador, adecuando el entrenamiento de una forma ordenada y lógica donde garantice el desarrollo de los deportistas en todas las áreas relacionadas con el deporte.

### ***Fases sensibles***

En 1986 Winter definió el término de fases sensibles como, períodos delimitados de desarrollo durante los cuales los deportistas reaccionan de modo más intenso ante determinados estímulos externos, dando lugar a efectos muy favorables para el desarrollo. En este caso, no obstante, Winter hablaba de adaptar las diferentes habilidades físicas básicas a la edad sensible del jugador, ya que en esa época el concepto entrenamiento funcional y la teoría de los sistemas no habían sido desarrollados. Una definición de González-Víllora et al. (2009) que encaja más con la visión actual puntualiza que, el aprendizaje de los diferentes elementos técnico-tácticos individuales y colectivos llamados también habilidades específicas del deporte, y las destrezas o competencias motoras, se desarrollan a partir de la relación estrecha entre el proceso evolutivo-madurativo y la capacidad de adquisición del movimiento. Esto a su vez incide de manera evidente en el aprendizaje, desarrollo y perfeccionamiento deportivo (González-Víllora et al., 2009). Así pues, las fases sensibles nos ayudan a entender lo importante que es asociar los momentos de crecimiento condicional con la evolución madurativa de los jugadores. Sin olvidar que no se trata de desarrollar una capacidad per se, sino aplicada al contexto deportivo, es decir de forma específica.

Por ello las fases sensibles se consolidan, en su momento, como uno de los aspectos básicos a tener en cuenta a la hora de diseñar un entrenamiento. Ante todo, se debe buscar que el deportista y su cuerpo estén preparados para un desarrollo óptimo fisiológico músculo-esquelético, que a la vez les permita mejorar con más garantías tanto a corto como a largo plazo. Una de las premisas más importantes de las fases sensibles es que antes y después del periodo sensible el organismo no asimila de igual manera los estímulos. Por lo tanto, entender y aplicar estas ventanas temporales en su debido

momento será imprescindible a la hora de elaborar una planificación física en las edades formativas.

A partir de las fases sensibles autores como Balyi, Way, y Higgs (2013); Lloyd y Oliver (2012) exponen distintos modelos llamados de desarrollo a largo plazo o como se les conoce en inglés *Long-term athlete development (LTAD)*. Tal como explican Pichardo, Oliver, Harrison, Maulder, y Lloyd (2018) existen dos tipos de modelos. En primer lugar, los que sugieren tomar múltiples actividades desde una edad temprana, lo que evita la especialización temprana, ofreciendo al deportista una gran variedad de patrones de movimiento. Siempre teniendo en cuenta la maduración y su interacción en la respuesta al entrenamiento. En segundo lugar, los modelos que durante la niñez y la adolescencia se centran en proporcionar más detalles sobre el desarrollo de componentes específicos del deporte. En ambos casos, los objetivos que persiguen dichos programas son alfabetización física y el desarrollo de habilidades de movimiento, el desarrollo de habilidades y destrezas de base, entrenar a los atletas en función de su crecimiento y maduración y un enfoque holístico del desarrollo del atleta donde se trabajen los aspectos físicos, cognitivos, mentales y emocionales (Faigenbaum, 2000; Millar, Clutterbuck, y Doherty, 2020).

Como entrenadores debemos de ser capaces de reconocer e integrar en nuestro entrenamiento este conjunto de estímulos tanto a corto como a largo plazo. Las tareas deben desarrollarse de una manera lógica y progresiva, y los métodos de entrenamiento deben ser apropiados, atractivos y agradables para los jugadores (Radnor et al., 2020). Teniendo siempre presente los momentos en los que el deportista está más preparado fisiológica y psicológicamente. De la misma forma que es importante programar a largo plazo mediante la maduración del jugador aquellos esquemas técnico-tácticos y motrices, también lo es acompañar este proceso de entrenamiento con una evaluación que en cada caso sea capaz de reflejar como se encuentra el deportista en el conjunto de sus dominios.

### ***Evaluación condicional***

Se le atribuye al matemático británico llamado Kelvin (1890), la frase de “Lo que no se mide, no se puede mejorar”, estas palabras se han convertido en un mantra entre los distintos profesionales que se dedican al deporte.

El desarrollo de la evaluación condicional parte del análisis de las exigencias físicas del baloncesto, que aparece al principio de esta tesis. La semejanza entre el deporte y los test de valoración ayuda al deportista a obtener resultados más fiables y válidos que los aportados por los test más generales (Salinero et al., 2013). De modo que los test tienen que ir encaminados a obtener objetivos concretos y específicos del jugador a corto, medio, y largo plazo, para así, con la ayuda de los resultados planificar de forma adecuada e individualizada (Salinero et al., 2013).

Hoy en día existen infinidad de posibilidades para evaluar a los jugadores, de nuevo desde perspectivas diferentes. Por ejemplo, para intentar paliar el número de esguinces de tobillo, que es la lesión más común en baloncesto (Laver, 2020), se puede realizar un test de valoración de la dorsiflexión, en este caso, partiendo de una óptica reduccionista o analítica. Frente a ello, se pueden encontrar test más complejos o específicos donde diferentes habilidades y/o estímulos intervienen a la vez, como puede ser un test de agilidad. Por consiguiente, la elección de los test físicos dependerá del evaluador que según sus creencias y conocimientos elegirá los test que mejor se adapten a sus necesidades y a las de su deportista o equipo. Así, habrá momentos en los que le interesen datos locales concretos de gestos muy específicos, y otros momentos, o al mismo tiempo, datos más globales de otras habilidades con mayor grado de complejidad.

Como hemos mencionado anteriormente, existen muchas áreas donde evaluar el rendimiento deportivo de los jugadores, por lo que, para facilitar esta tarea vamos a centrarnos en dos grandes ámbitos: el área bioenergética y el área neuromuscular (Figura 2). En ambos casos se pueden usar una evaluación más aplicada y específica, pero en estas edades donde se está construyendo la condición física del deportista, es necesario obtener datos de los test más representativos de los pilares del rendimiento. Esto nos permite comparar sus resultados con otros deportistas, entendiendo así cómo es la condición física de este jugador a una determinada edad. También nos da acceso a conocer sus posibles déficits, cosa que con test específicos del juego es más difícil de localizar.

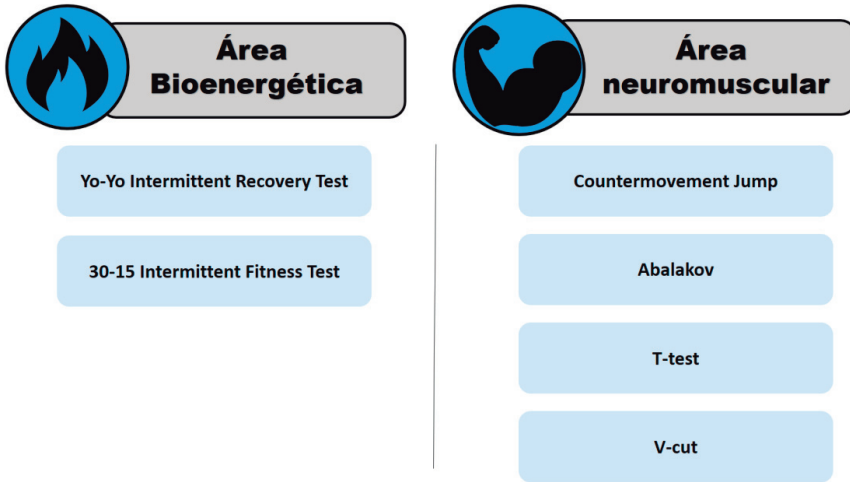


Fig. 2: Ejemplo de test condicionales distribuidos por áreas

### *Evaluación del Área bioenergética*

Tal y como se ha descrito anteriormente, la evaluación de la potencia aeróbica y la capacidad de rendimiento en situaciones mixtas aeróbico-anaeróbicas tiene un papel central. Encontramos así propuesta como el Yo-Yo Intermittent Recovery Test o el Intermittent Fitness test de 30-15, tal y como se describe a continuación.

En primer lugar, el Yo-Yo Intermittent Recovery Test de Krustup et al. (2003) cuya finalidad es medir el consumo máximo de oxígeno sin perder de vista el mantenimiento de la velocidad, llevando al jugador a un estado alto de fatiga. El test consiste en realizar carreras de ida y vuelta a lo largo de 20 metros con 5 metros de recuperación con una velocidad que aumenta progresivamente hasta alcanzar el agotamiento (Bangsbo, Iaia, y Krustup, 2008). Estos 20 metros suelen estar demarcados por dos líneas rectas y paralelas que los deportistas deben tocar en el momento de escuchar la señal sonora.

Por otro lado, el 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15<sub>IFT</sub>) de Buchheit (2008), cuyo objetivo es poder valorar esta misma aptitud cardiorrespiratoria máxima, en este caso integrando la capacidad para cambiar de dirección (COD) y la capacidad de recuperación entre esfuerzos, y la forma en que ello afecta a su capacidad mixta aeróbica-anaeróbica.

Su protocolo consiste en la realización de 30s de carrera con 15s de recuperación pasiva, a lo largo de la cancha de baloncesto (24m), de nuevo con una velocidad incremental.

### *Valoración del Área neuromuscular*

Dado que la presente tesis se refiere al Baloncesto, la evaluación de la capacidad de salto aparece como factor central, con especial relevancia para la batería de Bosco (Bosco y Riu, 1994).

Dentro de esta batería encontramos en primer lugar, por su frecuencia de uso, el test de salto con contramovimiento o Countermovement Jump (CMJ). Su registro se ha relacionado con la potencia de la musculatura de las extremidades inferiores (Tricoli, Lamas, Carnevale, y Ugrinowitsch, 2005) y con la capacidad coordinativa (Eloranta, 2003). Además, se ha demostrado que el salto vertical es un excelente indicador del estado de fatiga neuromuscular (Balsalobre-Fernández, Tejero-González, del Campo-Vecino, y Bavaresco, 2014; S. M. Moreno, 2020; Sanchez-Medina y González-Badillo, 2011). Partiendo desde una posición erguida y con las manos en la cintura, el sujeto realiza un salto hacia arriba por medio de una flexión de piernas seguida de una extensión, para finalizar con un aterrizaje. Esto le permite utilizar la fuerza explosivo-elástica.

Otro test que se utiliza frecuentemente en baloncesto perteneciente a la batería de Bosco es el test de Abalakov. Este se diferencia del test de CMJ en que los deportistas deben usar los brazos para impulsarse por lo que es una situación más similar a lo que ocurre durante el juego, midiendo de nuevo la fuerza explosiva elástica, pero en este caso como coordinación de miembros inferiores y superiores.

En segundo lugar, encontramos la evaluación de la agilidad específica, donde destaca el T-test de Semenick (1990), un test de agilidad que se centra en evaluar el desarrollo de la velocidad del atleta a través del cambio direccional. Según describe Y. González (2008), el protocolo del test sitúa cuatro conos separados 5m entre sí, formando la letra “T”. El jugador tiene que correr primero en línea recta, tocar con la mano el primer cono, luego seguir a tocar el cono de la izquierda, regresar al cono central, seguir al cono de la derecha y, finalmente, terminar en el cono del inicio.

En esta línea encontramos el V-Cut de Gonzalo-Skok et al. (2015). Este test se distingue por tener componentes de agilidad como son diferentes cambios de dirección. Sus creadores lo describen como un test específico que se caracteriza por la realización de 4 cambios de dirección, con aceleraciones y deceleraciones de  $5 * 5$  m ( $45^\circ$ ), con una distancia total de 25 m. El objetivo del jugador es recorrerlo en el menor tiempo posible.

Resumidos algunos de los principales test que se pueden realizar en la etapa formativa en Baloncesto, cuando aún hay margen para mejorar estas capacidades facilitadoras, es importante recordar que el rendimiento específico no depende sólo de sus valores. Enlazando con la visión de complejidad señalada en el primer apartado de este compendio el éxito deportivo no está asegurado, ya que sigue habiendo multitud de estímulos y/o contingencias que pueden afectar al rendimiento del deportista (Balagué y Torrents, 2011), aunque sea importante encontrarse dentro de los márgenes adecuados en estas capacidades.

El profesional que se dedica al rendimiento deportivo debe de conocer bien el deporte y sus exigencias físicas, la metodología del entrenamiento que necesita el jugador, diseñar un plan de desarrollo a corto y largo plazo y evaluar de forma precisa e intervenir. Aun así, se sabe que habrá otros factores del contexto que condicionaran el proceso, lo que no quita importancia a la necesidad de conocer las potencialidades y limitaciones condicionales de los deportistas a los que se pretende mejorar.



## **Contingencias del rendimiento deportivo**

Fundamentada en la perspectiva económica y administrativa encontramos la teoría de las contingencias. Autores como Pinto, Soto, Gutiérrez, y Castillo (2003) definen contingencia como algo incierto que puede ocurrir o no. Estos mismos autores, a la teoría de las contingencias le atribuyen una serie de características muy particulares como son, que no existe nada absoluto, que todo es relativo, y que el propio resultado está supeditado a diferentes factores. Extrapolando este concepto al mundo del deporte hallamos una estrecha similitud con la idea que se comenta en la primera parte de este compendio, en el que Balagué y Torrents (2011); García-Manso y Martín-González (2008); Seirul.lo (2017) defienden que el deporte se caracteriza por ser un sistema complejo. Así pues, el deportista puede verse sometido a diferentes contingencias como una lesión, la muerte de una persona querida o incluso una pandemia mundial. Todas estas contingencias podrían influir de una manera u otra en su rendimiento. Por lo tanto, cuando hablamos de rendimiento deportivo no podemos centrarnos exclusivamente en una variable de resultado. Será necesario un enfoque multifacético que incluya múltiples variables (Birrer y Morgan, 2010; De Dreu y Weingart, 2003).

A estas alturas del manuscrito, queda claro que tanto el éxito como el fracaso de un atleta o equipo proceden de una combinación de factores físicos, técnicos, tácticos y psicológicos, pero también nutricionales y/o sociológicos (Baker, Côté, Abernethy, y sport, 2003; Olivos, Cuevas, Álvarez, y Jorquera, 2012; Williams, James, y James, 2001). Estos factores interactúan a lo largo de la vida del deportista (Lorenzo y Sampaio, 2005), y pequeños cambios en cualquiera de ellos, acabará repercutiendo en el estado de forma y rendimiento final. De ahí que podamos considerar al jugador como una unidad funcional (emocional, cognitiva, social, fisiológica y comportamental), que necesita de una atención y entrenamiento complejo para obtener su máximo rendimiento (Morilla et al., 2003).

En los últimos años se ha recalado la importancia de que el jugador debe tener unos hábitos de vida apropiados que no le entorpezcan a la hora de desarrollar y potenciar su rendimiento. Estos hábitos o costumbres se llevan a cabo tanto dentro de la pista, donde el entrenador/preparador físico tiene diferentes herramientas para intervenir, como fuera

de las canchas, donde el proceso de seguimiento e intervención se hace más complicado. Algunos autores como Fabra y Casadó (2014) utilizan el termino estilo de vida para englobar todos estos hábitos o costumbres.

Como se ha nombrado en el párrafo anterior existen multitud de contingencias que pueden afectar al rendimiento deportivo del jugador. Por ello, surge la necesidad de entender de una forma más holística algunas de las contingencias que actúan dentro de nuestra modalidad deportiva. En esta parte del trabajo vamos a tratar por un lado el ámbito psicológico, más concretamente la motivación a través de la música (estudio 1), y, por otro lado, el estilo de vida y la influencia medioambiental, de forma que se dilucidará una posible influencia de la Vitamina D, o su deficiencia, en el rendimiento deportivo (estudio 2). Sobre todo, ello recaerá la idea de que, aun controlando al máximo las contingencias en la vida de un deportista, situaciones como una pandemia excepcional, obligarán a modificar los planteamientos del entrenador y sus planes de entrenamiento (estudio 3).

### ***Contingencias desde la perspectiva psicológica***

En un momento dado, durante las etapas formativas, el proceso de entrenamiento o la vida deportiva del jugador se vuelve más exigente. Cuando esto sucede los entrenadores deben asegurarse de que el proceso de aprendizaje esté bien construido para no añadir elementos externos que puedan afectar al rendimiento del deportista. En el caso del ámbito psicológico, encontraremos contingencias en relación con variables como el estrés, la resiliencia, o la motivación, entre muchas otras. Todas ellas podrán influir de forma directa o indirecta en el resultado deportivo (Martínez, Bonet, y Encinas, 1993; Quinteiro, Casal, Andrade, y Arce, 2006; Roberts y Treasure, 2012).

La deformación y tensión interna que sufre un individuo bajo la acción de fuerzas externas de determinada magnitud, y que trae consigo respuestas adaptativas o de incapacidad para contrarrestar la nocividad, obtiene el nombre de estrés (P. Moreno et al., 2017). Dentro del deporte existen multitud de estímulos que provocan estrés al jugador. Algunas de estas situaciones como por ejemplo la no consecución de algún objetivo, puede llegar a desestabilizar la armonía del deportista. Aunque no solo proviene y/o repercute en la práctica deportiva también, este estrés puede estar presente en situaciones extradeportivas. Como puntualizan González Campos, Valdivia-Moral, Zagalaz Sánchez,

y Romero Granados (2015), el estrés afecta al deportista a nivel personal y social abordando su vulnerabilidad física, intelectual y psicosocial. Sin embargo, la aparición de estrés no es sinónimo únicamente de respuestas negativas, también puede repercutirle positivamente en el caso deportivo, forzándole a usar recursos individuales de forma efectiva y eficiente (Brandão, Casal, y Mendoza, 2002).

Un concepto ligado a las consecuencias negativas del estrés en el deporte es el síndrome de sobre-entrenamiento o *burnout*. El *burnout* es un desequilibrio prolongado entre contextos que favorecen el estrés y contextos que favorecen la recuperación (González Boto, Molinero González, y Márquez, 2008). Los autores Carlin, de los Fayos, y de Francisco (2012) afirman que lo que propicia su aparición es el agotamiento emocional, una reducida realización personal y/o una devaluación de la práctica deportiva. Como resultado, que un jugador sufra el síndrome de sobre-entrenamiento se traduce en una disminución progresiva de los niveles de rendimiento, y en algunos casos hasta puede ocasionar el abandono prematuro de la práctica deportiva (García-Parra, González, y de los Fayos, 2016).

Una de las herramientas que tiene el deportista para poder superar las situaciones estresantes y conflictivas adopta el nombre de resiliencia. Según L. Hernández (2010) es una cualidad presente en aquellas personas que no bajan los brazos ni se rinden ante cualquier obstáculo. En la misma línea Fletcher y Sarkar (2012) afirman que los deportistas que dominan esta habilidad son capaces de evaluar las situaciones estresantes como un reto y no como una amenaza. En un deporte como el baloncesto muchos partidos suelen decidirse durante los últimos segundos del encuentro, por lo que el jugador deberá estar preparado para afrontar esta situación final como un desafío, venciendo así la presión mental.

Para construir adecuadamente el proceso de desarrollo del jugador y aumentar su resiliencia, el entrenador debe de manejar herramientas como la motivación. En diversas áreas de la vida la motivación es un aspecto de enorme relevancia, ya que orienta las acciones de las personas hacia los objetivos a los que se dirigen (Ajello, 2003; Pereira, 2009). Cabe resaltar que existen dos tipos de motivación. Por un lado, la motivación intrínseca cuyo origen está en el interés que el objetivo despierta en sí mismo (Serrano, Losada, Martín, y Polo, 2020). Por otro lado la motivación extrínseca, hace referencia a

un motor que está fuera del objetivo en sí y que se deriva de la consecución del objetivo (F. González, Martínez, y Villena, 2008).

La motivación llevada al deporte se convierte en una herramienta mediadora de las diferentes habilidades físicas, técnicas y tácticas de los atletas (Abdullah, Musa, Maliki, Kosni, y Suppiah, 2016). Por su parte Rojas (2007) señala que los diferentes niveles de motivación influyen en la capacidad de realizar una tarea correctamente. De modo que, el control de esta variable será considerada como una estrategia a tener en cuenta por parte de cualquier entrenador o atleta, por ejemplo, en el manejo de situaciones de sobreentrenamiento. En el caso de querer favorecer la motivación, existen un sinnúmero de propuestas u opciones. En este trabajo nos hemos centrado en la música.

#### *La música como ejemplo de herramienta en relación con la motivación por la tarea*

En los últimos años es bastante común ver a jugadores de baloncesto escuchando música en los calentamientos, antes y durante el entrenamiento, o incluso en el descanso de los partidos. Su fácil aplicación parece ser pieza clave para su utilización, ya que las nuevas tecnologías como auriculares inalámbricos facilitan su uso. Además, la mayoría de instalaciones deportivas cuentan ya con un equipo de sonido.

El uso de la música para la práctica deportiva ofrece una amplia gama de beneficios. En primer lugar, la música funciona como distractor reduciendo las percepciones de esfuerzo y fatiga (Hutchinson y Karageorghis, 2013; Terry, Karageorghis, Curran, Martin, y Parsons-Smith, 2020). Esto permite que el deportista prolongue en el tiempo su actividad brindándole a su vez la posibilidad de realizar un mayor número de acciones. Más beneficios se anexan al uso de la música como una mayor eficiencia fisiológica (Bacon, Myers, y Karageorghis, 2012), control emocional (Terry y Karageorghis, 2011) y afectación del estado de ánimo (Nikol, Kuan, Ong, Chang, y Terry, 2018; Terry y Karageorghis, 2011). Por otro lado, la música previa a la tarea actúa como sedante o estimulante dependiendo de los cambios funcionales en la excitación (Karageorghis y Priest, 2012). Por lo tanto, la música puede ser una herramienta válida para motivar a los jugadores de baloncesto, y de ello se hablará ampliamente en el estudio 1.

### ***Contingencias relacionadas con el estilo de vida y los factores medioambientales***

No solo lo que acontece dentro del terreno de juego es importante para el rendimiento del deportista. Gran parte de su tiempo transcurre fuera de las instalaciones deportivas, por esa razón es esencial que el jugador conozca e integre en su estilo de vida unos correctos hábitos saludables. Sánchez-Ojeda y Luna-Bertos (2015) definen estilo de vida como conjunto de pautas y hábitos comportamentales cotidianos de una persona. Algunos autores han denominado a este conjunto de pautas y hábitos comportamentales de los deportistas como entrenamiento invisible (Chapinal, 2013; Riera, 1989).

El entrenamiento y la preparación física se han presentado como la única herramienta para mejorar al deportista desde la perspectiva tradicional. No obstante, desde una visión más actual y completa se observa que las necesidades del atleta van más allá de la práctica deportiva. El autor Ameghino (2020) afirma que podemos englobar en tres los aspectos básicos que permiten a los deportistas conseguir sus objetivos:

- En primer lugar, el entrenamiento, en el que se ha profundizado durante la primera parte de la introducción recalcando que permite desarrollar y potenciar las diferentes habilidades deportivas necesarias.
- En segundo lugar, encontramos el descanso/recuperación. Mediante el uso de diferentes técnicas se intenta eliminar la fatiga y favorecer los efectos adaptativos que produce el entrenamiento.
- Por último, se encontraría la nutrición, es decir, el hecho de llevar a cabo una alimentación equilibrada que podría reducir los déficits nutricionales que puede provocar el entrenamiento o la competición.

En la mayor parte de los casos la realización y cumplimiento diario de estos hábitos quedará en manos del propio deportista. Sin embargo, los preparadores físicos y entrenadores deberán instruir a los jugadores durante las distintas etapas formativas para que estos puedan establecer unos hábitos de vida saludables, incidiendo en una

preparación psicológica, un descanso reparador y una alimentación equilibrada y ajustada (Alfonseca, 2006).

Los deportistas se ven sometidos a unos niveles elevados de carga fisiológica y psicológica que pueden llegar a alterar la salud (García, Carral, Núñez, y Torrado, 2009), por lo que una adecuada recuperación será clave. Así pues, se hace esencial considerar estrategias para promover la recuperación reduciendo el posible estado de estrés y fatiga que produce la práctica deportiva. Dentro de la recuperación de la fatiga (Terrados y Calleja González, 2010), la clasifican según temporalización (intra-sesión o inter-sesión), y según la metodología utilizada (métodos fisiológicos, métodos físicos, métodos psicológicos, y métodos ergonutricionales).

Con el objetivo de disminuir la fatiga del deportista existen multitud de estrategias de recuperación desde sauna, masajes, hidroterapia, suplementación, entre muchas otras. A día de hoy, el sueño se reconoce como la estrategia de recuperación más eficaz (Halsón, 2008), pero tan importante como recuperar, es evitar la aparición de una fatiga excesiva, o contar con los recursos de salud suficiente para afrontar la carga, aspecto en el que tiene un papel clave la correcta alimentación.

### *Nutrición como herramienta en el control de las contingencias: el ejemplo de la Vitamina D*

Tal y como se ha expuesto al inicio de este apartado, la nutrición juega un papel fundamental en la vida del deportista (Gallego, Collado, y Verdú, 2006). La alimentación debe responder a las necesidades nutricionales individuales propias de la edad, el sexo, el estado de salud y el estado físico-deportivo. También debe atender al tipo de deporte, frecuencia, intensidad, duración del ejercicio y las condiciones ambientales en las que se realiza (Febbraio, 2001). Atendiendo a las particularidades de cada caso, los jugadores deberán satisfacer los requerimientos de energía a través de macronutrientes, vitaminas, minerales y agua que necesita el cuerpo (Sanz, Otegui, y Ayuso, 2013). Por ello los deportistas deberán tener una serie de estrategias nutricionales con el objetivo de lograr un estado de salud y/o rendimiento específico (Maughan et al., 2018). Gracias a una buena estrategia se puede evitar el desarrollo de fatiga, prevenir lesiones deportivas, mantener activo el sistema inmune y permitir las adaptaciones del entrenamiento (Mujika y Burke,

2010). Autores González-Gross et al. (2003) afirman que una deficiencia nutricional durante las etapas de formación puede llegar a repercutir en su vida adulta.

Actualmente, a las vitaminas se les atribuye un papel nutricional que va más allá de la prevención de las enfermedades deficitarias o carenciales. Son fundamentales en diversos procesos como la síntesis de hemoglobina, el mantenimiento de la salud ósea, la función inmunológica, la protección contra el daño oxidativo, las funciones neuronales y la síntesis o reparación del tejido muscular durante la recuperación de lesiones (Mielgo-Ayuso, Urdampilleta, Martínez-Sanz, y Seco, 2013; Redondo et al., 2019; Tardy, Pouteau, Marquez, Yilmaz, y Scholey, 2020). Al mismo tiempo las vitaminas son consideradas esenciales para la acción ergogénica de un deportista (Badrinath et al., 2018). Sin embargo, Olmedilla-Alonso (2017) afirma que las vitaminas no son producidas por el cuerpo humano, por lo que deberán ser ingeridas a través de la dieta. En la presente tesis doctoral nos hemos centrado en la Vitamina D y su importancia dentro del rendimiento deportivo, ya que es uno de los estudios que componen esta tesis (estudio 2)

En los últimos años se han incrementado el interés y el número de estudios sobre la Vitamina D y sus posibles efectos en el rendimiento deportivo. La Vitamina D participa en la regulación de la inflamación inducida por el ejercicio, la función neurológica, la salud cardiovascular, el metabolismo de la glucosa, la salud ósea y el rendimiento músculo esquelético (Dahlquist, Dieter, y Koehle, 2015). Además, se le atribuye un efecto positivo sobre la eficiencia neuromuscular y el mecanismo de contracción muscular (Chatterjee, Mondal, Borman, y Konar, 2014; Gunton y Girgis, 2018); así como en la optimización de la respuesta adaptativa aguda al ejercicio físico (Owens, Allison, y Close, 2018). Por ello, el rendimiento en deportistas puede verse afectado por los niveles de su concentración (Grieshober et al., 2018; Tipton y Van-Loon, 2011).

El proceso para la obtención de Vitamina D<sub>3</sub> consiste en la sintetización de la radiación solar a través de la membrana celular de la epidermis y dermis, y la D<sub>2</sub> se deriva de plantas y es imposible de sintetizar por el cuerpo humano (Valverde y Gómez, 2015; Yin y Agrawal, 2014). Según recientes investigaciones, las personas que practican deporte de alto rendimiento están en constante riesgo de sufrir insuficiencias de Vitamina D (Puentes-Yagüe, Collado-Yurrita, Ciudad-Cabañas, y Cuadrado-Cenzual, 2020). Además, parece ser que la carencia de Vitamina D se acentúa en los deportistas que entrenan y compiten

en espacios cerrados durante todo el año, como es el caso del baloncesto. Fishman, Lombardo, y Kharrazi (2016) encontraron una alta prevalencia de insuficiencia de Vitamina D en jugadores de la National Basketball Association (NBA). Si a ello se suma la relación de la Vitamina D con la ya citada optimización de la contracción muscular (Chatterjee et al., 2014; Gunton y Girgis, 2018) y/o prevención de salud ósea (Dahlquist et al., 2015). Parece pues que esta carencia adquiere especial relevancia en un deporte como el baloncesto donde se repiten de forma continua aceleraciones y frenadas, saltos y recepciones (Dzedzej et al., 2016).

Así pues, conocer si los jugadores de baloncesto pueden presentar deficiencias de Vitamina D ya desde las primeras etapas formativas, y la posible relación de sus niveles vitamínicos con la función muscular evaluada mediante saltos, sería relevante para el staff médico y técnico que cuida a estos deportistas, de lo que se hablará, en este caso, en el estudio 2.

No queremos cerrar este apartado, sin recordar que el entrenamiento invisible incluye otros muchos aspectos. Se ha citado ya la importancia del sueño. El sueño juega un papel esencial en fisiología y recuperación psicológica, así como en el bienestar general (Kellmann et al., 2018; Ordóñez, Oliver, Bastos, Guillén, y Domínguez, 2017). Bird (2013) señala que para permitir una adecuada recuperación de las sesiones de ejercicio se necesitan entre 9-10 horas de sueño. A su vez, este mismo autor expone lo beneficioso que es para los atletas la realización de la siesta (Bird, 2013). No obstante, los deportistas de alto rendimiento se ven expuestos a una serie de condicionantes que pueden suponer la privación del sueño o una pérdida de calidad de este, como son los viajes, el estrés psicosocial, los horarios de competición y entrenamiento, los dispositivos electrónicos o los estimulantes como la cafeína (Mata-Ordoñez, Bastos, Domínguez, y Sánchez-Oliver, 2018). En resumen, tanto la cantidad como la calidad del sueño será importante en el rendimiento de los deportistas, y seguramente debería ser tenido en cuenta en todos los estudios. Es por ello que, como futura línea de investigación, sería importante analizar si los resultados que presentan los tres estudios defendidos en esta tesis, se verían influidos por variables como la calidad del sueño y/o el nivel de descanso del jugador.



## Referencias

- Abdelkrim, N. B., Chaouachi, A., Chamari, K., Chtara, M., & Castagna, C. (2010). Positional role and competitive-level differences in elite-level men's basketball players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 24(5), 1346-1355. doi:<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cf7510>
- Abdelkrim, N. B., Fazaá, S., & Ati, J. (2007). Time–motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British journal of sports medicine*, 41(2), 69-75. doi:<http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2006.032318>
- Abdullah, M. R., Musa, R. M., Maliki, A. B., Kosni, N. A., & Suppiah, P. K. (2016). Role of psychological factors on the performance of elite soccer players. *Journal of Physical Education Sports health*, 16(1), 170. doi:10.7752/jpes.2016.01027
- Acero, R. M., y Peñas, C. L. (2005). *Deportes de equipo: comprender la complejidad para elevar el rendimiento*. Barcelona: INDE.
- Ajello, A. M. (2003). *La motivación para aprender*. In *Manual de psicología de la educación*. Madrid: Editorial Popular.
- Alfonseca, J. A. (2006). Trastornos de la conducta alimentaria y deporte. *Trastornos de la conducta alimentaria*, (4), 368-385.
- Ameghino, F. (2020). Hábitos de nutrición y descanso en deportistas. Análisis de hábitos y conocimiento en deportistas femeninas de liga nacional Argentina de básquet año 2018. Estudio de caso: Club Atlético Juventud Florentino Ameghino. *Investiga +*, 3(3), 83-97.
- Bacon, C., Myers, T., & Karageorghis, C. (2012). Effect of music-movement synchrony on exercise oxygen consumption. *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, 52(4), 359.

- Badrinath, K., Shekhar, M., Sreelakshmi, M., Srinivasan, M., Thunga, G., Nair, S., . . . Kunhikatta, V. (2018). Comparison of various severity assessment scoring systems in patients with sepsis in a tertiary care teaching hospital. *Indian journal of critical care medicine*, 22(12), 842.
- Baker, J., Côté, J., Abernethy, B., & sport. (2003). Learning from the experts: Practice activities of expert decision makers in sport. *Research quarterly for exercise*, 74(3), 342-347. doi:<https://doi.org/10.1080/02701367.2003.10609101>
- Balagué, N., & Torrents, C. (2011). *Complejidad y deporte*. Barcelona: INDE.
- Balague, N., Torrents, C., Hristovski, R., Davids, K., & Araújo, D. (2013). Overview of complex systems in sport. *Journal of Systems Science Complexity*, 26(1), 4-13.
- Balagué, N., Torrents, C., Pol, R., & Seirullo, F. (2014). Entrenamiento integrado. Principios dinámicos y aplicaciones. *Apunts: Educación Física y Deportes*, (116), 60-68. doi:[https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2014/2\).116.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2014/2).116.06)
- Balčiūnas, M., Stonkus, S., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2006). Long term effects of different training modalities on power, speed, skill and anaerobic capacity in young male basketball players. *Journal of sports science medicine Science in Sports Exercise*, 5(1), 163.
- Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., del Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 28(2), 528-533. doi:<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e>
- Balyi, I., Way, R., & Higgs, C. (2013). *Long-term athlete development*. Champaign: Human Kinetics.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test. *Sports medicine*, 38(1), 37-51.

- Bird, S. P. (2013). Sleep, recovery, and athletic performance: a brief review and recommendations. *Strength Conditioning Journal*, 35(5), 43-47. doi:10.1519/SSC.0b013e3182a62e2f
- Birrer, D., & Morgan, G. (2010). Psychological skills training as a way to enhance an athlete's performance in high-intensity sports. *Scandinavian journal of medicine science in sports*, 20, 78-87. doi:https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01188.x
- Bosco, C., y Riu, J. M. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Badalona: Paidotribo.
- Boyle, M. (2016). *New functional training for sports*. Champaign: Human Kinetics.
- Brandão, M. R., Casal, H. V., y Mendoza, M. A. (2002). Estrés en jugadores de fútbol: una comparación Brasil & Cuba. *Cuadernos de psicología del deporte*, 2(1).
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 22(2), 365-374. doi:https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e
- Calleja-González, J., Tobalina, J. C., Martínez-Santos, R., Mejuto, G., y Terrados, N. (2015). Evolución de las capacidades físicas en jugadores jóvenes de baloncesto de medio nivel. *Cuadernos de psicología del deporte*, 15(3), 199-204.
- Cañadas, M., Ibáñez, S., García, J., Parejo, I., y Feu, S. (2013). Las situaciones de juego en el entrenamiento de baloncesto en categorías base/Game situations in youth basketball practices. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, (49).
- Carlin, M., de los Fayos, E. J, y de Francisco, C. (2012). El síndrome de burnout en deportistas: nuevas perspectivas de investigación. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte*, 7(1), 33-49.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *The*

*Journal of Strength Conditioning Research*, 27(2), 369-374.  
doi:<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182548af1>

Castillo, I., Balaguer-Solá, I., & García-Merita, M. (2007). Efecto de la práctica de actividad física y de la participación deportiva sobre el estilo de vida saludable en la adolescencia en función del género. *Revista de Psicología del deporte*, 16(2), 0201-0210.

Chapinal, A. (2013). La complejidad de una correcta nutrición en el deportista. *Revista Internacional de Deportes Colectivos*, (15), 42-48.

Chatterjee, S., Mondal, S., Borman, A. S., & Konar, A. (2014). Vitamin D, optimal health and athletic performance: a review study. *Int J Nutr Food Sci*, 3, 526-533.

Côté, J., Lidor, R., & Hackfort, D. (2009). ISSP position stand: To sample or to specialize? Seven postulates about youth sport activities that lead to continued participation and elite performance. *International journal of sport exercise psychology*, 7(1), 7-17. doi:<https://doi.org/10.1080/1612197X.2009.9671896>

Dahlquist, D. T., Dieter, B. P., & Koehle, M. S. (2015). Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), 1-12.

De Dreu, C. K., & Weingart, L. R. (2003). A contingency theory of task conflict and performance in groups and organizational teams. *International handbook of organizational teamwork cooperative working*, 88(4), 151-166.

Dzedzej, A., Ignatiuk, W., Jaworska, J., Grzywacz, T., Lipińska, P., Antosiewicz, J., Ziemann, E. (2016). The effect of the competitive season in professional basketball on inflammation and iron metabolism. *Biology of sport*, 33(3), 223.

Eloranta, V. (2003). Influence of sports background on leg muscle coordination in vertical jumps. *Electromyography clinical neurophysiology*, 43(3), 141-156.

Fabra, J. M., & Casadó, L. (2014). Relación entre el estilo de vida de una joven deportista de alto rendimiento y los patrones funcionales de salud de Marjory Gordon. *Cultura de los cuidados*. 18(38): 107-117.

- Faigenbaum, A. D. (2000). Strength training for children and adolescents. *Clinics in sports medicine*, 19(4), 593-619. doi:[https://doi.org/10.1016/S0278-5919\(05\)70228-3](https://doi.org/10.1016/S0278-5919(05)70228-3)
- Febbraio, M. A. (2001). Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. *Sports medicine*, 31(1), 47-59.
- Fishman, M. P., Lombardo, S. J., & Kharrazi, F. D. (2016). Vitamin D deficiency among professional basketball players. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 4(7), 2325967116655742. doi:<https://doi.org/10.1177/2325967116655742>
- Fletcher, D., & Sarkar, M. (2012). A grounded theory of psychological resilience in Olympic champions. *Psychology of Sport Exercise*, 13(5), 669-678. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.04.007>
- Fox, E. L., & Mathews, D. K. (1984). *Bases physiologiques de l'activite physique*. Philadelphia: Saunders.
- Fuentes-Guerra, F. J. (2000). Fases en la formación del deportista y su aplicación en la iniciación deportiva. *Habilidad Motriz: revista de ciencias de la actividad física y del deporte*, (15), 35-39.
- Gallego, J. G., Collado, P. S., y Verdú, J. M. (2006). *Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- García-Manso, J., y Martín-González, J. (2008). *La formación del deportista en un sistema de rendimiento deportivo: Autoorganización y emergencia, entre el orden y el caos*. Quindío: KINESIS.
- García-Manso, J., Martín-González, J., Vaamonde, D., & Da Silva-Grigoletto, M. (2012). The limitations of scaling laws in the prediction of performance in endurance events. *Journal of theoretical biology*, 300, 324-329. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2012.01.028>
- García-Parra, N., González, J., & de los Fayos, E. (2016). Current status of the study of burnout syndrome in sport. *Cuadernos de psicología del deporte*, 16(2), 21-27. doi:<http://revistas.um.es/.../196081>

- García, O. G., Carral, J. M. C., Núñez, E. O., & Torrado, R. M. (2009). ¿ Es compatible el máximo rendimiento deportivo con la consecución y mantenimiento de un estado saludable del deportista? *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, (14), 19-31.
- Giménez, F. J., Abad, M. T., & Robles, J. (2010). El proceso de formación del jugador durante la etapa de iniciación deportiva. *Apunts. Educación Física y Deportes*, (99), 47-55.
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., García-Rubio, J., Pino-Ortega, J., & Ibáñez, S. J. (2019). Influencia del resultado en las demandas de carga externa durante la competición oficial en baloncesto formación. *Cuadernos de psicología del deporte*, 19(1), 262-274. doi:<https://doi.org/10.6018/cpd.344041>
- González-Gross, M., Castillo, M., Moreno, L., Nova, E., González-Lamuño, D., Pérez-Llamas, F., Leiva, A. (2003). Alimentación y valoración del estado nutricional de los adolescentes españoles (Estudio AVENA): Evaluación de riesgos y propuesta de intervención. *Nutrición Hospitalaria*, 18(1), 15-28.
- González-Villora, S., García-López, L., Contreras-Jordán, O., & Sánchez-Mora, D. (2009). The concept of sport initiation nowadays. *RETOS-Neuvas Tendencias en Educacion Fisica, Deporte y Recreacion*, (15), 14-20.
- González Boto, R., Molinero González, O., & Márquez, S. (2008). A new integrative model of overtraining based on burnout and stress-recovery psychological approaches. *Ansiedad y Estrés*, (14).
- González Campos, G., Valdivia-Moral, P., Zagalaz Sánchez, M. L., & Romero Granados, S. (2015). La autoconfianza y el control del estrés en futbolistas: revisión de estudios. *Revista iberoamericana del ejercicio y el deporte*, (10) 1, 95-101.
- González, F., Martínez, J., y Villena, J. (2008). *Didáctica General: Práctica y Enseñanza*. Barcelona: MacGraw-Hill Ediciones.
- González, Y. (2008). *Validez, fiabilidad y especificidad de las pruebas de agilidad*. (Tesis Doctoral publicada). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá.

- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J., Casajus, J., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the V-cut test for young basketball players. *Int J Sports Med*, 36(11), 893-899.
- Grieshaber, J. A., Mehran, N., Photopolous, C., Fishman, M., Lombardo, S. J., & Kharrazi, F. D. (2018). Vitamin D insufficiency among professional basketball players: a relationship to fracture risk and athletic performance. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 6(5), 2325967118774329. doi:<https://doi.org/10.1177/2325967118774329>
- Gunton, J. E., & Girgis, C. M. (2018). Vitamin D and muscle. *J Bone reports*, 8, 163-167. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bonr.2018.04.004>
- Gutiérrez, F. G. (2011). Conceptos y clasificación de las capacidades físicas. *Cuerpo, cultura y movimiento*, 1(1), 77-86. doi:<https://doi.org/10.15332/s2248-4418.2011.0001.04>
- Halson, S. L. (2008). Nutrition, sleep and recovery. *European Journal of sport science*, 8(2), 119-126. doi:<https://doi.org/10.1080/17461390801954794>
- Hernández, J., y Castro, U. S. (2000). La iniciación a los deportes desde su estructura y dinámica: aplicación a la educación física escolar y al entrenamiento. Barcelona: Inde.
- Hernández, L. (2010). *Fortaleza mental en el deporte*. Bogotá: EDITORES.
- Howe, L. P., Bampouras, T. M., North, J., & Waldron, M. (2019). Ankle dorsiflexion range of motion is associated with kinematic but not kinetic variables related to bilateral drop-landing performance at various drop heights. *Human movement science*, 64, 320-328. doi:<https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.02.016>
- Hutchinson, J. C., & Karageorghis, C. I. (2013). Moderating influence of dominant attentional style and exercise intensity on responses to asynchronous music. *Journal of Sport Exercise Psychology*, 35(6), 625-643. doi:<https://doi.org/10.1123/jsep.35.6.625>

- Jayanthi, N., Pinkham, C., Dugas, L., Patrick, B., & LaBella, C. (2013). Sports specialization in young athletes: evidence-based recommendations. *Sports health*, 5(3), 251-257. doi:<https://doi.org/10.1177/1941738112464626>
- Karageorghis, C. I., & Priest, D. L. (2012). Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I). *International review of sport exercise psychology*, 5(1), 44-66. doi:<https://doi.org/10.1080/1750984X.2011.631026>
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., . . . Heidari, J. (2018). Recovery and performance in sport: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 13(2), 240-245. doi:<https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0759>
- Kelvin, W. T. (1890). *Mathematical and physical papers* (Vol. 3): University Press.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine Science in Sports Exercise*, 35(4), 697-705.
- Laver, L. (2020). *Basketball Sports Medicine and Science*. Basingstoke: Springer Nature.
- Law, M. P., Côté, J., & Ericsson, K. A. (2007). Characteristics of expert development in rhythmic gymnastics: A retrospective study. *International journal of sport exercise psychology*, 5(1), 82-103. doi:<https://doi.org/10.1080/1612197X.2008.9671814>
- Leite, N., Gómez, M., Lorenzo, A., & Sampaio, J. (2011). Los contenidos de entrenamiento en baloncesto en función de las etapas de preparación deportiva a largo plazo. *Revista de Psicología del deporte*, 20(2), 287-303.
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Conditioning Journal*, 34(3), 61-72. doi:<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
- Lorenzo, A., & Sampaio, J. (2005). Reflexiones sobre los factores que pueden condicionar el desarrollo de los deportistas de alto nivel. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 2(80), 63-70.



- Mackey, M. (2013). *Entrenando Movimientos*. Buenos Aires; Gentech.
- Martindale, R. J., Collins, D., & Daubney, J. (2005). Talent development: A guide for practice and research within sport. *Quest*, 57(4), 353-375. doi:<https://doi.org/10.1080/00336297.2005.10491862>
- Martínez, J. G., Bonet, A. C., y Encinas, F. L. (1993). Variables físicas y psicológicas predictoras del rendimiento deportivo y del cambio terapéutico. *Psicothema*, 5(1), 97-110.
- Mata-Ordoñez, F., Bastos, P. C., Domínguez, R., y Sánchez-Oliver, A. J. (2018). Importancia del sueño en el rendimiento y la salud del deportista. *e-Motion*, (11), 70-82.
- Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Geyer, H. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *International journal of sport nutrition exercise metabolism*, 28(2), 104-125. doi:<https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0020>
- Mielgo-Ayuso, J., Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., y Seco, J. (2013). Análisis nutricional de la ingesta dietética realizada por jugadoras de voleibol profesional durante la fase competitiva de la liga regular. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 17(1), 10-16. doi:<https://doi.org/10.14306/renhyd.17.1.3>
- Millar, P., Clutterbuck, R., & Doherty, A. (2020). Understanding the adoption of long-term athlete development in one community sport club. *Managing Sport Leisure*, 25(4), 259-274. doi:<https://doi.org/10.1080/23750472.2020.1713197>
- Montoya, A. (2012). Las experiencias de éxito y fracaso en el deporte, algunas de sus manifestaciones psicológicas asociadas. *EFDeportes*, 168.
- Moreno, P., Ruvalcaba, S., Salazar, C., Lozano, E., Gutiérrez, C., Pineda, L., y Mendoza, E. (2017). Fuentes, síntomas y estrategias de afrontamiento al estrés-competitivo en nadadores. *Revista de psicología del deporte*, 26(2), 199-209.

- Moreno, S. M. (2020). La altura del salto en contramovimiento como instrumento de control de la fatiga neuromuscular: revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(37), 820-826.
- Morilla, M., Pérez, E. A., Gamito, J. M., Gómez, M. Á., Sánchez, J. E., & Valiente, M. (2003). Planificación psicológica de la cantera del Sevilla FCSAD: Organización, funcionamiento y programa deportivo-formativo. *Cuadernos de psicología del deporte*, 3 (2), 17-34.
- Mujika, I., & Burke, L. M. (2010). Nutrition in team sports. *Annals of Nutrition Metabolism*, 57(Suppl. 2), 26-35. doi:<https://doi.org/10.1159/000322700>
- Muñoz, J. F., Sánchez, J. A., García, A. H., & Prieto, M. F. (2019). Individualización en el acondicionamiento físico en fútbol. *Abfutbol: revista técnica especializada en fútbol*, (98), 33-47.
- Nikol, L., Kuan, G., Ong, M., Chang, Y.-K., & Terry, P. C. (2018). The heat is on: effects of synchronous music on psychophysiological parameters and running performance in hot and humid conditions. *Frontiers in psychology*, 9, 1114. doi:<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01114>
- Olivos, O. C., Cuevas, M. A., Álvarez, V. V., & Jorquera, A. C. (2012). Nutrición para el entrenamiento y la competición. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(3), 253-261. doi:[https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70308-5](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70308-5)
- Olmedilla-Alonso, B. (2017). *Las vitaminas, carotenoides y minerales*. Guía sobre alimentación en las enfermedades de la retina, 37-47.
- Ordóñez, F. M., Oliver, A. J. S., Bastos, P. C., Guillén, L. S., & Domínguez, R. (2017). Mejora del sueño en deportistas: uso de suplementos nutricionales. *Arch Med Deporte*, 93-99.
- Orellana, J. N., & Torres, B. D. L. C. (2010). La entropía y la irreversibilidad temporal multiescala en el análisis de sistemas complejos en fisiología humana. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 3(1), 29-32.

- Ortega, J. A., Buitrago, J. A., y Rodríguez, D. A. (2021). Aspectos centrales de la identificación y desarrollo de talentos deportivos: revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(39), 44.
- Owens, D. J., Allison, R., & Close, G. L. (2018). Vitamin D and the athlete: current perspectives and new challenges. *Sports medicine*, 48(1), 3-16.
- Pereira, M. L. (2009). Motivación: perspectivas teóricas y algunas consideraciones de su importancia en el ámbito educativo. *Revista educación*, 33(2), 153-170. doi:10.15517/revedu.v33i2.510
- Pichardo, A. W., Oliver, J. L., Harrison, C. B., Maulder, P. S., & Lloyd, R. S. (2018). Integrating models of long-term athletic development to maximize the physical development of youth. *International Journal of Sports Science Coaching*, 13(6), 1189-1199. doi:<https://doi.org/10.1177/1747954118785503>
- Pinto, J. D. J., Soto, N. Y., Gutiérrez, A., y Castillo, L. J. (2003). Ajuste, estructura y ambiente como factores claves en la teoría de contingencias. *Estudios gerenciales*, 19(88), 67-86.
- Puente-Yagüe, M., Collado-Yurrita, L., Ciudad-Cabañas, M., & Cuadrado-Cenzual, M. (2020). Role of vitamin D in athletes their performance: Current concepts and new trends. *Nutrients*, 12, 579.
- Quinteiro, E. M., Casal, M. R., Andrade, E. M., y Arce, C. (2006). Adaptación del cuestionario MSCI para la medida de la cohesión en futbolistas jóvenes españoles. *Psicothema*, 18(3), 668-672.
- Radnor, J. M., Moeskops, S., Morris, S. J., Mathews, T. A., Kumar, N. T., Pullen, B. J., Oliver, J. L. (2020). Developing athletic motor skill competencies in youth. *Strength Conditioning Journal*, 42(6), 54-70. doi:<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000602>
- Redondo, R. B., Fernández, C. J. C., de Teresa Galván, C., del Valle Soto, M., Bonafonte, L. F., Gabarra, A. G., Gil-Antuñano, N. P. (2019). Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte-2019. *Archivos de medicina del*

*deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 36(1), 1-114.

- Riera, M. L. (1989). El entrenamiento invisible. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 1(15), 10-14.
- Roberts, G. C., & Treasure, D. (2012). *Advances in motivation in sport and exercise. Champaign: Human Kinetics.*
- Rojas, N. G. (2007). Implicaciones de la Autoeficacia en el rendimiento deportivo. *Pensamiento psicológico*, 3(9).
- Rugg, C., Kadoor, A., Feeley, B. T., & Pandya, N. K. (2018). The effects of playing multiple high school sports on National Basketball Association players' propensity for injury and athletic performance. *The American journal of sports medicine*, 46(2), 402-408. doi:<https://doi.org/10.1177/0363546517738736>
- Ruiz, J. (2010). Evaluacion de las capacidades fisicas basicas. Pruebas para evaluar las capacidades fisicas. *Innovacion y Eperienicas Educativas*, 6(7), 8.
- Salinero, J., González-Millán, C., Vicente, D. R., Vicén, J. A., García-Aparicio, A., Rodríguez-Cabrero, M., (2013). Valoración de la condición física y técnica en futbolistas jóvenes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine Science of Physical Activity*, 13(50), 401-418.
- Sanchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine Science in Sports Exercise*, 43(9), 1725-1734.
- Sánchez-Ojeda, M. A., & Luna-Bertos, E. D. (2015). Hábitos de vida saludable en la población universitaria. *Nutrición Hospitalaria*, 31(5), 1910-1919. doi:<https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.5.8608>
- Sánchez, M. S. (2007). El acondicionamiento físico en baloncesto. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 42(154), 99-107. doi:[https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(07\)70044-0](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(07)70044-0)
- Santana, J. C. (2015). *Functional training*. Champaign: Human Kinetics.

- Sanz, J. M., Otegui, A. U., y Ayuso, J. M. (2013). Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. *European Journal of Human Movement*, (30), 37-52.
- Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2016). An integrative approach to strength and neuromuscular power training for basketball. *Strength Conditioning Journal*, 38(3), 72-80. doi:<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000219>
- Seirul.lo, F. (2017). *El Entrenamiento en los Deportes de Equipo*: Madrid: Esteban Sanz.
- Semenick, D. (1990). Tests and measurements: The T-test. *Strength Conditioning Journal*, 12(1), 36-37.
- Serrano, M. C., Losada, J. M., Martín, J. S., y Polo, F. Z. (2020). Estudio cualitativo de las motivaciones del alumnado de bachillerato en referencia a la modalidad de estudios. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 39(1), 85-99.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of sports sciences*, 24(9), 919-932. doi:<https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Solé, R. V., y Manrubia, S. C. (2009). *Orden y caos en sistemas complejos. Aplicaciones* (Vol. 94): Univ. Politèc. de Catalunya.
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M., & Milanović, Z. (2018). The activity demands and physiological responses encountered during basketball match-play: a systematic review. *Sports medicine*, 48(1), 111-135. doi:<https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
- Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I., & Casamichana, D. (2018). Positional differences in elite basketball: Selecting appropriate training-load measures. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 13(7), 947-952. doi:<https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0534>
- Tardy, A.-L., Pouteau, E., Marquez, D., Yilmaz, C., & Scholey, A. (2020). Vitamins and minerals for energy, fatigue and cognition: a narrative review of the biochemical and clinical evidence. *Nutrients*, 12(1), 228. doi:<https://doi.org/10.3390/nu12010228>

- Tarragó, J., Seirul-lo, F., & Cos, F. (2019). Training in team sports: structured training in the FCB. *Apunts. Educació Física i Esports*(137), 103-114. doi:[https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.cat.\(2019/3\).137.0](https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.cat.(2019/3).137.0)
- Terrados, N., & Calleja González, J. (2010). Recuperación post-competición del deportista. *Arch. med. deporte*, 281-290.
- Terry, P. C., & Karageorghis, C. I. (2011). Music in sport and exercise. *The new sport and exercise psychology companion*, (pp. 359-380). Morgantown: Fitness Information Technology.
- Terry, P. C., Karageorghis, C. I., Curran, M. L., Martin, O. V., & Parsons-Smith, R. L. (2020). Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. *Psychological bulletin*, 146(2), 91. doi:<https://doi.org/10.1037/bul0000216>
- Tipton, K., & Van-Loon, L. (2011). Suplementos de vitamina D en los atletas. *Estrategia de asesamiento nutricio para modular la eficiencia del entrenamiento*, (75), 21-27.
- Torrents, C. (2005). *Teoría de los sistemas dinámicos y el entrenamiento deportivo (Tesis de doctoral)*. Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 11(1), 66-73. doi:<https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0010>
- Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R., & Ugrinowitsch, C. (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 19(2), 433-437.
- Valverde, C. N., & Gómez, J. M. (2015). Vitamina D, determinante de la salud ósea y extra ósea; importancia de su suplementación en la leche y derivados. *Nutrición Hospitalaria*, 31(2), 18-25.

- Vázquez-Guerrero, J., Ayala, F., Garcia, F., & Sampaio, J. (2020). The most demanding scenarios of play in basketball competition from elite Under-18 teams. *Frontiers in psychology, 11*, 552. doi:<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00552>
- Vázquez-Guerrero, J., Jones, B., Fernández-Valdés, B., Moras, G., Reche, X., & Sampaio, J. (2019). Physical demands of elite basketball during an official U18 international tournament. *Journal of sports sciences, 37*(22), 2530-2537. doi:<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1647033>
- Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Gómez, D. C., & Rodas, G. (2018). Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology, 50*(2), 228-234. doi:<https://doi.org/10.26582/k.50.2.11>
- Williams, C. A., James, D., & James, D. V. (2001). *Science for exercise and sport*. Hove: Psychology Press.
- Yin, K., & Agrawal, D. (2014). Vitamin D and inflammatory diseases. *Journal of inflammation research, 7*, 69.
- Yun, S. J., Kim, M.-H., Weon, J.-H., Kim, Y., Jung, S.-H., & Kwon, O.-Y. (2016). Correlation between toe flexor strength and ankle dorsiflexion ROM during the countermovement jump. *Journal of physical therapy science, 28*(8), 2241-2244.





# **CAPÍTULO 3**

## **Objetivos**



En base a la introducción expuesta en el apartado anterior y con la finalidad de conocer cómo afectan diferentes contingencias al rendimiento de los jugadores en las edades formativas, se establecieron los siguientes objetivos diferenciados en función de los artículos.

Tal y como se ha señalado anteriormente, el estudio uno se pregunta por contingencias relacionadas con el ámbito psicológico, y más concretamente con el papel de música en relación con la motivación; el estudio dos profundiza en el impacto de contingencias relacionadas con el estilo de vida y la influencia medioambiental, como la posible hipovitaminosis D y su efecto sobre la fuerza explosiva evaluada mediante saltos; y finalmente, el estudio tres analiza el efecto de un entrenamiento domiciliario basado en fuerza explosiva, atendiendo una situación tan extraordinaria como la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2.

### **Objetivos de Estudio 1**

#### ***“High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players”***

- *Objetivo general:* Confirmar si la música motivacional seleccionada por el equipo ejerce alguna influencia sobre su capacidad condicional.
  - *Objetivo específico 1:* Conocer si la música motivacional influye sobre la velocidad aeróbica máxima en un test incremental interválico.
  - *Objetivo específico 2:* Comprobar si la música motivacional influye sobre la agilidad evaluada mediante un test explosivo predominado por cambios de dirección.
  - *Objetivo específico 3:* Observar cómo se comportan las diferentes variables fisiológicas y psicofísicas en un grupo de jóvenes jugadores de baloncesto bien entrenados, en relación con la presencia o ausencia de música, y al nivel de motivación de ésta.

## Objetivos del Estudio 2

### ***“Hypovitaminosis D in Young Basketball Players: Association with Jumping and Hopping Performance Considering Gender”.***

- *Objetivo general 1:* Comprobar si un grupo de jugadores jóvenes de baloncesto de alto rendimiento presenta deficiencias en los niveles de Vitamina D, atendiendo a las diferencias de género.
- *Objetivo general 2:* Analizar si existe alguna relación entre la concentración de Vitamina D y el rendimiento en fuerza muscular medida a través de dos tipos de saltos, atendiendo a las diferencias de género.

## Objetivos del Estudio 3

### ***“Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un entrenamiento online en jóvenes jugadores de baloncesto confinados por COVID-19”.***

- *Objetivo general 1:* Reconocer la forma en que una situación de pandemia como la COVID-19, puede afectar a variables neuromusculares como son la potencia y la agilidad, en jugadores de baloncesto de élite en formación.
  - *Objetivo específico 1:* Constatar si un programa de entrenamiento a distancia orientado a la fuerza explosiva podría ser suficiente para contener las pérdidas en la capacidad de salto.
  - *Objetivo específico 2:* Comprobar si un programa de entrenamiento a distancia orientado a la fuerza explosiva sería igualmente suficiente para contener las pérdidas en una capacidad compleja y específica como la agilidad.

## **CAPÍTULO 4**

### **Estudio 1: High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players**

Cristina Blasco-Lafarga, Borja Ricart, Ana Cordellat, Ainoa Roldán,  
Carlos Navarro-Roncal y Pablo Monteagudo.

*International Journal of Sport and Exercise Psychology*

DOI: <https://doi.org/10.1080/1612197X.2021.1907762>



## **Abstract**

The present study aimed to analyse the influence of the music level of motivation, compared to the absence of music, on Intermittent Fitness and Agility, in a group of young well-trained basketball players. On alternate days, thirteen players ( $14.85 \pm 0.68$  years,  $188 \pm 0.05$  cm,  $75.89 \pm 8.02$  kg) were assessed of the V-Cut test (agility test including changes of direction) and the 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15IFT; maximal running speed under fatigue). There were six testing sessions along three consecutive weeks, with three different randomized conditions: team-selected High Motivating Music (HMM), Low Motivating Music (LMM), and the No-Music condition (NM). Arterial oxygen saturation, Heart Rate, Lactate (BLa), Perceived Readiness, and the Rating of Perceived Effort of the session (RPE30) were registered. As a main finding, HMM largely enhanced performance in the 30-15IFT ( $p < .01$ ) compared to LMM ( $d = 1.39$ ) and NM ( $d = 1.29$ ), with non-significant differences between them ( $d = .35$ ). This resulted in a larger and significant estimated  $VO_{2max}$  ( $p < .005$ , different from LMM & NM), with a similar HR, a bit lower -although non-significant- BLapost, and no psychophysical differences. Conversely, asynchronous music did not affect the V-Cut test, despite the reduction of time in HMM, followed by LMM. Motivational music confirmed helping well-trained developing youngsters to display larger performances with similar internal responses (i.e. higher efficiency). Noteworthy, musical preferences were important even in a group approach (basketball). Very short and sub-maximal complex agility tasks, including changes of direction, like the V-Cut do not benefit from the influence of asynchronous music.

**Keywords:** Developmental stages; fatigue; psychophysiological responses; V-cut agility test; 30-15 Intermittent Fitness Test.

## **Introduction**

Psychological factors such as motivation, related to an enhanced capacity to act or engage in different achievement tasks (Eccles & Wigfield, 2002), are considered mediators on the physical, technical and tactical abilities of the athletes, affecting their performance in both, high elite (Abdullah et al., 2016) and youth (Mahamud et al., 2005; Weinberg & Gould, 2014). In the last two decades it has increased the number of studies pointing out the big potential of listening to music in the field of motivation and sport, where any of the elements of music (melody, rhythm, harmony, cultural impact associations, etc.), or their combination, may account and provide positive effects in psychological, physiological, psychophysical and enhanced physical performance parameters (see Terry et al., 2020 for a review). In this context, examining the influence of listening to music before (pre-task) or during (in-task) physical fitness and sports, has raised considerable interest among researchers (Chtourou et al., 2015).

On the one hand, different psychological mechanisms underly the music influence on individuals' affective and emotional responses (Juslin & Sloboda, 2013). Pre-task music has shown to act as a sedative or as a stimulant depending on the functional changes in arousal (Karageorghis & Priest, 2012), whilst in-task music works as a distractor in exercisers reducing the perceptions of effort and fatigue (Hutchinson & Karageorghis, 2013; Terry et al., 2020). More recently, Hutchinson et al. (2018) has highlighted the psychological influence of self-selected music, with improvements on affect-regulated exercise intensity and remembered pleasure following exercise. Besides, music widens the range of emotions (Terry & Karageorghis, 2011), with beneficial changes in the sports players mood (Nikol et al., 2018; Terry & Karageorghis, 2011). Motivational music, defined as the music that stimulates or inspires physical activity, opposite to demotivational music or neutral music (Terry et al., 2020), is no doubt an important intrinsic motivation factor for sport performance (Loizou et al., 2014; Terry et al., 2020).

On the other hand, from a psychophysical perspective, music also helps to reduce or delete perceived exertion and physical pain (Edworthy & Waring, 2006; Karageorghis &



Priest, 2012; Nethery, 2002), with the consequence of larger exertion capacity and enhanced work outputs (Karageorghis & Priest, 2012). Any of the previously cited elements of music may influence the neural drive and neural mechanisms of perceiving fatigue while making physical exercise, with the result of changes in heart rate and/or lactate production, skin conductance, neuroendocrine response or even immunological function (Terry et al., 2020). This contributes to motivate and increase sport performance (Terry et al., 2020). Moreover, music increases physiological efficiency (Bacon et al., 2012; Karageorghis & Priest, 2012) or even behaves as an ergogenic aid when distracting from the unpleasant sensations and fatigue above mentioned (Clark et al., 2018; Hutchinson et al., 2018). Therefore, music enhances physical performance and the motor patterns, with the consequence of increased strength, power and endurance, and/or improved work rate (see Terry et al., 2020 for a review).

Notwithstanding, when we delve into music and sport performance with regard to different type of efforts (Atan, 2013; Ballmann et al., 2019; Karageorghis et al., 2019), qualities of music [e.g. rhythms (Atan, 2013), genres (Ballmann et al., 2019; Ballmann et al., 2018)], or individuals' preferences (Nakamura et al., 2010), the studies give light to some particularities or even uncertainties. For instance, Atan (2013) found that nor slow (<80bpm) nor fast (>120 bpm) music could enhance anaerobic performance, neither change the physiological response to supramaximal exercises (Anaerobic Sprint Test and Wingate anaerobic test). And very recently, Ballmann et al. (2019) found that listening to preferred music had no ergogenic benefit during repeated anaerobic cycling Wingate tests, despite it lowered the perceived exertion and increased the motivation to the exercise. These authors (Ballmann et al., 2019) concluded that the effect of music motivation on anaerobic efforts and power performance deserved further debate. Motivational music, thus, did not result in the improvement of anaerobic performance (Atan, 2013; Ballmann et al., 2019).

In this scenery, accounting that basketball is a sport where the maximal running speed is an important physical capacity, largely conditioned by maximal aerobic power, high anaerobic production and optimal recovery skills (Delextrat & Martinez, 2014; Morán, 2018), the present study aims to examine the influence of music on the intermittent fitness in well-trained young basketball players. More specifically, it analyzes the influence of

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

Highly Motivating Music (HMM) vs. Low Motivating Music (LMM), and the No-Music condition (NM), on the performance in the 30-15 Interval Fitness Test (30-15IFT, Buchheit, 2008, 2010). It also aims to analyze this influence in Agility, assessed by means of the V-Cut agility test (Gonzalo-Skok et al., 2015; Muñoz, 2018), because basketball players realize over 1050 movement per match, with the most repeated actions including diagonal accelerations, decelerations, reverses, turns and jumps (Abdelkrim et al., 2007).

Whether team-selected motivational music exerts any influence on the maximal running speed and agility performance (i.e., 30-15IFT and V-Cut test), and their physiological and psychophysical responses in youth well-trained basket players, is still a matter of study. We hypothesize that music will enhance performance in the 30-15IFT, regardless the levels of motivation of the selected playlist. As a second hypothesis, this higher performance will lead to larger psychophysiological responses in this fitness test.

## **Methods**

### *Participants*

Based on previous studies (Ballmann et al., 2018; Clark et al., 2018; Terry et al., 2020) effect size was set to .6, a moderate influence (Cohen, 1988) of music on performance outcomes. The power calculation for t- test (G\*Power: 3.1.9.4) revealed a sample size of 20 subjects (alpha = .05; Power = .8), so 20 well-trained young players, were recruited from a high national and international level basketball club playing at ACB league; Euroleague Turkish Airlines. We looked for a homogeneous sample with regard to age and performance level. Inclusion criteria were to be U-16, at least one national championship participation and regular attendance throughout the season. As exclusion criteria, at risk of injury or having suffered it recently, and/or low values in the Recovery-Stress Questionnaire (RESTQ).

All the players and their legal guardians were provided and signed informed consent. They were also advised to keep their training and nutritional routines, and not to take any stimulant (Energy drink, Caffeine) along this study, which was approved by the Research

in Humans Ethics Committee of the University of Valencia, Spain (H1553774899546). The study was conducted in the post-season, when they were still training, but there was no competition, so we ensured the weekend resting. Just in case, they were told not to exercise on the weekend.

Finally, 2 players were excluded on their testing days due to perceived risk of injury, so 18 well-trained young male basketball players participated in the testing procedures. The final sample comprised those thirteen ( $14.85 \pm .68$  years,  $188 \pm .05$  cm) whose outcomes (physiological, psychophysical and performance outputs) were complete trough the six testing sessions. Body composition and physical characteristics of these participants are summarized in table 1.

**Table 1**  
*Descriptive data for the 3 music conditions (n=50 songs).*

	BMRI-3 (Mean $\pm$ SD)	CV %	BPM (Mean $\pm$ SD)	CV %
HMM (n = 15)	37.67 $\pm$ 2.13	5.65	116.02 $\pm$ 17.30	14.73
LMM (n = 15)	12.66 $\pm$ 4.43	34.99	113.91 $\pm$ 30.68	24.98
DM (n = 10)	27.87 $\pm$ 4.11	14.74	110.34 $\pm$ 25.30	22.96

Data are presented as mean  $\pm$  SD.

*Abbreviations:* BMRI-3 = Brunel Music Rating Inventory-3; BPM = beats per minute; CV = coefficient of variation; DM = discarded music; HMM = highly motivating music; LMM = low motivating music.

### *Experimental procedures*

To analyze the impact of music, all the players were assessed of the 30-15IFT and the V-Cut test (maximal intermittent running velocity and specific agility respectively) along 3 consecutive weeks, in 6 different sessions. The neuromuscular V-Cut test was performed always on Monday, where players had 48h rest before the testing session. The 30-15IFT was played on Wednesdays. Importantly, the three music conditions were randomized, and the test were then conducted in the HMM, LMM and NM conditions, with players distributed in time slots (3-5 youngster per slot) to keep the team environment. Noteworthy, the tests were performed always in the same indoor court and with the same environmental conditions 22°.24°, keeping the same sport scientist in every

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

assessment to ensure its reproducibility. The time slot for every group of players remained the same through the six testing conditions. Two weeks before the assessments there was the familiarization process, although both tests were included in the sports skill battery of tests, and the players had previously performed them. The previous week, body composition and height (Tanita BC-601, Tokyo, Japan; Tallimeter SECA 222) were measured to characterize the sample.

Regarding the experimental protocol (Figure 1), before the test was started, each group of players was required to do an initial 12 minutes warm up which was exactly reproduced in all the testing sessions, conducted by the same trainer. This comprised: five minutes of runs and displacements, increasing in specificity and intensity -low to medium- (jogging with arms mobility, lateral runs and changes of direction, skipping and defensive movements); four minutes of dynamic stretches (psoas, quads, glutes, abductors, adductors, hamstrings and calves); and three more minutes for higher intensities and jumping tasks (changes of direction, jumps with two feet, jumps on one leg, and single-leg triple hops).

Immediately after, the player rested seated in a chair for the next 5 minutes, and the pre-test samples of physiological and psychophysical variables were registered to further analyze the impact of music. Once exposed to each test, when it was over, the players went to the same chair from the second to the third minute, for the post-test samples. As shown in Figure 1, experimental protocol and variables were slightly different in V-Cut test and 30-15IFT.

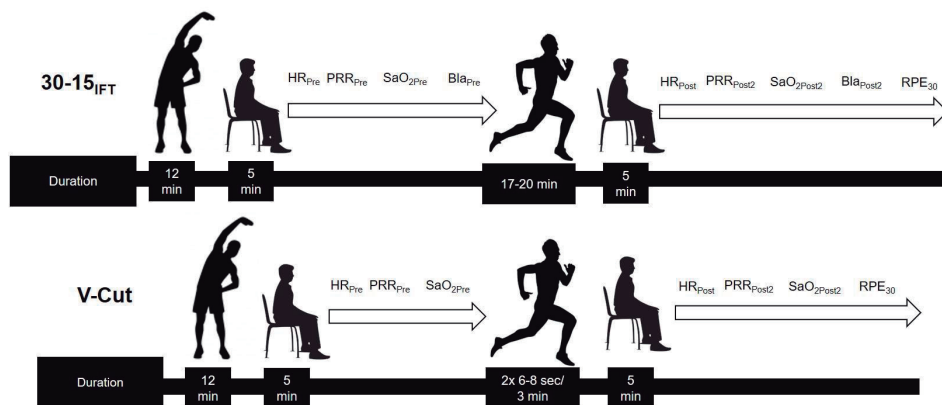


Fig. 1: Experimental protocol

Key Home; = warm up; = V-Cut or 30-15 IFT Tests; BLA = blood lactate; HR = heart rate; Post<sup>2'</sup> = measured 2 minutes after the test cessation; Pre = previous to the test; PRR = perceived readiness ratings; RPE<sub>30</sub> = rate of perceived exertion of the session, 30 minutes after test; SaO<sub>2</sub> = oxygen arterial saturation.

### Music Selection and Editing

Two weeks before the starting of the testing sessions, 40 tracks were extracted from the top 10 of 4 Spanish radio stations. Different genres (pop, rock, classical, electro, reggae, and trap) and tempos (from 71 to 149 bpm) were chosen by the researchers. Afterwards, all the players were invited to rank the tracks with regard to motivation.

The rank session was conducted in a close classroom in the club facilities, where all the players seated individually and in silence. As in Karageorghis et al. (2006), the participants listened to 90 seconds of excerpts of the 40 tracks, and were asked to assess individually the extent to which each piece of music would motivate them during a basketball practice, responding to each item of the Brunel Music Rating Inventory-3 (BMRI-3; Karageorghis & Priest, 2008). The audio files were reproduced with a loudspeaker after being standardized at 90Db using a decibel meter. Therefore, although they were group auditions, respectful with the basketball nature, the songs' ranking was individual, with 2 minutes interspersed between songs to evaluate them through this 1-to-7 Likert questionnaire.

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

The BMRI-3 (Karageorghis & Priest, 2008) is a tool designed to assess the motivational qualities of musical pieces which comprises 6 different items (rhythm, instruments, beat, style, melody, tempo), with a total possible score ranging from 6 to 42. Hence, it allowed us to get two track lists of 15 songs for 2 different music conditions, with the top 15 songs in the BMRI-3 ranking considered as Highly Motivating Music: and the 15 with lower punctuation as the Low Motivating Music. Songs 16th to 24th were discarded.

As an example of the track lists, the five tracks with the highest average motivational ratings were: In My Feelings, Drake (M= 41.21, SD= 2.43), Levels, Avicii (M= 40.56, SD= 4.36), She Don't Give a FO, Duki (M= 40.22, SD= 7.90), Sweet but Psycho, Ava Max (M= 39.89, SD= 15.30), One Dance, Drake (M= 39.72, SD= 12.42). Otherwise, the five tracks with lowest average were: Spanish Caravan, The Doors (M= 6.00, SD= 1.02), Stairway To Heaven, Led Zeppelin (M= 6.78, SD= 9.43), Nothing else matters, Metallica (M= 7.94, SD= 18.22), Una Mattina, Ludovico Einaudi (M= 9.83, SD= 3.41), and Like a Rolling Stone, Bob Dylan (M= 10.50, SD= 12.20).

*The 30-15 Intermittent Fitness Test and V-Cut*

As described by his author (Buchheit, 2008), the 30-15IFT consists in 30s shuttle runs with a 15s of passive recovery, performed along the 40m of the basketball court. Velocity starts at 8 km/h for the first 30s-run and increases by .5km/h each stage. The test was governed by the prerecorded beep at appropriate intervals, which had been previously mixed with the HMM and the LMM playlists, depending on the stage/day and according to the previously randomized order. Each subject was required to complete as many rounds as possible, until he could no longer maintain the required running speed according to the audio signal (i.e., the maximal running speed or Intermittent Fitness Velocity -VIFT-).

The V-Cut test consists of 4 changes of directions in a 5\*5m (45°) accelerations, with 25m of total distance. It was performed twice, with a 3 minutes' rest. The best performance was chosen for analysis (Gonzalo-Skok et al., 2015), V-Cut times were recorded with photoelectric cells (Velleman PEM10D photocell, response time: 5-100

ms; Chronojump Bosco System, <http://chronojump.org>, Barcelona, Spain), and a complementary video camera (Casio EX-FH100; Casio) placed centered and transverse, opposite the test area. Kinovea video-analysis software version 0.8.7 ([www.kinovea.org](http://www.kinovea.org), Boston, USA) was used as a complementary tool for time measurements.

### *Psychophysical and physiological variables*

Following the warm-up, arterial oxygen saturation (SaO<sub>2</sub> pre) and Heart Rate (HRpre) were determined with a pulseoximeter attached to the fourth finger of the left hand (WristOx2-3150; Nonin, Plymouth, MN, USA) (Mengelkoch et al., 1994), in a sitting position, jointly with Perceived readiness (PRRpre) (Nurmekivi et al., 2001). A sample of capillary blood lactate (BLa) was also collected from the earlobe (Hildebrand et al., 2000) (Lactate Pro LT-1710 analyser; Arkray Inc, Kyoto, Japan), this last only in the 30-15IFT sessions. As shown in Figure 1, all these variables were collected again 2 minutes after the tests (PRRpost2, HRpost2, and SaO<sub>2</sub>post2; BLapost2 in the 30-15IFT). In addition, the rating of perceived exertion of the session (RPE30, Borg scale: 0 to >10), was considered to analyze the overall session fatigue 30 minutes after cessation.

In order to obtain the HRmax (maximum HR in the last 30 seconds of the test), only in the 30-15IFT, continuous HR was registered by means of a Polar RS800CX (Polar Electro, Kempele, Finland) with the transmitter belt adjusted to the thorax after applying the conductive gel. VO<sub>2</sub>max was also calculated for further analysis, since Buchheit (2010) stated that it could be estimated from the VIFT according to the following formula:

$$\text{VO}_{2\text{max}30-15\text{IFT}} (\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}) = 28.3 - 2.15G - 0.741A - 0.0357W + 0.0586A * \text{VIFT} + 1.03 \text{VIFT}$$

Where G = Gender (1 for male, 2 for female); A = Age, in years; W = Weight, in Kg; and VIFT the last velocity (Speed) completed in the 30-15IFT, in km/h.

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players**Statistical analysis*

The Statistical Package for the Social Sciences software (SPSS version 25.0, IBM, Armonk, NY, USA) was used for the analysis and treatment of the data. Descriptives were calculated and expressed as Mean and Standard Deviation (Mean  $\pm$  SD). Due to the small sample size and after testing for normality (Shaphiro-Wilk normality test), the non-parametric Friedman repeated-measures test for more than 2 conditions, followed by Wilcoxon matched pairs post-hoc tests, were applied looking for differences with regard of music conditions (LMM, HMM and NM) and type of effort (30-15IFT versus V-Cut). Finally, in order to homogenize and analyze these changes, the effect size (ES) was calculated by means of the Cohen's *d*, where the effect was considered trivial ( $d = 0 - .0.19$ ), small ( $d = .20 - .49$ ), medium ( $d = .50 - .79$ ) or large ( $d = .80 - 1.19$ ) and very large ( $>1.2$ ) (Cohen, 1988). Significance level was set at  $p < .05$ .

**Results***Musical selection*

According to the BMRI-3, Table 2 summarizes the information about the songs used and discarded to set the sampling conditions.

**Table 2**  
*Descriptive data for the 3 music conditions (n=50 songs).*

	BMRI-3 (Mean $\pm$ SD)	CV %	BPM (Mean $\pm$ SD)	CV %
HMM (n = 15)	37.67 $\pm$ 2.13	5.65	116.02 $\pm$ 17.30	14.73
LMM (n = 15)	12.66 $\pm$ 4.43	34.99	113.91 $\pm$ 30.68	24.98
DM (n = 10)	27.87 $\pm$ 4.11	14.74	110.34 $\pm$ 25.30	22.96

Data are presented as mean  $\pm$  SD.

*Abbreviations:* BMRI-3 = Brunel Music Rating Inventory-3; BPM = beats per minute; CV = coefficient of variation; DM = discarded music; HMM = highly motivating music; LMM = low motivating music.



*Performance outcomes*

As shown in Figure 2, HMM enhanced the performance in the 30-15IFT as compared to the other 2 conditions ( $p < .01$ ). Given an alpha of .05 and a final sample of 13 subjects, the post hoc analysis revealed a power calculation  $> .99$  (1-B error prob.) for HMM vs LMM, and HMM vs NM comparisons, both with large ES ( $d = 1.39$  and  $1.29$  respectively). The statistical power dropped to .32 in the NM vs LMM comparison, which showed no significant differences with our sample size. ES was also lower ( $d = .35$ ).

Conversely, the reduced times for the HMM condition in the neuromuscular test (V-Cut), followed by LMM, as compared to the NM condition (Figure 2), were not significant at any comparison ( $p > .05$ ). Statistical power and effect sizes diminished largely. In this order: .40,  $d = .42$  in the HMM vs NM condition; .32,  $d = .36$  in the LMM vs NM condition; and .01,  $d = .09$  when comparing HMM with LMM in the V-Cut test.

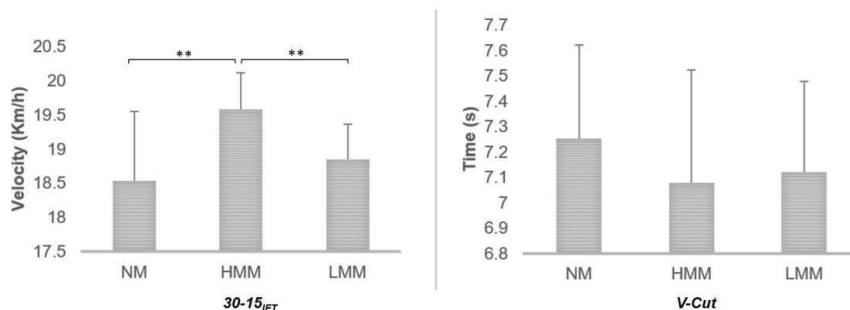


Fig. 2: Paired comparison within the 3 music conditions for the 30-15 IFT and the V-Cut test

Note: \*\* $p < 0.01$

Abbreviations: HMM = highly motivating music; LMM = low motivating music; NM = no music condition.

*Physiological outcomes*

As shown in Table 3, the larger maximal running speed in the HMM condition during the 30-15IFT resulted in a larger and significant estimated  $VO_{2max}$  ( $p < 0.005$

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

different from LMM & NM), and was followed by a bit lower -although non-significant- BLapost (both considering the absolute and the Delta outcomes). BLapre outcomes were the highest following the warm-up in the HMM, but also the lowest two-min after the test cessation, resulting in this smallest Delta. Importantly, the 30-15IFT HRmax was always maximum (over 95% of the HR reserve), with no differences among music conditions. In addition, the oxygen saturation kept within the desaturation limits (>95%), and the young players were able to recover over 65 bpm in the first two-min in all the testing conditions.

With regard to the V-Cut, and now equal to the performance variables, there were no significant differences whatever the sampling condition.

**Table 3**  
Psychophysiological descriptives (mean  $\pm$ SD) for the V-Cut and the 30-15 IFT in the 3 music conditions (n =13).

	HR <sub>Pre</sub>	HR Max'	HR <sub>Post2</sub>	VO <sub>2max</sub>	SaO <sub>2</sub> %	SaO <sub>2</sub> _Post2/%	BLa <sub>Pre</sub>	BLa <sub>Post2</sub>	BLa $\Delta$
<b>30-15 Intermittent Fitness Test</b>									
NM	94.23 $\pm$ 18.09 <sup>†</sup>	199.53 $\pm$ 9.83	133.15 $\pm$ 18.54	47.68 $\pm$ 2.14*	96.92 $\pm$ 1.03	95.85 $\pm$ 1.06	2.34 $\pm$ 0.60	7.27 $\pm$ 2.06	4.93 $\pm$ 2.44
HMM	100.77 $\pm$ 14.21	199.16 $\pm$ 8.55	129.54 $\pm$ 12.08	49.64 $\pm$ 1.22	96.85 $\pm$ 0.60	95.38 $\pm$ 1.50	3.64 $\pm$ 2.04	6.74 $\pm$ 1.75	3.49 $\pm$ 2.42
LMM	100.85 $\pm$ 14.53	201.66 $\pm$ 6.95	129.38 $\pm$ 19.10	48.25 $\pm$ 1.23*	97.23 $\pm$ 0.72	95.92 $\pm$ 0.86	2.38 $\pm$ 0.78	7.21 $\pm$ 1.58	4.83 $\pm$ 1.82
Mean	98.61 $\pm$ 15.61	200.11 $\pm$ 8.44	130.69 $\pm$ 16.57	48.25 $\pm$ 1.76	97.00 $\pm$ 0.78	95.71 $\pm$ 1.14	2.78 $\pm$ 1.14	7.07 $\pm$ 1.79	4.42 $\pm$ 2.22
<b>V-Cut Agility Test</b>									
NM	93.15 $\pm$ 19.13	-	85.92 $\pm$ 12.97	-	96.85 $\pm$ 0.98	96.77 $\pm$ 0.9	-	-	-
HMM	99.85 $\pm$ 19.06	-	86.92 $\pm$ 14.37	-	97.31 $\pm$ 1.03	96.77 $\pm$ 1.01	-	-	-
LMM	104.46 $\pm$ 14.44	-	87.77 $\pm$ 12.56	-	97.00 $\pm$ 0.91	96.77 $\pm$ 0.72	-	-	-
Mean	99.13 $\pm$ 17.54	-	86.87 $\pm$ 13.30	-	97.05 $\pm$ 0.97	96.77 $\pm$ 0.87	-	-	-

<sup>†</sup> p<0.05 different from LMM; \* p<0.005 different from HMM

Abbreviations: BLa = blood lactate; HR = heart rate; Pre: previous to the test; Post<sup>2</sup> = measured 2 minutes after the test cessation; SaO<sub>2</sub> = oxygen arterial saturation. HMM = highly motivating music; LMM = low motivating music; Max = maximal score in the 30 final seconds of the 30-15IFT; NM = no music.

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

*Psychophysical outcomes*

Following a similar trend to BLA, there were no significant differences RPE30 (Table 4) in the 30-15IFT. Besides, PRR values in the 30-15IFT were between 2–3, whilst in the neuromuscular V-Cut test, PRR was about 4. With regard to this latter, there were no significant differences when the V-Cut was performed whatever the sampling condition. Noteworthy, the RPE30 in the LMM condition showed significant differences (lower RPE30) compared to HMM and NM.

