

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster Universitario en Actividad Física y Salud

Bio-banding: Análisis de las
variables físicas y de
composición corporal en
ciclistas jóvenes.
Estudio Piloto.

Víctor Ciller Martínez
Amelia Crisanta Tito Pizarro

Dirigido por:

Dña. Almudena Montalvo Pérez

Madrid, junio 2023

Índice

1.	Introducción	3
2.	Principales problemas	4
3.	Características de la revista	5
3.1	Motivos porque se ha elegido la revista	5
3.2	Características de la revista	5
4.	Comité ético	6
5.	Artículo	7
6.	Anexos	21
6.1	Anexo 1: Consentimiento informado.	21
6.2	Anexo 2: Carta de conformidad del Investigador Principal.	23
6.3	Anexo 3: Declaración de no divulgación sin consentimiento.	24
6.4	Anexo 4: Declaración de originalidad.	25
6.5	Anexo 5: Declaración de permiso de divulgación en Repositorio	26

1. Introducción

Este trabajo de investigación nos ha permitido evaluar a ciclistas de categorías formativas, donde se observan diferentes variaciones de la madurez física de los deportistas.

La herramienta utilizada fue el Bio-banding que busca abordar las diferencias individuales en la maduración biológica agrupando al deportista en base a atributos asociados con el crecimiento y la maduración en vez de con la edad cronológica. Esta herramienta se empleó en la muestra estudiada para las siguientes categorías: alevines, infantiles, cadetes y juveniles. Se observó las diferencias relevantes en el tamaño, fuerza, velocidad y potencia. Este sistema permite reducir la desigualdad de oportunidades en los ciclistas de las categorías estudiadas de las diferentes etapas de maduración.

Por consiguiente, el problema principal es: ¿Cuál es la relación que existe entre la edad biológica y cronológica dentro de las diferentes categorías de ciclismo y sus relaciones con las capacidades físicas y corporales?

El objetivo de este estudio fue describir y analizar las diferencias entre la edad biológica y cronológica dentro de las diferentes categorías de ciclismo y sus relaciones con las capacidades físicas y de composición corporal.

Respondiendo al problema principal, la hipótesis fue que entre la edad biológica y cronológica dentro de las subcategorías de ciclismo hay diferencias en las capacidades físicas y corporales para agruparlos con sus características de crecimiento y maduración en vez de edad cronológica.

2. Principales problemas surgidos para llevar el estudio

Durante el estudio, se presentaron dificultades en las diferentes etapas del artículo.

Tuvimos muchos problemas a la hora de conseguir una muestra más amplia ya que tras ponernos en contacto vía mail con todos los clubes de categorías inferiores de la Comunidad de Madrid solo nos contestaron dos por lo que tuvimos que obtener la muestra de otros clubes nacionales y eso hizo que nos demoremos en la toma de datos y no obtuviéramos el tamaño de muestra deseado.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA REVISTA

2.1. Motivos por los que se ha elegido la revista

Elegimos esta revista por que publica artículos originales, revisiones críticas, notas de investigación y comunicaciones breves en el área interdisciplinaria de las ciencias del deporte y la salud pública. Vincula varias disciplinas científicas de manera integrada, para abordar cuestiones críticas relacionadas con la ciencia del deporte y la salud importantes que son relevantes para las ciencias del deporte y la salud pública, lo cual está en el dentro de tema de nuestra investigación.

2.2. Características de la revista

- Nombre de la Revista: *Sports*
- ISSN de la Revista: 2075-4663
- WEB Home Page de Revista

<https://www.mdpi.com/journal/sports>

- Índices de calidad de la revista (año 2021)
 - o Factor de impacto: 0.85
 - o Rango de la revista: Cite Score – Q2 (Ciencias del Deporte)
 - o Total de citas: 2,524
 - o Frecuencia de publicación: 12 números / año
 - o Idiomas: inglés
 - o Región: Suiza

3. Comité ética

Dra. Mar García Arenillas
Presidenta del CEIm Hospital Clínico San Carlos

CERTIFICA

- Que el CEIm del Hospital Clínico San Carlos en su reunión de Comisión Permanente, acta 1.1/22, ha evaluado la respuesta a las aclaraciones solicitadas con anterioridad al estudio:

Título: **"ESTUDIO DE LAS HABILIDADES VISUALES Y RENDIMIENTO EN DEPORTISTAS CON CAPACIDADES VISUALES CON DEFICIENCIAS Y SIN ELLAS Y NO DEPORTISTAS (HVCYSDYND)"**

Código Interno: **21/766-E**

Tipo documento	Versión
Protocolo	versión 1
Hoja Información de Paciente (mayores de 12 años)	versión 1

- Que en este estudio:
 - Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
 - Es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado.
 - La capacidad del investigador y los medios disponibles son adecuados para llevar a cabo el estudio, quedando detallado el listado de centros e investigadores previstos en el **anexo II**.
 - El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto de los postulados éticos.
 - El procedimiento previsto para el manejo de datos personales es adecuado.
 - Se cumplen los preceptos éticos formulados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica mundial para las investigaciones médicas en seres humanos y en sus posteriores revisiones, así como aquellos exigidos por la normativa legal aplicable en función de las características del estudio.
- Que este Comité ha decidido emitir un **DICTAMEN FAVORABLE**.
- Que en dicha reunión se cumplieron los requisitos establecidos en la legislación vigente – Real Decreto 1090/2015 – para que la decisión del citado CEIm sea válida.