**Table 4**  
*Psychophysical descriptives (mean  $\pm$  SD) for the V-Cut and the 30-15 IFT in the 3 music conditions (n =13).*

	PRR <sub>Pre</sub>	PRR <sub>Post2</sub>	RPE <sub>3</sub>	RPE <sub>30</sub>
<b>30-15 Intermittent Fitness Test</b>				
NM	4.11 $\pm$ 0.46	2.80 $\pm$ 0.77	6.85 $\pm$ 1.63	3.85 $\pm$ 0.31
HMM	4.15 $\pm$ 0.42	3.03 $\pm$ 0.66	6.69 $\pm$ 1.55	3.23 $\pm$ 0.24
LMM	4.11 $\pm$ 0.46	3.03 $\pm$ 0.77	6.62 $\pm$ 1.90	3.38 $\pm$ 0.24
<i>Mean</i>	<i>4.12<math>\pm</math>0.44</i>	<i>2.95<math>\pm</math>0.73</i>	<i>6.72<math>\pm</math>1.65</i>	<i>3.49<math>\pm</math>1.02</i>
<b>V-Cut Agility Test</b>				
NM	4.42 $\pm$ 0.44	4.69 $\pm$ 0.48	2.77 $\pm$ 1.83	2.23 $\pm$ 0.32 <sup>†‡</sup>
HMM	4.23 $\pm$ 0.48	4.65 $\pm$ 0.42	2.46 $\pm$ 1.05	1.54 $\pm$ 0.35 <sup>†</sup>
LMM	4.42 $\pm$ 0.44	4.73 $\pm$ 0.91	1.54 $\pm$ 0.88	0.77 $\pm$ 0.28
<i>Mean</i>	<i>4.35<math>\pm</math>0.45</i>	<i>4.69<math>\pm</math>0.60</i>	<i>2.25<math>\pm</math>1.39</i>	<i>1.51<math>\pm</math>1.27</i>

† p<0.01; ‡ p<0.001 different from LMM.

Abbreviations: Pre = previous to the test; Post2' = measured 2 minutes after the test cessation; PRR = perceived readiness ratings; RPE30 = rate of perceived exertion of the session, 30 minutes after the test. HMM = highly motivating music; LMM = low motivating music; NM = no music.

## Discussion

Boosted by individuals' believes, expectancies, values and goals (Eccles & Wigfield, 2002), motivation arises as an important strategy to improve the athletes'

performance in almost any age and sport discipline. However, little research focuses on the influence of music motivation in the sport developmental stages, and studies remain inconclusive concerning the influence of self-selected motivational music in the domain of anaerobic sport performance. Up to our knowledge, this is the first study to compare the influence of highly motivating music vs. low motivating music, and the absence of music, on intermittent fitness and specific agility in a group of well-trained young basketball players. This is also the first study in analysing the physiological and psychophysical responses associated to this influence in U-16 categories.

As a main finding, HMM, compared to LMM and NM, helped to improved performance in the 30-15IFT, a physiological context largely conditioned by maximal aerobic power, high anaerobic capacities, agility and optimal recovery skills (Stork et al., 2019), all of them determinants of basketball. Conversely, LMM did not influenced the performance; nor the enhanced performance in the HMM condition was associated to larger psychophysiological responses, partially contradicting our initial hypotheses. As a second finding, music did not exert any influence in the very short, perceptual, and explosive V-Cut agility test. Our young players benefited from music only in the 30-15IFT HMM condition, confirming that motivating music is effective to improve performance when high levels of fatigue are given, also in mixed aerobic-anaerobic maximal intermittent efforts. As previously suggested (Dyrlund & Wininger, 2008), music preferences mediate this effect, even when the motivational team-selected playlist results from the higher scores after an individual voting.

On the one hand, the 30-15IFT is widely spread in Basketball training and testing (Jeličić et al., 2020). According to his author (Buchheit, 2008; Buchheit et al., 2011), the 30-15IFT structure (i.e., the interspersed recovery periods) allows the players to performed largely over the maximal aerobic speed and the VO<sub>2</sub>max intensities -10 to 20% over- (Buchheit, 2008; Buchheit & Laursen, 2013). In addition, the 30s periods of exercise in the 30-15IFT are close to the cardiorespiratory response times at the beginning of exercise, and the 15s of recovery interspersed provide sufficient but incomplete recovery of energy substrates, as during intermittent games, matching basketball requirements (Buchheit, 2008; Jeličić et al., 2020). We assume that motivating music confirms to be a powerful and useful tool for coaches and physical fitness professionals in basketball,

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

when the players need supplementary resources in long-lasting, mixed aerobic-anaerobic intermittent extenuating efforts.

Our results are aligned with previous studies pointing that motivating music can act like a distracting element from fatigue and discomfort (Hutchinson et al., 2018; Hutchinson & Karageorghis, 2013). According to the many benefits of music in the field of sport performance -summarized by Terry et al. (2020)-, we could argue that the tempo of the music and the motor patterns coupled, and even synchronized with their physiological responses to increase the performance. This rhythmic entrainment, -the so called auditory-motor synchronization-, including the breathing rate and heart beating coordination-, would result in increased efficiency / decreased needs of neural drive (Terry et al., 2020). Notwithstanding, the 30-15IFT is a graded test increasing in intensity from slow (8 km/h) to high velocities (18-20 km/h in our study); and the music was pre-recorded and changed equally for all the players throughout the warm-up and the test. Also of importance, the mean of the music tempo was not so high since 120 bpm is the borderline between fast and moderate tempos (Clark et al., 2018; Karageorghis, Jones, et al., 2011).

Therefore, although the synchronization between music and the motor tasks underpins this higher performance for a similar physiological exertion, allowing the activity to be more efficient (Nikol et al., 2018), the HMM in our study more likely reduced the physiological feedback signals related to this physical exertion, consequence of the limited channel capacity of our afferents (Terry et al., 2020). This might distract from fatigue. Moreover, despite during high intensity -in the last stages of the test- there might be a narrowing of the attention and the distracting capacity could be not enough to cope with large fatigue (Clark et al., 2018; Dyrland & Wininger, 2008; Terry & Karageorghis, 2011), we can induce that the youngsters in our sample had already experienced previous histories of music motivation and success. feeling engaged and confident with increasing their performance in this challenging situation. This is another benefit of music in sports (Hutchinson & Karageorghis, 2013; Terry et al., 2020) and represents a psychological effect related to the motivational qualities of music per se (Stork et al., 2019).

On the other hand, the results of the 30-15IFT point to a very well-trained group of young basketball players, with high mean maximal running speed and high VO<sub>2</sub>max outcomes, close to other young, but a bit older, team-sports athletes (Buchheit, 2008; Buchheit et al., 2011). It may also account that lactate collection was before the 3 minutes (i.e., 2 minutes post-exercise, to make it coincide with the registers of the perception of readiness). The average of lactate at the end of the 30-15IFT, with no differences between sampling conditions (HMM, LMM & NM), was lower than the cited studies (Buchheit, 2008; Buchheit et al., 2011) but importantly, their young samples had already developed the glycolic metabolic pathway (Blasco-Lafarga et al., 2017). It has been already shown that young athletes had worsen anaerobic / better aerobic capacities compared to their adult pairs (Blasco-Lafarga et al., 2017). In addition, the better the VO<sub>2</sub>max, the better the lactate removal capacity in team sports (Jones et al., 2013), so our young basketball players might have recovered faster than less trained athletes, reaching higher performances with less anaerobic resources. The final lactate scores would be a combination of less production / more remotion in these well-trained youngsters. Finally, accounting the possibility of impaired autonomic resources at the post season, HMM was able to compensate this reduction and help the maximum exertion. The no-differences in any psychophysical and physiological responses despite the significant changes in the maximal running speed are indeed an improvement in efficiency.

With regard to the impact of music on the specific and anaerobic agility V-Cut test, we found no influence, although music has previously shown to improve the jump and/or the sprint under motivating conditions (Arazi et al., 2017; Eliakim et al., 2012). Nor the distracting effect on the perception of discomfort and fatigue, nor the increased neural drive previously associated to music, ought to benefit the approximately seven seconds of this complex task. This points to a short, perceptual, and not maximal effort. The success in the acceleration-deceleration alternance in the 5-m changes of direction implies perception, anticipation and decision making, together with a good core stability, as in most of the agility tests. In fact, the V-Cut test is largely conditioned by knee stability (Gonzalo-Skok et al., 2015), core and muscle coordination -successive acceleration and deceleration patterns- (Sasaki et al., 2011), more than by power or by the rate of force development.

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

The benefits from the auditory-motor synchronization in complex tasks (i.e., agility) might be more difficult because the motor patterns are highly specialized and might need an equally specific music. The motivational songs were not selected for a particular aim in our study, limiting its possible benefits (Dyrlund & Wininger, 2008) in agility. In addition, agility includes a lot of mixed internal / external stimuli to pay attention, so the distracting effect may be more diluted, according to the limitations of the information processing theory (Dyrlund & Wininger, 2008). In this context, the parallel processing conceptualization reinforces this limitation of information processing at a time when the internal and external sources compete (Rejeski's, 1885; in Dyrlund & Wininger, 2008), likely preventing from the music positive influence. This absence of influence may also be related to the absence of external rewards or the need to do their very best in the testing condition, with no feelings of pressure in our experimental design according to previous literature (Eccles & Wigfield, 2002; Newland et al., 2013).

Therefore, it is possible that we need to focus on understanding which qualities of sound account to obtain the better performance: for instance, a specific music to increase performance in an agility task (V-Cut in our study), or motivational well-known songs to cope fatigue (30-15IFT in our study). Karageorghis, Terry, et al. (2011) suggested paying attention both to primary qualities such as melody and harmony, and to secondary or extra-musical factors such as gender, experiences, or individual preferences. In fact, these authors include the cultural impact associations of music as one of its qualities, as previously mentioned. In this sense, sport people must be considered a particular population, because experienced athletes, despite being in the developing stages, may have already developed their own performing rhythm (with and/or without music) at different levels of exertion and contextual demands (Guillén & Ruiz-Alfonso, 2015).

It is noteworthy that similar to what happens when fans sing collectively and applaud inside the stadium, music can influence the achievement of the team's victory on the playing field (Bray & Widmeyer, 2000), and the intensity and effort while playing, also in a very young sample. For this reason, keeping in mind that the motivating factor is lost when it becomes routine (Urcola, 2008), it is vital to calculate the right moment and use this resource only when it is really necessary to motivate the athletes / team, especially in



the young ages. Our study confirms that music can help to improve sport performance, but more than performance, the psychophysiological benefits from a healthy practice should be crucial in the first years of the sport training. So, motivation through music is an important issue for the overall psychological health of the sport people, especially when talking about young people, but we should not abuse of this positive effect to protect from hyperarousal and the early burnout associated to the overwhelming use of highly demanding efforts in youth.

To conclude, although the current study has several strengths, it is not without limitations. Field studies are close to the real game context, but in turn there are different threats as external elements that can influence the outcomes. Indeed, 18 players started the study, but only 13 completed the whole protocol since some of them were still overloaded, and besides, it coincided with the final exam period at the high school. (Eighteen players of the same age is a large number for a basketball club). In addition, mental fatigue due to this academic load might also influenced the result. On the other hand, larger sample sizes (> 40, 50 subjects) would have been needed to further understand de impact of motivating music on the V-Cut test, because of their lower effect sizes. Similarly, on psychophysiological responses.

However, it is not so easy to get that number of such good well-trained young players and fit them in a short-time randomized experimental design. Prevention from injuries and overload is important when working with formation players, so we disclaimed some tests along the study. Moreover, we decided to provide the music through loudspeakers and do group testing (always 3-5 players together) to keep the natural conditions of the basketball, what may have influenced the results. Of outstanding importance, once randomized the music conditions, we kept them constant for all the players to ensure that they were blind about the aim of the study. Since the whole intervention occurred in their club, with many teams playing in consecutive courts, any change in the environment (differences in music, or silence) between timeslots in the same testing session might have given clues and contaminate the study. That is why we rather reproduced the same testing conditions along the whole day.

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

### Conclusions

Summarizing, highly motivating music confirms to be a good strategy when individuals need to face large psychophysiological fatigue, helping to display larger performances with similar internal responses. The distracting effect from fatigue and discomfort related to listening music may increase the higher the quality of the selected play list (i.e. higher rate of motivation), leading well-trained players to reach larger sport performances (i.e. maximal running speeds). Noteworthy, musical preferences are important even in a groupal approach (basketball) since low motivating music failed to enhance the performance. Moreover, short and sub-maximal complex agility tasks did neither benefit from Music influence.

### References

- Abdullah, M. R., Musa, R. M., Maliki, A. B., Kosni, N. A., & Suppiah, P. K. (2016). Role of psychological factors on the performance of elite soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(1), 7. doi:<https://doi.org/10.7752/jpes.2016.01027>
- Arazi, H., Ghanbari, E., Zarabi, L., & Rafati, F. (2017). The effect of fast, light and favorite music on physiological function and physical performance of the male athlete students. *Central European Journal of Sport Sciences Medicine*, 17, 33-40. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.psjd-28731f7a-f505-4132-97b9-1023996ed7ec>
- Atan, T. (2013). Effect of music on anaerobic exercise performance. *Biology of sport*, 30(1), 35. doi:<https://doi.org/10.5604/20831862.1029819>
- Bacon, C., Myers, T., & Karageorghis, C. I. (2012). Effect of music-movement synchrony on exercise oxygen consumption. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(4), 359.

- Ballmann, C. G., Maynard, D. J., Lafoon, Z. N., Marshall, M. R., Williams, T. D., & Rogers, R. R. (2019). Effects of Listening to Preferred versus Non-Preferred Music on Repeated Wingate Anaerobic Test Performance. *Sports medicine*, 7(8), 185. doi:<https://doi.org/10.3390/sports7080185>
- Ballmann, C. G., McCullum, M. J., Rogers, R. R., Marshall, M. M., & Williams, T. D. (2018). Effects of Preferred vs. Nonpreferred Music on Resistance Exercise Performance. *Journal of strength and conditioning research*. doi:<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002981>
- Blasco-Lafarga, C., Camarena, B., & Mateo-March, M. (2017). Cardiovascular and autonomic responses to a maximal exercise test in elite youngsters. *International journal of sports medicine*, 38, 666-674.
- Bray, S. R., & Widmeyer, W. N. (2000). Athletes' Perceptions of the Home Advantage: An Investigation of Perceived Causal Factors. *Journal of Sport Behavior*, 23(1). <https://search.proquest.com/docview/215885334?pq-origsite=gscholar>
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365-374. doi:<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>
- Buchheit, M. (2010). The 30–15 intermittent fitness test: 10 year review. *Myorobie J*, 1(9), 278.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports medicine*, 43(10), 927-954. <https://search.proquest.com/docview/1494739358?accountid=14777>
- Buchheit, M., Lefebvre, B., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2011). Reliability, usefulness, and validity of the 30–15 intermittent ice test in young elite ice hockey players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1457-1464. doi:<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d686b7>

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

- Chtourou, H., Briki, W., Aloui, A., Driss, T., Souissi, N., & Chaouachi, A. (2015). Relationship between music and sport performance: toward a complex and dynamical perspective. *Science & Sports*, 30(3), 119-125.
- Clark, J. C., Baghurst, T., & Redus, B. S. (2018). Self-Selected Motivational Music on the Performance and Perceived Exertion of Runners. *Journal of strength and conditioning research*, 00(00),1–6. doi:10.1519/JSC.0000000000002984
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. London:Routledge.
- Delextrat, A., & Martinez, A. (2014). Small-sided game training improves aerobic capacity and technical skills in basketball players. *International journal of sports medicine*, 35, 385-391. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0033-1349107>
- Dyrlund, A. K., & Wininger, S. R. (2008). The effects of music preference and exercise intensity on psychological variables. *Journal of music therapy*, 45(2), 114-134.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53(1), 109-132. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Edworthy, J., & Waring, H. (2006). The effects of music tempo and loudness level on treadmill exercise. *Ergonomics*, 49(15), 1597-1610. doi:<https://doi.org/10.1080/00140130600899104>
- Eliakim, M., Meckel, Y., Gotlieb, R., Nemet, D., & Eliakim, A. (2012). Motivational music and repeated sprint ability in junior basketball players. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 18, 29-38. doi:<https://doi.org/10.12697/akut.2012.18.04>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J., Casajus, J., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the V-cut test for young basketball players. *Int J Sports Med*, 94(11), 893-899. doi:<https://doi.org/10.1055/s-0035-1554635>

- Guillén, F., & Ruiz-Alfonso, Z. (2015). Influencia de la música en el rendimiento físico, esfuerzo percibido y motivación. *Revista internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física del Deporte*, 60, 7. doi:<https://doi.org/10.15366/rimcafd2015.60.006>
- Hildebrand, A., Lormes, W., Emmert, J., Liu, Y., Lehmann, M., & Steinacker, J. M. (2000). Lactate Concentration in Plasma and Red Blood Cells During Incremental Exercise. *International journal of sports medicine*, 21, 463-468. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-2000-7412>
- Hutchinson, J. C., Jones, L., Vitti, S. N., Moore, A., Dalton, P. C., & O'Neil, B. J. (2018). The influence of self-selected music on affect-regulated exercise intensity and remembered pleasure during treadmill running. *Sport, Exercise and Performance Psychology*, 7(1), 80. doi:<https://doi.org/10.1037/spy0000115>
- Hutchinson, J. C., & Karageorghis, C. I. (2013). Moderating influence of dominant attentional style and exercise intensity on responses to asynchronous music. *Journal of Sport Exercise Psychology*, 35(6), 625-643. doi:<https://doi.org/10.1123/jsep.35.6.625>
- Jeličić, M., Ivančev, V., Čular, D., Čović, N., Stojanović, E., Scanlan, A. T., & Milanović, Z. (2020). The 30-15 Intermittent Fitness Test: A Reliable, Valid, and Useful Tool to Assess Aerobic Capacity in Female Basketball Players. *Research quarterly for exercise and sport*, 91(1), 83-91. doi:<https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1648743>
- Jones, R. M., Cook, C. C., Kilduff, L. P., Milanović, Z., James, N., Sporiš, G., Fiorentini, B., Fiorentini, F., Turner, A., & Vučković, G. (2013). Relationship between repeated sprint ability and aerobic capacity in professional soccer players. *The Scientific World Journal*, 2013.
- Juslin, P. N., & Sloboda, J. A. (2013). Music and emotion. On The psychology of music, 3rd ed. [doi:10.1016/B978-0-12-381460-9.00015-8]. Elsevier Academic Press.

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

- Karageorghis, C. I., Hutchinson, J. C., Bigliassi, M., Watson, M. P., Perry, F. A., Burges, L. D., Melville-Griffiths, T., & Gomes-Baho, T. J. (2019). Effects of auditory-motor synchronization on 400-m sprint performance: An applied study. *International Journal of Sports Science Coaching*, 14(6), 738-748. doi:<https://doi.org/10.1177/1747954119879359>
- Karageorghis, C. I., Jones, L., Priest, D. L., Akers, R. I., Clarke, A., Perry, J. M., Reddick, B. T., Bishop, D. T., & Lim, H. B. (2011). Revisiting the relationship between exercise heart rate and music tempo preference. *Research quarterly for exercise and sport*, 82(2), 274-284.
- Karageorghis, C. I., & Priest, D. L. (2008). Music in sport and exercise: An update on research and application. *The Sport Journal*, 11(3).
- Karageorghis, C. I., & Priest, D. L. (2012). Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I). *International review of sport exercise psychology*, 5(1), 44-66. doi:<https://doi.org/10.1080/1750984X.2011.631026>
- Karageorghis, C. I., Priest, D. L., Terry, P. C., Chatzisarantis, N. L., & Lane, A. M. (2006). Redesign and initial validation of an instrument to assess the motivational qualities of music in exercise: The Brunel Music Rating Inventory-2. *Journal of sports sciences*, 24(8), 899-909.
- Karageorghis, C. I., Terry, P. C., Lane, A. M., Bishop, D. T., & Priest, D.L. (2011). The bases expert statement on the use of music in exercise. *The Sport Exercise Scientist*, 18-19. <http://eprints.usq.edu.au/id/eprint/19207>
- Loizou, G., Karageorghis, C. I., & Bishop, D. T. (2014). Interactive effects of video, priming, and music on emotions and the needs underlying intrinsic motivation. *Psychology of Sport Exercise*, 15(6), 611-619.
- Mahamud, J., Tuero, C., & Márquez, S. (2005). Características psicológicas relacionadas con el rendimiento: comparación entre los requerimientos de los entrenadores y la percepción de los deportistas. *Revista de Psicología del deporte*, 14(2), 237-251. <https://www.redalyc.org/pdf/2351/235119230004.pdf>

- Mengelkoch, L. J., Martin, D., & Lawler, J. (1994). A review of the principles of pulse oximetry and accuracy of pulse oximeter estimates during exercise. *Physical therapy*, 74, 40-49. doi:<https://doi.org/10.1093/ptj/74.1.40>
- Morán, D. (2018). Valoración de la condición física en el equipo de baloncesto femenino de la Universidad de León University of Leon]. [https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/7735/MOR%c3%81N%20DIO NISIO\\_DAVID\\_JULIO\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/7735/MOR%c3%81N%20DIO%20NISIO_DAVID_JULIO_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Muñoz, C. (2018). *Efectos del entrenamiento de fuerza utilizando métodos inerciales y pesos libres en un equipo de baloncesto profesional Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (Trabajo master)*. INFC: Lleida. <http://hdl.handle.net/10459.1/64767>
- Nakamura, P. M., Pereira, G., Papini, C. B., Nakamura, F. Y., & Kokubun, E. (2010). Effects of preferred and nonpreferred music on continuous cycling exercise performance. *Perceptual motor skills*, 110(1), 257-264.
- Nethery, V. (2002). Competition between internal and external sources of information during exercise: influence on RPE and the impact of the exercise load. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(2), 172. <https://search.proquest.com/docview/202683164?accountid=14777>
- Newland, A., Newton, M., Finch, L., Harbke, C. R., & Podlog, L. (2013). Moderating variables in the relationship between mental toughness and performance in basketball. *Journal of sport health science*, 2(3), 184-192.
- Nikol, L., Kuan, G., Ong, M., Chang, Y.-K., & Terry, P. C. (2018). The heat is on: effects of synchronous music on psychophysiological parameters and running performance in hot and humid conditions. *Frontiers in psychology*, 9, 1114. doi:<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01114>
- Nurmekivi, A., Pihl, E., Jürimäe, T., Karu, T., & Lemberg, H. (2001). Blood lactate recovery and perceived readiness to start a new run in middle-distance runners

*High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players*

- during interval training. *Perceptual motor skills*, 93, 397-404. doi:<https://doi.org/10.2466/pms.2001.93.2.397>
- Sasaki, S., Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., & Fukubayashi, T. (2011). The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of sports science and medicine*, 10, 112. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737904/>
- Stork, M. J., Karageorghis, C. I., & Ginis, K. A. M. (2019). Let's go: psychological, psychophysical, and physiological effects of music during sprint interval exercise. *Psychology of Sport Exercise*, 45, 101547. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101547>
- Terry, P. C., & Karageorghis, C. I. (2011). Music in sport and exercise. In T. Morris & P. C. Terry (Eds.), *The new sport and exercise psychology companion* (pp. 359-380). Fitness Information Technology.
- Terry, P. C., Karageorghis, C. I., Curran, M. L., Martin, O. V., & Parsons-Smith, R. L. (2020, Feb). Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 146(2), 91. doi:<https://doi.org/10.1037/bul0000216>
- Urcola, J. L. (2008). *La motivación empieza en uno mismo: Aspectos básicos para motivar a los demás y motivarse a sí mismo*. Pozuelo: ESIC Editorial.
- Weinberg, R. S., & Gould, D. S. (2014). *Foundations of sport and exercise psychology*. Champaign: Human Kinetics.
- Vázquez-Guerrero, J., Ayala, F., Garcia, F., & Sampaio, J. (2020). The most demanding scenarios of play in basketball competition from elite Under-18 teams. *Frontiers in psychology*, 11, 552. doi:<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00552>
- Vázquez-Guerrero, J., Jones, B., Fernández-Valdés, B., Moras, G., Reche, X., & Sampaio, J. (2019). Physical demands of elite basketball during an official U18 international tournament. *Journal of sports sciences*, 37(22), 2530-2537. doi:<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1647033>



- Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Gómez, D. C., & Rodas, G. (2018). Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*, *50*(2), 228-234. doi:<https://doi.org/10.26582/k.50.2.11>
- Williams, C. A., James, D., & James, D. V. (2001). *Science for exercise and sport*. Hove: Psychology Press.
- Yin, K., & Agrawal, D. (2014). Vitamin D and inflammatory diseases. *Journal of inflammation research*, *7*, 69.
- Yun, S. J., Kim, M.-H., Weon, J.-H., Kim, Y., Jung, S.-H., & Kwon, O.-Y. (2016). Correlation between toe flexor strength and ankle dorsiflexion ROM during the countermovement jump. *Journal of physical therapy science*, *28*(8), 2241-2244.
- Ackland, T. R., Elliott, B., & Bloomfield, J. (2009). *Applied anatomy and biomechanics in sport: Human Kinetics*.



## **CAPÍTULO 5**

### **Estudio 2: Hypovitaminosis D in Young Basketball Players: Association with Jumping and Hopping Performance Considering Gender**

Borja Ricart, Pablo Monteagudo y Cristina Blasco-Lafarga

*International Journal of Environmental Research and Public Health*

DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18105446>



### **Abstract:**

This study aimed to verify whether a group of young well-trained basketball players presented deficiencies in Vitamin D concentration, and to analyze whether there was an association between Vitamin D concentration and jumping and hopping performance. Gender differences were considered. Twenty-seven players from an international high-level basketball club (14 females,  $16.00 \pm 0.55$  years; 13 males,  $15.54 \pm 0.52$  years) participated in this cross-sectional study. Rate of force development was evaluated by means of the Abalakov test (bilateral: AbB; right leg: AbR; left leg: AbL); and the triple hop test (right leg: THR; left leg: THL). Blood samples were collected for the determination of serum 25-hydroxyvitamin D and nutritional status. Vitamin D insufficiency was found in both women ( $29.14 \pm 6.08$  ng/mL) and men ( $28.92 \pm 6.40$  ng/mL), with no gender differences regarding nutritional scores. Jumping and hopping performance was confirmed to be significantly larger in males (AbL, THR, and THL  $p < 0.005$ ), whose CV% were always smaller. A positive correlation was found between AbB and Vitamin D ( $r = 0.703$ ) in males, whereas this correlation was negative ( $-0.611$ ) for females, who also presented a negative correlation ( $r = -0.666$ ) between THR and Vitamin D. A prevalence of hypovitaminosis D was confirmed in young elite athletes training indoors. Nutritional (i.e., calciferol) controls should be conducted throughout the season. Furthermore, whilst performance seems to be affected by low levels of this vitamin in men, these deficiencies appear to have a different association with jumping and hopping in women, pointing to different performance mechanisms. Further studies accounting for differences in training and other factors might delve into these gender differences.

Keywords: vitamin D; explosive strength; performance; nutrition; training

## **Introduction**

Nutrition plays an important role in the health and performance of athletes. In particular, vitamins are essential in various processes, including hemoglobin synthesis, maintenance of bone health, immune function, protection against oxidative damage, neuronal functions, and the synthesis and repair of muscle tissue during recovery from injury (Redondo et al., 2019; Tardy, Pouteau, Marquez, Yilmaz, & Scholey, 2020). Over the last decade, the monitoring of Vitamin D, or calciferol, a fat-soluble vitamin with the structure of a steroid hormone that is functionally different from all others, has been of particular interest (Puente-Yagüe, Collado-Yurrita, Ciudad-Cabañas, & Cuadrado-Cenzual, 2020). We refer to Vitamin D<sub>3</sub>, a vital isomer synthesized in the cell membrane of the epidermis and dermis as a response to solar radiation, as its other common form, D<sub>2</sub>, is derived from plants and is impossible for the human body to synthesize (Valverde y Gómez, 2015; Yin & Agrawal, 2014).

Vitamin D<sub>3</sub> regulates the expression of more than 900 gene variants, which in turn significantly (Wang et al., 2005) impacts numerous functions related to sporting performance. Among other things, it is involved in the regulation of exercise-induced inflammation, neurological function, cardiovascular health, glucose metabolism, bone health, and skeletal muscle performance (Dahlquist, Dieter, & Koehle, 2015). More specifically, it is attributed with an ergogenic effect on neuromuscular efficiency and the muscle-contraction mechanism (Chatterjee, Mondal, Borman, & Konar, 2014; Gunton y Girgis, 2018), as well as optimizing acute adaptive response to physical exercise (Owens, Allison, & Close, 2018), so that performance in athletes may be affected by deficient levels of this vitamin (Grieshober et al., 2018; Tipton & Van-Loon, 2011).

However, recent research suggests that high-performance athletes are at constant risk of Vitamin D deficiency, increasing the risk of stress fractures, acute illness, and sub-optimal muscle function (Puente-Yagüe et al., 2020). In addition to a possible nutritional deficit due to insufficient calorie intake in athletes with high energy needs (Quintero, 2018), or poor diet (Barbany, 2019), Vitamin D deficiency has been linked to a lack of or drastic reduction in Vitamin D production in the winter months due to a lower incidence of sun on the skin (Cannell, Hollis, Sorenson, Taft, & Anderson, 2009). For example,

Bescos & Rodriguez (2011) found that more than half of one professional basketball team had hypovitaminosis D after the winter. More recently, Fishman, Lombardo, & Kharrazi (2016) found a high prevalence of Vitamin D insufficiency in National Basketball Association (NBA) players.

Therefore, it seems that Vitamin D deficiency is accentuated in athletes who train and compete indoors throughout the year, as is the case of basketball. Taking also into account the relationship between Vitamin D and the aforementioned optimization of muscle contraction (Chatterjee et al., 2014; Gunton & Girgis, 2018) and/or prevention of bone health issues (Dahlquist et al., 2015), it seems that this deficiency is particularly important in a sport that involves continuous accelerations and braking, jumps and receptions (Dzedzej et al., 2016). The rate of force development in the lower extremity is of the utmost importance (Alemdaroğlu, 2012; Erculj, Blas, & Bracic, 2010), and the risk of musculoskeletal injuries is high (Andreoli et al., 2018). Moreover, jumping, which may be affected by calciferol deficit, is one of the most common actions performed in this sport (Asadi, 2016; Scanlan, Dascombe, & Reaburn, 2011), with between 40 and 60 jumps being made per athlete during a single game (Balčiūnas, Stonkus, Abrantes, & Sampaio, 2006). Jumping is also one of the most common ways of assessing player performance (Duncan, Lyons, & Nevill, 2008), condition-maturity level (Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro, & Aroso, 2004; Torres-Unda et al., 2016), level of functional health over the course of the season (Baptista, Mil-Homens, Carita, Janz, & Sardinha, 2016; Hart, 2018), and sporting life success (Li, Wang, & Li, 2021; Moxley & Towne, 2015).

Knowing whether basketball players are calciferol deficient from their early formative stages, and the possible relationship between their vitamin concentrations and muscle function as assessed by jumping, is therefore of interest to the medical and technical staff who care for these athletes. Although there is no evidence to suggest gender differences in Vitamin D intake (Black, Walton, Flynn, & Kiely, 2014) and/or deficit (Gordon, DePeter, Feldman, Grace, & Emans, 2004; Valtuena et al., 2012), differences between male and female basketball players tend to be significant in jumping ability (Ziv & Lidor, 2010), so it is equally important to analyze these associations while taking gender into

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

account. The aims of this study are, therefore, to test whether a group of young high-performance basketball players are Vitamin D deficient (1); and to analyze whether there is any relationship between Vitamin D levels and muscle strength performance as measured by two types of jumps (2), taking into account gender differences. To our knowledge, no studies have previously investigated this potential relationship.

## **Materials and Methods**

### *Participants*

This quantitative, descriptive, and correlational study involved 27 young basketball players belonging to a top-level competitive club in the ACB (Asociación de Clubes de Baloncesto) league, of whom 14 were girls ( $16.00 \pm 0.55$  years, all of them had attained menarche), and 13 were boys ( $15.54 \pm 0.52$  years). Before data collection began, both the subjects and their legal guardians were informed of the purpose of the study. Each participant signed an informed consent form, agreeing to participate in the study, which had been approved by the ethics committee of the local university (H1553774899546).

### *Protocol*

The data collection was carried out during the regular season in the month of December, and on three alternate days of the same week. The week prior to the first assessment, the participants were informed that they should consume no stimulant drinks (caffeine or energy drinks); they could not eat two hours prior to the tests; and they should maintain their normal nutritional habits. The first evaluation session involved blood tests. In the second session, the anthropometric measurements of the players were taken and the Abalakov vertical jump test was performed first bilaterally (both legs at a time), and then unilaterally (one leg at a time). In the final evaluation session, data on the triple hop test were collected. Prior to the jumping tests, a standardized 10-minute warm-up was performed on both days, consisting of jogging, dynamic stretching, lower and upper limb



strength exercises, plyometric exercises, and high-intensity running with changes of direction. No familiarization phase was carried out for the evaluation tests, as all of the athletes had already taken these at some point during the season.

### *Assessment Tools*

#### *Blood Test*

The method for determining the body's Vitamin D status consisted of measuring the serum 25-hydroxyvitamin D concentrations (Montero-García, 2017). For many years, there has been a consensus that blood concentrations of this metabolite reflect total body Vitamin D, including endogenous synthesis by exposure to sunlight, dietary intake in supplemented or unsupplemented meals, and drug treatments (Płudowski et al., 2013). The blood samples were taken by a medical professional from a hospital in the same city. The players were summoned to the medical center, along with their fathers, mothers, or legal guardians, with an overnight fast required before attending.

For the blood tests, 5 mL of venous blood were extracted from the antecubital vein of each participant. Once obtained, the blood samples were allowed to clot and then centrifuged at 3000 rpm for 10 min at room temperature to isolate the serum. The serum was aliquoted into an Eppendorf tube and conserved at  $-80^{\circ}\text{C}$  until biochemical analysis. Serum Vitamin D concentrations were determined using the LIAISON 25(OH) Vitamin D TOTAL Assay (CLIA) (Eurofins Megalab S.A, Valencia, Spain), which is a direct competitive chemiluminescence immunoassay for human serum intended for use on the DiaSorin LIAISON automated analyzer (DiaSorin S.P.A., Saluggia, Italy). Once the laboratory tests had been performed, the reports containing the analytical data were submitted to the researchers for further analysis.

#### *Anthropometric Measurements*

Mass (kg) and height (cm) measurements were recorded using a scale (SECA 769, CE 0123, Hamburg, Germany) and a stadiometer (SECA 220, CE 0123, Hamburg,

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

Germany). The body mass index (BMI) of the participants was calculated using the formula  $\text{mass/height}^2$  (kg/cm<sup>2</sup>).

*Abalakov Test*

In order to evaluate the rate of force development of the lower extremity, the Abalakov test (Rodríguez-Rosell, Mora-Custodio, Franco-Márquez, Yáñez-García, & González-Badillo, 2017) was performed both bilaterally (Ab) and unilaterally (Abalakov right or AbR; and Abalakov left or AbL), with the height of the jump being recorded. All players performed three jumps in each modality, with a recovery period of two minutes between the jumps (Vázquez, 2018), although only the best jump in each modality was included in the statistical analysis. The jumps were recorded using a Din-A2 contact platform (420 × 594 mm) and Chronojump software (Boscosystem®, Barcelona, Spain).

*Triple Hop Test*

To evaluate the power and neuromuscular control of a horizontal jump, the participants took the triple hop test (Hamilton, Shultz, Schmitz, & Perrin, 2008; Williams, Squillante, & Dawes, 2017). This test consists of three consecutive jumps on one leg, with the distance reached after the last jump being recorded (Hamilton et al., 2008). Each player performed the test twice with each leg alternatively (triple hop left or THL; and triple hop right or THR), and the best jump with each leg was used in the subsequent analysis. A standard 12-metre tape measure was used to measure each jump.

*Statistical Analysis*

The data were analyzed using the statistics package SPSS v23 for Windows (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA). Once the normality of the sample had been analyzed (Shapiro–Wilk test), the descriptive variables were then calculated and expressed as the mean and standard deviation (mean ± SD). T-tests for independent samples or Mann Whitney U-tests were performed to analyze whether there were sex-related differences

between the main study variables. T-tests for related samples and the Wilcoxon test were also performed to compare whether there were sex-related asymmetries between the legs. To check whether there was a relationship between Vitamin D levels and performances in the jumping tests, we performed a correlation analysis (Pearson's R or Spearman's Rho according to the normality), both with and without controlling for the covariate BMI. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ , with the absolute correlation coefficients considered being:  $r < 0.1$ , trivial; 0.1–0.3, low; 0.3–0.5, moderate; 0.5–0.7, strong; 0.7–0.9, very strong;  $>0.9$ , almost perfect; and 1, perfect (Hopkins, 2002).

## Results

The final sample comprised 14 girls ( $16.00 \pm 0.55$  years,  $174.20 \pm 6.35$  cm,  $67.98 \pm 6.73$  kg) and 13 boys ( $15.54 \pm 0.52$  years,  $190.73 \pm 6.45$  cm,  $78.17 \pm 8.87$  kg). No significant differences were found between boys and girls in terms of age, but significant differences were found for weight and height ( $p < 0.05$ ), with higher values recorded in the boys. Table 1 presents the results of the main blood composition parameters. No significant differences between boys and girls were found for any of the items, and the coefficients of variation were generally high in both cases.

**Table 1**

*Blood composition variables.*

Parameters	Girls (N = 14)		Boys (N = 13)		P
	Mean $\pm$ SD	CV (%)	Mean $\pm$ SD	CV (%)	
Vitamin D (ng/mL)	29.14 $\pm$ 6.08	20.86	28.92 $\pm$ 6.40	22.13	0.905
Folic acid (ng/mL)	6.53 $\pm$ 3.38	51.76	7.24 $\pm$ 2.79	38.54	0.302
Cortisol ( $\mu$ g/dL)	15.37 $\pm$ 3.41	22.19	15.04 $\pm$ 1.86	12.37	0.616
Magnesium (mg/dL)	1.99 $\pm$ 0.60	30.15	2.08 $\pm$ 0.11	5.29	0.088
Iron ( $\mu$ g/dL)	87.35 $\pm$ 31.68	36.26	96.84 $\pm$ 38.72	39.98	0.491
Vitamin B12 (pg/mL)	559.78 $\pm$ 190.02	33.94	593.00 $\pm$ 177.33	29.90	0.643
TSH ( $\mu$ UI/mL)	2.74 $\pm$ 1.34	48.90	2.43 $\pm$ 0.87	35.80	0.491
Calcium (mg/dL)	9.59 $\pm$ 0.23	2.40	9.73 $\pm$ 0.21	2.16	0.105

CV: coefficient of variation in %; SD: standard deviation; TSH: serum thyroid stimulating hormone.

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

Table 2 shows the values obtained in the neuromuscular performance tests, with lower coefficients of variation with respect to the analytical assessment, and even greater homogeneity among the boys. When analyzing the differences by sex, significant differences ( $p < 0.01$ ) were observed in the Abalakov test for the left leg. Significant differences were also found in the triple hop test, both for the left leg ( $p < 0.001$ ) and right leg ( $p < 0.001$ ). Finally, significant differences were found in boys ( $p < 0.010$ ) between the results for the right and left legs in the Abalakov test.

**Table 2**

*Performance variables.*

Tests	Girls (N = 14)		Boys (N = 13)		p
	Mean ± SD	CV (%)	Mean ± SD	CV (%)	
AbB (cm)	33.37 ± 4.83	14.47	35.71 ± 3.92	10.98	0.182
AbL (cm)	19.14 ± 4.32	22.57	24.14 ± 2.24 <sup>a, b</sup>	9.28	0.005
AbR (cm)	20.31 ± 3.42	16.84	21.29 ± 2.99	14.04	0.436
THL (cm)	5.10 ± 0.70	13.72	6.10 ± 0.37	6.07	<0.001
THR (cm)	5.23 ± 0.69	13.19	6.13 ± 0.61	9.95	0.001

CV: coefficient of variation in %; SD: standard deviation; AbB: Abalakov bilateral; AbL: Abalakov left; AbR: Abalakov right; THL: triple hop left; THR: triple hop right. <sup>a</sup>: Difference with the AbR of boys ( $p = 0.002$ ); <sup>b</sup>: Difference with the AbR of girls ( $p = 0.002$ ).

Table 3 shows the correlation analyses between Vitamin D concentration and the results of the neuromuscular performance tests. While in boys, a high positive correlation was found between the Abalakov test (performed in a bipedal manner) and serum Vitamin D concentration, in girls this relationship was also high, but negative. When BMI was considered as a covariate, the correlation coefficient increased slightly in boys, while it decreased in girls. There was also a high negative correlation between the triple hop test performed with the right leg and Vitamin D in girls, which in this case increased slightly when considering BMI.

**Table 3**

*Correlations between jumping and hopping and Vitamin D, considering both the whole sample, and male and female athletes separately, with and without the covariate body mass index (BMI).*

Tests	Girls (N = 14)	Boys (N = 13)	All (N = 27)	Girls <sup>a</sup> (N = 14)	Boys <sup>a</sup> (N = 13)	All <sup>a</sup> (N = 27)
AbB (cm)	-0.611*	0.703**	0.047	-0.597*	0.796**	0.081
AbL (cm)	-0.219	0.218	-0.036	-0.183	0.248	-0.025
AbR (cm)	-0.465	-0.067	-0.227	-0.439	-0.040	-0.192
THL (cm)	-0.415	0.050	-0.106	-0.413	0.162	-0.098
THR (cm)	-0.666**	0.128	-0.216	-0.685**	0.210	-0.248

AbB: Abalakov bilateral; AbL: Abalakov left; AbR: Abalakov right; THL: triple hop left; THR: triple hop right; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; <sup>a</sup>: BMI as a covariate.

## Discussion

For the first objective of this study (to check whether young basketball players of a formative age suffer from Vitamin D deficiency), our results confirm that both girls and boys show this deficiency at the age of 14–16, while the other components analyzed were found to be within the normal range. As for whether this deficit could influence explosive strength as assessed by jumping, the second objective of this study, the data reveals that at these ages there is no association between these variables when considering the sample as a whole. However, when taking sex into account, the data points to differences regarding the correlations in young players of the two sexes, while at the same time the expected differences are observed in the rate of force development in some of the jumps that are determining factors for basketball performance (AbL, THR, and THL).

According to the levels previously established by some authors (Koundourakis, Androulakis, Malliaraki, & Margioris, 2014), young players of both sexes already suffer Vitamin D insufficiency (20–30 ng/mL), while they present normal values for the other blood components (Dickerson & Kemeny, 2004; Eliakim, Barzilai, Wolach, & Nemet, 2006; García-Casal et al., 2005; Pérez González, Santos Rodríguez, & Coto García, 2009; Salamanca, Vásquez, Romero, & Obando, 2017). Our results are, therefore, consistent with other studies that have shown low concentrations of Vitamin D in elite athletes

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

(Ceglia, 2008; Lovell, 2008), with up to 56% of one sample of athletes being below the levels considered adequate (Farrokhyar et al., 2015). In agreement with other studies (Gordon et al., 2004; Valtuena et al., 2012) there were no differences between sexes in the Vitamin D deficiencies.

As previously noted, indoor sports involve a Vitamin D deficiency rate almost twice that of outdoor sports (Constantini, Arieli, Chodick, & Dubnov-Raz, 2010). Seasonal variation in the levels of this vitamin has also been observed (Cannell et al., 2009; Veach, 2018). This seasonal variation should be taken into account, as it has been observed that athletes who are Vitamin D deficient during the winter are at a higher risk of having lower levels in the spring (Todd, Pourshahidi, McSorley, Madigan, & Magee, 2015). This latter period is one of the most important phases of the season since the final rankings are decided and, moreover, there are more matches, therefore leading to a greater risk of fatigue and injury (Edwards et al., 2018). Both indoor training and seasonal variation are associated with low sun and ultraviolet (UVB) exposure, the main source from which the body synthesizes this vitamin (Willis, Peterson, & Larson-Meyer, 2008). It seems important, therefore, to monitor 25(OH)D concentrations throughout the basketball season in order to mitigate any potential effects that this insufficiency may cause for the players, despite the fact that these are initial stages in which they are still training and competing quite below the level of professional athletes (Balsalobre-Fernández, Tejero-González, del Campo-Vecino, Bachero-Mena, & Sánchez-Martínez, 2016; Gryko, Kopiczko, Mikołajec, Stasny, & Musalek, 2018).

Based on this, the second objective of this study was to find out whether lower Vitamin D concentrations could influence basketball performance (by assessing the rate of force development of the players through two different types of jumps). Although we did not find sex differences regarding Vitamin D, all the analyses were also performed considering the sex of the participants because individual differences in jumping ability in male and female basketball players tend to be significant (Ziv & Lidor, 2010). Our data reinforces the importance of always considering these sex differences when analyzing performance, because although there is no association between these variables when

considering the entire sample in general, the data does reveal different results for men and women.

On the one hand, there is a very strong positive correlation seen in the boys between Vitamin D and the bilateral Abalakov test, with a correlation coefficient that increases even more when BMI is considered as a covariate. Some authors have argued that this vitamin increases the size and number of type II muscle fibers (Sato, Iwamoto, Kanoko, & Satoh, 2005; Todd et al., 2015), which could influence an athlete's jumping ability. However, this association is negative in the case of the girls, and decreases when BMI is taken into account. These results differ from those obtained by Ward et al. (2009), who concluded that Vitamin D was significantly associated with muscle strength in adolescent girls, although the participants in that study were not athletes.

In this sense, it is important to emphasize that at this age, boys may be less mature than their female peers (Gurian, 2010). Even close to full maturity, less Vitamin D does not imply less jumping ability in these young female players, but rather the opposite, suggesting that there may be other mechanisms (for example, those related to good intermuscular coordination) that help these girls to jump more. Not surprisingly, the jumps where sex-related differences were found (AbL, THL, and THR), presented the lowest coefficient of variation in the boys, with these being clearly lower for the boys than their female counterparts for these same jumps. Further studies involving larger sample sizes and a more heterogeneous performance profile for girls should confirm whether, as it appears, only their male counterparts are likely to rely more heavily on explosive force production rates, with Vitamin D concentration exerting a positive influence on this variable.

Considering the previous reasoning, the game and specific training would not have highlighted differences between the right and left leg in girls when performing the Abalakov test in a unilateral manner, again contrary to that seen in boys (with a significantly better AbL than AbR, and, indeed, higher AbR and AbL than those of the more mature girls in this study). As pointed out by Jones & Bampouras (2010), the dominant leg of male athletes tends to present higher strength values than the non-dominant leg, which could explain the difference recorded for our male athletes. The

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

reason behind why we found no association between Vitamin D and the unilateral tests in men could be related to a lack of stability during these movements due to coordination problems (Ackland, Elliott, & Bloomfield, 2009); to perform well in unilateral tests, an individual must have adequate balance, coordination, muscle strength, and neuromuscular control (Kramer et al., 2019), and not just rate of force development. This would account for why we only found the correlation in the bilateral test, where it is easier to coordinate movements and thereby apply a greater amount of force.

The fact that the girls did not show significant asymmetries between legs suggests that women do not tend to have a more dominant leg (Hewett, Ford, Hoogenboom, & Myer, 2010). This information, together with the fact that the strength values (performance in cm) produced by the trainee players in our study are already similar to those obtained by professional athletes (Garcia-Gil et al., 2018), could indicate that the potential for further improving this ability in women may be limited, and that jumping and hopping ability may not be the most determining factor in terms of becoming a professional player. This suggests that adequate levels of Vitamin D are more important for performance in men than in women, although we should not forget the significance that this vitamin may also have for women in other aspects, such as injury prevention (Goolsby & Boniquit, 2017).

In the triple hop test, once again there were no differences in performance between the sexes, and only the girls showed a negative correlation with Vitamin D when the test was performed with the right leg, a result that was reinforced when BMI was also factored in. New gender differences in the association between Vitamin D and performance seem to indicate a different use of strength in women and men in terms of the jumping actions involved in basketball performance. Notably, the lack of control of the menstrual cycle could have influenced our results. The majority of female subjects do not menstruate on a regular basis (Krzywański, Pokrywka, Młyńczak, & Mikulski, 2020), and this factor was not considered at the time of blood sampling; however, despite the high coefficient of variation, our data did not show differences in iron concentration between male and female participants.

This study has several limitations. Firstly, the cross-sectional design of this study does not allow us to determine a direct cause and effect relationship. Comprehensive



nutritional monitoring would have improved our knowledge of the origin of the Vitamin D deficiencies found. Similarly, it is necessary to test whether Vitamin D levels vary throughout the season and whether this is associated with a change in jump values in different periods. New and less invasive assessment systems based on tear biosensing or salivary samples (Higashi, Shibayama, Fuji, & Shimada, 2008; Sempionatto et al., 2019) could streamline the process to obtain biomarkers during the competitive season, and therefore would allow relationships between strength and Vitamin D to be analyzed from a more holistic (and rapid) view. Multidisciplinary teams—including nutritionists—regardless of the level of the sport club (elite and amateur), would facilitate the interpretation of these assessments, periodized and tailored on a regular basis, therefore promoting health and young athletic success. Secondly, a larger sample size would allow more robust correlation coefficients to be obtained, for which reason our results cannot be extrapolated to other contexts and further studies are required. Finally, the differences found between men and women suggest that future studies should analyze whether the menstrual cycle somehow affects Vitamin D, and thus sports performance in female basketball players, given their high incidence of injuries (Sánchez & Gómez, 2009). Some studies have demonstrated relationships between low levels of this vitamin and the frequency of menstrual disorders (Łagowska, 2018), confirming that this is a variable to control in these stages of development.

## **Conclusions**

Our results suggest that, despite their youth, trainee basketball players have insufficient Vitamin D levels. Since this deficiency appears to be common in elite athletes, especially those competing indoors, various means of controlling Vitamin D levels throughout the season (diet, supplementation, and sun exposure) should be considered. Furthermore, these deficiencies appear to be differentially associated with jumping performance in men and women. Thus, while performance in men does seem to be compromised by low levels of this Vitamin, it would be interesting to further investigate the different role it might play in women, as Vitamin D deficiency is not only related to rate of force development.

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

## References

- Alemdaroğlu, U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal of human kinetics*, 31(1), 149-158.
- Andreoli, C. V., Chiaramonti, B. C., Biruel, E., de Castro Pochini, A., Ejnisman, B., & Cohen, M. (2018). Epidemiology of sports injuries in basketball: integrative systematic review. *BMJ open sport exercise medicine*, 4(1). doi:<http://dx.doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000468>
- Asadi, A. (2016). Relationship between jumping ability, agility and sprint performance of elite young basketball players: A field-test approach. *Revista Brasileira de Cineantropometria Desempenho Humano*, 18(2), 177-186. doi:<https://doi.org/10.5007/1980-0037.2016v18n2p177>.
- Balčiūnas, M., Stonkus, S., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2006). Long term effects of different training modalities on power, speed, skill and anaerobic capacity in young male basketball players. *Journal of sports science & medicine*, 5(1), 163.
- Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., del Campo-Vecino, J., Bachero-Mena, B., & Sánchez-Martínez, J. (2016). Differences of muscular performance between professional and young basketball players. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 11(31), 61-65. doi:<http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v11i31.643>
- Baptista, F., Mil-Homens, P., Carita, A., Janz, K., & Sardinha, L. J. (2016). Peak vertical jump power as a marker of bone health in children. *International journal of sports medicine*, 37(08), 653-658. doi:<https://doi.org/10.1055%2Fs-0042-105290>
- Barbany, J. R. (2019). *Alimentación para el deporte y la salud*. Barcelona: Paidotribo.
- Bescos, R., & Rodriguez, F. (2011). Low levels of vitamin D in professional basketball players after wintertime: relationship with dietary intake of vitamin D and calcium. *Nutrición Hospitalaria*, 26(5), 945-951.

- Black, L. J., Walton, J., Flynn, A., & Kiely, M. (2014). Adequacy of vitamin D intakes in children and teenagers from the base diet, fortified foods and supplements. *Public health nutrition*, 17(4), 721-731. doi:<https://doi.org/10.1017/S1368980013000359>
- Cannell, J. J., Hollis, B. W., Sorenson, M. B., Taft, T. N., & Anderson, J. J. (2009). Athletic performance and vitamin D. *Medicine Science in Sports Exercise*, 41(5), 1102-1110.
- Ceglia, L. (2008). Vitamin D and skeletal muscle tissue and function. *Molecular aspects of medicine*, 29(6), 407-414. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mam.2008.07.002>
- Chatterjee, S., Mondal, S., Borman, A. S., & Konar, A. (2014). Vitamin D, optimal health and athletic performance: a review study. *Int J Nutr Food Sci*, 3, 526-533.
- Constantini, N. W., Arieli, R., Chodick, G., & Dubnov-Raz, G. (2010). High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20(5), 368-371. doi:[10.1097/JSM.0b013e3181f207f2](https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181f207f2)
- Dahlquist, D. T., Dieter, B. P., & Koehle, M. S. (2015). Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), 1-12.
- Dickerson, S. S., & Kemeny, M. E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological bulletin*, 130(3), 355.
- Duncan, M. J., Lyons, M., & Nevill, A. M. (2008). Evaluation of peak power prediction equations in male basketball players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 22(4), 1379-1381. doi:[10.1519/JSC.0b013e31816a6337](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a6337)
- Dzedzej, A., Ignatiuk, W., Jaworska, J., Grzywacz, T., Lipińska, P., Antosiewicz, J., . . . Ziemann, E. (2016). The effect of the competitive season in professional basketball on inflammation and iron metabolism. *Biology of sport*, 33(3), 223.

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

- Edwards, T., Spiteri, T., Piggott, B., Bonhotal, J., Haff, G. G., & Joyce, C. (2018). Monitoring and managing fatigue in basketball. *Sports health*, 6(1), 19. doi:<https://doi.org/10.3390/sports6010019>
- Eliakim, A., Barzilai, M., Wolach, B., & Nemet, D. (2006). Should we treat elevated thyroid stimulating hormone levels in obese children and adolescents?. *International Journal of Pediatric Obesity*, 1(4), 217-221.
- Erculj, F., Blas, M., & Bracic, M. (2010). Physical demands on young elite European female basketball players with special reference to speed, agility, explosive strength, and take-off power. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 24(11), 2970-2978. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e38107
- Farrokhyar, F., Tabasinejad, R., Dao, D., Peterson, D., Ayeni, O. R., Hadioonzadeh, R., & Bhandari, M. J., (2015). Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis. *Sports medicine*, 45(3), 365-378.
- Fishman, M. P., Lombardo, S. J., & Kharrazi, F. D. (2016). Vitamin D deficiency among professional basketball players. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 4(7), 2325967116655742. doi:<https://doi.org/10.1177/2325967116655742>
- García-Casal, M. N., Landaeta-Jiménez, M., Osorio, C., Leets, I., Matus, P., & Fazzino, F. (2005). Acido fólico y vitamina B12 en niños, adolescentes y mujeres embarazadas en Venezuela. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 18(2), 145-154.
- Garcia-Gil, M., Torres-Unda, J., Esain, I., Duñabeitia, I., Gil, S., Gil, J., & Irazusta, J. (2018). Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 6(32), 1723-1730.
- Goolsby, M. A., & Boniquit, N. (2017). Bone health in athletes: the role of exercise, nutrition, and hormones. *Sports Health*, 9(2), 108-117.

- Gordon, C. M., DePeter, K. C., Feldman, H. A., Grace, E., & Emans, S. J. (2004). Prevalence of vitamin D deficiency among healthy adolescents. *Archives of pediatrics adolescent medicine*, 158(6), 531-537. doi:10.1001/archpedi.158.6.531
- Grieshaber, J. A., Mehran, N., Photopolous, C., Fishman, M., Lombardo, S. J., & Kharrazi, F. D. (2018). Vitamin D insufficiency among professional basketball players: a relationship to fracture risk and athletic performance. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 6(5), 2325967118774329. doi:https://doi.org/10.1177/2325967118774329
- Gryko, K., Kopiczko, A., Mikołajec, K., Stasny, P., & Musalek, M. (2018). Anthropometric variables and somatotype of young and professional male basketball players. *Sports health*, 6(1), 9. doi:https://doi.org/10.3390/sports6010009
- Gunton, J. E., & Girgis, C. M. (2018). Vitamin D and muscle. *J Bone reports*, 8, 163-167. doi:https://doi.org/10.1016/j.bonr.2018.04.004
- Gurian, M. (2010). *Boys and girls learn differently! A guide for teachers and parents*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Hamilton, R. T., Shultz, S. J., Schmitz, R. J., & Perrin, D. H. (2008). Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of athletic training*, 43(2), 144-151. doi:https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.2.144
- Hart, P. D. (2018). Multivariate Analysis of Vertical Jump Predicting Health-related Physical Fitness Performance. *American Journal of Sports Science Medicine Science in Sports Exercise*, 6(4), 99-105.
- Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J., & Myer, G. D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 5(4), 234.

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

- Higashi, T., Shibayama, Y., Fuji, M., & Shimada, K. (2008). Liquid chromatography–tandem mass spectrometric method for the determination of salivary 25-hydroxyvitamin D 3: a noninvasive tool for the assessment of vitamin D status. *Analytical bioanalytical chemistry*, 391(1), 229-238.
- Hopkins, W. G. (2002). A scale of magnitudes for effect statistics. *A new view of statistics*, 502, 411.
- Jones, P. A., & Bampouras, T. M. (2010). A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 24(6), 1553-1558. doi:10.1519/JSC.0b013e3181dc4392
- Koundourakis, N. E., Androulakis, N. E., Malliaraki, N., & Margioris, A. N. (2014). Vitamin D and exercise performance in professional soccer players. *PLoS One*, 9(7), e101659.
- Kramer, T. A., Sacko, R. S., Pfeifer, C. E., Gatens, D. R., Goins, J. M., & Stodden, D. F. (2019). The association between the functional movement screen, y-balance test, and physical performance tests in male and female high school athletes. *International journal of sports physical therapy*, 14(6), 911.
- Krzywański, J., Pokrywka, A., Młyńczak, M., & Mikulski, T. (2020). Is vitamin D status reflected by testosterone concentration in elite athletes?. *Biology of sport*, 37(3), 229. doi:10.5114/biol sport.2020.95633
- Łagowska, K. (2018). The relationship between vitamin D status and the menstrual cycle in young women: a preliminary study. *Nutrients*, 10(11), 1729. doi:https://doi.org/10.3390/nu10111729
- Li, Y., Wang, L., & Li, F. (2021). A data-driven prediction approach for sports team performance and its application to National Basketball Association. *Omega*, 98, 102123. doi:https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.102123
- Lovell, G. (2008). Vitamin D status of females in an elite gymnastics program. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(2), 159-161. doi:10.1097/JSM.0b013e3181650eee

- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13–15 years. *European journal of applied physiology*, 91(5), 555-562. doi:<https://doi.org/10.1007/s00421-003-0995-z>
- Montero-García, J. M. (2017). Vitamina D y sus implicaciones en estados de salud y enfermedad del ser humano. *Repertorio Científico*, 20(1), 75-81. doi:<https://doi.org/10.22458/rc.v20i1.2435>
- Moxley, J. H., & Towne, T. J. (2015). Predicting success in the national basketball association: Stability & potential. *Psychology of Sport Exercise*, 16, 128-136. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.07.003>
- Owens, D. J., Allison, R., & Close, G. L. (2018). Vitamin D and the athlete: current perspectives and new challenges. *Sports medicine*, 48(1), 3-16.
- Pérez González, E., Santos Rodríguez, F., & Coto García, E. (2009). Homeostasis del magnesio: Etiopatogenia, clínica y tratamiento de la hipomagnesemia. A propósito de un caso. *Nefrología*, 29(6), 518-524.
- Pludowski, P., Karczmarewicz, E., Bayer, M., Carter, G., Chlebna-Sokół, D., Czech-Kowalska, J., . . . Franek, E. (2013). Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficits in Central Europe—recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency. *Endokrynologia Polska*, 64(4), 319-327. doi:<https://doi.org/10.5603/EP.2013.0012>
- Puente-Yagüe, M., Collado-Yurrita, L., Ciudad-Cabañas, M., & Cuadrado-Cenzual, M. (2020). Role of vitamin D in athletes their performance: Current concepts and new trends. *Nutrients*, 12, 579.
- Quintero, J. S. (2018). Rendimiento deportivo y su relación con la ingesta calórica de atletas universitarios. *Revista de Investigación Académica Sin Frontera: División de Ciencias Económicas y Sociales*, (21). doi:<https://doi.org/10.46589/rdiasf.v0i21.77>

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

- Redondo, R. B., Fernández, C. J. C., de Teresa Galván, C., del Valle Soto, M., Bonafonte, L. F., Gabarra, A. G., . . . Gil-Antuñano, N. P. (2019). Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte-2019. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 36(1), 1-114.
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Traditional vs. sport-specific vertical jump tests: reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 31(1), 196-206. doi:10.1519/JSC.0000000000001476
- Salamanca, L., Vásquez, A. O., Romero, C. C., & Obando, F. S. (2017). Valores séricos de ácido fólico en un grupo de pacientes mayores de 18 años de edad en un hospital de alta complejidad. *Universitas Médica*, 58(1).
- Sánchez, F., & Gómez, A. (2009). Epidemiología de las lesiones deportivas en baloncesto. *Cuadernos de psicología del deporte*, 9, 61-61.
- Sato, Y., Iwamoto, J., Kanoko, T., & Satoh, K. (2005). Low-dose vitamin D prevents muscular atrophy and reduces falls and hip fractures in women after stroke: a randomized controlled trial. *Cerebrovascular diseases*, 20(3), 187.
- Scanlan, A., Dascombe, B., & Reaburn, P. (2011). A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *Journal of sports sciences*, 29(11), 1153-1160. doi:https://doi.org/10.1080/02640414.2011.582509
- Sempionatto, J. R., Brazaca, L. C., García-Carmona, L., Bolat, G., Campbell, A. S., Martin, A., . . . Kim, J. (2019). Eyeglasses-based tear biosensing system: Non-invasive detection of alcohol, vitamins and glucose. *Biosensors Bioelectronics*, 137, 161-170. doi:https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.04.058
- Tardy, A.-L., Pouteau, E., Marquez, D., Yilmaz, C., & Scholey, A. (2020). Vitamins and minerals for energy, fatigue and cognition: a narrative review of the biochemical



- and clinical evidence. *Nutrients*, 12(1), 228.  
doi:<https://doi.org/10.3390/nu12010228>
- Tipton, K., & Van-Loon, L. (2011). Suplementos de vitamina D en los atletas. Estrategia de asesoramiento nutricional para modular la eficiencia del entrenamiento,(75), 21-27.
- Todd, J. J., Pourshahidi, L. K., McSorley, E. M., Madigan, S. M., & Magee, P. J. (2015). Vitamin D: recent advances and implications for athletes. *Sports medicine*, 45(2), 213-229.
- Torres-Unda, J., Zarrasquin, I., Gravina, L., Zubero, J., Seco, J., Gil, S. M., . . . Irazusta, J. (2016). Basketball performance is related to maturity and relative age in elite adolescent players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 30(5), 1325-1332.
- Valtuna, J., Gracia-Marco, L., Vicente-Rodriguez, G., Gonzalez-Gross, M., Huybrechts, I., Rey-Lopez, J., . . . Martínez, A. D. (2012). Vitamin D status and physical activity interact to improve bone mass in adolescents. The HELENA Study. *Osteoporosis International*, 23(8), 2227-2237.
- Valverde, C. N., & Gómez, J. M. Q. (2015). Vitamina D, determinante de la salud ósea y extra ósea; importancia de su suplementación en la leche y derivados. *Nutrición Hospitalaria*, 31(2), 18-25.
- Vázquez, F. (2018). *El entrenamiento de la fuerza explosiva en el baloncesto* (Tesis Doctoral publicada). Universidad de Holguín, Cuba.
- Veach, M. K. (2018). Pre-season Vitamin D and Iron Levels as a Predictor of Musculoskeletal Injury in Division I Athletes.
- Wang, T.-T., Tavera-Mendoza, L. E., Laperriere, D., Libby, E., Burton MacLeod, N., Nagai, Y., . . . Zhang, R. (2005). Large-scale in silico and microarray-based identification of direct 1, 25-dihydroxyvitamin D3 target genes. *Molecular endocrinology*, 19(11), 2685-2695. doi:<https://doi.org/10.1210/me.2005-0106>

*Hypovitaminosis D in Young Basketball Players:  
Association with Jumping and Hopping Performance  
Considering Gender*

- Ward, K. A., Das, G., Berry, J. L., Roberts, S. A., Rawer, R., Adams, J. E., & Mughal, Z. (2009). Vitamin D status and muscle function in post-menarchal adolescent girls. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 2(94), 559-563. doi:<https://doi.org/10.1210/jc.2008-1284>
- Williams, M., Squillante, A., & Dawes, J. (2017). The Single Leg Triple Hop for Distance Test. *Strength Conditioning Journal*, 39(3), 94-98. doi:[10.1519/SSC.0000000000000304](https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000304)
- Willis, K. S., Peterson, N. J., & Larson-Meyer, D. E. (2008). Should we be concerned about the vitamin D status of athletes?. *International journal of sport nutrition exercise metabolism*, 18(2), 204-224. doi:<https://doi.org/10.1123/ijsnem.18.2.204>
- Yin, K., & Agrawal, D. (2014). Vitamin D and inflammatory diseases. *Journal of inflammation research*, 7, 69.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male basketball players—A review of observational and experimental studies. *Journal of science medicine in sport*, 13(3), 332-339. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.02.009>

## **CAPÍTULO 6**

### **Estudio 3: Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un entrenamiento online en jóvenes jugadores de baloncesto confinados por COVID-19**

Borja Ricart Luna, Pablo Monteagudo, Víctor Pérez-Puchades, Ana  
Cordellat, Ainoa Roldán y Cristina Blasco-Lafarga

*Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*

DOI: <https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.83011>



## **Resumen**

El cierre de centros deportivos y suspensión de entrenamientos y competiciones provocadas por la COVID-19 conllevó una merma importante en la actividad física de los deportistas de alto rendimiento. El objetivo de este estudio fue conocer si un programa de entrenamiento supervisado online, orientado a la fuerza, fue capaz de mejorar la altura y potencia en el salto, y mitigar los efectos de la cuarentena en la agilidad. 51 jugadores de baloncesto de élite en formación ( $72.74 \pm 13.30$  kg;  $1.85 \pm .10$  m), fueron divididos según categoría de edad (Infantil (U-14): 20 jugadores,  $13.45 \pm .51$  años; Cadete (U-16): 22 jugadores,  $15.59 \pm .50$  años; y Junior (U-18): 9 jugadores,  $17.00 \pm .50$  años) y evaluados de composición corporal, fuerza explosiva (test de salto Abalakov, bilateral y unilateral) y agilidad (test V-Cut). Peso y BMI se vieron negativamente afectados. La fuerza explosiva mejoró tras la intervención ( $p < .001$ ) en todas las variables y categorías, mientras la agilidad empeoró significativamente ( $p < .001$ ), confirmando que la falta de espacio para realizar desplazamientos y la ausencia de orientación perceptiva-cognitiva en el entrenamiento son limitaciones determinantes, con peores consecuencias cuando aumenta la edad. La cuarentena obligatoria puede (y debe) verse como una oportunidad para el desarrollo de habilidades físicas básicas como la fuerza (prestando especial atención a las cargas de entrenamiento), siempre que se realice después un trabajo planificado y específico de reinserción al juego. Los preparadores físicos deben prestar especial atención a las cargas en un confinamiento, pues pueden ser insuficientes para deportistas más capaces y formados.

Palabras clave: agilidad, fuerza explosiva, salto vertical, especificidad, test físicos.

## **Introducción**

La crisis sanitaria mundial consecuencia del virus SARS-CoV-2, que produce la enfermedad conocida como COVID-19 (Zu et al., 2020), ha supuesto un cambio en el día a día de la población, sin ser los deportistas de alto rendimiento una excepción. En España las medidas para contener su propagación pasaron por un confinamiento total que llevó al cierre de centros deportivos y, por tanto, a la suspensión de entrenamientos y competiciones, generando una situación de inactividad deportiva y una merma importante en la actividad física global de los jugadores. Este periodo de inactividad prolongada, asociado a una reducción significativa de la capacidad fisiológica y de rendimiento (Bompa y Buzzichelli, 2018), favorece una situación similar a la del periodo de desentrenamiento, definido por Mujika y Padilla (2000) como pérdida parcial o completa de adaptaciones inducidas por el entrenamiento en respuesta a un estímulo de entrenamiento insuficiente.

Autores como Zhang, Zhang, Li y Chen (2018) afirman que estos periodos prolongados producen una atrofia muscular junto a una pérdida de fuerza, provocada entre otros por una reducción del tamaño de las fibras musculares (especialmente en las fibras rápidas). Más concretamente, se ha demostrado que esta disminución en el tamaño y la función muscular se traduce en una reducción de entre el 7% y el 12% en la producción de fuerza en atletas de deportes de equipo tras un periodo de inactividad de 8 a 12 semanas (Jukic et al., 2020). Además, algunos estudios han estimado que, por cada semana de inactividad deportiva, se produce una pérdida del 10% en el estado físico general (Varandas, Medina, Gómez y Della Villa, 2017), y otros autores señalan que tres semanas de inactividad son suficientes para provocar una reducción significativa en el salto vertical, la resistencia aeróbica y la capacidad anaeróbica (Atay y Kayalarli, 2013). Todos estos cambios relacionados con la pérdida de masa y fuerza muscular hacen que aumente en gran medida la probabilidad de sufrir una lesión muscular (Timmins et al., 2016), lo que puede significar una pérdida importante de la forma física o rendimiento en el deportista.

Frente a ello, diversos trabajos han demostrado que un programa de mantenimiento puede paliar las pérdidas de los valores de fuerza explosiva tras desentrenamiento, lo que puede ayudar de mitigar estos efectos (Santos y Janeira, 2009). De hecho, parece ser que 3 sesiones de fuerza de una duración de 50 minutos cada una de ellas puede evitar los efectos del desentrenamiento en periodos como la post-temporada (Rønnestad, Hansen, y Raastad, 2010a). Y otros estudios sugieren que dos entrenamientos de fuerza a la semana podrían ser suficientes para mantener los niveles de esta variable en atletas bien entrenados (Rønnestad, Hansen y Raastad, 2010b). Así pues, parece que un programa de estas características podría evitar un desentrenamiento crónico, minimizando la pérdida de rendimiento en el momento del retorno a la competición. La programación de ejercicio durante el confinamiento ocasionado por la COVID-19 debiera entonces ajustarse progresivamente y en función de las características del parón deportivo, con el fin de mantener los niveles de fuerza, y reduciendo además la probabilidad de cualquier impacto negativo en el sistema inmunológico (Woods et al., 2020).

Por otro lado, el rendimiento en el baloncesto viene marcado por una interacción constante de diferentes variables condicionales (fuerza explosiva, resistencia aeróbica-anaeróbica, velocidad acíclica, agilidad con y sin balón) (García-Gil et al., 2018). Además, el juego real implica exigencias perceptivo-motrices difícilmente reproducibles para un jugador confinado. Así, investigaciones sobre las demandas físicas en este deporte sugieren que las dos variables más importantes en los jugadores son la agilidad (para realizar deceleraciones y cambios de dirección en el menor tiempo posible); y la potencia (necesaria tanto para las aceleraciones como para los saltos) (Svilar, Castellano y Jukic, 2019), siendo la primera una cualidad mixta altamente perceptiva. En cuanto a la tipología del esfuerzo, predominan acciones unilaterales y explosivas (Fort-Vanmeerhaeghe, Gual, Romero-Rodríguez y Unnitha, 2016), cuyas demandas son diferentes dependiendo de la categoría formativa (edad), y el nivel de juego (Abdelkrim, Fazaa y Ati, 2007), que también son más difíciles de simular.

En este escenario, mientras se conoce la merma de fuerza asociada a periodos de desentrenamiento y la forma en que se compensan gracias a programas de acondicionamiento físico / mantenimiento, sabemos menos de las consecuencias del

*Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un entrenamiento online en jóvenes jugadores de baloncesto confinados por COVID-19*

desentrenamiento y el efecto de estos programas sobre la agilidad. Tan sólo recientemente se ha demostrado que los efectos del confinamiento también afectan a la agilidad en una muestra pequeña de jugadores de baloncesto jóvenes en formación (Salazar, Svilar, Garcia, González-Lago y Castellano, 2020). Hasta donde sabemos, tampoco se han estudiado estos efectos de desentrenamiento / reentrenamiento en ambas cualidades en relación con la edad, considerando los primeros años de formación de estos jugadores de élite.

Por todo ello, el objetivo de este estudio fue conocer cómo un programa de entrenamiento a distancia orientado a la fuerza explosiva durante el período de confinamiento causado por la COVID-19, afectó a la potencia y la altura del salto en jugadores de baloncesto de élite en formación. Además, se evaluó el impacto que tuvo dicho programa en otras variables determinantes en el baloncesto como la agilidad. Se hipotetizó que dicho programa podría ser efectivo a la hora de mejorar las variables relacionadas con el salto independientemente de la categoría formativa de los jugadores. A pesar de la orientación condicional del programa, también se hipotetizó que un entrenamiento a distancia conteniendo cargas explosivas y unilaterales podría ser suficiente para contener las pérdidas en la agilidad.

## **Material y métodos**

### *Participantes*

Un total de 51 jugadores de baloncesto de alto rendimiento en formación, pertenecientes a la cantera de un equipo de la liga Endesa (Primera división española) participaron en el estudio. Los deportistas se agruparon en función de la categoría formativa: 20 jugadores de categoría infantil (U-14), 22 jugadores cadete (U-16) y 9 jugadores junior (U-18).

Todos los participantes (así como sus padres y/o tutores legales), fueron informados sobre los procedimientos de la investigación, y firmaron un consentimiento informado (H1553774899546), acorde a la Declaración de Helsinki



### *Diseño experimental*

Este estudio no experimental, cuantitativo y de carácter longitudinal (pre-post) se llevó a cabo durante 4 meses. Cuatro días previos a la declaración de cese total de toda actividad se realizó una evaluación a través de una batería de pruebas físicas. Durante la vigencia de este estado de “alarma”, los participantes siguieron un plan de entrenamiento supervisado a distancia, y 12 semanas después, de acuerdo con el final de la cuarentena obligatoria se volvieron a someter a una segunda evaluación con la misma batería de pruebas. Todas las pruebas fueron realizadas en una pista de baloncesto cubierta, en las instalaciones del club. Las condiciones ambientales estuvieron controladas (22-24°C), y los horarios fueron siempre los mismos. Además, se cumplieron todas las medidas de seguridad necesarias marcadas por el Ministerio de Sanidad del Gobierno de España, para la práctica deportiva. No se realizó sesión de familiarización, ya que los participantes habían realizado al menos una vez estas mismas pruebas a lo largo de la temporada.

### *VARIABLES DE ESTUDIO E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN*

En cuanto al protocolo en ambos momentos de evaluación, en primer lugar, se tomaron medidas del peso y altura mediante una báscula (SECA 769, Hamburgo, Alemania) y un tallímetro (SECA, Hamburgo, Alemania). Y seguidamente, divididos en grupos de siete, los jugadores realizaron un calentamiento estandarizado de ocho minutos que consistió en: trote, estiramientos dinámicos, ejercicios de fuerza de miembros inferiores, pliometría y carrera de alta intensidad con cambios de dirección.

A continuación, los jugadores fueron evaluados de la fuerza explosiva, mediante el test Abalakov (Rodríguez-Rosell, Mora-Custodio, Franco-Márquez, Yáñez-García y González-Badillo, 2017), que consistió, en primer lugar, en la realización de tres saltos, con ambas piernas (AP). Una vez finalizado, se realizó el test de forma unilateral, y todos los participantes saltaron primero con la pierna derecha (PD) y luego con la izquierda

*Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un entrenamiento online en jóvenes jugadores de baloncesto confinados por COVID-19*

(PI). En todos los casos (AP, PD y PI) el tiempo de descanso entre saltos fue de dos minutos por intento (González, Moreno-Arrones, Bretones y de Villarreal Sáez, 2018). Se obtuvo la altura de vuelo (cm) y la potencia (W), considerando el mejor salto de los tres para el análisis final (Holt y Lambourne, 2008). Los saltos fueron registrados por una plataforma de contacto Chronojump (Boscossystem®, Barcelona, España).

Por último, se midió la agilidad mediante el test V-Cut de Gonzalo-Skok et al. (2015). El test consiste en realizar un circuito de 25 m (5\*5m) con cuatro cambios de dirección de 45 grados, en el menor tiempo posible. Cada jugador efectuó dos intentos, con un descanso de tres minutos entre ellos, midiéndose la ejecución del test mediante células fotoeléctricas Microgate Witty (Microgate Italy, Bolzano, Italy). Se utilizó el mejor registro para su posterior análisis (Gonzalo-Skok et al., 2015).

*Programa de entrenamiento online*

Se desarrolló un sistema de trabajo a distancia, donde los jugadores se conectaban mediante videollamada para realizar las sesiones de entrenamiento físico, supervisado por los investigadores y entrenadores. Durante las 12 semanas que duró el confinamiento se realizaron cuatro sesiones vespertinas por semana (lunes, martes, jueves y viernes), con 50 minutos efectivos repartidos en los bloques de activación, parte central y enfriamiento. Durante todos los bloques de la sesión, la dificultad/series/repeticiones de los ejercicios fue adaptada en función del grupo de edad (Jordán, López y del Campo, 2002). Además, gran parte de los jugadores tuvieron que adaptar los ejercicios en función del material de fitness del que disponían en casa debido a la situación de aislamiento, por lo que la mayoría de ejercicios fueron realizados utilizando como carga el propio peso corporal.

Siguiendo las directrices de los preparadores físicos del club, la activación tuvo una duración aproximada de 10 minutos, y se componía de diversos ejercicios de flexibilidad, equilibrio, control propioceptivo y movimientos de aterrizaje (Román et al., 2020). Dentro de este bloque diferenciamos tres subgrupos. El primero fue la movilidad articular global, donde se realizaron ejercicios de movilidad de cintura escapular, tórax, complejo lumbo-pélvico y tobillo (Vamvakoudis et al., 2007). El segundo subgrupo fueron

estiramientos dinámicos, centrados en los siguientes grupos musculares: pectoral, dorsal, flexores, extensores y rotadores de cadera (Shaji y Isha, 2009). El tercero, la propiocepción, donde se realizaron ejercicios de estabilización a una pierna (peso muerto a una pierna) y aterrizajes, con una y dos piernas (Simenz, Dugan y Ebben, 2005).

La parte central se dirigió hacia un trabajo de desarrollo/mantenimiento de la fuerza tanto de la extremidad superior como inferior. En el caso del grupo de jugadores U-14, el trabajo se centró en ejercicios con predominancia bilateral (sentadillas, hip thrust, flexiones apoyando rodillas), con un máximo de 5 ejercicios por sesión, en los cuales se realizaban 3/4 series, entre 10/12 repeticiones por serie. Todos los ejercicios fueron con propio peso corporal. Por su parte, los jugadores del grupo U-16, realizaron ejercicios con predominancia bilateral (step up, sentadilla goblet, flexiones apoyados en pared a una mano), ejecutándose entre 5-6 ejercicios por sesión, en los que se realizaban 4 series de 10/12 repeticiones. Como carga, se utilizó el propio peso corporal y botellas de agua (de 2 y 5 litros) a modo de mancuernas. En cuanto a los jugadores de la categoría U-18, hubo una predominancia unilateral, aunque también se realizaron ejercicios de forma bilateral (peso muerto unilateral, press de hombros a una mano, elevación de cadera a una y dos piernas). En este grupo se llevaron a cabo un máximo de 6 ejercicios por sesión, en los cuales se realizaban 5 series por ejercicio de 10 a 12 repeticiones utilizándose el propio peso corporal y mancuernas (de hasta 12 kg).

En todos los grupos, se realizó además una parte de trabajo pliométrico, con ejercicios de saltos y caídas a una y dos piernas con diferentes frecuencias, apoyos y técnicas. El tiempo total utilizado en este segundo bloque fue de 25 minutos.

La parte final se compuso de un trabajo cardiovascular mediante entrenamiento interválico de alta intensidad. Los ejercicios que componían este entrenamiento simulaban patrones específicos del deporte (aceleraciones, deceleraciones, saltos...), caracterizados por esfuerzos de 15 a 40 segundos intercalados con períodos de recuperación pasiva de 2 a 4 minutos (Buchheit y Laursen, 2013). Se utilizaron diferentes ratios de trabajo 1:1, 1:2, 2:1, (Schelling y Torres-Ronda, 2013), cronológicamente y en ese mismo orden. Así cada sesión implicaba un solo tipo de esfuerzo (ratio) pero se garantizaba la variación de estímulos dentro de la misma semana, según el modelo de

*Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un  
entrenamiento online en jóvenes jugadores de  
baloncesto confinados por COVID-19*

periodización ondulante. La intensidad del entrenamiento se controló a través de la escala de esfuerzo percibido 6-20 (Feriche, Chiroso y Chiroso, 2002), con intensidades cercanas al 15 en las zonas de trabajo y a 10 en la recuperación activa. La duración total del bloque fue de 15 minutos.

*Análisis estadístico*

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 25.0 para Windows (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA). Los análisis descriptivos se expresaron a través del valor de la media y la desviación estándar (Media; DE).

Tras comprobar el supuesto de normalidad (Kolmogorov-Smirnov), se realizó un ANOVA mixto con medidas repetidas en el factor intervención (diseño pre-post para analizar los cambios producidos en las variables de rendimiento considerando el efecto del entrenamiento y la inactividad; y el resultado de la interacción intervención x grupo. Las pruebas de efectos intra-sujetos en un primer nivel, seguidas de las pruebas post-hoc de Bonferroni, se realizaron fijando la significación estadística en  $p \leq .050$ . Posteriormente, para homogeneizar y analizar estos cambios, se calculó el tamaño del efecto (ES) considerándose pequeño ( $d = .20 - .40$ ), mediano ( $d = .50 - .70$ ) o grande ( $d = .80 - 2.0$ ) según Cohen (2013).

## Resultados

La tabla 1 incluye las características de los participantes al inicio de la investigación.

**Tabla 1**  
Características de la muestra

		Todos n=51		U-14 n=20		U-16 n=22		U-18 n=9	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
<b>Características antropométricas</b>	<i>Edad (años)</i>	15.00	1.44	13.45	.51	15.59	.50	17.00	.50
	<i>Peso (kg)</i>	72.74	13.30	65.38	13.29	76.71	12.70	79.38	5.86
	<i>Altura (m)</i>	1.85	.10	1.77	.09	1.89	.08	1.92	.03
	<i>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</i>	20.95	2.11	20.44	2.07	21.24	2.34	21.38	1.45
<b>Posición</b>	<i>Pivot (%)</i>	14 (27.5)		3 (15.0)		6 (27.3)		2 (22.2)	
	<i>Alero (%)</i>	11 (21.6)		4 (20.0)		4 (18.2)		3 (33.3)	
	<i>Escolta (%)</i>	7 (13.7)		1 (5.0)		3 (13.6)		3 (33.3)	
	<i>Base (%)</i>	14 (27.5)		7 (35.0)		6 (27.3)		1 (11.1)	
	<i>Ala pivot (%)</i>	8 (15.7)		5 (25.0)		3 (13.6)		-	
<b>Pierna dominante</b>	<i>PD (%)</i>	42 (82.4)		17 (85.0)		19 (86.4)		6 (66.7)	
	<i>PI (%)</i>	9 (17.6)		3 (15.0)		3 (13.6)		3 (33.3)	

En cuanto a los cambios producidos por la intervención en el peso e IMC, la prueba de efectos intra-sujetos muestra diferencias significativas ( $p < .050$ ) en ambos casos para el factor intervención, pero no para la interacción intervención x grupo. Por su parte, la altura sí mostró diferencias significativas ( $p < .001$ ) tanto para el factor intervención como para la interacción de ambos factores (intervención x grupo). Concretamente, los análisis post-hoc de Bonferroni muestran cómo los 3 grupos aumentan de manera significativa el peso durante el confinamiento (U-14:  $65.38 \pm 13.29$  kg vs  $69.35 \pm 13.78$  kg; U-16:  $76.71$

*Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un  
entrenamiento online en jóvenes jugadores de  
baloncesto confinados por COVID-19*

$\pm 12.70$  kg vs  $78.29 \pm 11.27$  kg; U-18:  $79.38 \pm 5.86$  kg vs  $82.30 \pm 6.41$  kg), mientras que la altura sólo aumenta significativamente en los grupos U-14 ( $1.77 \pm .09$  m vs  $1.80 \pm .09$  m) y U-16 ( $1.89 \pm .08$  m vs  $1.90 \pm .08$  m). Por lo que respecta al IMC, se produce un aumento significativo solo en los grupos U-14 ( $20.44 \pm 2.07$  kg/m<sup>2</sup> vs  $21.14 \pm 2.34$  kg/m<sup>2</sup>) y U-18 ( $21.38 \pm 1.45$  kg/m<sup>2</sup> vs  $22.19 \pm 1.82$  kg/m<sup>2</sup>).

Respecto a los cambios producidos durante el período de confinamiento en las variables de rendimiento, los resultados de la prueba de efectos intra-sujetos muestran un efecto significativo de la intervención para la potencia (AP:  $F = 108.721$ ,  $p < .001$ ,  $p^2 = .694$ ; PD:  $F = 34.440$ ,  $p < .001$ ,  $p^2 = .418$ ; PI:  $F = 53.064$ ,  $p < .001$ ,  $p^2 = .525$ ), la altura de vuelo (AP:  $F = 79.760$ ,  $p < .001$ ,  $p^2 = .624$ ; PD:  $F = 28.248$ ,  $p < .001$ ,  $p^2 = .370$ ; PI:  $F = 39.101$ ,  $p < .001$ ,  $p^2 = .449$ ) y la agilidad ( $F = 62.897$ ,  $p < .001$ ,  $p^2 = .567$ ). La interacción intervención x grupo solo mostró un efecto significativo para la potencia en la pierna izquierda ( $F = 5.494$ ,  $p = .007$ ,  $p^2 = .186$ ).