Bio-banding: Análisis de las variables físicas y de composición corporal en ciclistas jóvenes. Estudio Piloto.

Víctor Ciller¹, Amelia Tito¹ and Almudena Montalvo-Perez^{1,*}

¹ Faculty of Sport Sciences, Universidad Europea de Madrid, Madrid, Spain.

* Correspondencia: Almudena.montalvo@universidadeuropea.es

Resumen:

El bio-banding ha abordado la madurez física dentro de los diferentes deportes competitivos. El estudio actual describió y analizó las diferencias entre la edad biológica y cronológica dentro de las diferentes categorías de ciclismo y sus relaciones con las capacidades físicas y de composición corporal. Sesenta y ocho jóvenes ciclistas federados (47 chicos y 21 chicas) entre diez y dieciocho años de los clubes de ciclismo de España. Se realizaron diferentes pruebas físicas y de composición corporal a todos los deportistas. En cuanto a los resultados, en el género masculino dentro del grupo alevín encontramos diferencias entre las dos subcategorías tanto en dinamometría como en el test Abalakov ($p < 0.05$). En cadetes se encontraron diferencias en los cuatro test realizados con la dinamometría. Con respecto al pico de velocidad de crecimiento (PHV) se encontraron diferencias en la dinamometría, sprint, masa muscular esquelética y contenido mineral óseo. Los resultados en el género femenino no muestran diferencias significativas comparando cada subgrupo de cada categoría, excepto en la prueba Squat Jump entre Alevín 1 y Alevín 2, encontrando medidas de salto más altas en este último grupo ($p < 0.05$). Se encontraron diferencias significativas entre PHV y las variables masa muscular esquelética y contenido mineral óseo. Los resultados proporcionan apoyo para tener en cuenta el bio-banding como una intervención que ayudará a dividir no solo por subcategorías sino por el estado madurativo de los jugadores.

Palabras clave: ciclismo, pico velocidad crecimiento; desarrollo; maduración, edad biológica, edad cronológica.

1. Introducción

1.1. Maduración Biológica

La evaluación del crecimiento y del desarrollo físico constituye uno de los aspectos más importantes en la vida del ser humano; esto es debido a la estrecha relación entre la normalidad del crecimiento y el estado de salud del niño [1]. Este aspecto toma una mayor importancia cuando el individuo se enfrenta a las exigencias de un determinado deporte, lo cual hace que compitan en la misma categoría deportistas con diferentes estaturas, peso, composición corporal y rendimiento físico [2].

El crecimiento se relaciona con el incremento de tamaño o masa mientras que el desarrollo tiene que ver con el progreso o la evolución de la persona [3]. Tanto el crecimiento como el desarrollo en conjunto se inician desde el momento de la fecundación y culmina a final de la pubertad, periodo durante el cual consigue la madurez en sus aspectos físico, psicosocial y reproductivo [4]. También se debe incluir un tercer proceso, la maduración biológica, que se refiere al progreso hacia la estatura biológicamente madura, que varía entre los diferentes sistemas: esquelético, reproductivo, somático, neuromuscular, neuroendocrino, dental, etc [5].

Citation: To be added by editorial staff during production.

Academic Editor: Firstname Last-name

Received: date

Revised: date

Accepted: date

Published: date



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1.2. Tiempo de maduración

Los dos indicadores comúnmente utilizados del momento de la madurez son la edad en la velocidad máxima de altura (PHV) y la edad en la menarquia [6]. Ambos requieren datos longitudinales que abarquen la adolescencia. También se pueden estimar las edades a la velocidad máxima de crecimiento en dimensiones corporales específicas y las edades en las que se alcanza la maduración específica, etapa de la pubertad y/o porcentaje de estatura adulta siempre que se disponga de datos longitudinales. Las edades en PHV para atletas jóvenes son limitadas debido en gran parte a la selectividad de las muestras, lo que da como resultado registros de altura longitudinales que no abarcan el intervalo del crecimiento acelerado. Muchos de los estudios comenzaron demasiado tarde y/o concluyeron demasiado pronto. Más recientemente, ecuaciones para predecir la compensación de la madurez (definida como el tiempo antes del PHV) se utilizan cada vez más en estudios de atletas jóvenes [5].