Los análisis de post-hoc de Bonferroni (tabla 2) muestran un aumento significativo ( $p < .050$ ) de la fuerza tras la intervención en todas las variables y categorías formativas. Solo la altura del salto en la pierna derecha para el grupo U-18 no mostró mejoras significativas ( $p = .097$ ). Las diferencias significativas ( $p < .001$ ) que de partida existían en la potencia del salto con la pierna izquierda entre los grupos U-14 y U-18, y entre U-16 y U-18, se mantuvieron en la evaluación post.

**Tabla 2**

Efecto del programa de entrenamiento online supervisado durante el estado de alarma por COVID-19 en la fuerza explosiva y la agilidad. Media, Desviación y Tamaño del efecto. Los asteriscos señalan el resultado de las comparaciones post-hoc de Bonferroni.

	U-14 (n=20)			U-16 (n=22)			U-18 (n=9)		
	PRE Media ± DE	POST Media ± DE	ES	PRE Media ± DE	POST Media ± DE	ES	PRE Media ± DE	POST Media ± DE	ES
<b>Fuerza</b>									
<b>extremidad inferior</b>									
<i>Ambas piernas</i>	766.40 ± 170.47	899.11 ± 179.41**	.76	1017.87 ± 152.61	1107.51 ± 178.05**	.54	1118.42 ± 63.36	1233.60 ± 86.54**	1.52
<i>Pierna derecha</i>	28.97 ± 5.19	36.53 ± 6.35**	1.23	37.84 ± 5.97	43.29 ± 6.49**	.87	42.84 ± 5.53	48.01 ± 4.89**	.99
<i>Pierna izquierda</i>	579.52 ± 123.84	669.74 ± 128.79**	.71	775.69 ± 121.95	831.21 ± 121.45**	.46	877.37 ± 78.50	929.40 ± 96.72*	.59
<i>Ambas piernas</i>	16.38 ± 2.54	20.24 ± 4.40**	1.07	21.81 ± 5.02	24.92 ± 4.49**	.65	25.61 ± 2.97	27.73 ± 3.85†	.62
<i>Pierna derecha</i>	549.71 ± 137.37 <sup>a</sup>	666.14 ± 118.19** <sup>b</sup>	.91	811.83 ± 138.51 <sup>a</sup>	859.61 ± 139.27 <sup>b</sup>	.34	885.08 ± 73.45	947.96 ± 77.94*	.83
<i>Pierna izquierda</i>	15.55 ± 4.12	19.88 ± 3.38**	1.15	23.76 ± 5.46	26.35 ± 5.45**	.47	26.20 ± 2.96	28.36 ± 3.34*	.68
<b>Agilidad</b>									
V-CUT (s)	7.25 ± .33	7.56 ± .31**	.80	6.63 ± .22	6.94 ± .35**	1.06	6.39 ± .27	6.76 ± .27**	1.32

\*\* $p < .001$ ; \* $p < .050$ ; † $p < .100$ ; a=diferencia significativa con U-18 en el PRE ( $p < .001$ ); b=diferencia significativa con U-18 en el POST ( $p < .001$ ); ES: tamaño del efecto.

## **Discusión**

El principal objetivo del estudio fue comprobar la incidencia de un programa de acondicionamiento físico supervisado y a distancia, adaptado a una situación excepcional como la cuarentena obligatoria, sobre la agilidad y la fuerza explosiva de un grupo de jóvenes jugadores de baloncesto de élite en formación. Estudios previos han estudiado los efectos del desentrenamiento o de una reducción del entrenamiento por lesión (Bosquet et al., 2013; Sousa et al., 2019), pero existen pocos precedentes sobre los efectos del confinamiento estricto en el deporte. Nuestros datos muestran cómo, después de 12 semanas, los jugadores han mejorado los niveles de fuerza explosiva en la extremidad inferior. Sin embargo, el programa de entrenamiento llevado a cabo en los domicilios no ha sido suficiente para mejorar, ni siquiera mantener, los niveles previos de agilidad.

Como principal hallazgo, nuestros deportistas obtuvieron mejoras significativas tanto en altura como en potencia del salto en todos los grupos de edad ( $p < .050$ ). Se confirma que el trabajo con el propio cuerpo es efectivo en la mejora de la fuerza explosiva en las primeras etapas de formación de estos jugadores, tal y como se esperaba. La fuerza explosiva y la potencia son capacidades físicas que determinan el rendimiento del jugador de baloncesto (Stojanovic, Calleja-Gonzalez, Ostojic, Milosevic y Mikic, 2014; Vaquera, Rodríguez, Hernández y Seco, 2003), ya que la mejora en habilidades como el salto está condicionada a este tipo de trabajo.

Cabe señalar que, en los deportes de equipo, el calendario anual es muy exigente, con pocos períodos (o períodos muy cortos) de recuperación completa. La cuarentena llegó cuando los jugadores se encontraban en la parte final de la temporada (ya llevaban más de 7 meses entrenando), por lo que se presupone cierto nivel de fatiga. En este sentido, la reducción de fatiga gracias a la inactividad podría ser un motivo del incremento en las variables del salto, ya que esta habilidad se ve afectada por la fatiga tanto a corto como a largo plazo (Moreno, 2020). Sin embargo, esta cuarentena se afrontó no solo como una oportunidad de descanso (Silva, Brito, Akenhead y Nassis, 2016), sino como una oportunidad para el desarrollo de ciertas habilidades físicas básicas para las cuales un atleta en deportes de equipo no tiene suficiente tiempo bajo el régimen de periodización regular, al igual que sucede en los períodos de transición o de fuera de temporada (Jukic



et al., 2020). Además, en este caso, los jugadores habían ganado peso significativamente, y a pesar de ello mejoraron la variable de rendimiento altura del salto, confirmando el papel del entrenamiento en su mejora.

Especialmente importante parece haber sido el trabajo desarrollado en la categoría formativa más joven (U-14), ya que presenta tamaños del efecto mayores en todas las variables de fuerza. Así pues, y en concordancia con investigaciones previas, un programa de acondicionamiento físico durante un período de reducción de la movilidad es capaz de mantener o incluso mejorar respuestas neurales y de rendimiento logradas anteriormente (Mujika, 1998). Nuevos estudios deberán resolver si la forma de U encontrada en los tamaños del efecto, con menores mejoras en el grupo U-16 frente a U-14 y U-18, puede relacionarse con la mayor tasa de cambio corporal que pueda darse en estas edades (Díaz-Sánchez, 2009; Izquierdo y Ibáñez, 2017), teniendo como consecuencia una mayor dificultad para gestionar su cuerpo y optimizar la coordinación necesaria en el salto. De hecho, nuestros resultados muestran cómo el grupo U-16 fue el único que no mostró diferencias significativas durante la intervención en el IMC, aunque sí en el peso y la altura. El cambio corporal podría estar también detrás de las mejoras unilaterales, donde atendiendo al tamaño del efecto, U-14 y U-18 mejoraron más en la pierna izquierda, cosa que no fue así en el grupo U-16. Estos cambios podrían deberse a la influencia de otras variables que este estudio no ha tenido en cuenta como por ejemplo el efecto de la pierna dominante. En concordancia con otros estudios (Carvalho et al., 2011), pues, se destaca la importancia de tener en cuenta las diferencias de tamaño corporal al interpretar los cambios en el rendimiento a corto plazo en jugadores de baloncesto adolescentes.

Por otro lado, a pesar de que la fuerza explosiva tiene una correlación significativa con la agilidad (Sassi et al., 2009), el rendimiento en la agilidad fue significativamente menor ( $p < .050$ ) en todos los grupos de edad tras finalizar el período de cuarentena, contrariamente a lo hipotetizado. Aunque una mayor aplicación de fuerza es un resultado directo de una mayor activación muscular durante el movimiento, algunos estudios señalan que la importancia de la interacción de la fuerza de la parte inferior del cuerpo para el rendimiento de la agilidad parece verse reducida al tratarse de un proceso perceptivo-cognitivo (Spiteri et al., 2014). Así, los factores determinantes del rendimiento

de agilidad parecen estar ligados a la capacidad del atleta para extraer e identificar señales y decidir la dirección apropiada del movimiento. Por lo tanto, el hecho de no poder realizar desplazamientos similares a los que suceden en el contexto real de juego es determinante en el rendimiento de la agilidad, y por consiguiente el programa de entrenamiento online no ha sido suficiente para mitigar los efectos de la cuarentena en esta variable.

Estudios recientes sobre estos mismos efectos del confinamiento producido por la COVID-19 en la agilidad, han encontrado pérdidas en jugadores de baloncesto cercanas al 10% al realizar el Lane Agility Test (Salazar et al., 2020). En nuestro caso, las pérdidas sufridas en esta variable (evaluada a través del V-Cut) han sido algo menores, oscilando entre el 4% y el 6% en función de la categoría formativa. Aunque el trabajo unilateral puede ser un factor importante, de nuevo hacen falta más estudios para conocer si la diferencia porcentual en las pérdidas se relaciona con el tipo de test o con el programa de entrenamiento.

De la misma forma, el tamaño del efecto (ES) obtenido en los diferentes grupos también muestra cómo a medida que aumenta la edad (categoría formativa), las pérdidas en la agilidad son mayores, a pesar del programa de entrenamiento seguido (U-14: .80; U-16: 1.06; U-18: 1.32). Algunos estudios han mostrado cómo el entrenamiento pliométrico es un método efectivo en la mejora de la agilidad (Ramírez-Campillo et al., 2015; Ramírez-Campillo et al., 2014; Söhnlein, Müller y Stöggl, 2014), pero sus adaptaciones están relacionadas con la edad (Asadi, Arazi, Ramirez-Campillo, Moran, y Izquierdo, 2017). Si bien las categorías formativas de más edad muestran mayores adaptaciones a este entrenamiento (Asadi et al., 2017), debido posiblemente a la maduración del sistema nervioso central, o al aumento de concentración de hormonas anabólicas en este período (Malina, Bouchard y Bar-Or, 2004; Rogol, Roemmich y Clark, 2002), en nuestro programa fueron los mayores los más perjudicados. En este sentido, una mayor carga de entrenamiento pliométrico en las categorías de más edad podría haber sido más efectiva a la hora de reducir estas pérdidas en agilidad, lo que debe ser tenido en cuenta por los preparadores físicos.

Tomando como base los resultados obtenidos, este estudio presenta una serie de limitaciones relacionadas con el tamaño muestral, ya que el grupo U-18 contó con la mitad de participantes que el resto, lo que impide, en parte, la generalización de resultados. Además, la agilidad es una manifestación compleja, por lo que incluir más de una prueba de evaluación podría haber proporcionado mayor información sobre sus respuestas. Por otra parte, la realización de test de carácter bioenergético podría haber aportado una valiosa información con la que poder contrastar el efecto del desentrenamiento en el comportamiento de diferentes tipos de variables (neuromuscular vs aeróbicas). Igualmente, hubiera sido interesante contar con una muestra de sexo femenino para observar si el programa de entrenamiento online durante la cuarentena produce el mismo efecto. Por último, la monitorización de parámetros psicofisiológicos en los momentos previos a la investigación nos hubiera permitido comprobar el estado de fatiga y poder atribuir a ésta con mayor determinación los cambios producidos en ciertas variables.

Así pues, la situación provocada por la COVID-19 ha dificultado en gran parte el trabajo de los entrenadores a la hora de crear, desarrollar y controlar las sesiones a distancia. De cara a futuras investigaciones o intervenciones similares, creemos interesante la inclusión dentro del programa de entrenamiento de ejercicios que impliquen toma de decisiones o estén dirigidos a mejorar el tiempo de reacción, ya que estas variables tienen una gran influencia en el rendimiento en baloncesto (Scanlan, Humphries, Tucker y Dalbo, 2014).

Finalmente, y de acuerdo con recientes recomendaciones (Chtourou et al., 2020), se resalta la importancia para los jugadores de élite en formación de compensar sus niveles de actividad física con otras actividades como juegos activos y desafiantes en interior, practicar nuevas habilidades motrices o seguir actividades físicas de diferente índole además del entrenamiento programado por el propio club. Esto podría ayudar a romper los comportamientos sedentarios a lo largo de la jornada ayudando a controlar el aumento de peso producido durante la cuarentena, algo que como muestran nuestros resultados, ha ocurrido durante la intervención.

### **Conclusiones**

El programa de entrenamiento online en jugadores de formación y alto rendimiento ha sido una herramienta útil para mitigar los efectos del confinamiento obligatorio ocasionado por la COVID-19, consiguiendo una mejora de la fuerza explosiva en los miembros inferiores. Los resultados presentados muestran efectos positivos sobre la fuerza en una habilidad tan importante en jugadores de baloncesto como el salto, tanto bilateral como unilateral. Sin embargo, el programa no ha conseguido mitigar los efectos de la cuarentena respecto a la agilidad, confirmando que la falta de espacio para realizar desplazamientos y la ausencia de orientación perceptiva-cognitiva en el entrenamiento son limitaciones determinantes, con peores consecuencias con el aumento de la edad.

La cuarentena obligatoria puede (y debe) verse como una oportunidad para el desarrollo de habilidades físicas básicas como la fuerza (máxima y explosiva), prestando especial atención a las cargas de entrenamiento y siempre que posteriormente se realice un trabajo planificado y específico de reinserción al juego que evite futuras lesiones.

Este trabajo contribuye a mejorar la comprensión de los efectos del confinamiento sobre las habilidades de los jugadores de baloncesto en formación, siendo una herramienta útil para entrenadores y preparadores físicos de este ámbito. Estos deben prestar especial atención a las cargas en un confinamiento, pues pueden ser insuficientes para deportistas más capaces y formados.

### **Referencias**

- Asadi, A., Arazi, H., Ramirez-Campillo, R., Moran, J., & Izquierdo, M. (2017). Influence of maturation stage on agility performance gains after plyometric training: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 31(9), 2609-2617. doi:10.1519/JSC.0000000000001994
- Atay, E., & Kayalarli, G. (2013). The effects of detraining period on female basketball team players aged 10-12. *Türk Spor ve Egzersiz Dergisi*, 15(2), 51-55.

- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2018). *Periodization: theory and methodology of training*. Champaign: Human kinetics.
- Bosquet, L., Berryman, N., Dupuy, O., Mekary, S., Arvisais, D., Bherer, L., . . . (2013). Effect of training cessation on muscular performance: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine*, 23(3), e140-e149. doi:10.1111/sms.12047
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports medicine*, 43(10), 927-954.
- Carvalho, H. M., Coelho-e-Silva, M. J., Gonçalves, C. E., Philippaerts, R. M., Castagna, C., & Malina, R. M. (2011). Age-related variation of anaerobic power after controlling for size and maturation in adolescent basketball players. *Annals of Human Biology*, 38(6), 721-727.
- Chtourou, H., Trabelsi, K., H'mida, C., Boukhris, O., Glenn, J. M., Brach, M., . . . Ammar, A. (2020). Staying Physically Active During the Quarantine and Self-Isolation Period for Controlling and Mitigating the COVID-19 Pandemic: A Systematic Overview of the Literature. *Frontiers in Psychology*, 11. doi:10.3389/fpsyg.2020.01708
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Londres: Academic press.
- Díaz-Sánchez, M. E. (2009). *Bioantropología de la nutrición. Crecimiento, maduración y desarrollo*. Habana: Editorial Ciencias Médicas.
- Ferliche, B., Chiroso, L., y Chiroso, I. (2002). Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad del entrenamiento en balonmano. *Archivos de Medicina del Deporte*, 19(91), 377-383.
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., Gual, G., Romero-Rodriguez, D., & Unnitha, V. (2016). Lower limb neuromuscular asymmetry in volleyball and basketball players. *Journal of Human Kinetics*, 50(1), 135-143. doi:10.1515/hukin-2015-0150

- García-Gil, M., Torres-Unda, J., Esain, I., Duñabeitia, I., Gil, S. M., Gil, J., y Irazusta, J. (2018) Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *Journal of Strength and Contitional Research*, 32(6), 1723-1730. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002043>
- González, J. R., Moreno-Arrones, L. J. S., Bretones, A. R., y de Villarreal Sáez, E. S. (2018). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (33), 106-111.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J., Casajus, J., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the V-cut test for young basketball players. *Int J Sports Med*, 36(11), 893-899.
- Holt, B. W., & Lambourne, K. (2008). The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 22(1), 226-229. doi:10.1519/JSC.0b013e31815f9d6a
- Izquierdo, M., y Ibáñez, J. (2017). Crecimiento y maduración del deportista joven. Aplicación para el desarrollo de la fuerza. *Revista de educación física: Renovar la teoría y practica*, (145), 47-47.
- Jordán, O. R. C., López, L. M. G., y del Campo, D. G. D. (2002). La fuerza en el currículum de la educación física escolar Un análisis del papel de la fuerza en el vitae actual desde la perspectiva del desarrollo. *Retos*(1), 37-41. doi:10.47197/retos.v0i1.35110
- Jukic, I., Calleja-González, J., Cos, F., Cuzzolin, F., Olmo, J., Terrados, N., . . . Milanovic, L. (2020). Strategies and solutions for team sports athletes in isolation due to covid-19. *Sports*, 8, 56.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign: Human kinetics.

- Moreno, S. M. (2020). La altura del salto en contramovimiento como instrumento de control de la fatiga neuromuscular: revisión sistemática. *Retos*, (37), 820-826.
- Mujika, I. (1998). The influence of training characteristics and tapering on the adaptation in highly trained individuals: a review. *International journal of sports medicine*, 19(07), 439-446. doi:10.1055/s-2007-971942
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I. *J Sports Medicine*, 30(2), 79-87.
- Ramírez-Campillo, R., Burgos, C. H., Henríquez-Olguín, C., Andrade, D. C., Martínez, C., Álvarez, C., . . . Izquierdo, M. (2015). Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 29(5), 1317-1328. doi:10.1519/JSC.0000000000000762
- Ramírez-Campillo, R., Meylan, C., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Cañas-Jamett, R., . . . Izquierdo, M. (2014). Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 28(5), 1335-1342. doi:10.1519/JSC.0000000000000284
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. (2017). Traditional vs. sport-specific vertical jump tests: reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 31(1), 196-206. doi:10.1519/JSC.0000000000001476
- Rogol, A. D., Roemmich, J. N., & Clark, P. A. (2002). Growth at puberty. *Journal of adolescent health*, 31(6), 192-200.
- Román, V. T., Ramos, D. G., Marín, D. M., Coll, J. S., Sánchez, I. B., y Gil, M. C. (2020). Análisis de la incidencia de lesiones y hábitos usados durante el calentamiento en el baloncesto femenino. *Retos*, (38), 6. doi:10.47197/retos.v38i38.74310

- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010a). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European journal of applied physiology*, 110(6), 1269-1282.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010b). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European journal of applied physiology*, 108(5), 965-975.
- Salazar, H., Svilar, L., Garcia, L., González-Lago, L., & Castellano, J. (2020). Negative Impact Of COVID-19 HomeConfinement On Physical Performance Of EliteYouth Basketball Players. *Sport Performance & Science Reports*.
- Santos, E., & Janeira, M. (2009). Effects of reduced training and detraining on upper and lower body explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 23(6), 1737-1744. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b3dc9d
- Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. J. (2009). Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1644-1651.
- Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P. S., & Dalbo, V. (2014). The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of sports sciences*, 32(4), 367-374. doi:10.1519/JSC.0000000000000458
- Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2013). Conditioning for basketball: Quality and quantity of training. *Strength Conditioning Journal*, 35(6), 89-94. doi:10.1519/SSC.0000000000000018
- Shaji, J., & Isha, S. (2009). Comparative analysis of plyometric training program and dynamic stretching on vertical jump and agility in male collegiate basketball player. *J Med Sci Sports Exerc*, 2(1), 36-46.



- Silva, J. R., Brito, J., Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). The transition period in soccer: a window of opportunity. *J Sports Medicine*, 46(3), 305-313.
- Simenz, C. J., Dugan, C. A., & Ebben, W. P. (2005). Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 19(3), 495-504.
- Söhnlein, Q., Müller, E., & Stöggel, T. L. (2014). The effect of 16-week plyometric training on explosive actions in early to mid-puberty elite soccer players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 28(8), 2105-2114. doi:10.1519/JSC.0000000000000387
- Sousa, A. C., Neiva, H. P., Izquierdo, M., Cadore, E. L., Alves, A. R., & Marinho, D. A. (2019). Concurrent training and detraining: brief review on the effect of exercise intensities. *International journal of sports medicine*, 40.
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 28(9), 2415-2423.
- Stojanovic, M., Calleja-Gonzalez, J., Ostojic, S. M., Milosevic, Z., & Mikic, M. (2014). Correlación Entre la Fuerza Explosiva, la Potencia Aeróbica y la Capacidad de Repetir Sprint en Jugadores de Baloncesto Elite. *RED: Revista de entrenamiento deportivo= Journal of Sports Training*, 28(3), 21-28.
- Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2019). Comparison of 5vs5 training games and match-play using microsensor technology in elite basketball. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 33(7), 1897-1903. doi:10.1519/JSC.00000000000002826
- Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort

- study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(24), 1524-1535. doi:10.1136/bjsports-2015-095362
- Vamvakoudis, E., Vrabas, I. S., Galazoulas, C., Stefanidis, P., Metaxas, T. I., & Mandroukas, K. (2007). Effects of basketball training on maximal oxygen uptake, muscle strength, and joint mobility in young basketball players. *Journal of strength conditioning research*, 21(3), 930.
- Vaquera, A., Rodríguez, J., Hernández, J., y Seco, J. (2003). Comparativa entre la fuerza explosiva del tren inferior y la velocidad en jugadores profesionales de baloncesto. *In Propuestas para la mejora en el proceso de formación y en el rendimiento en baloncesto* (pp. 75-80). María de la Mercedes Macías García.
- Varandas, F., Medina, D., Gómez, A., & Della Villa, S. (2017). Late Rehabilitation (On the Field). *In Injuries and Health Problems in Football* (pp. 571-579). New York: Springer.
- Woods, J., Hutchinson, N. T., Powers, S. K., Roberts, W. O., Gomez-Cabrera, M., Radak, Z., Leeuwenburgh, C. (2020). The COVID-19 Pandemic and Physical Activity. *Sports Medicine and Health Science*, 2, 55-64.
- Zhang, S., Zhang, Y., Li, B., & Chen, N. (2018). Physical inactivity induces the atrophy of skeletal muscle of rats through activating AMPK/FoxO3 signal pathway. *J Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci*, 22(1), 199-209.
- Zu, Z. Y., Jiang, M. D., Xu, P. P., Chen, W., Ni, Lu, G. M., & Zhang, L. J. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a perspective from China. *Radiology*, 200490. doi:10.1148/radiol.2020200490

# **CAPÍTULO 7**

## **Conclusiones**



A partir de los objetivos establecidos al principio de la tesis para cada uno de los trabajos, y una vez finalizadas las investigaciones, se concluyó:

**En el apartado sobre contingencias relacionadas con el ámbito psicológico y el papel de música motivante sobre el rendimiento:**

***Estudio 1 “High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players”***

En respuesta al *Objetivo general* “Confirmar si la música motivacional seleccionada por el equipo ejerce alguna influencia sobre su capacidad condicional”:

- Comprobamos que el objetivo se cumple parcialmente, pues la música altamente motivante ha sido capaz de mejorar el rendimiento en un grupo de jugadores en edades formativas bien entrenados, pero sus efectos han sido diferentes dependiendo de la capacidad condicional evaluada.

En el caso del *Objetivo específico 1* “Conocer si la música motivacional influye sobre la velocidad aeróbica máxima en un test incremental interválico”:

- La música altamente motivadora se confirma como una buena estrategia cuando los individuos necesitan afrontar un esfuerzo máximo e interválico de larga duración en el que predominan altos niveles de fatiga, como sucede en el test 30-15. Dado la similitud que tiene el test con lo que sucede en la pista a nivel condicional, el uso de la música motivante en baloncesto parece ser aconsejable.
- El efecto de distracción de la fatiga y la incomodidad relacionado con escuchar música parece aumentar cuanto mayor sea la calidad de la lista de reproducción seleccionada (es decir, una mayor tasa de motivación), lo que lleva a los jugadores bien entrenados a alcanzar mayores niveles de rendimiento.
- Cabe destacar que las preferencias musicales son importantes incluso en un enfoque grupal como es el baloncesto, ya que la música de baja motivación no logró mejorar el rendimiento.

Como contestación al *Objetivo específico 2* “Comprobar si la música motivacional influye sobre la agilidad evaluada mediante un test explosivo predominado por cambios de dirección”:

- Al parecer la música motivante resulta no ser suficiente estímulo para mejorar el rendimiento de los jugadores en un esfuerzo de corta duración y de mayor complejidad atencional como es propio de la agilidad, en este caso evaluada a través del test de V-Cut.

En referencia al *Objetivo específico 3* “Observar cómo se comportan las diferentes variables fisiológicas y psicofísicas en un grupo de jóvenes jugadores de baloncesto bien entrenados, en relación con la presencia o ausencia de música, y al nivel de motivación de ésta”.

- El aumento en el rendimiento (mayor velocidad aeróbica máxima en un test intermitente) mediado por la música motivante se acompañó de valores más elevados de consumo de oxígeno, para una frecuencia cardíaca, un esfuerzo percibido y un lactato similares, es decir, un mayor rendimiento sin aumentar su coste fisiológico.

### **En el apartado sobre contingencias relacionadas con Hipovitaminosis D**

#### ***Estudio 2 “Hypovitaminosis D in Young Basketball Players: Association with Jumping and Hopping Performance Considering Gender”.***

En referencia al *Objetivo general 1* “Comprobar si un grupo de jugadores jóvenes de baloncesto de alto rendimiento presentan deficiencias en los niveles de Vitamina D, atendiendo a las diferencias de género”:

- Se confirman los niveles insuficientes de Vitamina D, tanto en chicos como en chicas, con el resto de parámetros sanguíneos normalizados.

En cuanto al *Objetivo general 2* “Analizar si existe alguna relación entre la concentración de Vitamina D y el rendimiento en fuerza muscular medida a través de dos tipos de saltos, atendiendo a las diferencias de género”.

- Las diferencias en la manifestación de la fuerza explosiva medida mediante saltos entre los jugadores y jugadoras de baloncesto en formación explicarían las diferencias en la asociación de esta hipovitaminosis sobre el rendimiento.
- La mayor capacidad de fuerza explosiva en los hombres parece verse comprometida por los bajos niveles de esta vitamina, suceso totalmente inverso que en el caso de las mujeres.

**Conclusiones del apartado sobre contingencias relacionadas con el entrenamiento online realizado durante la cuarentena del SARS-CoV-2:**

***Estudio 3 “Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un entrenamiento online en jóvenes jugadores de baloncesto confinados por COVID-19”.***

Considerando el *Objetivo general 1* “Reconocer la forma en que una situación de pandemia como la COVID-19, puede afectar a variables neuromusculares como son la potencia y la agilidad, en jugadores de baloncesto de élite en formación”

- Tras la aplicación de un programa de entrenamiento online que se diseñó con el fin de minimizar los efectos que producen la inactividad y el desentrenamiento forzosos, se encontraron mejoras en la fuerza explosiva, aunque no sucedió lo mismo en otros aspectos también determinantes del juego.

*En respuesta al Objetivo específico 1* “Constatar si un programa de entrenamiento a distancia orientado a la fuerza explosiva podría ser suficiente para contener las pérdidas en la capacidad de salto”

- El programa de entrenamiento online en jugadores de formación y alto rendimiento ha sido una herramienta útil para mitigar los efectos del confinamiento obligatorio ocasionado por la COVID-19. De hecho, no sólo ha evitado pérdidas, sino que se ha conseguido una mejora de la fuerza explosiva en los miembros inferiores con respecto a antes de la cuarentena.
- Existen efectos positivos sobre la fuerza en una habilidad tan importante en jugadores de baloncesto como es el salto, tanto bilateral como unilateral. El programa varió en función de la categoría de edad, lo que pudo propiciar que las mejoras encontradas en la fuerza explosiva fueron diferentes entre grupos.

*En el caso del Objetivo específico 2 “Comprobar si un programa de entrenamiento a distancia orientado a la fuerza explosiva sería igualmente suficiente para contener las pérdidas en una capacidad compleja y específica como la agilidad”.*

- El programa no ha conseguido mitigar los efectos de la cuarentena respecto a la agilidad, confirmando que la falta de espacio para realizar desplazamientos y la ausencia de orientación perceptiva-cognitiva en el entrenamiento son limitaciones determinantes, con peores consecuencias con el aumento de la edad.



## **CAPÍTULO 8**

### **Limitaciones y futuras líneas de investigación**



Esta tesis y los artículos que la componen presenta ciertas limitaciones. A nivel general, una de las principales limitaciones está relacionada con el tamaño muestral (al igual que sucede en otros estudios con deportistas de alto rendimiento). Hubiera sido aconsejable pues, un mayor número de participantes en los tres artículos. No obstante, cuando se trata de una población tan especial como son los deportistas de alto rendimiento en etapas de formación, es difícil conseguir muestras más grandes.

Igualmente, otra problemática puede aparecer en un deporte de equipo cuando se divide al grupo para trabajar de manera individual. La división puede condicionar el entrenamiento o la sesión de todo el equipo. A pesar de que los tres estudios de esta tesis se han podido realizar en un contexto tan privilegiado como el Valencia Basket, el calendario de competición junto a exámenes y a otras contingencias propias de estas edades, han hecho difícil seleccionar jugadores sin interferir en la dinámica de los entrenamientos y las competiciones. Este hecho también repercute sobre al tamaño muestral.

Al mismo tiempo, supone un alto grado de dificultad realizar un estudio de campo en el que se quieren controlar distintas contingencias, evaluando un alto número de jugadores y teniendo un tiempo limitado. Se trata de encontrar una situación que sea homogénea en todo menos en lo que se quiere analizar, esto hace que este tipo de estudios sean muy complejos. Además, el calendario de los equipos en formación de alto rendimiento es muy ajustado. La temporada suele empezar a mitad de agosto y acabar a finales de junio del año siguiente, existiendo entre los meses de junio-julio un mes de posttemporada. Esta ventana temporal (posttemporada) es una de las mejores oportunidades en las que se puede llevar a cabo una intervención. Aun así, durante este periodo también existen otras contingencias como viajes de final de curso, jugadores que cambian de club o que van a las selecciones nacionales, entre otras. Así pues, tanto con las precauciones que exige la investigación en temporada competitiva como en la posttemporada, no es sencillo investigar en deportes de equipo en contexto real.

Respecto a las limitaciones específicas de cada uno de los estudios incluidos en esta tesis, en primer lugar, y haciendo referencia al estudio relacionado con la música, podemos destacar algunas de las principales amenazas relacionadas con las condiciones en que se desarrolló la investigación. La intervención coincidió con el período de exámenes finales, lo que puede suponer una posible fatiga mental debido a esta carga académica. Igualmente, el sonido ambiente pudo contaminar la señal acústica de la música ya que la intervención ocurrió en el club con muchos equipos entrenando y jugando en canchas adyacentes. En cualquier caso, durante el transcurso del estudio se intentó que los jugadores no supieran que la música era la variable dependiente del estudio, lo que, de haberse sabido, podría haber afectado al resultado de la investigación.

En segundo lugar, el estudio relacionado con la influencia de la Vitamina D en el rendimiento también presenta algunas limitaciones. La principal limitación de este estudio es que no se tuvo en cuenta el control de la menstruación en las mujeres. Pero de nuevo, esta contingencia, es difícil de controlar en una situación de deportes de equipo sometidos a una planificación conjunta. Por otro lado, al ser un estudio en el que se dividió el grupo en dos (diferenciando por género), el tamaño de la muestra se redujo, lo que pudo ser un inconveniente.

En último lugar, respecto al artículo que se centró en el desarrollo de un programa de fuerza online durante la pandemia provocada por el SARS-CoV-2, las limitaciones principales son las siguientes. Por un lado, la realización únicamente de test de agilidad y de salto marginó otras áreas representativas del baloncesto. Por ejemplo, la inclusión de un test de carácter bioenergético podría haber aportado una valiosa información con la que poder contrastar el efecto del desentrenamiento. También hubiera sido interesante haber podido contar con una muestra de sexo femenino para observar si el programa de entrenamiento produce el mismo efecto. Otra limitación podría ser la forma en la que se evaluó la agilidad en este estudio, es decir, al ser una manifestación compleja podría haber incluido una prueba de evaluación más abierta o más de una prueba de testeo, ya que esto podría haber proporcionado mayor información sobre sus respuestas.

Finalmente, en el mundo de las contingencias como hemos visto anteriormente, existen un sinnúmero de áreas que pueden influir de una manera u otra en el rendimiento de los deportistas. Por esa razón cuando se habla de futuras líneas de investigación se abre un gran abanico de posibilidades. Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que al tratarse

de estudios con jugadores de alto rendimiento pueden coexistir una serie de condicionantes (equipo de pertenencia, recursos humanos y materiales, momento temporal, entre otros), a los que se ven sometidos los propios investigadores cuando diseñan o definen nuevos estudios dentro de esta temática.

A pesar de esto, las futuras líneas de investigación relacionadas con la música y el rendimiento podrían ir encaminadas a analizar la música motivante en diferentes contextos como por ejemplo dentro del gimnasio. También se podría incidir en la individualización de la música a partir de la utilización de auriculares inalámbricos. Respecto al ámbito del control vitamínico y más concretamente de la Vitamina D, futuras investigaciones podrían centrarse en cómo la dinámica del ciclo menstrual afecta o no a los niveles de esta vitamina, así como su influencia sobre la fuerza explosiva, para conocer con mayor profundidad sus efectos en el rendimiento. Por último, en el área del entrenamiento individual complementario, en espacios limitados (en este caso por inactividad forzada) sería interesante la inclusión de ejercicios en los que el jugador tuviese que realizar diversas tomas de decisiones, con el fin de mejorar su reactividad. Este tipo de estímulos se ven representados constantemente en un deporte como es el baloncesto.

Aun así, siendo un preparador físico de club que investiga en una situación o contexto real de entrenamiento, las futuras líneas de investigación en las que espero seguir trabajando, vendrán determinadas por las necesidades del propio club. Será, por tanto, las propias contingencias futuras las que seguramente abrirán las líneas de investigación más interesantes.



# **CAPÍTULO 9**

## **Anexos**







## High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players

Cristina Blasco-Lafarga, Borja Ricart, Ana Cordellat, Ainoa Roldán, Carlos Navarro-Roncal & Pablo Monteagudo

To cite this article: Cristina Blasco-Lafarga, Borja Ricart, Ana Cordellat, Ainoa Roldán, Carlos Navarro-Roncal & Pablo Monteagudo (2021): High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players, *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, DOI: [10.1080/1612197X.2021.1907762](https://doi.org/10.1080/1612197X.2021.1907762)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/1612197X.2021.1907762>



Published online: 31 Mar 2021.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



## High versus low motivating music on intermittent fitness and agility in young well-trained basketball players

Cristina Blasco-Lafarga <sup>a,b</sup>, Borja Ricart <sup>a,c</sup>, Ana Cordellat <sup>a,b</sup>, Ainoa Roldán <sup>a,b</sup>, Carlos Navarro-Roncal <sup>a,d</sup> and Pablo Monteagudo <sup>a,b,e</sup>

<sup>a</sup>Sport Performance & Physical Fitness Research Group (UIRFIDE), University of Valencia, Valencia, Spain;

<sup>b</sup>Physical Education and Sports Department, University of Valencia, Valencia, Spain; <sup>c</sup>Alquería LAB, Valencia Basket, Valencia, Spain; <sup>d</sup>Physical Education and Sports Service, University of Valencia, Valencia, Spain;

<sup>e</sup>Education and Specific Didactics Department, Jaume I University, Castellón, Spain

### ABSTRACT

The present study aimed to analyse the influence of the music level of motivation, compared to the absence of music, on intermittent fitness and agility, in a group of young well-trained basketball players. On alternate days, thirteen players ( $14.85 \pm 0.68$  years,  $188 \pm 0.05$  cm,  $75.89 \pm 8.02$  kg) were assessed of the V-Cut test (agility test including changes of direction) and the 30–15 Intermittent Fitness Test (30-15<sub>IFT</sub>; maximal running speed under fatigue). There were six testing sessions over three consecutive weeks, with three different randomized conditions: team-selected High Motivating Music (HMM), Low Motivating Music (LMM), and the No-Music condition (NM). Arterial oxygen saturation, Heart Rate, Lactate (BLa), Perceived Readiness, and the Rating of Perceived Effort of the session (RPE<sub>30</sub>) were registered. As a main finding, HMM largely enhanced performance in the 30-15<sub>IFT</sub> ( $p < .01$ ) compared to LMM ( $d = 1.39$ ) and NM ( $d = 1.29$ ), with non-significant differences between them ( $d = .35$ ). This resulted in a larger and significant estimated  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $p < .005$ , different from LMM & NM), with a similar HR, a bit lower – although non-significant –  $\text{BLa}_{\text{post}}$  and no psychophysical differences. Conversely, asynchronous music did not affect the V-Cut test, despite the reduction of time in HMM, followed by LMM. Motivational music confirmed helping well-trained developing youngsters to display larger performances with similar internal responses (i.e., higher efficiency). Noteworthy, musical preferences were important even in a group approach (basketball). Very short and sub-maximal complex agility tasks, including changes of direction, like the V-Cut do not benefit from the influence of asynchronous music.

### ARTICLE HISTORY

Received 9 May 2020

Accepted 15 February 2021

### KEYWORDS

Developmental stages; fatigue; psychophysiological responses; V-cut agility test; 30-15 Intermittent Fitness Test

## Introduction

Psychological factors such as motivation, related to an enhanced capacity to act or engage in different achievement tasks (Eccles & Wigfield, 2002), are considered mediators

**CONTACT** Cristina Blasco-Lafarga m.cristina.blasco@uv.es Sport Performance & Physical Fitness Research Group (UIRFIDE), University of Valencia, C/Gascó Oliag, 3, Valencia 46010, Spain; Borja Ricart borjaricart@hotmail.com Alquería LAB – Valencia Basket, Carrer del Bomber Ramon Duart, s/n, 46013 València, Spain

© 2021 International Society of Sport Psychology

on the physical, technical and tactical abilities of the athletes, affecting their performance in both, high elite (Abdullah et al., 2016) and youth (Mahamud et al., 2005; Weinberg & Gould, 2014). In the last two decades, it has increased the number of studies pointing out the big potential of listening to music in the field of motivation and sport, where any of the elements of music (melody, rhythm, harmony, cultural impact associations, etc.), or their combination, may account and provide positive effects in psychological, physiological, psychophysical and enhanced physical performance parameters (see Terry et al., 2020 for a review). In this context, examining the influence of listening to music before (pre-task) or during (in-task) physical fitness and sports, has raised considerable interest among researchers (Chtourou et al., 2015).

On the one hand, different psychological mechanisms underly the music influence on individuals' affective and emotional responses (Juslin & Sloboda, 2013). Pre-task music has shown to act as a sedative or as a stimulant depending on the functional changes in arousal (Karageorghis & Priest, 2012), whilst in-task music works as a distractor in exercisers reducing the perceptions of effort and fatigue (Hutchinson & Karageorghis, 2013; Terry et al., 2020). More recently, Hutchinson et al. (2018) has highlighted the psychological influence of self-selected music, with improvements on affect-regulated exercise intensity and remembered pleasure following exercise. Besides, music widens the range of emotions (Terry & Karageorghis, 2011), with beneficial changes in the sports players mood (Nikol et al., 2018; Terry & Karageorghis, 2011). *Motivational music*, defined as the music that stimulates or inspires physical activity, opposite to *demotivational music* or *neutral music* (Terry et al., 2020), is no doubt an important intrinsic motivation factor for sport performance (Loizou et al., 2014; Terry et al., 2020).

On the other hand, from a psychophysical perspective, music also helps to reduce or delete perceived exertion and physical pain (Edworthy & Waring, 2006; Karageorghis & Priest, 2012; Nethery, 2002), with the consequence of larger exertion capacity and enhanced work outputs (Karageorghis & Priest, 2012). Any of the previously cited elements of music may influence the neural drive and neural mechanisms of perceiving fatigue while making physical exercise, with the result of changes in heart rate and/or lactate production, skin conductance, neuroendocrine response or even immunological function (Terry et al., 2020). This contributes to motivate and increase sport performance (Terry et al., 2020). Moreover, music increases physiological efficiency (Bacon et al., 2012; Karageorghis & Priest, 2012) or even behaves as an ergogenic aid when distracting from the unpleasant sensations and fatigue above mentioned (Clark et al., 2018; Hutchinson et al., 2018). Therefore, music enhances physical performance and the motor patterns, with the consequence of increased strength, power and endurance, and/or improved work rate (see Terry et al., 2020 for a review).

Notwithstanding, when we delve into music and sport performance with regard to different type of efforts (Atan, 2013; Ballmann et al., 2019; Karageorghis et al., 2019), qualities of music [e.g., rhythms (Atan, 2013), genres (Ballmann et al., 2018; Ballmann et al., 2019)], or individuals' preferences (Nakamura et al., 2010), the studies give light to some particularities or even uncertainties. For instance, Atan (2013) found that nor slow (<80 bpm) nor fast (>120 bpm) music could enhance anaerobic performance, neither change the physiological response to supramaximal exercises (Anaerobic Sprint Test and Wingate anaerobic test). And very recently, Ballmann et al. (2019) found that listening to preferred music had no ergogenic benefit during repeated anaerobic cycling

Wingate tests, despite it lowered the perceived exertion and increased the motivation to the exercise. These authors (Ballmann et al., 2019) concluded that the effect of music motivation on anaerobic efforts and power performance deserved further debate. Motivational music, thus, did not result in the improvement of anaerobic performance (Atan, 2013; Ballmann et al., 2019).

In this scenery, accounting that basketball is a sport where the maximal running speed is an important physical capacity, largely conditioned by maximal aerobic power, high anaerobic production and optimal recovery skills (Delextrat & Martinez, 2014; Morán, 2018), the present study aims to examine the influence of music on the intermittent fitness in well-trained young basketball players. More specifically, it analyses the influence of Highly Motivating Music (HMM) vs. Low Motivating Music (LMM), and the No-Music condition (NM), on the performance in the 30-15 Interval Fitness Test (30-15IFT; Buchheit, 2008, 2010). It also aims to analyse this influence in Agility, assessed by means of the V-Cut agility test (Gonzalo-Skok et al., 2015; Muñoz, 2018), because basketball players realise over 1050 movement per match, with the most repeated actions including diagonal accelerations, decelerations, reverses, turns and jumps (Ben Abdelkrim et al., 2007).

Whether team-selected motivational music exerts any influence on the maximal running speed and agility performance (i.e., 30-15<sub>IFT</sub> and V-Cut test), and their physiological and psychophysical responses in youth well-trained basket players, is still a matter of study. We hypothesise that music will enhance performance in the 30-15<sub>IFT</sub>, regardless of the levels of motivation of the selected playlist. As a second hypothesis, this higher performance will lead to larger psychophysiological responses in this fitness test.

## Methods

### Participants

Based on previous studies (Ballmann et al., 2018; Clark et al., 2018; Terry et al., 2020) effect size was set to .6, a moderate influence (Cohen, 1988) of music on performance outcomes. The power calculation for t-test (G\*Power: 3.1.9.4) revealed a sample size of 20 subjects ( $\alpha = .05$ ; Power = .8), so 20 well-trained young players, were recruited from a high national and international level basketball club playing at ACB league; Euroleague Turkish Airlines. We looked for a homogeneous sample with regard to age and performance level. Inclusion criteria were to be U-16, at least one national championship participation and regular attendance throughout the season. As exclusion criteria, at risk of injury or having suffered it recently, and/or low values in the Recovery-Stress Questionnaire (RESTQ).

All the players and their legal guardians were provided and signed informed consent. They were also advised to keep their training and nutritional routines, and not to take any stimulant (Energy drink, Caffeine) along this study, which was approved by the Research in Humans Ethics Committee of the University of Valencia, Spain (H1553774899546). The study was conducted in the post-season, when they were still training, but there was no competition, so we ensured the weekend resting. Just in case, they were told not to exercise on the weekend.

**Table 1.** Descriptive data of the participants ( $n = 13$ ).

Parameter	Value
Age (year)	14.85 ± 0.68
Height (m)	1.88 ± 0.05
Weight (kg)	75.89 ± 8.02
FM (%)	16.18 ± 3.22
30–15 IFT (km/h)	18.98 ± 0.68
V-Cut (s)	7.15 ± 0.39

Notes: Data are presented as mean ± SD. Abbreviations: FM: fat mass.

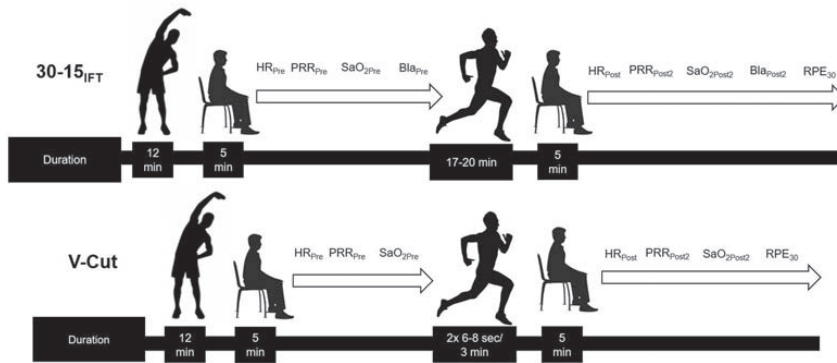
Finally, 2 players were excluded on their testing days due to perceived risk of injury, so 18 well-trained young male basketball players participated in the testing procedures. The final sample comprised those 13 (14.85 ± .68 years, 188 ± .05 cm) whose outcomes (physiological, psychophysical and performance outputs) were complete through the six testing sessions. Body composition and physical characteristics of these participants are summarised in Table 1.

### Experimental procedures

To analyse the impact of music, all the players were assessed of the 30-15<sub>IFT</sub> and the V-Cut test (maximal intermittent running velocity and specific agility respectively) along 3 consecutive weeks, in 6 different sessions. The neuromuscular V-Cut test was performed always on Monday, where players had 48 h rest before the testing session. The 30-15<sub>IFT</sub> was played on Wednesdays. Importantly, the three music conditions were randomised, and the test was then conducted in the HMM, LMM and NM conditions, with players distributed in time slots (3–5 youngster per slot) to keep the team environment. Noteworthy, the tests were performed always in the same indoor court and with the same environmental conditions 22°.24°, keeping the same sport scientist in every assessment to ensure its reproducibility. The time slot for every group of players remained the same through the six testing conditions. Two weeks before the assessments there was the familiarisation process, although both tests were included in the sports skill battery of tests, and the players had previously performed them. The previous week, body composition and height (Tanita BC-601, Tokyo, Japan; Tallimeter SECA 222) were measured to characterise the sample.

Regarding the experimental protocol (Figure 1), before the test was started, each group of players was required to do an initial 12 min warm up which was exactly reproduced in all the testing sessions, conducted by the same trainer. This comprised: five minutes of runs and displacements, increasing in specificity and intensity – low to medium – (jogging with arms mobility, lateral runs and changes of direction, skipping and defensive movements); four minutes of dynamic stretches (psoas, quads, glutes, abductors, adductors, hamstrings and calves); and three more minutes for higher intensities and jumping tasks (changes of direction, jumps with two feet, jumps on one leg, and single-leg triple hops).

Immediately after, the player rested seated in a chair for the next 5 min, and the pre-test samples of physiological and psychophysical variables were registered to further analyse the impact of music. Once exposed to each test, when it was over, the players went to the same chair from the second to the third minute, for the post-test samples.



**Figure 1.** Experimental protocol.

As shown in [Figure 1](#), the experimental protocol and variables were slightly different in V-Cut test and 30-15<sub>IFT</sub>.

### **Music selection and editing**

Two weeks before the starting of the testing sessions, 40 tracks were extracted from the top 10 of 4 Spanish radio stations. Different genres (pop, rock, classical, electro, reggae, and trap) and tempos (from 71 to 149 bpm) were chosen by the researchers. Afterwards, all the players were invited to rank the tracks with regard to motivation.

The rank session was conducted in a close classroom in the club facilities, where all the players seated individually and in silence. As in Karageorghis et al. (2006), the participants listened to 90 s of excerpts of the 40 tracks, and were asked to assess individually the extent to which each piece of music would motivate them during a basketball practice, responding to each item of the Brunel Music Rating Inventory-3 (BMRI-3; Karageorghis & Priest, 2008). The audio files were reproduced with a loudspeaker after being standardised at 90Db using a decibel metre. Therefore, although they were group auditions, respectful with the basketball nature, the songs' ranking was individual, with 2 min interspersed between songs to evaluate them through this 1-to-7 Likert questionnaire.

The BMRI-3 (Karageorghis & Priest, 2008) is a tool designed to assess the motivational qualities of musical pieces which comprise six different items (rhythm, instruments, beat, style, melody, tempo), with a total possible score ranging from 6 to 42. Hence, it allowed us to get two track lists of 15 songs for 2 different music conditions, with the top 15 songs in the BMRI-3 ranking considered as Highly Motivating Music: and the 15 with lower punctuation as the Low Motivating Music. Songs 16th to 24th were discarded.

As an example of the track lists, the five tracks with the highest average motivational ratings were: *In My Feelings*, Drake ( $M = 41.21$ ,  $SD = 2.43$ ), *Levels*, Avicii ( $M = 40.56$ ,  $SD = 4.36$ ), *She Don't Give a FO*, Duki ( $M = 40.22$ ,  $SD = 7.90$ ), *Sweet but Psycho*, Ava Max ( $M = 39.89$ ,  $SD = 15.30$ ), *One Dance*, Drake ( $M = 39.72$ ,  $SD = 12.42$ ). Otherwise, the five tracks with the lowest average were: *Spanish Caravan*, The Doors ( $M = 6.00$ ,  $SD = 1.02$ ), *Stairway To Heaven*, Led Zeppelin ( $M = 6.78$ ,  $SD = 9.43$ ), *Nothing else matters*, Metallica ( $M = 7.94$ ,  $SD$

= 18.22), *Una Mattina*, Ludovico Einaudi ( $M = 9.83$ ,  $SD = 3.41$ ), and *Like a Rolling Stone*, Bob Dylan ( $M = 10.50$ ,  $SD = 12.20$ ).

### The 30-15 Intermittent Fitness Test and V-cut

As described by his author (Buchheit, 2008), the 30-15<sub>IFT</sub> consists of 30 s shuttle runs with a 15 s of passive recovery, performed along the 40 m of the basketball court. Velocity starts at 8 km/h for the first 30s-run and increases by .5 km/h each stage. The test was governed by the prerecorded beep at appropriate intervals, which had been previously mixed with the HMM and the LMM playlists, depending on the stage/day and according to the previously randomised order. Each subject was required to complete as many rounds as possible, until he could no longer maintain the required running speed according to the audio signal (i.e., the maximal running speed or Intermittent Fitness Velocity –  $V_{IFT}$ ).

The V-Cut test consists of 4 changes of directions in a 5 × 5 m (45°) accelerations, with 25 m of total distance. It was performed twice, with a 3 min' rest. The best performance was chosen for analysis (Gonzalo-Skok et al., 2015), V-Cut times were recorded with photoelectric cells (Velleman PEM10D photocell, response time: 5–100 ms; Chronojump Bosco System, <http://chronojump.org>, Barcelona, Spain), and a complementary video camera (Casio EX-FH100; Casio) placed centred and transverse, opposite the test area. Kinovea video-analysis software version 0.8.7 ([www.kinovea.org](http://www.kinovea.org), Boston, USA) was used as a complementary tool for time measurements.

### Psychophysical and physiological variables

Following the warm-up, arterial oxygen saturation ( $SaO_{2\ pre}$ ) and Heart Rate ( $HR_{pre}$ ) were determined with a pulsioximeter attached to the fourth finger of the left hand (WristOx2-3150; Nonin, Plymouth, MN, USA) (Mengelkoch et al., 1994), in a sitting position, jointly with Perceived readiness ( $PRR_{pre}$ ) (Nurmekivi et al., 2001). A sample of capillary blood lactate (BLa) was also collected from the earlobe (Hildebrand et al., 2000) (Lactate Pro LT-1710 analyser; Arkray Inc, Kyoto, Japan), this last only in the 30-15<sub>IFT</sub> sessions. As shown in Figure 1, all these variables were collected again 2 min after the tests ( $PRR_{post2}$ ,  $HR_{post2}$ , and  $SaO_{2\ post2}$ ;  $BLa_{post2}$  in the 30-15<sub>IFT</sub>). In addition, the rating of perceived exertion of the session ( $RPE_{30}$ , Borg scale: 0 to >10), was considered to analyse the overall session fatigue 30 min after cessation.

In order to obtain the  $HR_{max}$  (maximum HR in the last 30 s of the test), only in the 30-15<sub>IFT</sub>, continuous HR was registered by means of a Polar RS800CX (Polar Electro, Kempele, Finland) with the transmitter belt adjusted to the thorax after applying the conductive gel.  $VO_{2\ max}$  was also calculated for further analysis, since Buchheit (2010) stood that it could be estimated from the  $V_{IFT}$  according to the following formula:

$$VO_{2\ max\ 30-15IFT}(\text{ml} - 1 \text{ min kg} - 1) = 28.3 - 2.15G - 0.741A - 0.0357W + 0.0586A \\ \times V_{IFT} + 1.03V_{IFT}$$

where  $G$  is the gender (1 for male, 2 for female);  $A$  is the age, in years;  $W$  is the weight, in kg and  $V_{IFT}$  is the last velocity (Speed) completed in the 30-15<sub>IFT</sub>, in km/h.

### Statistical analysis

The Statistical Package for the Social Sciences software (SPSS version 25.0, IBM, Armonk, NY, USA) was used for the analysis and treatment of the data. Descriptives were calculated and expressed as mean and standard deviation (mean  $\pm$  SD). Due to the small sample size and after testing for normality (Shapiro–Wilk normality test), the non-parametric Friedman repeated-measures test for more than two conditions, followed by Wilcoxon matched-pairs *post hoc* tests, were applied looking for differences with regard to music conditions (LMM, HMM and NM) and type of effort (30-15<sub>IFT</sub> versus V-Cut). Finally, in order to homogenise and analyse these changes, the effect size (ES) was calculated by means of the Cohen's *d*, where the effect was considered trivial ( $d = 0\text{--}0.19$ ), small ( $d = .20\text{--}.49$ ), medium ( $d = .50\text{--}.79$ ) or large ( $d = .80\text{--}1.19$ ) and very large ( $>1.2$ ) (Cohen, 1988). Significance level was set at  $p < .05$ .

## Results

### Musical selection

According to the BMRI-3, Table 2 summarises the information about the songs used and discarded to set the sampling conditions.

### Performance outcomes

As shown in Figure 2, HMM enhanced the performance in the 30-15<sub>IFT</sub> as compared to the other 2 conditions ( $p < .01$ ). Given an alpha of .05 and a final sample of 13 subjects, the *post hoc* analysis revealed a power calculation  $>.99$  (*1-B error prob.*) for HMM vs LMM, and HMM vs NM comparisons, both with large ES ( $d = 1.39$  and  $1.29$  respectively). The statistical power dropped to .32 in the NM vs LMM comparison, which showed no significant differences with our sample size. ES was also lower ( $d = .35$ ).

Conversely, the reduced times for the HMM condition in the neuromuscular test (V-Cut), followed by LMM, as compared to the NM condition (Figure 2), were not significant at any comparison ( $p > .05$ ). Statistical power and effect sizes diminished largely. In this order: .40,  $d = .42$  in the HMM vs NM condition; .32,  $d = .36$  in the LMM vs NM condition; and .01,  $d = .09$  when comparing HMM with LMM in the V-Cut test.

### Physiological outcomes

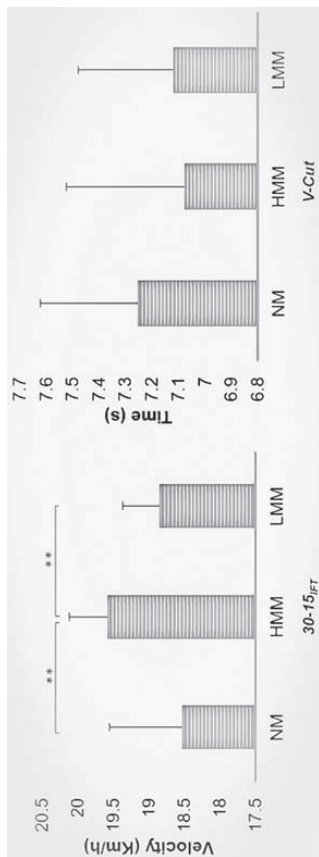
As shown in Table 3, the larger maximal running speed in the HMM condition during the 30-15<sub>IFT</sub> resulted in a larger and significant estimated  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $p < .005$  different from

**Table 2.** Descriptive data for the three music conditions ( $n = 50$  songs).

	BMRI-3 (Mean $\pm$ SD)	CV %	BPM (Mean $\pm$ SD)	CV %
HMM ( $n = 15$ )	37.67 $\pm$ 2.13	5.65	116.02 $\pm$ 17.30	14.73
LMM ( $n = 15$ )	12.66 $\pm$ 4.43	34.99	113.91 $\pm$ 30.68	24.98
DM ( $n = 10$ )	27.87 $\pm$ 4.11	14.74	110.34 $\pm$ 25.30	22.96

Notes: Data are presented as mean  $\pm$  SD. Abbreviations: BMRI-3: Brunel music rating inventory-3; BPM: beats per minute; CV: coefficient of variation; DM: discarded music; HMM: highly motivating music; LMM: low motivating music.





**Figure 2.** Paired comparison within the three music conditions for the 30-15 IFT and the V-Cut test Note: \*\* $p < .01$ . Abbreviations: HMM = highly motivating music; LMM = low motivating music; NM = no music condition.

**Table 3.** Psychophysiological descriptives (mean  $\pm$  SD) for the V-Cut and the 30-15 IFT in the three music conditions ( $n = 13$ ).

	HR <sub>Pre</sub>	HR Max <sup>†</sup>	HR <sub>Post</sub>	VO <sub>2</sub> max 30-15 Intermittent Fitness Test	SaO <sub>2</sub> %	SaO <sub>2</sub> Post <sub>2</sub> %	Bl <sub>Pre</sub>	Bl <sub>Post</sub>	Bl $\Delta$
NM	94.23 $\pm$ 18.09 <sup>‡</sup>	199.53 $\pm$ 9.83	133.15 $\pm$ 18.54	47.68 $\pm$ 2.14*	96.92 $\pm$ 1.03	95.85 $\pm$ 1.06	2.34 $\pm$ 0.60	7.27 $\pm$ 2.06	4.93 $\pm$ 2.44
HMM	100.77 $\pm$ 14.21	199.16 $\pm$ 8.55	129.54 $\pm$ 12.08	49.64 $\pm$ 1.22	96.85 $\pm$ 0.60	95.38 $\pm$ 1.50	3.64 $\pm$ 2.04	6.74 $\pm$ 1.75	3.49 $\pm$ 2.42
LMM	100.85 $\pm$ 14.53	201.66 $\pm$ 6.95	129.38 $\pm$ 19.10	48.25 $\pm$ 1.23*	97.23 $\pm$ 0.72	95.92 $\pm$ 0.86	2.38 $\pm$ 0.78	7.21 $\pm$ 1.58	4.83 $\pm$ 1.82
Mean	98.61 $\pm$ 15.61	200.11 $\pm$ 8.44	130.69 $\pm$ 16.57	48.25 $\pm$ 1.76	97.00 $\pm$ 0.78	95.71 $\pm$ 1.14	2.78 $\pm$ 1.14	7.07 $\pm$ 1.79	4.42 $\pm$ 2.22
<i>V-Cut Agility Test</i>									
NM	93.15 $\pm$ 19.13	-	85.92 $\pm$ 12.97	-	96.85 $\pm$ 0.98	96.77 $\pm$ 0.9	-	-	-
HMM	99.85 $\pm$ 19.06	-	86.92 $\pm$ 14.37	-	97.31 $\pm$ 1.03	96.77 $\pm$ 1.01	-	-	-
LMM	104.46 $\pm$ 14.44	-	87.77 $\pm$ 12.56	-	97.00 $\pm$ 0.91	96.77 $\pm$ 0.72	-	-	-
Mean	99.13 $\pm$ 17.54	-	86.87 $\pm$ 13.30	-	97.05 $\pm$ 0.97	96.77 $\pm$ 0.87	-	-	-

<sup>†</sup>  $p < .05$  different from LMM; <sup>\*</sup>  $p < .005$  different from HMM. Abbreviations: Bl<sub>a</sub>: blood lactate; HR: heart rate; Pre: previous to the test; Post<sub>2</sub>: measured 2 min after the test cessation; SaO<sub>2</sub>: oxygen arterial saturation; HMM: highly motivating music; LMM: low motivating music; Max: maximal score in the 30 final seconds of the 30-15<sub>IFT</sub>; NM: no music.

LMM & NM), and was followed by a bit lower – although non-significant –  $BLa_{\text{post}}$  (both considering the absolute and the Delta outcomes).  $BLa_{\text{pre}}$  outcomes were the highest following the warm-up in the HMM, but also the lowest two-min after the test cessation, resulting in this smallest Delta. Importantly, the 30-15<sub>I<sub>FT</sub></sub>  $HR_{\text{max}}$  was always maximum (over 95% of the HR reserve), with no differences among music conditions. In addition, the oxygen saturation kept within the desaturation limits (>95%), and the young players were able to recover over 65 bpm in the first two-min in all the testing conditions.

With regard to the V-Cut, and now equal to the performance variables, there were no significant differences whatever the sampling condition.

### Psychophysical outcomes

Following a similar trend to  $BLa$ , there were no significant differences  $RPE_{30}$  (Table 4) in the 30-15<sub>I<sub>FT</sub></sub>. Besides, PRR values in the 30-15<sub>I<sub>FT</sub></sub> were between 2 and 3, whilst in the neuromuscular V-Cut test, PRR was about 4. With regard to this latter, there were no significant differences when the V-Cut was performed whatever the sampling condition. Noteworthy, the  $RPE_{30}$  in the LMM condition showed significant differences (lower  $RPE_{30}$ ) compared to HMM and NM.

### Discussion

Boosted by individuals' believes, expectancies, values and goals (Eccles & Wigfield, 2002), motivation arises as an important strategy to improve the athletes' performance in almost any age and sport discipline. However, little research focuses on the influence of music motivation in the sport developmental stages, and studies remain inconclusive concerning the influence of self-selected motivational music in the domain of anaerobic sport performance. Up to our knowledge, this is the first study to compare the influence of highly motivating music vs. low motivating music, and the absence of music, on intermittent fitness and specific agility in a group of well-trained young basketball players. This is also the first study in analysing the physiological and psychophysical responses associated to this influence in U-16 categories.

**Table 4.** Psychophysical descriptives (mean  $\pm$  SD) for the V-Cut and the 30–15 IFT in the three music conditions ( $n = 13$ ).

	$PRR_{\text{pre}}$	$PRR_{\text{post}2}$ 30–15 Intermittent Fitness Test	$RPE_3$	$RPE_{30}$
NM	4.11 $\pm$ 0.46	2.80 $\pm$ 0.77	6.85 $\pm$ 1.63	3.85 $\pm$ 0.31
HMM	4.15 $\pm$ 0.42	3.03 $\pm$ 0.66	6.69 $\pm$ 1.55	3.23 $\pm$ 0.24
LMM	4.11 $\pm$ 0.46	3.03 $\pm$ 0.77	6.62 $\pm$ 1.90	3.38 $\pm$ 0.24
Mean	4.12 $\pm$ 0.44	2.95 $\pm$ 0.73	6.72 $\pm$ 1.65	3.49 $\pm$ 1.02
		<i>V-Cut agility test</i>		
NM	4.42 $\pm$ 0.44	4.69 $\pm$ 0.48	2.77 $\pm$ 1.83	2.23 $\pm$ 0.32 <sup>¥¥</sup>
HMM	4.23 $\pm$ 0.48	4.65 $\pm$ 0.42	2.46 $\pm$ 1.05	1.54 $\pm$ 0.35 <sup>¥</sup>
LMM	4.42 $\pm$ 0.44	4.73 $\pm$ 0.91	1.54 $\pm$ 0.88	0.77 $\pm$ 0.28
Mean	4.35 $\pm$ 0.45	4.69 $\pm$ 0.60	2.25 $\pm$ 1.39	1.51 $\pm$ 1.27

¥  $p < .01$ ; ¥¥  $p < .001$  different from LMM. Abbreviations: Pre = previous to the test; Post<sup>2'</sup> = measured 2 min after the test cessation; PRR = perceived readiness ratings;  $RPE_{30}$  = rate of perceived exertion of the session, 30 min after the test. HMM = highly motivating music; LMM = low motivating music; NM = no music.

As a main finding, HMM, compared to LMM and NM, helped to improved performance in the 30-15<sub>IFT</sub>, a physiological context largely conditioned by maximal aerobic power, high anaerobic capacities, agility and optimal recovery skills (Stork et al., 2019), all of them determinants of basketball. Conversely, LMM did not influenced the performance; nor the enhanced performance in the HMM condition was associated to larger psychophysiological responses, partially contradicting our initial hypotheses. As a second finding, music did not exert any influence in the very short, perceptual, and explosive V-Cut agility test. Our young players benefited from music only in the 30-15<sub>IFT</sub> HMM condition, confirming that motivating music is effective to improve performance when high levels of fatigue are given, also in mixed aerobic-anaerobic maximal intermittent efforts. As previously suggested (Dyrlund & Wininger, 2008), music preferences mediate this effect, even when the motivational team-selected playlist results from the higher scores after an individual voting.

On the one hand, the 30-15<sub>IFT</sub> is widely spread in Basketball training and testing (Jeličić et al., 2020). According to his author (Buchheit, 2008; Buchheit et al., 2011), the 30-15<sub>IFT</sub> structure (i.e., the interspersed recovery periods) allows the players to performed largely over the maximal aerobic speed and the VO<sub>2</sub>max intensities – 10–20% over – (Buchheit, 2008; Buchheit & Laursen, 2013). In addition, the 30s periods of exercise in the 30-15<sub>IFT</sub> are close to the cardiorespiratory response times at the beginning of exercise, and the 15s of recovery interspersed provide sufficient but incomplete recovery of energy substrates, as during intermittent games, matching basketball requirements (Buchheit, 2008; Jeličić et al., 2020). We assume that motivating music confirms to be a powerful and useful tool for coaches and physical fitness professionals in basketball, when the players need supplementary resources in long-lasting, mixed aerobic-anaerobic intermittent extenuating efforts.

Our results are aligned with previous studies pointing that motivating music can act like a distracting element from fatigue and discomfort (Hutchinson et al., 2018; Hutchinson & Karageorghis, 2013). According to the many benefits of music in the field of sport performance – summarised by Terry et al. (2020) –, we could argue that the tempo of the music and the motor patterns coupled, and even synchronised with their physiological responses to increase the performance. This rhythmic entrainment, – the so-called auditory-motor synchronization –, including the breathing rate and heart beating coordination –, would resulted in increased efficiency/decreased needs of neural drive (Terry et al., 2020). Notwithstanding, the 30-15<sub>IFT</sub> is a graded test increasing in intensity from slow (8 km/h) to high velocities (18–20 km/h in our study); and the music was pre-recorded and changed equally for all the players throughout the warm-up and the test. Also, of importance, the mean of the music tempo was not so high since 120 bpm is the borderline between fast and moderate tempos (Clark et al., 2018; Karageorghis et al., 2011).

Therefore, although the synchronisation between music and the motor tasks underpins this higher performance for a similar physiological exertion, allowing the activity to be more efficient (Nikol et al., 2018), the HMM in our study more likely reduced the physiological feedback signals related to this physical exertion, the consequence of the limited channel capacity of our afferents (Terry et al., 2020). This might distract from fatigue. Moreover, despite during high intensity – in the last stages of the test – there might be a narrowing of the attention and the distracting capacity could be not

enough to cope with large fatigue (Clark et al., 2018; Dyrlund & Wininger, 2008; Terry & Karageorghis, 2011), we can induce that the youngsters in our sample had already experienced previous histories of music motivation and success. feeling engaged and confident with increasing their performance in this challenging situation. This is another benefit of music in sports (Hutchinson & Karageorghis, 2013; Terry et al., 2020) and represents a psychological effect related to the motivational qualities of music per se (Stork et al., 2019).

On the other hand, the results of the 30-15<sub>IFT</sub> point to a very well-trained group of young basketball players, with high mean maximal running speed and high VO<sub>2</sub>max outcomes, close to other young, but a bit older, team-sports athletes (Buchheit, 2008; Buchheit et al., 2011). It may also account that lactate collection was before the 3 min (i.e., 2 min post-exercise, to make it coincide with the registers of the perception of readiness). The average of lactate at the end of the 30-15<sub>IFT</sub>, with no differences between sampling conditions (HMM, LMM and NM), was lower than the cited studies (Buchheit, 2008; Buchheit et al., 2011) but importantly, their young samples had already developed the glycolic metabolic pathway (Blasco-Lafarga et al., 2017). It has been already shown that young athletes had worsen anaerobic/better aerobic capacities compared to their adult pairs (Blasco-Lafarga et al., 2017). In addition, the better the VO<sub>2</sub>max, the better the lactate removal capacity in team sports (Jones et al., 2013), so our young basketball players might have recovered faster than less trained athletes, reaching higher performances with less anaerobic resources. The final lactate scores would be a combination of less production/more remotion in these well-trained youngsters. Finally, accounting for the possibility of impaired autonomic resources at the post season, HMM was able to compensate this reduction and help the maximum exertion. The no-differences in any psychophysical and physiological responses despite the significant changes in the maximal running speed are indeed an improvement in efficiency.

With regard to the impact of music on the specific and anaerobic agility V-Cut test, we found no influence, although music has previously shown to improve the jump and/or the sprint under motivating conditions (Arazi et al., 2017; Eliakim et al., 2013). Nor the distracting effect on the perception of discomfort and fatigue, nor the increased neural drive previously associated with music, ought to benefit the approximately seven seconds of this complex task. This points to a short, perceptual, and not maximal effort. The success in the acceleration–deceleration alternance in the 5-m changes of direction implies perception, anticipation and decision making, together with a good core stability, as in most of the agility tests. In fact, the V-Cut test is largely conditioned by knee stability (Gonzalo-Skok et al., 2015), core and muscle coordination – successive acceleration and deceleration patterns – (Sasaki et al., 2011), more than by power or by the rate of force development.

The benefits from the auditory-motor synchronisation in complex tasks (i.e., agility) might be more difficult because the motor patterns are highly specialised and might need an equally specific music. The motivational songs were not selected for a particular aim in our study, limiting its possible benefits (Dyrlund & Wininger, 2008) in agility. In addition, agility includes a lot of mixed internal/external stimuli to pay attention, so the distracting effect may be more diluted, according to the limitations of the information processing theory (Dyrlund & Wininger, 2008). In this context, the parallel processing conceptualisation reinforces this limitation of information processing at a time when the

internal and external sources compete (Rejeski, 1985; in Dyrland & Wininger, 2008), likely preventing from the music positive influence. This absence of influence may also be related to the absence of external rewards or the need to do their very best in the testing condition, with no feelings of pressure in our experimental design according to previous literature (Eccles & Wigfield, 2002; Newland et al., 2013).

Therefore, it is possible that we need to focus on understanding which qualities of sound account to obtain the better performance: for instance, a specific music to increase performance in an agility task (V-Cut in our study), or motivational well-known songs to cope fatigue (30-15<sub>IFT</sub> in our study). Karageorghis et al. (2011) suggested paying attention both to primary qualities such as melody and harmony, and to secondary or extra-musical factors such as gender, experiences, or individual preferences. In fact, these authors include the cultural impact associations of music as one of its qualities, as previously mentioned. In this sense, sport people must be considered a particular population, because experienced athletes, despite being in the developing stages, may have already developed their own performing rhythm (with and/or without music) at different levels of exertion and contextual demands (Guillén & Ruiz-Alfonso, 2015).

It is noteworthy that similar to what happens when fans sing collectively and applaud inside the stadium, music can influence the achievement of the team's victory on the playing field (Bray & Widmeyer, 2000), and the intensity and effort while playing, also in a very young sample. For this reason, keeping in mind that the motivating factor is lost when it becomes routine (Urcola, 2008), it is vital to calculate the right moment and use this resource only when it is really necessary to motivate the athletes/team, especially in the young ages. Our study confirms that music can help to improve sport performance, but more than performance, the psychophysiological benefits from a healthy practice should be crucial in the first years of the sport training. So, motivation through music is an important issue for the overall psychological health of the sport people, especially when talking about young people, but we should not abuse of this positive effect to protect from hyperarousal and the early burnout associated to the overwhelming use of highly demanding efforts in youth.

To conclude, although the current study has several strengths, it is not without limitations. Field studies are close to the real game context, but in turn, there are different threats as external elements that can influence the outcomes. Indeed, 18 players started the study, but only 13 completed the whole protocol since some of them were still overloaded, and besides, it coincided with the final exam period at the high school. (Eighteen players of the same age is a large number for a basketball club). In addition, mental fatigue due to this academic load might also influence the result. On the other hand, larger sample sizes (> 40 or 50 subjects) would have been needed to further understand the de impact of motivating music on the V-Cut test, because of their lower effect sizes. Similarly, on psychophysiological responses.

However, it is not so easy to get that number of such good well-trained young players and fit them in a short-time randomised experimental design. Prevention from injuries and overload is important when working with formation players, so we disclaimed some tests along the study. Moreover, we decided to provide the music through loudspeakers and do group testing (always 3–5 players together) to keep the natural conditions of the basketball, what may have influenced the results. Of outstanding importance, once randomised the music conditions, we kept them constant for all the

players to ensure that they were blind about the aim of the study. Since the whole intervention occurred in their club, with many teams playing in consecutive courts, any change in the environment (differences in music, or silence) between timeslots in the same testing session might have given clues and contaminate the study. That is why we rather reproduced the same testing conditions along the whole day.

## Conclusions

Summarising, highly motivating music confirms to be a good strategy when individuals need to face large psychophysiological fatigue, helping to display larger performances with similar internal responses. The distracting effect from fatigue and discomfort related to listening music may increase the higher the quality of the selected play list (i.e., higher rate of motivation), leading well-trained players to reach larger sport performances (i.e., maximal running speeds). Noteworthy, musical preferences are important even in a groupal approach (basketball) since low motivating music failed to enhance the performance. Moreover, short and sub-maximal complex agility tasks did neither benefit from Music influence.

## Acknowledgments

The authors would like to thank all the players and technicians from the Alquería LAB – Valencia Basket Club who have helped to develop the present study.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

## ORCID

Cristina Blasco-Lafarga  <http://orcid.org/0000-0001-8798-306X>

Borja Ricart  <http://orcid.org/0000-0002-6204-7176>

Ana Cordellat  <http://orcid.org/0000-0002-3601-0177>

Ainoa Roldán  <http://orcid.org/0000-0001-7190-7943>

Carlos Navarro-Roncal  <http://orcid.org/0000-0001-6063-1419>

Pablo Monteagudo  <http://orcid.org/0000-0003-4617-8333>

## References

- Abdullah, M. R., Musa, R. M., Maliki, A. B. H. M. B., Kosni, N. A., & Suppiah, P. K. (2016). Role of psychological factors on the performance of elite soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(1), 7. <https://doi.org/10.7752/jpes.2016.01027>
- Arazi, H., Ghanbari, E., Zarabi, L., & Rafati, F. (2017). The effect of fast, light and favorite music on physiological function and physical performance of the male athlete students. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 17, 33–40. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.psjd-28731f7a-f505-4132-97b9-1023996ed7ec> <https://doi.org/10.18276/cej.2017.1-04>
- Atan, T. (2013). Effect of music on anaerobic exercise performance. *Biology of Sport*, 30(1), 35–39. <https://doi.org/10.5604/20831862.1029819>

- Bacon, C., Myers, T., & Karageorghis, C. I. (2012). Effect of music-movement synchrony on exercise oxygen consumption. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(4), 359–365. [https://www.researchgate.net/profile/Catherine\\_Bacon2/publication/230564762\\_Effect\\_of\\_music-movement\\_synchrony\\_on\\_exercise\\_oxygen\\_consumption/links/56df3cb808aee77a15fcf7b0.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Catherine_Bacon2/publication/230564762_Effect_of_music-movement_synchrony_on_exercise_oxygen_consumption/links/56df3cb808aee77a15fcf7b0.pdf)
- Ballmann, C. G., Maynard, D. J., Lafoon, Z. N., Marshall, M. R., Williams, T. D., & Rogers, R. R. (2019). Effects of listening to preferred versus non-preferred music on repeated Wingate anaerobic test performance. *Sports*, 7(8), 185. <https://doi.org/10.3390/sports7080185>
- Ballmann, C. G., McCullum, M. J., Rogers, R. R., Marshall, M. M., & Williams, T. D. (2018). Effects of preferred vs. nonpreferred music on resistance exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002981>
- Ben Abdelkrim N., El Fazaâ S., El Ati J., Tabka Z. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition \* commentary. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69–75. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.032318>
- Blasco-Lafarga, C., Camarena, B., & Mateo-March, M. (2017). Cardiovascular and autonomic responses to a maximal exercise test in elite youngsters. *International Journal of Sports Medicine*, 38(09|9), 666–674. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0043-110680> <https://doi.org/10.1055/s-0043-110680>
- Bray, S. R., & Widmeyer, W. N. (2000). Athletes' perceptions of the home advantage: An investigation of perceived causal factors. *Journal of Sport Behavior*, 23, 1. <https://search.proquest.com/docview/215885334?pq-origsite=gscholar>
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: Accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365–374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>
- Buchheit, M. (2010). The 30–15 intermittent fitness test: 10 year review. *Myorobie J*, 1(9), 278–286.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*, 43(10), 927–954. <https://search.proquest.com/docview/1494739358?accountid=14777> <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>
- Buchheit, M., Lefebvre, B., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2011). Reliability, usefulness, and validity of the 30–15 intermittent ice test in young elite ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1457–1464. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d686b7>
- Chtourou, H., Briki, W., Aloui, A., Driss, T., Souissi, N., & Chaouachi, A. (2015). Relation entre musique et performance sportive : Vers une perspective complexe et dynamique. *Science & Sports*, 30(3), 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2014.11.002>
- Clark, J. C., Baghurst, T., & Redus, B. S. (2018). Self-selected motivational music on the performance and perceived exertion of runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002984>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Delextrat, A., & Martinez, A. (2014). Small-sided game training improves aerobic capacity and technical skills in basketball players. *International Journal of Sports Medicine*, 35, 385–391. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1349107>
- Dyrlund, A. K., & Winger, S. R. (2008). The effects of music preference and exercise intensity on psychological variables. *Journal of Music Therapy*, 45(2), 114–134. <https://doi.org/10.1093/jmt/45.2.114>
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 109–132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Edworthy, J., & Waring, H. (2006). The effects of music tempo and loudness level on treadmill exercise. *Ergonomics*, 49(15), 1597–1610. <https://doi.org/10.1080/00140130600899104>
- Eliakim, M., Meckel, Y., Gotlieb, R., Nemet, D., & Eliakim, A. (2013). Motivational music and repeated sprint ability in junior basketball players. *Acta Kinesiologicae Universitatis Tartuensis*, 18, 29–38. <https://doi.org/10.12697/akut.2012.18.04>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J., Casajus, J., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the V-cut test for young basketball players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 893–899. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554635>



- Guillén, F., & Ruiz-Alfonso, Z. (2015). Influencia de la música en el rendimiento físico, esfuerzo percibido y motivación/influencia of music on physical performance, perceived exertion and motivation. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 60(7), 701–717. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2015.60.006>
- Hildebrand, A., Lormes, W., Emmert, J., Liu, Y., Lehmann, M., & Steinacker, J. M. (2000). Lactate concentration in plasma and Red blood Cells During incremental exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 21(7), 463–468. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-2000-7412> <https://doi.org/10.1055/s-2000-7412>
- Hutchinson, J. C., Jones, L., Vittti, S. N., Moore, A., Dalton, P. C., & O'Neil, B. J. (2018). The influence of self-selected music on affect-regulated exercise intensity and remembered pleasure during treadmill running. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 7(1), 80–92. <https://doi.org/10.1037/spy0000115>
- Hutchinson, J. C., & Karageorghis, C. I. (2013). Moderating influence of dominant attentional style and exercise intensity on responses to asynchronous music. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 35(6), 625–643. <https://doi.org/10.1123/jsep.35.6.625>
- Jeličić, M., Ivančev, V., Čular, D., Čović, N., Stojanović, E., Scanlan, A. T., & Milanović, Z. (2020). The 30-15 intermittent fitness test: A reliable, valid, and useful tool to assess aerobic capacity in female basketball players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 91(1), 83–91. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1648743>
- Jones, R. M., Cook, C. C., Kilduff, L. P., Milanović, Z., James, N., Sporiš, G., Fiorentini, B., Fiorentini, F., Turner, A., & Vučković, G. (2013). Relationship between repeated sprint ability and aerobic capacity in professional soccer players. *The Scientific World Journal*, 2013(1). <https://doi.org/10.1155/2013/952350>
- Juslin, P. N., & Sloboda, J. A. (2013). *Music and emotion: On The psychology of music*, 3rd ed. Elsevier Academic Press.
- Karageorghis, C. I., Hutchinson, J. C., Bigliassi, M., Watson, M. P., Perry, F. A., Burges, L. D., Melville-Griffiths, T., & Gomes-Baho, T. J. (2019). Effects of auditory-motor synchronization on 400-m sprint performance: An applied study. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 14(6), 738–748. <https://doi.org/10.1177/1747954119879359>
- Karageorghis, C. I., Jones, L., Priest, D.-L., Akers, R. I., Clarke, A., Perry, J. M., Reddick, B. T., Bishop, D. T., & Lim, H. B. (2011a). Revisiting the relationship between exercise heart rate and music tempo preference. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(2), 274–284. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599755>
- Karageorghis, C. I., & Priest, D.-L. (2008). Music in sport and exercise: An update on research and application. *The Sport Journal*, 11, 3. <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA210521313&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=15439518&p=HRCA&sw=w>
- Karageorghis, C. I., & Priest, D.-L. (2012). Music in the exercise domain: A review and synthesis (part I). *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 5(1), 44–66. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2011.631026>
- Karageorghis, C. I., Priest, D.-L., Terry, P. C., Chatzisarantis, N. L., & Lane, A. M. (2006). Redesign and initial validation of an instrument to assess the motivational qualities of music in exercise: The Brunel Music Rating inventory-2. *Journal of Sports Sciences*, 24(8), 899–909. <https://doi.org/10.1080/02640410500298107>
- Karageorghis, C. I., Terry, P. C., Lane, A. M., Bishop, D. T., & Priest, D.-L. (2011). The bases expert statement on the use of music in exercise. *The Sport Exercise Scientist*, 18–19. <http://eprints.usq.edu.au/id/eprint/19207>
- Loizou, G., Karageorghis, C. I., & Bishop, D. T. (2014). Interactive effects of video, priming, and music on emotions and the needs underlying intrinsic motivation. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(6), 611–619. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.06.009>
- Mahamud, J., Tuerro, C., & Márquez, S. (2005). Características psicológicas relacionadas con el rendimiento: comparación entre los requerimientos de los entrenadores y la percepción de los deportistas. *Revista de Psicología del Deporte*, 14(2), 237–251. <https://www.redalyc.org/pdf/2351/235119230004.pdf>

- Mengelkoch, L. J., Martin, D., & Lawler, J. (1994). A review of the principles of pulse oximetry and accuracy of pulse oximeter estimates during exercise. *Physical Therapy*, 74(1), 40–49. <https://doi.org/10.1093/ptj/74.1.40>
- Morán, D. (2018). *Valoración de la condición física en el equipo de baloncesto femenino de la Universidad de León*. University of León. [https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/7735/MOR%c3%81N%20DIONISIO\\_DAVID\\_JULIO\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/7735/MOR%c3%81N%20DIONISIO_DAVID_JULIO_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Muñoz, C. (2018). *Efectos del entrenamiento de fuerza utilizando métodos inerciales y pesos libres en un equipo de baloncesto profesional*. Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC). <http://hdl.handle.net/10459.1/64767>
- Nakamura, P. M., Pereira, G., Papini, C. B., Nakamura, F. Y., & Kokubun, E. (2010). Effects of preferred and nonpreferred music on continuous cycling exercise performance. *Perceptual and Motor Skills*, 110(1), 257–264. <https://doi.org/10.2466/pms.110.1.257-264>
- Nethery, V. (2002). Competition between internal and external sources of information during exercise: Influence on RPE and the impact of the exercise load. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(2), 172. <https://search.proquest.com/docview/202683164?accountid=14777>
- Newland, A., Newton, M., Finch, L., Harbke, C. R., & Podlog, L. (2013). Moderating variables in the relationship between mental toughness and performance in basketball. *Journal of Sport and Health Science*, 2(3), 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2012.09.002>
- Nikol, L., Kuan, G., Ong, M., Chang, Y.-K., & Terry, P. C. (2018). The heat is on: Effects of synchronous music on psychophysiological parameters and running performance in hot and humid conditions. *Frontiers in Psychology*, 9, 1114. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01114>
- Nurmekivi, A., Pihl, E., Jürimäe, T., Karu, T., & Lemberg, H. (2001). Blood lactate recovery and perceived readiness to start a new run in middle-distance runners during interval training. *Perceptual and Motor Skills*, 93(6), 397–404. <https://doi.org/10.2466/pms.2001.93.2.397>
- Rejeski, W. J. (1985). Perceived exertion: an active or passive process?. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 7(4), 371–378.
- Sasaki, S., Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., & Fukubayashi, T. (2011). The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 112–118. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737904/>
- Stork, M. J., Karageorghis, C. I., & Ginis, K. A. M. (2019). Let's go: Psychological, psychophysical, and physiological effects of music during sprint interval exercise. *Psychology of Sport and Exercise*, 45, 101547. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101547>
- Terry, P. C., & Karageorghis, C. I. (2011). Music in sport and exercise. In T. Morris & P. C. Terry (Eds.), *The new sport and exercise psychology companion* (pp. 359–380). Fitness Information Technology.
- Terry, P. C., Karageorghis, C. I., Curran, M. L., Martin, O. V., & Parsons-Smith, R. L. (2020). Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 146(2), 91–117. <https://doi.org/10.1037/bul0000216>
- Urcola, J. L. (2008). *La motivación empieza en uno mismo: Aspectos básicos para motivar a los demás y motivarse a sí mismo*. ESIC Editorial.
- Weinberg, R. S., & Gould, D. S. (2014). *Foundations of sport and exercise psychology*. Human Kinetics.



Article

# Hypovitaminosis D in Young Basketball Players: Association with Jumping and Hopping Performance Considering Gender

Borja Ricart <sup>1,2,\*</sup>, Pablo Monteagudo <sup>1,3,\*</sup> and Cristina Blasco-Lafarga <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sport Performance and Physical Fitness Research Group (UIRFIDE), Physical Education and Sports Department, University of Valencia, 46010 Valencia, Spain; M.Cristina.Blasco@uv.es

<sup>2</sup> Alqueria LAB, Valencia Basket, 46013 Valencia, Spain

<sup>3</sup> Education and Specific Didactics Department, Jaume I University, 12071 Castellón, Spain

\* Correspondence: borjaricart@hotmail.com (B.R.); pmonteag@uji.es (P.M.)

**Abstract:** This study aimed to verify whether a group of young well-trained basketball players presented deficiencies in vitamin D concentration, and to analyze whether there was an association between vitamin D concentration and jumping and hopping performance. Gender differences were considered. Twenty-seven players from an international high-level basketball club (14 female, 16.00 ± 0.55 years; 13 male, 15.54 ± 0.52 years) participated in this cross-sectional study. Rate of force development was evaluated by means of the Abalakov test (bilateral: AbB; right leg: AbR; left leg: AbL); and the triple hop test (right leg: THR; left leg: THL). Blood samples were collected for the determination of serum 25-hydroxyvitamin D and nutritional status. Vitamin D insufficiency was found in both women (29.14 ± 6.08 ng/mL) and men (28.92 ± 6.40 ng/mL), with no gender differences regarding nutritional scores. Jumping and hopping performance was confirmed to be significantly larger in males (AbL, THR, and THL  $p < 0.005$ ), whose CV% were always smaller. A positive correlation was found between AbB and vitamin D ( $r = 0.703$ ) in males, whereas this correlation was negative ( $-0.611$ ) for females, who also presented a negative correlation ( $r = -0.666$ ) between THR and vitamin D. A prevalence of hypovitaminosis D was confirmed in young elite athletes training indoors. Nutritional (i.e., calciferol) controls should be conducted throughout the season. Furthermore, whilst performance seems to be affected by low levels of this vitamin in men, these deficiencies appear to have a different association with jumping and hopping in women, pointing to different performance mechanisms. Further studies accounting for differences in training and other factors might delve into these gender differences.



**Citation:** 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. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105446>

Academic Editor: Paul B. Tchounwou

Received: 22 April 2021

Accepted: 15 May 2021

Published: 19 May 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Keywords:** vitamin D; explosive strength; performance; nutrition; training

## 1. Introduction

Nutrition plays an important role in the health and performance of athletes. In particular, vitamins are essential in various processes, including hemoglobin synthesis, maintenance of bone health, immune function, protection against oxidative damage, neuronal functions, and the synthesis and repair of muscle tissue during recovery from injury [1,2]. Over the last decade, the monitoring of vitamin D, or calciferol, a fat-soluble vitamin with the structure of a steroid hormone that is functionally different from all others, has been of particular interest [3]. We refer to vitamin D<sub>3</sub>, a vital isomer synthesized in the cell membrane of the epidermis and dermis as a response to solar radiation, as its other common form, D<sub>2</sub>, is derived from plants and is impossible for the human body to synthesize [4,5].

Vitamin D<sub>3</sub> regulates the expression of more than 900 gene variants, which in turn significantly [6] impacts numerous functions related to sporting performance. Among other things, it is involved in the regulation of exercise-induced inflammation, neurological function, cardiovascular health, glucose metabolism, bone health, and skeletal muscle performance [7]. More specifically, it is attributed with an ergogenic effect on neuromuscular

efficiency and the muscle-contraction mechanism [8,9], as well as optimizing acute adaptive response to physical exercise [10], so that performance in athletes may be affected by deficient levels of this vitamin [11,12].

However, recent research suggests that high-performance athletes are at constant risk of vitamin D deficiency, increasing the risk of stress fractures, acute illness, and sub-optimal muscle function [3]. In addition to a possible nutritional deficit due to insufficient calorie intake in athletes with high energy needs [13], or poor diet [14], vitamin D deficiency has been linked to a lack of or drastic reduction in vitamin D production in the winter months due to a lower incidence of sun on the skin [15]. For example, Bescos and Rodriguez [16] found that more than half of one professional basketball team had hypovitaminosis D after the winter. More recently, Fishman et al. [17] found a high prevalence of vitamin D insufficiency in National Basketball Association (NBA) players.

Therefore, it seems that vitamin D deficiency is accentuated in athletes who train and compete indoors throughout the year, as is the case of basketball. Taking also into account the relationship between vitamin D and the aforementioned optimization of muscle contraction [8,9] and/or prevention of bone health issues [7], it seems that this deficiency is particularly important in a sport that involves continuous accelerations and braking, jumps and receptions [18]. The rate of force development in the lower extremity is of the utmost importance [19,20], and the risk of musculoskeletal injuries is high [21]. Moreover, jumping, which may be affected by calciferol deficit, is one of the most common actions performed in this sport [22,23], with between 40 and 60 jumps being made per athlete during a single game [24]. Jumping is also one of the most common ways of assessing player performance [25], condition-maturity level [26,27], level of functional health over the course of the season [28,29], and sporting life success [30,31].

Knowing whether basketball players are calciferol deficient from their early formative stages, and the possible relationship between their vitamin concentrations and muscle function as assessed by jumping, is therefore of interest to the medical and technical staff who care for these athletes. Although there is no evidence to suggest gender differences in vitamin D intake [32] and/or deficit [33,34], differences between male and female basketball players tend to be significant in jumping ability [35], so it is equally important to analyze these associations while taking gender into account. The aims of this study are, therefore, to test whether a group of young high-performance basketball players are vitamin D deficient (1); and to analyze whether there is any relationship between vitamin D levels and muscle strength performance as measured by two types of jumps (2), taking into account gender differences. To our knowledge, no studies have previously investigated this potential relationship.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Participants

This quantitative, descriptive, and correlational study involved 27 young basketball players belonging to a top-level competitive club in the ACB (Asociación de Clubes de Baloncesto) league, of whom 14 were girls ( $16.00 \pm 0.55$  years, all of them had attained menarche), and 13 were boys ( $15.54 \pm 0.52$  years). Before data collection began, both the subjects and their legal guardians were informed of the purpose of the study. Each participant signed an informed consent form, agreeing to participate in the study, which had been approved by the ethics committee of the local university (H1553774899546).

### 2.2. Protocol

The data collection was carried out during the regular season in the month of December, and on three alternate days of the same week. The week prior to the first assessment, the participants were informed that they should consume no stimulant drinks (caffeine or energy drinks); they could not eat two hours prior to the tests; and they should maintain their normal nutritional habits. The first evaluation session involved blood tests. In the second session, the anthropometric measurements of the players were taken and the Abalakov

vertical jump test was performed first bilaterally (both legs at a time), and then unilaterally (one leg at a time). In the final evaluation session, data on the triple hop test were collected. Prior to the jumping tests, a standardized 10-min warm-up was performed on both days, consisting of jogging, dynamic stretching, lower and upper limb strength exercises, plyometric exercises, and high-intensity running with changes of direction. No familiarization phase was carried out for the evaluation tests, as all of the athletes had already taken these at some point during the season.

### 2.3. Assessment Tools

#### 2.3.1. Blood Test

The method for determining the body's vitamin D status consisted of measuring the serum 25-hydroxyvitamin D concentrations [36]. For many years, there has been a consensus that blood concentrations of this metabolite reflect total body vitamin D, including endogenous synthesis by exposure to sunlight, dietary intake in supplemented or unsupplemented meals, and drug treatments [37]. The blood samples were taken by a medical professional from a hospital in the same city. The players were summoned to the medical center, along with their fathers, mothers, or legal guardians, with an overnight fast required before attending.

For the blood tests, 5 mL of venous blood were extracted from the antecubital vein of each participant. Once obtained, the blood samples were allowed to clot and then centrifuged at 3000 rpm for 10 min at room temperature to isolate the serum. The serum was aliquoted into an Eppendorf tube and conserved at  $-80^{\circ}\text{C}$  until biochemical analysis. Serum vitamin D concentrations were determined using the LIAISON 25(OH) Vitamin D TOTAL Assay (CLIA) (Eurofins Megalab S.A., Valencia, Spain), which is a direct competitive chemiluminescence immunoassay for human serum intended for use on the DiaSorin LIAISON automated analyzer (DiaSorin S.P.A., Saluggia, Italy). Once the laboratory tests had been performed, the reports containing the analytical data were submitted to the researchers for further analysis.

#### 2.3.2. Anthropometric Measurements

Mass (kg) and height (cm) measurements were recorded using a scale (SECA 769, CE 0123, Hamburg, Germany) and a stadiometer (SECA 220, CE 0123, Hamburg, Germany). The body mass index (BMI) of the participants was calculated using the formula  $\text{mass}/\text{height}^2$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

#### 2.3.3. Abalakov Test

In order to evaluate the rate of force development of the lower extremity, the Abalakov test [38] was performed both bilaterally (Ab) and unilaterally (Abalakov right or AbR; and Abalakov left or AbL), with the height of the jump being recorded. All players performed three jumps in each modality, with a recovery period of two minutes between the jumps [39], although only the best jump in each modality was included in the statistical analysis. The jumps were recorded using a Din-A2 contact platform ( $420 \times 594$  mm) and Chronojump software (Boscosystem<sup>®</sup>, Barcelona, Spain).

#### 2.3.4. Triple Hop Test

To evaluate the power and neuromuscular control of a horizontal jump, the participants took the triple hop test [40,41]. This test consists of three consecutive jumps on one leg, with the distance reached after the last jump being recorded [40]. Each player performed the test twice with each leg alternatively (triple hop left or THL; and triple hop right or THR), and the best jump with each leg was used in the subsequent analysis. A standard 12-metre tape measure was used to measure each jump.

#### 2.4. Statistical Analysis

The data were analyzed using the statistics package SPSS v23 for Windows (SPSS Inc. Chicago, IL, USA). Once the normality of the sample had been analyzed (Shapiro–Wilk test), the descriptive variables were then calculated and expressed as the mean and standard deviation (mean  $\pm$  SD). *T*-tests for independent samples or Mann Whitney U-tests were performed to analyze whether there were sex-related differences between the main study variables. *T*-tests for related samples and the Wilcoxon test were also performed to compare whether there were sex-related asymmetries between the legs. To check whether there was a relationship between vitamin D levels and performances in the jumping tests, we performed a correlation analysis (Pearson’s *R* or Spearman’s Rho according to the normality), both with and without controlling for the covariate BMI. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ , with the absolute correlation coefficients considered being:  $r < 0.1$ , trivial; 0.1–0.3, low; 0.3–0.5, moderate; 0.5–0.7, strong; 0.7–0.9, very strong;  $>0.9$ , almost perfect; and 1, perfect [42].

### 3. Results

The final sample comprised 14 girls (16.00  $\pm$  0.55 years, 174.20  $\pm$  6.35 cm, 67.98  $\pm$  6.73 kg) and 13 boys (15.54  $\pm$  0.52 years, 190.73  $\pm$  6.45 cm, 78.17  $\pm$  8.87 kg). No significant differences were found between boys and girls in terms of age, but significant differences were found for weight and height ( $p < 0.05$ ), with higher values recorded in the boys. Table 1 presents the results of the main blood composition parameters. No significant differences between boys and girls were found for any of the items, and the coefficients of variation were generally high in both cases.

**Table 1.** Blood composition variables.

Parameters	Girls (N = 14)		Boys (N = 13)		<i>p</i>
	Mean $\pm$ SD	CV (%)	Mean $\pm$ SD	CV (%)	
Vitamin D (ng/mL)	29.14 $\pm$ 6.08	20.86	28.92 $\pm$ 6.40	22.13	0.905
Folic acid (ng/mL)	6.53 $\pm$ 3.38	51.76	7.24 $\pm$ 2.79	38.54	0.302
Cortisol ( $\mu$ g/dL)	15.37 $\pm$ 3.41	22.19	15.04 $\pm$ 1.86	12.37	0.616
Magnesium (mg/dL)	1.99 $\pm$ 0.60	30.15	2.08 $\pm$ 0.11	5.29	0.088
Iron ( $\mu$ g/dL)	87.35 $\pm$ 31.68	36.26	96.84 $\pm$ 38.72	39.98	0.491
Vitamin B12 (pg/mL)	559.78 $\pm$ 190.02	33.94	593.00 $\pm$ 177.33	29.90	0.643
TSH ( $\mu$ UI/mL)	2.74 $\pm$ 1.34	48.90	2.43 $\pm$ 0.87	35.80	0.491
Calcium (mg/dL)	9.59 $\pm$ 0.23	2.40	9.73 $\pm$ 0.21	2.16	0.105

CV: coefficient of variation in %; SD: standard deviation; TSH: serum thyroid stimulating hormone.

Table 2 shows the values obtained in the neuromuscular performance tests, with lower coefficients of variation with respect to the analytical assessment, and even greater homogeneity among the boys. When analyzing the differences by sex, significant differences ( $p < 0.01$ ) were observed in the Abalakov test for the left leg. Significant differences were also found in the triple hop test, both for the left leg ( $p < 0.001$ ) and right leg ( $p < 0.001$ ). Finally, significant differences were found in boys ( $p < 0.010$ ) between the results for the right and left legs in the Abalakov test.

Table 3 shows the correlation analyses between vitamin D concentration and the results of the neuromuscular performance tests. While in boys, a high positive correlation was found between the Abalakov test (performed in a bipedal manner) and serum vitamin D concentration, in girls this relationship was also high, but negative. When BMI was considered as a covariate, the correlation coefficient increased slightly in boys, while it decreased in girls. There was also a high negative correlation between the triple hop test performed with the right leg and vitamin D in girls, which in this case increased slightly when considering BMI.

**Table 2.** Performance variables.

Tests	Girls (N = 14)		Boys (N = 13)		p
	Mean ± SD	CV (%)	Mean ± SD	CV (%)	
AbB (cm)	33.37 ± 4.83	14.47	35.71 ± 3.92	10.98	0.182
AbL (cm)	19.14 ± 4.32	22.57	24.14 ± 2.24 <sup>a,b</sup>	9.28	0.005
AbR (cm)	20.31 ± 3.42	16.84	21.29 ± 2.99	14.04	0.436
THL (cm)	5.10 ± 0.70	13.72	6.10 ± 0.37	6.07	<0.001
THR (cm)	5.23 ± 0.69	13.19	6.13 ± 0.61	9.95	0.001

CV: coefficient of variation in %; SD: standard deviation; AbB: Abalakov bilateral; AbL: Abalakov left; AbR: Abalakov right; THL: triple hop left; THR: triple hop right. <sup>a</sup>: Difference with the AbR of boys ( $p = 0.002$ ); <sup>b</sup>: Difference with the AbR of girls ( $p = 0.002$ ).

**Table 3.** Correlations between jumping and hopping and vitamin D, considering both the whole sample, and male and female athletes separately, with and without the covariate body mass index (BMI).

Tests	Girls (N = 14)	Boys (N = 13)	All (N = 27)	Girls <sup>a</sup> (N = 14)	Boys <sup>a</sup> (N = 13)	All <sup>a</sup> (N = 27)
AbB (cm)	−0.611 *	0.703 **	0.047	−0.597 *	0.796 **	0.081
AbL (cm)	−0.219	0.218	−0.036	−0.183	0.248	−0.025
AbR (cm)	−0.465	−0.067	−0.227	−0.439	−0.040	−0.192
THL (cm)	−0.415	0.050	−0.106	−0.413	0.162	−0.098
THR (cm)	−0.666 **	0.128	−0.216	−0.685 **	0.210	−0.248

AbB: Abalakov bilateral; AbL: Abalakov left; AbR: Abalakov right; THL: triple hop left; THR: triple hop right; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; <sup>a</sup>: BMI as a covariate.

#### 4. Discussion

For the first objective of this study (to check whether young basketball players of a formative age suffer from vitamin D deficiency), our results confirm that both girls and boys show this deficiency at the age of 14–16, while the other components analyzed were found to be within the normal range. As for whether this deficit could influence explosive strength as assessed by jumping, the second objective of this study, the data reveals that at these ages there is no association between these variables when considering the sample as a whole. However, when taking sex into account, the data points to differences regarding the correlations in young players of the two sexes, while at the same time the expected differences are observed in the rate of force development in some of the jumps that are determining factors for basketball performance (AbL, THR, and THL).

According to the levels previously established by some authors [43], young players of both sexes already suffer vitamin D insufficiency (20–30 ng/mL), while they present normal values for the other blood components [44–48]. Our results are, therefore, consistent with other studies that have shown low concentrations of vitamin D in elite athletes [49,50], with up to 56% of one sample of athletes being below the levels considered adequate [51]. In agreement with other studies [33,34] there were no differences between sexes in the vitamin D deficiencies.

As previously noted, indoor sports involve a vitamin D deficiency rate almost twice that of outdoor sports [52]. Seasonal variation in the levels of this vitamin has also been observed [15,53]. This seasonal variation should be taken into account, as it has been observed that athletes who are vitamin D deficient during the winter are at a higher risk of having lower levels in the spring [54]. This latter period is one of the most important phases of the season since the final rankings are decided and, moreover, there are more matches, therefore leading to a greater risk of fatigue and injury [55]. Both indoor training and seasonal variation are associated with low sun and ultraviolet (UVB) exposure, the main source from which the body synthesizes this vitamin [56]. It seems important, therefore, to monitor 25(OH)D concentrations throughout the basketball season in order to mitigate any potential effects that this insufficiency may cause for the players, despite the fact that

these are initial stages in which they are still training and competing quite below the level of professional athletes [57,58].

Based on this, the second objective of this study was to find out whether lower vitamin D concentrations could influence basketball performance (by assessing the rate of force development of the players through two different types of jumps). Although we did not find sex differences regarding vitamin D, all the analyses were also performed considering the sex of the participants because individual differences in jumping ability in male and female basketball players tend to be significant [35]. Our data reinforces the importance of always considering these sex differences when analyzing performance, because although there is no association between these variables when considering the entire sample in general, the data does reveal different results for men and women.

On the one hand, there is a very strong positive correlation seen in the boys between vitamin D and the bilateral Abalakov test, with a correlation coefficient that increases even more when BMI is considered as a covariate. Some authors have argued that this vitamin increases the size and number of type II muscle fibers [54,59], which could influence an athlete's jumping ability. However, this association is negative in the case of the girls, and decreases when BMI is taken into account. These results differ from those obtained by Ward et al. [60], who concluded that vitamin D was significantly associated with muscle strength in adolescent girls, although the participants in that study were not athletes.

In this sense, it is important to emphasize that at this age, boys may be less mature than their female peers [61]. Even close to full maturity, less vitamin D does not imply less jumping ability in these young female players, but rather the opposite, suggesting that there may be other mechanisms (for example, those related to good intermuscular coordination) that help these girls to jump more. Not surprisingly, the jumps where sex-related differences were found (AbL, THL, and THR), presented the lowest coefficient of variation in the boys, with these being clearly lower for the boys than their female counterparts for these same jumps. Further studies involving larger sample sizes and a more heterogeneous performance profile for girls should confirm whether, as it appears, only their male counterparts are likely to rely more heavily on explosive force production rates, with vitamin D concentration exerting a positive influence on this variable.

Considering the previous reasoning, the game and specific training would not have highlighted differences between the right and left leg in girls when performing the Abalakov test in a unilateral manner, again contrary to that seen in boys (with a significantly better AbL than AbR, and, indeed, higher AbR and AbL than those of the more mature girls in this study). As pointed out by Jones and Bampouras [62], the dominant leg of male athletes tends to present higher strength values than the non-dominant leg, which could explain the difference recorded for our male athletes. The reason behind why we found no association between vitamin D and the unilateral tests in men could be related to a lack of stability during these movements due to coordination problems [63]; to perform well in unilateral tests, an individual must have adequate balance, coordination, muscle strength, and neuromuscular control [64], and not just rate of force development. This would account for why we only found the correlation in the bilateral test, where it is easier to coordinate movements and thereby apply a greater amount of force.

The fact that the girls did not show significant asymmetries between legs suggests that women do not tend to have a more dominant leg [65]. This information, together with the fact that the strength values (performance in cm) produced by the trainee players in our study are already similar to those obtained by professional athletes [66], could indicate that the potential for further improving this ability in women may be limited, and that jumping and hopping ability may not be the most determining factor in terms of becoming a professional player. This suggests that adequate levels of vitamin D are more important for performance in men than in women, although we should not forget the significance that this vitamin may also have for women in other aspects, such as injury prevention [67].

In the triple hop test, once again there were no differences in performance between the sexes, and only the girls showed a negative correlation with vitamin D when the test



was performed with the right leg, a result that was reinforced when BMI was also factored in. New gender differences in the association between vitamin D and performance seem to indicate a different use of strength in women and men in terms of the jumping actions involved in basketball performance. Notably, the lack of control of the menstrual cycle could have influenced our results. The majority of female subjects do not menstruate on a regular basis [68], and this factor was not considered at the time of blood sampling; however, despite the high coefficient of variation, our data did not show differences in iron concentration between male and female participants.

This study has several limitations. Firstly, the cross-sectional design of this study does not allow us to determine a direct cause and effect relationship. Comprehensive nutritional monitoring would have improved our knowledge of the origin of the vitamin D deficiencies found. Similarly, it is necessary to test whether vitamin D levels vary throughout the season and whether this is associated with a change in jump values in different periods. New and less invasive assessment systems based on tear biosensing or salivary samples [69,70] could streamline the process to obtain biomarkers during the competitive season, and therefore would allow relationships between strength and vitamin D to be analyzed from a more holistic (and rapid) view. Multidisciplinary teams—including nutritionists—regardless of the level of the sport club (elite and amateur), would facilitate the interpretation of these assessments, periodized and tailored on a regular basis, therefore promoting health and young athletic success. Secondly, a larger sample size would allow more robust correlation coefficients to be obtained, for which reason our results cannot be extrapolated to other contexts and further studies are required. Finally, the differences found between men and women suggest that future studies should analyze whether the menstrual cycle somehow affects vitamin D, and thus sports performance in female basketball players, given their high incidence of injuries [71]. Some studies have demonstrated relationships between low levels of this vitamin and the frequency of menstrual disorders [72], confirming that this is a variable to control in these stages of development.

## 5. Conclusions

Our results suggest that, despite their youth, trainee basketball players have insufficient vitamin D levels. Since this deficiency appears to be common in elite athletes, especially those competing indoors, various means of controlling vitamin D levels throughout the season (diet, supplementation, and sun exposure) should be considered. Furthermore, these deficiencies appear to be differentially associated with jumping performance in men and women. Thus, while performance in men does seem to be compromised by low levels of this vitamin, it would be interesting to further investigate the different role it might play in women, as vitamin D deficiency is not only related to rate of force development.

**Author Contributions:** Conceptualization, C.B.-L., B.R. and P.M.; methodology, B.R.; formal analysis, B.R., P.M. and C.B.-L.; data curation, P.M.; writing—original draft preparation, B.R., P.M. and C.B.-L.; writing—review and editing, P.M., C.B.-L., B.R.; supervision, C.B.-L. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This study has received financial support from the “C tedra l’alqueria del basket” of the University of Valencia.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Research in Humans Ethics Committee of the University of Valencia, Spain (H1553774899546).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** Not applicable.

**Acknowledgments:** The authors would like to thank all the players and technicians from the Alqueria LAB—Valencia Basket Club who have helped to develop the present study.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

- Redondo, R.B.; Fernández, C.J.C.; de Teresa Galván, C.; del Valle Soto, M.; Bonafonte, L.F.; Gabarra, A.G.; Aurrekoetxea, T.G.; Marqueta, P.M.; González, B.M.; Gil-Antuñano, N.P. Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte-2019. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. *Arch. Med. Deporte Rev. Fed. Española Med. Deporte Confed. Iberoam. Med. Deporte* **2019**, *36*, 1–114.
- Tardy, A.L.; Pouteau, E.; Marquez, D.; Yilmaz, C.; Scholey, A. Vitamins and minerals for energy, fatigue and cognition: A narrative review of the biochemical and clinical evidence. *Nutrients* **2020**, *12*, 228. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Puente-Yagüe, M.; Collado-Yurrita, L.; Ciudad-Cabañas, M.J.; Cuadrado Cenzual, M.A. Role of vitamin D in athletes their performance: Current concepts and new trends. *Nutrients* **2020**, *12*, 579. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Valverde, C.N.; Gómez, J.M.Q. Vitamina D, determinante de la salud ósea y extra ósea; importancia de su suplementación en la leche y derivados. *Nutr. Hosp.* **2015**, *31*, 18–25.
- Yin, K.; Agrawal, D. Vitamin D and inflammatory diseases. *J. Inflamm. Res.* **2014**, *7*, 69. [[PubMed](#)]
- Wang, T.T.; Tavera-Mendoza, L.E.; Laperriere, D.; Libby, E.; Burton MacLeod, N.; Nagai, Y.; Bourdeau, V.; Konstorum, A.; Lallemant, B.; Zhang, R. Large-scale in silico and microarray-based identification of direct 1, 25-dihydroxyvitamin D3 target genes. *Mol. Endocrinol.* **2005**, *19*, 2685–2695. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Dahlquist, D.T.; Dieter, B.P.; Koehle, M.S. Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* **2015**, *12*, 1–12. [[CrossRef](#)]
- Chatterjee, S.; Mondal, S.; Borman, A.S.; Konar, A. Vitamin D, optimal health and athletic performance: A review study. *Int. J. Nutr. Food Sci.* **2014**, *3*, 526–533. [[CrossRef](#)]
- Gunton, J.E.; Girgis, C.M. Vitamin D and muscle. *J. Bone Rep.* **2018**, *8*, 163–167. [[CrossRef](#)]
- Owens, D.J.; Allison, R.; Close, G.L. Vitamin D and the athlete: Current perspectives and new challenges. *Sports Med.* **2018**, *48*, 3–16. [[CrossRef](#)]
- Grieshaber, J.A.; Mehran, N.; Photopolous, C.; Fishman, M.; Lombardo, S.J.; Kharrazi, F.D. Vitamin D insufficiency among professional basketball players: A relationship to fracture risk and athletic performance. *Orthop. J. Sports Med.* **2018**, *6*. [[CrossRef](#)]
- Tipton, K.; Van-Loon, L. Suplementos de vitamina D en los atletas. *Estrateg. Asesor. Nutr. Modul. Efic. Entren.* **2011**, *21*, 21–27.
- Quintero, J.S. Rendimiento deportivo y su relación con la ingesta calórica de atletas universitarios. *Rev. Investig. Acad. Sin. Front. Div. Cienc. Económicas Soc.* **2018**. [[CrossRef](#)]
- Barbany, J.R. *Alimentación Para El Deporte Y La Salud*; Paidotribo: Barcelona, Spain, 2019.
- Cannell, J.J.; Hollis, B.W.; Sorenson, M.B.; Taft, T.N.; Anderson, J.J. Athletic performance and vitamin D. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 1102–1110. [[CrossRef](#)]
- Bescos, R.; Rodríguez, F. Low levels of vitamin D in professional basketball players after wintertime: Relationship with dietary intake of vitamin D and calcium. *Nutr. Hosp.* **2011**, *26*, 945–951.
- Fishman, M.P.; Lombardo, S.J.; Kharrazi, F.D. Vitamin D deficiency among professional basketball players. *Orthop. J. Sports Med.* **2016**, *4*. [[CrossRef](#)]
- Dzedzej, A.; Ignatiuk, W.; Jaworska, J.; Grzywacz, T.; Lipińska, P.; Antosiewicz, J.; Korek, A.; Ziemann, E. The effect of the competitive season in professional basketball on inflammation and iron metabolism. *Biol. Sport* **2016**, *33*, 223. [[CrossRef](#)]
- Alemdaroglu, U. The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *J. Hum. Kinet.* **2012**, *31*, 149–158. [[CrossRef](#)]
- Erculj, F.; Blas, M.; Bracic, M. Physical demands on young elite European female basketball players with special reference to speed, agility, explosive strength, and take-off power. *J. Strength Cond. Res.* **2010**, *24*, 2970–2978. [[CrossRef](#)]
- Andreoli, C.V.; Chiaramonti, B.C.; Biruel, E.; de Castro Pochini, A.; Eijnisman, B.; Cohen, M. Epidemiology of sports injuries in basketball: Integrative systematic review. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* **2018**, *4*. [[CrossRef](#)]
- Asadi, A. Relationship between jumping ability, agility and sprint performance of elite young basketball players: A field-test approach. *Rev. Bras. Cineantropometria Desempenho Hum.* **2016**, *18*, 177–186. [[CrossRef](#)]
- Scanlan, A.; Dascombe, B.; Reaburn, P. A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *J. Sports Sci.* **2011**, *29*, 1153–1160. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Balciunas, M.; Stonkus, S.; Abrantes, C.; Sampaio, J. Long term effects of different training modalities on power, speed, skill and anaerobic capacity in young male basketball players. *J. Sports Sci. Med.* **2006**, *5*, 163. [[PubMed](#)]
- Duncan, M.J.; Lyons, M.; Nevill, A.M. Evaluation of peak power prediction equations in male basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **2008**, *22*, 1379–1381. [[CrossRef](#)]
- Malina, R.M.; Eisenmann, J.C.; Cumming, S.P.; Ribeiro, B.; Aroso, J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13–15 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2004**, *91*, 555–562. [[CrossRef](#)]
- Torres-Unda, J.; Zarraquin, I.; Gravina, L.; Zubero, J.; Seco, J.; Gil, S.M.; Gil, J.; Irazusta, J. Basketball performance is related to maturity and relative age in elite adolescent players. *J. Strength Cond. Res.* **2016**, *30*, 1325–1332. [[CrossRef](#)]
- Baptista, F.; Mil-Homens, P.; Carita, A.; Janz, K.; Sardinha, L.J. Peak vertical jump power as a marker of bone health in children. *Int. J. Sports Med.* **2016**, *37*, 653–658. [[CrossRef](#)]
- Hart, P.D. Multivariate Analysis of Vertical Jump Predicting Health-related Physical Fitness Performance. *Am. J. Sports Sci. Med. Sci. Sports Exerc.* **2018**, *6*, 99–105. [[CrossRef](#)]

30. Li, Y.; Wang, L.; Li, F. A data-driven prediction approach for sports team performance and its application to National Basketball Association. *Omega* **2021**, *98*, 102123. [CrossRef]
31. Moxley, J.H.; Towne, T.J. Predicting success in the national basketball association: Stability & potential. *Psychol. Sport Exerc.* **2015**, *16*, 128–136. [CrossRef]
32. Black, L.J.; Walton, J.; Flynn, A.; Kiely, M. Adequacy of vitamin D intakes in children and teenagers from the base diet, fortified foods and supplements. *Public Health Nutr.* **2014**, *17*, 721–731. [CrossRef]
33. Valtuena, J.; Gracia-Marco, L.; Vicente-Rodríguez, G.; González-Gross, M.; Huybrechts, I.; Rey-Lopez, J.; Mouratidou, T.; Sioen, L.; Mesana, M.; Martínez, A.D. Vitamin D status and physical activity interact to improve bone mass in adolescents. The HELENA Study. *Osteoporos. Int.* **2012**, *23*, 2227–2237. [CrossRef]
34. Gordon, C.M.; DePeter, K.C.; Feldman, H.A.; Grace, E.; Emans, S.J. Prevalence of vitamin D deficiency among healthy adolescents. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* **2004**, *158*, 531–537. [CrossRef]
35. Ziv, G.; Lidor, R. Vertical jump in female and male basketball players—A review of observational and experimental studies. *J. Sci. Med. Sport* **2010**, *13*, 332–339. [CrossRef]
36. Montero-García, J.M. Vitamina D y sus implicaciones en estados De salud y enfermedad del ser humano. *Repert. Científico* **2017**, *20*, 75–81. [CrossRef]
37. Pludowski, P.; Karczmarewicz, E.; Bayer, M.; Carter, G.; Chlebna-Sokół, D.; Czech-Kowalska, J.; Dębski, R.; Decsi, T.; Dobrzańska, A.; Franek, E. Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficits in Central Europe—recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency. *Endokrynol. Pol.* **2013**, *64*, 319–327. [CrossRef]
38. Rodríguez-Rosell, D.; Mora-Custodio, R.; Franco-Márquez, F.; Yáñez-García, J.M.; González-Badillo, J.J. Traditional vs. sport-specific vertical jump tests: Reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **2017**, *31*, 196–206. [CrossRef]
39. Freyre Vázquez, F. El Entrenamiento de la Fuerza Explosiva en el Baloncesto. Ph.D. Thesis, Holguin, Cuba, 2018. Available online: <http://repositorio.uho.edu.cu/jspui/handle/uho/4849> (accessed on 21 April 2021).
40. Hamilton, R.T.; Shultz, S.J.; Schmitz, R.J.; Perrin, D.H. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *J. Athl. Train.* **2008**, *43*, 144–151. [CrossRef]
41. Williams, M.; Squillante, A.; Dawes, J. The Single Leg Triple Hop for Distance Test. *Strength Cond. J.* **2017**, *39*, 94–98. [CrossRef]
42. Hopkins, W.G. A scale of magnitudes for effect statistics. *New View Stat.* **2002**, *502*, 411.
43. Koundourakis, N.E.; Androulakis, N.E.; Malliaraki, N.; Margioris, A.N. Vitamin D and exercise performance in professional soccer players. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e101659. [CrossRef]
44. Dickerson, S.S.; Kemeny, M.E. Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychol. Bull.* **2004**, *130*, 355. [CrossRef]
45. Eliakim, A.; Barzilai, M.; Wolach, B.; Nemet, D. Should we treat elevated thyroid stimulating hormone levels in obese children and adolescents? *Int. J. Pediatr. Obes.* **2006**, *1*, 217–221. [CrossRef]
46. García-Casal, M.N.; Landaeta-Jiménez, M.; Osorio, C.; Leets, I.; Matus, P.; Fazzino, F. Acido fólico y vitamina B12 en niños, adolescentes y mujeres embarazadas en Venezuela. *An. Venez. Nutr.* **2005**, *18*, 145–154.
47. Pérez González, E.; Santos Rodríguez, F.; Coto García, E. Homeostasis del magnesio: Etiopatogenia, clínica y tratamiento de la hipomagnesemia. A propósito de un caso. *Nefrología* **2009**, *29*, 518–524.
48. Salamanca, L.; Vásquez, A.O.; Romero, C.C.; Obando, F.S. Valores séricos de ácido fólico en un grupo de pacientes mayores de 18 años de edad en un hospital de alta complejidad. *Univ. Médica* **2017**, *58*. [CrossRef]
49. Ceglia, L. Vitamin D and skeletal muscle tissue and function. *Mol. Asp. Med.* **2008**, *29*, 407–414. [CrossRef]
50. Lovell, G. Vitamin D status of females in an elite gymnastics program. *Clin. J. Sport Med.* **2008**, *18*, 159–161. [CrossRef]
51. Farrokhvar, F.; Tabasinejad, R.; Dao, D.; Peterson, D.; Ayeni, O.R.; Hadiionzadeh, R.; Bhandari, M.J.S.M. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: A systematic-review and meta-analysis. *Sports Med.* **2015**, *45*, 365–378. [CrossRef]
52. Constantini, N.W.; Arieli, R.; Chodick, G.; Dubnov-Raz, G. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clin. J. Sport Med.* **2010**, *20*, 368–371. [CrossRef]
53. Veach, M.K. Pre-season Vitamin D and Iron Levels as a Predictor of Musculoskeletal Injury in Division I Athletes. Master's Thesis, University of Arkansas, Fayetteville, AR, USA, May 2018.
54. Todd, J.J.; Pourshahidi, L.K.; McSorley, E.M.; Madigan, S.M.; Magee, P.J. Vitamin D: Recent advances and implications for athletes. *Sports Med.* **2015**, *45*, 213–229. [CrossRef] [PubMed]
55. Edwards, T.; Spiteri, T.; Piggott, B.; Bonhotal, J.; Haff, G.G.; Joyce, C. Monitoring and managing fatigue in basketball. *Sports Health* **2018**, *6*, 19. [CrossRef] [PubMed]
56. Willis, K.S.; Peterson, N.J.; Larson-Meyer, D.E. Should we be concerned about the vitamin D status of athletes? *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **2008**, *18*, 204–224. [CrossRef] [PubMed]
57. Balsalobre-Fernández, C.; Tejero-González, C.M.; del Campo-Vecino, J.; Bachero-Mena, B.; Sánchez-Martínez, J. Differences of muscular performance between professional and young basketball players. *Cult. Cienc. Deporte* **2016**, *11*, 61–65. [CrossRef]
58. Gryko, K.; Kopiczko, A.; Mikolajec, K.; Stasny, P.; Musalek, M. Anthropometric variables and somatotype of young and professional male basketball players. *Sports Health* **2018**, *6*, 9. [CrossRef]

59. Sato, Y.; Iwamoto, J.; Kanoko, T.; Satoh, K. Low-dose vitamin D prevents muscular atrophy and reduces falls and hip fractures in women after stroke: A randomized controlled trial. *Cerebrovasc. Dis.* **2005**, *20*, 187. [[CrossRef](#)]
60. Ward, K.A.; Das, G.; Berry, J.L.; Roberts, S.A.; Rawer, R.; Adams, J.E.; Mughal, Z. Vitamin D status and muscle function in post-menarchal adolescent girls. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2009**, *2*, 559–563. [[CrossRef](#)]
61. Gurian, M. *Boys and Girls Learn Differently! A Guide for Teachers and Parents*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2010.
62. Jones, P.A.; Bampouras, T.M. A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *J. Strength Cond. Res.* **2010**, *24*, 1553–1558. [[CrossRef](#)]
63. Ackland, T.R.; Elliott, B.; Bloomfield, J. *Applied Anatomy and Biomechanics in Sport*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 2009.
64. Kramer, T.A.; Sacko, R.S.; Pfeifer, C.E.; Gatens, D.R.; Goins, J.M.; Stodden, D.F. The association between the functional movement screen, y-balance test, and physical performance tests in male and female high school athletes. *Int. J. Sports Phys. Ther.* **2019**, *14*, 911. [[CrossRef](#)]
65. Hewett, T.E.; Ford, K.R.; Hoogenboom, B.J.; Myer, G.D. Understanding and preventing acl injuries: Current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *N. Am. J. Sports Phys. Ther. NAJSPT* **2010**, *5*, 234.
66. Garcia-Gil, M.; Torres-Unda, J.; Esain, I.; Duñabeitia, I.; Gil, S.; Gil, J.; Irazusta, J. Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **2018**, *6*, 1723–1730. [[CrossRef](#)]
67. Goolsby, M.A.; Boniquit, N. Bone health in athletes: The role of exercise, nutrition, and hormones. *Sports Health* **2017**, *9*, 108–117. [[CrossRef](#)]
68. Krzywański, J.; Pokrywka, A.; Młyńczak, M.; Mikulski, T. Is vitamin D status reflected by testosterone concentration in elite athletes? *Biol. Sport* **2020**, *37*, 229. [[CrossRef](#)]
69. Sempionatto, J.R.; Brazaca, L.C.; García-Carmona, L.; Bolat, G.; Campbell, A.S.; Martin, A.; Tang, G.; Shah, R.; Mishra, R.K.; Kim, J.; et al. Eyeglasses-based tear biosensing system: Non-invasive detection of alcohol, vitamins and glucose. *Biosens. Bioelectron.* **2019**, *137*, 161–170. [[CrossRef](#)]
70. Higashi, T.; Shibayama, Y.; Fuji, M.; Shimada, K. Liquid chromatography–tandem mass spectrometric method for the determination of salivary 25-hydroxyvitamin D 3: A noninvasive tool for the assessment of vitamin D status. *Anal. Bioanal. Chem.* **2008**, *391*, 229–238. [[CrossRef](#)]
71. Sánchez, F.; Gómez, A. Epidemiología de las lesiones deportivas en baloncesto. *Cuad. Psicol. Deporte* **2009**, *9*, 61.
72. Łagowska, K. The relationship between vitamin D status and the menstrual cycle in young women: A preliminary study. *Nutrients* **2018**, *10*, 1729. [[CrossRef](#)]

## Cambios en fuerza explosiva y agilidad tras un entrenamiento online en jóvenes jugadores de baloncesto confinados por COVID-19

### Changes in explosive strength and agility after an online training in young basketball players confined by COVID-19

\*,\*\*Borja Ricart Luna, \*\*,\*\*\*Pablo Monteagudo Chiner, \*Víctor Pérez Puchades, \*\*Ana Cordellat Marzal, \*\*Ainoa Roldán Aliaga, \*\*Cristina Blasco Lafarga

\*Alqueria LAB, Valencia Basket (España), \*\*Universidad de Valencia (España), \*\*\*Universidad Jaume I, Castellón (España)

**Resumen:** El cierre de centros deportivos y suspensión de entrenamientos y competiciones provocadas por la COVID-19 conllevó una merma importante en la actividad física de los deportistas de alto rendimiento. El objetivo de este estudio fue conocer si un programa de entrenamiento supervisado online, orientado a la fuerza, fue capaz de mejorar la altura y potencia en el salto, y mitigar los efectos de la cuarentena en la agilidad. 51 jugadores de baloncesto de élite en formación ( $72.74 \pm 13.30$  kg;  $1.85 \pm .10$  m), fueron divididos según categoría de edad (Infantil (U-14): 20 jugadores,  $13.45 \pm .51$  años; Cadete (U-16): 22 jugadores,  $15.59 \pm .50$  años; y Junior (U-18): 9 jugadores,  $17.00 \pm .50$  años) y evaluados de composición corporal, fuerza explosiva (test de salto Abalakov, bilateral y unilateral) y agilidad (test V-Cut). Peso y BMI se vieron negativamente afectados. La fuerza explosiva mejoró tras la intervención ( $p < .001$ ) en todas las variables y categorías, mientras la agilidad empeoró significativamente ( $p < .001$ ), confirmando que la falta de espacio para realizar desplazamientos y la ausencia de orientación perceptiva-cognitiva en el entrenamiento son limitaciones determinantes, con peores consecuencias cuando aumenta la edad. La cuarentena obligatoria puede (y debe) verse como una oportunidad para el desarrollo de habilidades físicas básicas como la fuerza (prestando especial atención a las cargas de entrenamiento), siempre que se realice después un trabajo planificado y específico de reinserción al juego. Los preparadores físicos deben prestar especial atención a las cargas en un confinamiento, pues pueden ser insuficientes para deportistas más capaces y formados.

**Palabras clave:** agilidad, fuerza explosiva, salto vertical, especificidad, test físicos.

**Abstract:** The closure of sports centers and suspension of training and competitions caused by COVID-19 led to a significant decrease in physical activity of high performance basketball players. The aim of this study was to investigate if a strength online training program was able to improve height and power in jumping, and to mitigate the effects of the quarantine in agility. Fifty-one elite youth basketball players ( $72.74 \pm 13.30$  kg;  $1.85 \pm .10$  m), were divided into three age categories (Infants (U-14): 20 players,  $13.45 \pm .51$  years; Cadets (U-16): 22 players,  $15.59 \pm .50$  years; Juniors (U-18): 9 players,  $17.00 \pm .50$  years) and evaluated for parameters related to body composition, explosive strength during jumping (bilateral and unilateral Abalakov test), and agility (V-Cut test). Weight and BMI were negatively affected. Explosive strength improved after the intervention ( $p < .001$ ) in all variables and categories, while agility worsened significantly ( $p < .001$ ), confirming that the lack of space to move and the absence of perceptual-cognitive orientation in training are important limitations, with worse consequences as age increases. Mandatory quarantine can (and should) be an opportunity for the development of basic physical skills such as strength (paying special attention to training loads), provided that a planned and specific work of reintegration into the game is carried out afterwards. Physical trainers should pay special attention to loads in confinement, as they may be insufficient for more capable and trained athletes.

**Keywords:** agility, explosive strength, vertical jump, specificity, physical tests.

## Introducción

La crisis sanitaria mundial consecuencia del virus SARS-CoV-2, que produce la enfermedad conocida como COVID-19 (Zu et al., 2020), ha supuesto un cambio en el día a día de la población, sin ser los deportistas de alto rendimiento una excepción. En España las medidas para contener su propagación pasaron por un confinamiento total que llevó al cierre de centros deporti-

vos y, por tanto, a la suspensión de entrenamientos y competiciones, generando una situación de inactividad deportiva y una merma importante en la actividad física global de los jugadores. Este periodo de inactividad prolongada, asociado a una reducción significativa de la capacidad fisiológica y de rendimiento (Bompa & Buzzichelli, 2018), favorece una situación similar a la del periodo de desentrenamiento, definido por Mujika & Padilla (2000) como pérdida parcial o completa de adaptaciones inducidas por el entrenamiento en respuesta a un estímulo de entrenamiento insuficiente.

Autores como Zhang, Zhang, Li & Chen (2018) afirman que estos periodos prolongados producen una atro-

Fecha recepción: 01-09-20. Fecha de aceptación: 20-12-20

Borja Ricart Luna  
borjaricart@hotmail.com

fia muscular junto a una pérdida de fuerza, provocada entre otros, por una reducción del tamaño de las fibras musculares (especialmente en las fibras rápidas). Más concretamente, se ha demostrado que esta disminución en el tamaño y la función muscular se traduce en una reducción de entre el 7% y el 12% en la producción de fuerza en atletas de deportes de equipo tras un período de inactividad de 8 a 12 semanas (Jukic et al., 2020). Además, algunos estudios han estimado que, por cada semana de inactividad deportiva, se produce una pérdida del 10% en el estado físico general (Varandas, Medina, Gómez & Della Villa, 2017), y otros autores señalan que tres semanas de inactividad son suficientes para provocar una reducción significativa en el salto vertical, la resistencia aeróbica y la capacidad anaeróbica (Atay & Kayalarli, 2013). Todos estos cambios relacionados con la pérdida de masa y fuerza muscular hacen que aumente en gran medida la probabilidad de sufrir una lesión muscular (Timmins et al., 2016), lo que puede significar una pérdida importante de la forma física o rendimiento en el deportista.

Frete a ello, diversos trabajos han demostrado que un programa de mantenimiento puede paliar las pérdidas de los valores de fuerza explosiva tras desentrenamiento, lo que puede ayudar a mitigar estos efectos (Santos & Janeiro, 2009). De hecho, parece ser que 3 sesiones de fuerza de una duración de 50 minutos cada una puede evitar los efectos del desentrenamiento en periodos como la post-temporada (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010a). Y otros estudios sugieren que dos entrenamientos de fuerza a la semana podrían ser suficientes para mantener los niveles de esta variable en atletas bien entrenados (Rønnestad, Hansen & Raastad, 2010b). Así pues, parece que un programa de estas características podría evitar un desentrenamiento crónico, minimizando la pérdida de rendimiento en el momento del retorno a la competición. La programación de ejercicio durante el confinamiento ocasionado por la COVID-19 debiera entonces ajustarse progresivamente y en función de las características del parón deportivo, con el fin de mantener los niveles de fuerza, y reducir además la probabilidad de cualquier impacto negativo en el sistema inmunológico (Woods et al., 2020).

Por otro lado, el rendimiento en el baloncesto viene marcado por una interacción constante de diferentes variables condicionales (fuerza explosiva, resistencia aeróbica-anaeróbica, velocidad acíclica, agilidad con y sin balón) (García-Gil et al., 2018). Además, el juego real implica exigencias perceptivo-motrices difícilmente

reproducibles para un jugador confinado. Así, investigaciones sobre las demandas físicas en este deporte sugieren que las dos variables más importantes en los jugadores son la agilidad (para realizar deceleraciones y cambios de dirección en el menor tiempo posible); y la potencia (necesaria tanto para las aceleraciones como para los saltos) (Svilar, Castellano & Jukic, 2019), siendo la primera una cualidad mixta altamente perceptiva. En cuanto a la tipología del esfuerzo, predominan acciones unilaterales y explosivas (Fort-Vanmeerhaeghe, Gual, Romero-Rodríguez & Unnitha, 2016), cuyas demandas son diferentes dependiendo de la categoría formativa (edad), y el nivel de juego (Abdelkrim, Fazaa & Ati, 2007), que también son más difíciles de simular.

En este escenario, mientras se conoce la merma de fuerza asociada a periodos de desentrenamiento y la forma en que se compensan gracias a programas de acondicionamiento físico / mantenimiento, sabemos menos de las consecuencias del desentrenamiento y el efecto de estos programas sobre la agilidad. Tan sólo recientemente, se ha demostrado que los efectos del confinamiento afectan a la agilidad en una muestra pequeña de jugadores de baloncesto jóvenes en formación (Salazar, Svilar, Garcia, González-Lago & Castellano, 2020). Hasta donde sabemos, tampoco se han estudiado estos efectos de desentrenamiento / reentrenamiento en ambas cualidades en relación con la edad, considerando los primeros años de formación de estos jugadores de élite.

Por todo ello, el objetivo de este estudio fue conocer cómo un programa de entrenamiento a distancia orientado a la fuerza explosiva durante el período de confinamiento causado por la COVID-19, afectó a la potencia y la altura del salto en jugadores de baloncesto de élite en formación. Además, se evaluó el impacto que tuvo dicho programa en otras variables determinantes en el baloncesto como la agilidad. Se hipotetizó que dicho programa podría ser efectivo a la hora de mejorar las variables relacionadas con el salto independientemente de la categoría formativa de los jugadores. A pesar de la orientación condicional del programa, también se hipotetizó que un entrenamiento a distancia conteniendo cargas explosivas y unilaterales podría ser suficiente para contener las pérdidas en la agilidad.

## Material y métodos

### Participantes

Un total de 51 jugadores de baloncesto de alto rendimiento en formación, pertenecientes a la cantera de un equipo de la liga Endesa (Primera división española)

participaron en el estudio. Los deportistas se agruparon en función de la categoría formativa: 20 jugadores de categoría infantil (U-14), 22 jugadores cadete (U-16) y 9 jugadores junior (U-18).

Todos los participantes (así como sus padres y/o tutores legales), fueron informados sobre los procedimientos de la investigación, y firmaron un consentimiento informado para participar en este estudio, aprobado por el comité de ética de la Universidad local (H1553774899546), acorde a la Declaración de Helsinki (AMM, 2013).

### *Diseño experimental*

Este estudio no experimental, cuantitativo y de carácter longitudinal (pre-post) se llevó a cabo durante 4 meses. Cuatro días previos a la declaración de cese total de toda actividad se realizó una evaluación a través de una batería de pruebas físicas. Durante la vigencia de este estado de «alarma», los participantes siguieron un plan de entrenamiento supervisado a distancia, y 12 semanas después, de acuerdo con el final de la cuarentena obligatoria se volvieron a someter a una segunda evaluación con la misma batería de pruebas. Todas las pruebas fueron realizadas en una pista de baloncesto cubierta, en las instalaciones del club. Las condiciones ambientales estuvieron controladas (22-24°C), y los horarios fueron siempre los mismos. Además, se cumplieron todas las medidas de seguridad necesarias marcadas por el Ministerio de Sanidad del Gobierno de España, para la práctica deportiva. No se realizó sesión de familiarización, ya que los participantes habían realizado al menos una vez estas mismas pruebas a lo largo de la temporada.

### *Variables de estudio e instrumentos de evaluación*

En cuanto al protocolo en ambos momentos de evaluación, en primer lugar, se tomaron medidas del peso y altura mediante una báscula (SECA 769, Hamburgo, Alemania) y un tallímetro (SECA, Hamburgo, Alemania). Seguidamente, divididos en grupos de siete, los jugadores realizaron un calentamiento estandarizado de ocho minutos que consistió en: trote, estiramientos dinámicos, ejercicios de fuerza de miembros inferiores, pliometría y carrera de alta intensidad con cambios de dirección.

A continuación, los jugadores fueron evaluados de la fuerza explosiva, mediante el test Abalakov (Rodríguez-Rosell, Mora-Custodio, Franco-Márquez, Yáñez-García & González-Badillo, 2017), que consistió, en primer

lugar, en la realización de tres saltos, con ambas piernas (AP). Una vez finalizado, se realizó el test de forma unilateral, y todos los participantes saltaron primero con la pierna derecha (PD) y luego con la izquierda (PI). En todos los casos (AP, PD y PI) el tiempo de descanso entre saltos fue de dos minutos por intento (González, Moreno-Arrones, Bretones & de Villarreal Sáez, 2018). Se obtuvo la altura de vuelo (cm) y la potencia (W), considerando el mejor salto de los tres para el análisis final (Holt & Lambourne, 2008). Los saltos fueron registrados por una plataforma de contacto Chronojump (Boscosystem®, Barcelona, España).

Por último, se midió la agilidad mediante el test V-Cut de Gonzalo-Skok et al. (2015). El test consiste en realizar un circuito de 25 m (5\*5m) con cuatro cambios de dirección de 45 grados, en el menor tiempo posible. Cada jugador efectuó dos intentos, con un descanso de tres minutos entre ellos, midiéndose la ejecución del test mediante células fotoeléctricas Microgate Witty (Microgate Italy, Bolzano, Italy). Se utilizó el mejor registro para su posterior análisis (Gonzalo-Skok et al., 2015).

### *Programa de entrenamiento online*

Se desarrolló un sistema de trabajo a distancia, donde los jugadores se conectaban mediante videollamada para realizar las sesiones de entrenamiento físico, supervisado por los investigadores y entrenadores. Durante las 12 semanas que duró el confinamiento se realizaron cuatro sesiones vespertinas por semana (lunes, martes, jueves y viernes), con 50 minutos efectivos repartidos en los bloques de activación, parte central y enfriamiento. Durante todos los bloques de la sesión, la dificultad/series/repeticiones de los ejercicios fue adaptada en función del grupo de edad (Jordán, López & del Campo, 2002). Además, gran parte de los jugadores tuvieron que adaptar los ejercicios en función del material de fitness del que disponían en casa debido a la situación de aislamiento, por lo que la mayoría de ejercicios fueron realizados utilizando como carga el propio peso corporal.

Siguiendo las directrices de los preparadores físicos del club, la activación tuvo una duración aproximada de 10 minutos, y se componía de diversos ejercicios de flexibilidad, equilibrio, control propioceptivo y movimientos de aterrizaje (Román et al., 2020). Dentro de este bloque diferenciamos tres subgrupos. El primero fue la movilidad articular global, donde se realizaron ejercicios de movilidad de cintura escapular, tórax, complejo lumbo-pélvico y tobillo (Vamvakoudis et al., 2007).

El segundo subgrupo fueron estiramientos dinámicos, centrados en los siguientes grupos musculares: pectoral, dorsal, flexores, extensores y rotadores de cadera (Shaji & Isha, 2009). El tercero, la propiocepción, donde se realizaron ejercicios de estabilización a una pierna (peso muerto a una pierna) y aterrizajes, con una y dos piernas (Simenz, Dugan & Ebben, 2005).

La parte central se dirigió hacia un trabajo de desarrollo/mantenimiento de la fuerza tanto de la extremidad superior como inferior. En el caso del grupo de jugadores U-14, el trabajo se centró en ejercicios con predominancia bilateral (sentadillas, hip thrust, flexiones apoyando rodillas), con un máximo de 5 ejercicios por sesión, en los cuales se realizaban 3/4 series, entre 10/12 repeticiones por serie. Todos los ejercicios fueron con el propio peso corporal. Por su parte, los jugadores del grupo U-16, realizaron ejercicios con predominancia bilateral (step up, sentadilla goblet, flexiones apoyados en pared a una mano), ejecutándose entre 5-6 ejercicios por sesión, en los que se realizaban 4 series de 10/12 repeticiones. Como carga, se utilizó el propio peso corporal y botellas de agua (de 2 y 5 litros) a modo de mancuernas. En cuanto a los jugadores de la categoría U-18, hubo una predominancia unilateral, aunque también se realizaron ejercicios de forma bilateral (peso muerto unilateral, press de hombros a una mano, elevación de cadera a una y dos piernas). En este grupo se llevaron a cabo un máximo de 6 ejercicios por sesión, en los cuales se realizaban 5 series por ejercicio de 10 a 12 repeticiones utilizándose el propio peso corporal y mancuernas (de hasta 12 kg).

En todos los grupos, se realizó además una parte de trabajo pliométrico, con ejercicios de saltos y caídas a una y dos piernas con diferentes frecuencias, apoyos y técnicas. El tiempo total utilizado en este segundo bloque fue de 25 minutos.

La parte final se compuso de un trabajo cardiovascular mediante entrenamiento interválico de alta intensidad. Los ejercicios que componían este entrenamiento simulaban patrones específicos del deporte (aceleraciones, deceleraciones, saltos...), caracterizados por esfuerzos de 15 a 40 segundos intercalados con períodos de recuperación pasiva de 2 a 4 minutos (Buchheit & Laursen, 2013). Se utilizaron diferentes ratios de trabajo 1:1, 1:2, 2:1, (Schelling & Torres-Ronda, 2013), cronológicamente y en ese mismo orden. Así, cada sesión implicaba un solo tipo de esfuerzo (ratio) pero se garantizaba la variación de estímulos dentro de la misma semana, según el modelo de periodización ondulante. La intensidad del entrenamiento se controló a tra-

vés de la escala de esfuerzo percibido 6-20 (Feriche, Chiroso & Chiroso, 2002), con intensidades cercanas al 15 en las zonas de trabajo y a 10 en la recuperación activa. La duración total del bloque fue de 15 minutos.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 25.0 para Windows (SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA). Los análisis descriptivos se expresaron a través del valor de la media y la desviación estándar (Media; DE).

Tras comprobar el supuesto de normalidad (Kolmogorov-Smirnov), se realizó un ANOVA mixto con medidas repetidas en el factor *intervención* (diseño pre-post) para analizar los cambios producidos en las variables de rendimiento considerando el efecto del entrenamiento y la inactividad; y el resultado de la interacción *intervención x grupo*. Las pruebas de efectos intra-sujetos en un primer nivel, seguidas de las pruebas post-hoc de Bonferroni, se realizaron fijando la significación estadística en  $p < .050$ . Posteriormente, para homogeneizar y analizar estos cambios, se calculó el tamaño del efecto (ES) considerándose pequeño ( $d = .20 - .40$ ), mediano ( $d = .50 - .70$ ) o grande ( $d = .80 - 2.0$ ) según Cohen (2013).

### Resultados

La tabla 1 incluye las características de los participantes al inicio de la investigación.

Tabla 1.  
Características de la muestra.

Características	Todos n=51		U-14 n=20		U-16 n=22		U-18 n=9	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Edad (años)	15,00	1,44	13,45	3,1	15,59	,50	17,00	,50
Características antropométricas								
Peso (kg)	72,74	13,30	65,38	13,29	76,71	12,70	79,38	5,86
Altura (m)	1,85	,10	1,77	,09	1,89	,08	1,92	,03
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	20,95	2,11	20,44	2,07	21,24	2,34	21,38	1,45
Posición								
Pivote (%)	11 (27,5)		3 (15,0)		6 (27,3)		2 (22,2)	
Alaero (%)	11 (27,6)		4 (20,0)		4 (18,2)		3 (33,3)	
Escala (%)	7 (13,7)		1 (5,0)		3 (13,6)		3 (33,3)	
Base (%)	14 (27,5)		7 (35,0)		6 (27,3)		1 (11,1)	
Ala pivote (%)	8 (15,7)		5 (25,0)		3 (13,6)			
Pierna dominante								
PD (%)	42 (82,4)		17 (85,0)		19 (86,4)		6 (66,7)	
PI (%)	9 (17,6)		3 (15,0)		3 (13,6)		3 (33,3)	

En cuanto a los cambios producidos por la intervención en el peso e IMC, la prueba de efectos intra-sujetos muestra diferencias significativas ( $p < .050$ ) en ambos casos para el factor *intervención*, pero no para la interacción *intervención x grupo*. Por su parte, la altura sí mostró diferencias significativas ( $p < .001$ ) tanto para el factor *intervención* como para la interacción de ambos factores (*intervención x grupo*). Concretamente, los análisis post-hoc de Bonferroni muestran cómo los 3 grupos aumentan de manera significativa el peso durante el confina-



miento (U-14: 65.38 ± 13.29 kg vs 69.35 ± 13.78 kg; U-16: 76.71 ± 12.70 kg vs 78.29 ± 11.27 kg; U-18: 79.38 ± 5.86 kg vs 82.30 ± 6.41 kg), mientras que la altura sólo aumenta significativamente en los grupos U-14 (1.77 ± .09 m vs 1.80 ± .09 m) y U-16 (1.89 ± .08 m vs 1.90 ± .08 m). Por lo que respecta al IMC, se produce un aumento significativo solo en los grupos U-14 (20.44 ± 2.07 kg/m<sup>2</sup> vs 21.14 ± 2.34 kg/m<sup>2</sup>) y U-18 (21.38 ± 1.45 kg/m<sup>2</sup> vs 22.19 ± 1.82 kg/m<sup>2</sup>).

Respecto a los cambios producidos durante el período de confinamiento en las variables de rendimiento, los resultados de la prueba de efectos intra-sujetos muestran un efecto significativo de la *intervención* para la potencia (AP: F = 108.721, p < .001,  $\eta_p^2 = .694$ ; PD: F = 34.440, p < .001,  $\eta_p^2 = .418$ ; PI: F = 53.064, p < .001,  $\eta_p^2 = .525$ ), la altura de vuelo (AP: F = 79.760, p < .001,  $\eta_p^2 = .624$ ; PD: F = 28.248, p < .001,  $\eta_p^2 = .370$ ; PI: F = 39.101, p < .001,  $\eta_p^2 = .449$ ) y la agilidad (F = 62.897, p < .001,  $\eta_p^2 = .567$ ). La interacción *intervención x grupo* solo mostró un efecto significativo para la potencia en la pierna izquierda (F = 5.494, p = .007,  $\eta_p^2 = .186$ ).

Los análisis de post-hoc de Bonferroni (tabla 2) muestran un aumento significativo (p < .050) de la fuerza tras la intervención en todas las variables y categorías formativas. Solo la altura del salto en la pierna derecha para el grupo U-18 no mostró mejoras significativas (p = .097). Las diferencias significativas (p < .001) que de partida existían en la potencia del salto con la pierna izquierda entre los grupos U-14 y U-18, y entre U-16 y U-18, se mantuvieron en la evaluación post.

vios han estudiado los efectos del desentrenamiento o de una reducción del entrenamiento por lesión (Bosquet et al., 2013; Sousa et al., 2019), pero existen pocos precedentes sobre los efectos del confinamiento estricto en el deporte. Nuestros datos muestran cómo, después de 12 semanas, los jugadores han mejorado los niveles de fuerza explosiva en la extremidad inferior. Sin embargo, el programa de entrenamiento llevado a cabo en los domicilios no ha sido suficiente para mejorar, ni siquiera mantener, los niveles previos de agilidad.

Como principal hallazgo, nuestros deportistas obtuvieron mejoras significativas tanto en altura como en potencia del salto en todos los grupos de edad (p < .050). Se confirma que el trabajo con el propio cuerpo es efectivo en la mejora de la fuerza explosiva en las primeras etapas de formación de estos jugadores, tal y como se esperaba. La fuerza explosiva y la potencia son capacidades físicas que determinan el rendimiento del jugador de baloncesto (Stojanovic, Calleja-Gonzalez, Ostojic, Milosevic & Mikic, 2014; Vaquera, Rodríguez, Hernández & Seco, 2003), ya que la mejora en habilidades como el salto está condicionada a este tipo de trabajo.

Cabe señalar que, en los deportes de equipo, el calendario anual es muy exigente, con pocos períodos (o períodos muy cortos) de recuperación completa. La cuarentena llegó cuando los jugadores se encontraban en la parte final de la temporada (ya llevaban más de 7 meses entrenando), por lo que se presupone cierto nivel de fatiga. En este sentido, la reducción de fatiga gracias a la inactividad podría ser un motivo del incremento en las variables del salto, ya que esta habilidad se ve afectada

por la fatiga tanto a corto como a largo plazo (Moreno, 2020). Sin embargo, esta cuarentena se afrontó no solo como una oportunidad de descanso (Silva,

Brito, Akenhead & Nassiss, 2016), sino como una oportunidad para el desarrollo de ciertas habilidades físicas básicas para las cuales un atleta en deportes de equipo no tiene suficiente tiempo bajo el régimen de periodización regular, al igual que sucede en los períodos de transición o de fuera de temporada (Jukic et al., 2020). Además, en este caso, los jugadores habían ganado peso significativamente, y a pesar de ello mejoraron

Tabla 2.

Efecto del programa de entrenamiento online supervisado durante el estado de alarma por COVID-19 en la fuerza explosiva y la agilidad. Media, Desviación y Tamaño del efecto. Los asteriscos señalan el resultado de las comparaciones post-hoc de Bonferroni.

	U-14 (n=20)			U-16 (n=22)			U-18 (n=9)		
	PRE Media ± DE	POST Media ± DE	ES	PRE Media ± DE	POST Media ± DE	ES	PRE Media ± DE	POST Media ± DE	ES
<b>Fuerza extremidad inferior</b>									
<i>Ambas piernas</i>									
ABK Potencia (W)	766.40 ± 170.47	899.11 ± 179.41**	.76	1017.87 ± 152.61	1107.51 ± 178.05**	.54	1118.42 ± 63.36	1233.60 ± 86.54**	1.52
ABK Altura (cm)	28.97 ± 5.19	36.53 ± 6.35**	1.23	37.84 ± 5.97	43.29 ± 6.49**	.87	42.84 ± 5.53	48.01 ± 4.89**	.99
<i>Pierna derecha</i>									
ABK Potencia (W)	579.52 ± 123.84	669.74 ± 128.79**	.71	775.69 ± 121.95	831.21 ± 121.45**	.46	877.37 ± 78.50	929.40 ± 96.72*	.59
ABK Altura (cm)	16.38 ± 2.54	20.24 ± 4.40**	1.07	21.81 ± 5.02	24.92 ± 4.49**	.65	25.61 ± 2.97	27.73 ± 3.85*	.62
<i>Pierna izquierda</i>									
ABK Potencia (W)	549.71 ± 137.37*	666.14 ± 118.19**	.91	811.83 ± 138.51*	859.61 ± 139.27*	.34	885.08 ± 73.45	947.96 ± 77.94*	.83
ABK Altura (cm)	15.55 ± 4.12	19.88 ± 3.38**	1.15	23.76 ± 5.46	26.35 ± 5.45**	.47	26.20 ± 2.96	28.36 ± 3.34*	.68
<b>Agilidad</b>									
V-CLUT (s)	7.25 ± .33	7.56 ± .31**	.80	6.63 ± .22	6.94 ± .35**	1.06	6.39 ± .27	6.76 ± .27**	1.32

\*\*p < .001; \*p < .050; †p < .100; a=diferencia significativa con U-18 en el PRE (p < .001); b=diferencia significativa con U-18 en el POST (p < .001); ES: tamaño del efecto.

## Discusión

El principal objetivo del estudio fue comprobar la incidencia de un programa de acondicionamiento físico supervisado y a distancia, adaptado a una situación excepcional como la cuarentena obligatoria, sobre la agilidad y la fuerza explosiva de un grupo de jóvenes jugadores de baloncesto de élite en formación. Estudios pre-

la variable de rendimiento altura del salto, confirmando el papel del entrenamiento en su mejora.

Especialmente importante parece haber sido el trabajo desarrollado en la categoría formativa más joven (U-14), ya que presenta tamaños del efecto mayores en todas las variables de fuerza. Así pues, y en concordancia con investigaciones previas, un programa de acondicionamiento físico durante un período de reducción de la movilidad es capaz de mantener o incluso mejorar respuestas neurales y de rendimiento logradas anteriormente (Mujika, 1998). Nuevos estudios deberán resolver si la forma de *U* encontrada en los tamaños del efecto, con menores mejoras en el grupo U-16 frente a U-14 y U-18, puede relacionarse con la mayor tasa de cambio corporal que pueda darse en estas edades (Díaz-Sánchez, 2009; Izquierdo & Ibáñez, 2017), teniendo como consecuencia una mayor dificultad para gestionar su cuerpo y optimizar la coordinación necesaria en el salto. De hecho, nuestros resultados muestran cómo el grupo U-16 fue el único que no mostró diferencias significativas durante la intervención en el IMC, aunque sí en el peso y la altura. El cambio corporal podría estar también detrás de las mejoras unilaterales, donde atendiendo al tamaño del efecto, U-14 y U-18 mejoraron más en la pierna izquierda, cosa que no fue así en el grupo U-16. Estos cambios podrían deberse a la influencia de otras variables que este estudio no ha tenido en cuenta como por ejemplo el efecto de la pierna dominante. En concordancia con otros estudios (Carvalho et al., 2011), pues, se destaca la importancia de tener en cuenta las diferencias de tamaño corporal al interpretar los cambios en el rendimiento a corto plazo en jugadores de baloncesto adolescentes.

Por otro lado, a pesar de que la fuerza explosiva tiene una correlación significativa con la agilidad (Sassi et al., 2009), el rendimiento en la agilidad fue significativamente menor ( $p < .050$ ) en todos los grupos de edad tras finalizar el período de cuarentena, contrariamente a lo hipotetizado. Aunque una mayor aplicación de fuerza es un resultado directo de una mayor activación muscular durante el movimiento, algunos estudios señalan que la importancia de la interacción de la fuerza de la parte inferior del cuerpo para el rendimiento de la agilidad parece verse reducida al tratarse de un proceso perceptivo-cognitivo (Spiteri et al., 2014). Así, los factores determinantes del rendimiento de agilidad parecen estar ligados a la capacidad del atleta para extraer e identificar señales y decidir la dirección apropiada del movimiento. Por lo tanto, el hecho de no poder realizar desplazamientos similares a los que suce-

den en el contexto real de juego es determinante en el rendimiento de la agilidad, y por consiguiente el programa de entrenamiento online no ha sido suficiente para mitigar los efectos de la cuarentena en esta variable.

Estudios recientes sobre estos mismos efectos del confinamiento producido por la COVID-19 en la agilidad, han encontrado pérdidas en jugadores de baloncesto cercanas al 10% al realizar el *Lane Agility Test* (Salazar et al., 2020). En nuestro caso, las pérdidas sufridas en esta variable (evaluada a través del V-Cut) han sido algo menores, oscilando entre el 4% y el 6% en función de la categoría formativa. Aunque el trabajo unilateral puede ser un factor importante, de nuevo hacen falta más estudios para conocer si la diferencia porcentual en las pérdidas se relaciona con el tipo de test o con el programa de entrenamiento.

De la misma forma, el tamaño del efecto (ES) obtenido en los diferentes grupos también muestra cómo a medida que aumenta la edad (categoría formativa), las pérdidas en la agilidad son mayores, a pesar del programa de entrenamiento seguido (U-14: .80; U-16: 1.06; U-18: 1.32). Algunos estudios han mostrado cómo el entrenamiento pliométrico es un método efectivo en la mejora de la agilidad (Ramírez-Campillo et al., 2015; Ramírez-Campillo et al., 2014; Söhnlein, Müller & Stöggel, 2014), pero sus adaptaciones están relacionadas con la edad (Asadi, Arazi, Ramirez-Campillo, Moran, & Izquierdo, 2017). Si bien las categorías formativas de más edad muestran mayores adaptaciones a este entrenamiento (Asadi et al., 2017), debido posiblemente a la maduración del sistema nervioso central, o al aumento de concentración de hormonas anabólicas en este período (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004; Rogol, Roemmich & Clark, 2002), en nuestro programa fueron los mayores los más perjudicados. En este sentido, una mayor carga de entrenamiento pliométrico en las categorías de más edad podría haber sido más efectiva a la hora de reducir estas pérdidas en agilidad, lo que debe ser tenido en cuenta por los preparadores físicos.

Tomando como base los resultados obtenidos, este estudio presenta una serie de limitaciones relacionadas con el tamaño muestral, ya que el grupo U-18 contó con la mitad de participantes que el resto, lo que impide, en parte, la generalización de resultados. Además, la agilidad es una manifestación compleja, por lo que incluir más de una prueba de evaluación podría haber proporcionado mayor información sobre sus respuestas. Por otra parte, la realización de test de carácter bioenergético podría haber aportado una valiosa infor-

mación con la que poder contrastar el efecto del desentrenamiento en el comportamiento de diferentes tipos de variables (neuromuscular vs aeróbicas). Igualmente, hubiera sido interesante contar con una muestra de sexo femenino para observar si el programa de entrenamiento online durante la cuarentena produce el mismo efecto. Por último, la monitorización de parámetros psicofisiológicos en los momentos previos a la investigación nos hubiera permitido comprobar el estado de fatiga y poder atribuir a ésta con mayor determinación los cambios producidos en ciertas variables.

Así pues, la situación provocada por la COVID-19 ha dificultado en gran parte el trabajo de los entrenadores a la hora de crear, desarrollar y controlar las sesiones a distancia. De cara a futuras investigaciones o intervenciones similares, creemos interesante la inclusión dentro del programa de entrenamiento de ejercicios que impliquen toma de decisiones o estén dirigidos a mejorar el tiempo de reacción, ya que estas variables tienen una gran influencia en el rendimiento en baloncesto (Scanlan, Humphries, Tucker & Dalbo, 2014).

Finalmente, y de acuerdo con recientes recomendaciones (Chtourou et al., 2020), se resalta la importancia para los jugadores de élite en formación de compensar sus niveles de actividad física con otras actividades como juegos activos y desafiantes en interior, practicar nuevas habilidades motrices o seguir actividades físicas de diferente índole además del entrenamiento programado por el propio club. Esto podría ayudar a romper los comportamientos sedentarios a lo largo de la jornada ayudando a controlar el aumento de peso producido durante la cuarentena, algo que como muestran nuestros resultados, ha ocurrido durante la intervención.

## Conclusiones

El programa de entrenamiento online en jugadores de formación y alto rendimiento ha sido una herramienta útil para mitigar los efectos del confinamiento obligatorio ocasionado por la COVID-19, consiguiendo una mejora de la fuerza explosiva en los miembros inferiores. Los resultados presentados muestran efectos positivos sobre la fuerza en una habilidad tan importante en jugadores de baloncesto como el salto, tanto bilateral como unilateral. Sin embargo, el programa no ha conseguido mitigar los efectos de la cuarentena respecto a la agilidad, confirmando que la falta de espacio para realizar desplazamientos y la ausencia de orientación

perceptiva-cognitiva en el entrenamiento son limitaciones determinantes, con peores consecuencias con el aumento de la edad.

La cuarentena obligatoria puede (y debe) verse como una oportunidad para el desarrollo de habilidades físicas básicas como la fuerza (máxima y explosiva), prestando especial atención a las cargas de entrenamiento y siempre que posteriormente se realice un trabajo planificado y específico de reinserción al juego que evite futuras lesiones.

Este trabajo contribuye a mejorar la comprensión de los efectos del confinamiento sobre las habilidades de los jugadores de baloncesto en formación, siendo una herramienta útil para entrenadores y preparadores físicos de este ámbito. Estos deben prestar especial atención a las cargas en un confinamiento, pues pueden ser insuficientes para deportistas más capaces y formados.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los atletas y al Valencia Basket su participación e implicación, y a todos los empleados que se han encargado de garantizar el regreso seguro a los entrenamientos.

## Referencias

- Abdelkrim, N. B., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69-75. doi:10.1136/bjism.2006.032318
- AMM. (2013). Declaración del Helsinki de la Asamblea Médica Mundial, Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 64ª Asamblea General. Fortaleza, Brasil.
- Asadi, A., Arazi, H., Ramirez-Campillo, R., Moran, J., & Izquierdo, M. (2017). Influence of maturation stage on agility performance gains after plyometric training: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 31(9), 2609-2617. doi:10.1519/JSC.0000000000001994
- Atay, E., & Kayalarli, G. (2013). The effects of detraining period on female basketball team players aged 10-12. *Türk Spor ve Egzersiz Dergisi*, 15(2), 51-55.
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2018). *Periodization: theory and methodology of training*: Human kinetics.
- Bosquet, L., Berryman, N., Dupuy, O., Mekary, S., Arvisais, D., Bherer, L., . . . sports, s. i. (2013). Effect of training cessation on muscular performance: A meta analysis. *Scandinavian journal of medicine*, 23(3), e140-e149.

- doi:10.1111/sms.12047
- Buchheit, M., & Laursen, P.B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports medicine*, 43(10), 927-954.
- Carvalho, H. M., Coelho-e-Silva, M. J., Gonçalves, C. E., Philippaerts, R. M., Castagna, C., & Malina, R. M. (2011). Age-related variation of anaerobic power after controlling for size and maturation in adolescent basketball players. *Annals of Human Biology*, 38(6), 721-727.
- Chourou, H., Trabelsi, K., H'mida, C., Boukhris, O., Glenn, J. M., Brach, M., . . . Ammar, A. (2020). Staying Physically Active During the Quarantine and Self-Isolation Period for Controlling and Mitigating the COVID-19 Pandemic: A Systematic Overview of the Literature. doi:10.3389/fpsyg.2020.01708
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Academic press.
- Díaz-Sánchez, M. E. (2009). *Bioantropología de la nutrición. Crecimiento, maduración y desarrollo*: Editorial Ciencias Médicas.
- Feriche, B., Chiroso, L., & Chiroso, I. (2002). Validez del uso de la RPE en el control de la intensidad del entrenamiento en balonmano. *Archivos de Medicina del Deporte*, 19(91), 377-383.
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., Gual, G., Romero-Rodriguez, D., & Unnitha, V. (2016). Lower limb neuromuscular asymmetry in volleyball and basketball players. *Journal of Human Kinetics*, 50(1), 135-143. doi:10.1515/hukin-2015-0150
- García-Gil, M., Torres-Ulda, J., Esain, I., Duñabeitia, I., Gil, S. M., Gil, J., y Irazusta, J. (2018) Anthropometric parameters, age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *Journal of Strength and Conditional Research*, 32(6), 1723-1730. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002043
- González, J. R., Moreno-Arrones, L. J. S., Bretones, A. R., & de Villarreal Sáez, E. S. (2018). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(33), 106-111.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J., Casajus, J., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the V-cut test for young basketball players. *Int J Sports Med*, 36(11), 893-899.
- Holt, B.W., & Lambourne, K. (2008). The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 22(1), 226-229. doi:10.1519/JSC.0b013e31815f9d6a
- Izquierdo, M., & Ibáñez, J. (2017). Crecimiento y maduración del deportista joven. Aplicación para el desarrollo de la fuerza. *Revista de educación física: Renovar la teoría y práctica*(145), 47-47.
- Jordán, O. R. C., López, L. M. G., & del Campo, D. G. D. (2002). La fuerza en el currículum de la educación física escolar Un análisis del papel de la fuerza en el vitae actual desde la perspectiva del desarrollo. *Retos*(1), 37-41. doi:10.47197/retos.v0i1.35110
- Jukic, I., Calleja-González, J., Cos, F., Cuzzolin, F., Olmo, J., Terrados, N., . . . Milanovic, L. (2020). Strategies and solutions for team sports athletes in isolation due to covid-19. In: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*: Human kinetics.
- Moreno, S. M. (2020). La altura del salto en contramovimiento como instrumento de control de la fatiga neuromuscular: revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(37), 820-826.
- Mujika, I. (1998). The influence of training characteristics and tapering on the adaptation in highly trained individuals: a review. *International journal of sports medicine*, 19(07), 439-446. doi:10.1055/s-2007-971942
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I. *J Sports Medicine*, 30(2), 79-87.
- Ramírez-Campillo, R., Burgos, C. H., Henríquez-Olguín, C., Andrade, D. C., Martínez, C., Álvarez, C., . . . Izquierdo, M. (2015). Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 29(5), 1317-1328. doi:10.1519/JSC.0000000000000762
- Ramírez-Campillo, R., Meylan, C., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Cañas-Jamett, R., . . . Izquierdo, M. (2014). Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 28(5), 1335-1342. doi:10.1519/JSC.0000000000000284
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. (2017). Traditional vs. sport-specific vertical jump tests: reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 31(1), 196-206. doi:10.1519/JSC.0000000000001476
- Rogol, A. D., Roemmich, J. N., & Clark, P.A. (2002). Growth at puberty. *Journal of adolescent health*, 31(6), 192-200.
- Román, V.T., Ramos, D. G., Marín, D. M., Coll, J. S., Sánchez, I. B., & Gil, M. C. R. (2020). Análisis de la incidencia de lesiones y hábitos usados durante el calentamiento en el baloncesto femenino. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(38), 6. doi:10.47197/retos.v38i38.74310
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010a). In-

- season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European journal of applied physiology*, 110(6), 1269-1282.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010b). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European journal of applied physiology*, 108(5), 965-975.
- Salazar, H., Svilar, L., García, L., González-Lago, L., & Castellano, J. (2020). Negative Impact Of COVID-19 Home Confinement On Physical Performance Of Elite Youth Basketball Players. *Sport Performance & Science Reports*.
- Santos, E., & Janeira, M. (2009). Effects of reduced training and detraining on upper and lower body explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 23(6), 1737-1744. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b3dc9d
- Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., Gharbi, Z. J. T. J. o. S., & Research, C. (2009). Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1644-1651.
- Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P. S., & Dalbo, V. (2014). The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of sports sciences*, 32(4), 367-374. doi:10.1519/JSC.0000000000000458
- Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2013). Conditioning for basketball: Quality and quantity of training. *Strength Conditioning Journal*, 35(6), 89-94. doi:10.1519/SSC.0000000000000018
- Shaji, J., & Isha, S. (2009). Comparative analysis of plyometric training program and dynamic stretching on vertical jump and agility in male collegiate basketball player. *AlAme en J Med Sci Sports Exerc*, 2(1), 36-46.
- Silva, J. R., Brito, J., Akenhead, R., & Nassiss, G. P. (2016). The transition period in soccer: a window of opportunity. *J Sports Medicine*, 46(3), 305-313.
- Simenz, C. J., Dugan, C. A., & Ebben, W. P. (2005). Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 19(3), 495-504.
- Söhnlein, Q., Müller, E., & Stöggel, T. L. (2014). The effect of 16-week plyometric training on explosive actions in early to mid-puberty elite soccer players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 28(8), 2105-2114. doi:10.1519/JSC.0000000000000387
- Sousa, A. C., Neiva, H. P., Izquierdo, M., Cadore, E. L., Alves, A. R., & Marinho, D. A. (2019). Concurrent training and detraining: brief review on the effect of exercise intensities. *International journal of sports medicine*, 40.
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 28(9), 2415-2423.
- Stojanovic, M., Calleja-Gonzalez, J., Ostojic, S. M., Milosevic, Z., & Mikic, M. (2014). Correlación Entre la Fuerza Explosiva, la Potencia Aeróbica y la Capacidad de Repetir Sprint en Jugadores de Baloncesto Elite-G-SE/Editorial Board/Dpto. Contenido. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 28(3).
- Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2019). Comparison of 5vs5 training games and match-play using microsensor technology in elite basketball. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 33(7), 1897-1903. doi:10.1519/JSC.0000000000002826
- Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(24), 1524-1535. doi:10.1136/bjssports-2015-095362
- Vamvakoudis, E., Vrabas, I. S., Galazoulas, C., Stefanidis, P., Metaxas, T. I., & Mandroukas, K. (2007). Effects of basketball training on maximal oxygen uptake, muscle strength, and joint mobility in young basketball players. *Journal of strength conditioning research*, 21(3), 930.
- Vaquera, A., Rodríguez, J., Hernández, J., & Seco, J. (2003). *Comparativa entre la fuerza explosiva del tren inferior y la velocidad en jugadores profesionales de baloncesto*. Paper presented at the Proceedings of the II Congreso Ibérico de Baloncesto: La Formación y el Rendimiento en Baloncesto. Universidad de Extremadura. Cáceres.
- Varandas, F., Medina, D., Gómez, A., & Della Villa, S. (2017). Late Rehabilitation (On the Field). In *Injuries and Health Problems in Football* (pp. 571-579): Springer.
- Woods, J., Hutchinson, N. T., Powers, S. K., Roberts, W. O., Gomez-Cabrera, M., Radak, Z., . . . Leeuwenburgh, C. (2020). The COVID-19 Pandemic and Physical Activity. In: Elsevier.
- Zhang, S., Zhang, Y., Li, B., & Chen, N. (2018). Physical inactivity induces the atrophy of skeletal muscle of rats through activating AMPK/FoxO3 signal pathway. *J Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci*, 22(1), 199-209.
- Zu, Z. Y., Jiang, M. D., Xu, P. P., Chen, W., Ni, Q. Q., Lu, G. M., & Zhang, L. J. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a perspective from China. *Radiology*, 200490. doi:10.1148/radiol.2020200490