1.3. Bio-banding

El bio-banding es una herramienta que trata de abordar las diferencias individuales en la maduración biológica agrupando a los atletas en base a atributos asociados con el crecimiento y la maduración en vez de con la edad cronológica [7,8]. Esta herramienta tiene su uso durante la pubertad (9-15 años en mujeres y de 10-16 años en hombres), donde las diferencias en el tamaño, fuerza, velocidad y potencia son especialmente notables entre los jóvenes deportistas [7,9]. Por otro lado, aborda esas diferencias en la madurez biológica agrupando a los jóvenes en categorías o “bandas” en base al porcentaje de la altura adulta pronosticada justo en el momento de la medición [5,7]. Este sistema busca igualdad de oportunidades para los niños en las diferentes etapas de maduración, aunque a día de hoy ha dado lugar a un amplio debate sobre sus ventajas y desventajas [8].

Dentro de los programas de entrenamiento y de la competición puede proporcionar grandes beneficios según los reportes de los entrenadores y de los propios jugadores [5]. Estos beneficios se deben a una mayor sensación de desafío técnico y táctico al igualar principalmente las demandas físicas en los diferentes grupos de edad, dando así lugar a un desarrollo holístico por parte del jugador/a [8]. Por otro lado, la selección de talentos es una práctica de gran relevancia para los clubes profesionales y los gobiernos nacionales [9]. Si se tiene en cuenta la edad cronológica, los jugadores que maduran temprano y los nacidos en los primeros meses del año tienen más probabilidades de tener acceso a estos programas de desarrollo de talentos, a diferencia de aquellos que maduran después y/o nacen en los últimos meses del año [8]. Bio-banding puede ayudar a reducir estos sesgos de selección al tener en cuenta las diferencias individuales en la maduración [9]. Dentro de los aspectos a mejorar destaca la atención a los factores psicológicos y sociales, los cuales no progresan de manera sincrónica con la maduración biológica [7,8,9].

Estos resultados han sido observados principalmente en las categorías inferiores de fútbol en Inglaterra, con una mayor investigación e implementación en el género masculino en comparación con el género femenino [5,7,8,9]. La mayoría coinciden en la necesidad de hacer estudios longitudinales de esta herramienta y en su uso como complemento a la edad cronológica [5,7,8,9] siendo especialmente útil en el desarrollo de talentos [5]. Estos hallazgos requieren más investigación para ver si se puede aplicar esta herramienta a otros tipos de deporte [9].

1.4. Ciclismo

El ciclismo es un deporte de resistencia cíclico con una gran demanda física [10]. En este deporte se llevan a cabo eventos que van desde un día a tres semanas de competición, con carreras que duran desde menos de una hora hasta varias horas [11]. Dentro de las variables fisiológicas, los ciclistas profesionales muestran una capacidad de rendir a altas

cargas (90% del VO₂ máx.) durante largos periodos de tiempo, una mayor dependencia de la oxidación de grasas a altas producciones de potencia y varias adaptaciones neuromusculares en el miembro inferior [12,13]. En relación con esto, la capacidad de generar potencia durante el ejercicio aeróbico máximo se ha visto como factor determinante en el rendimiento en escalada [14]. Por otro lado, encontramos determinantes como la economía de pedalada, la cadencia y posición en la silla que afectan de igual manera al éxito deportivo. Además de todas estas variables, también hay que contar con variables incontrolables como condiciones climáticas, altitud, tácticas de equipo, etc [12].

Atendiendo a los estatutos y reglamento de la Real Federación Española de Ciclismo, se puede dividir el deporte en función de siete modalidades y dentro de cada modalidad en función de los grupos de edad (alevín 11-12 años, infantil 13-14 años, cadete 15-16 años y junior 17-18 años) [15].

En este deporte se ha visto una influencia de la edad relativa en el proceso de selección de talentos, sobre todo en las categorías U23 (1er año) y U23 (2º año), en donde los ciclistas nacidos en el primer trimestre tenían más posibilidad de ser seleccionados. Hasta ahora la investigación sobre la edad relativa ha ido dirigida principalmente a esta categoría, que comprende los rangos de edad desde los 19 a los 23 [16,17].

El objetivo principal de este estudio es describir y analizar las diferencias entre la edad biológica y cronológica dentro de las diferentes categorías de ciclismo y sus relaciones con las capacidades físicas y de composición corporal.

2. Material y Métodos

2.1. Participantes

Para el presente estudio se valoraron 68 jóvenes ciclistas federados: 47 chicos (13.2 ± 2.1 años, 157.9 ± 13.3 cm, 48.9 ± 11.8 kg) y 21 chicas (13.2 ± 2.2 años, 152.9 ± 9.1 cm, 49.1 ± 13.2 kg) pertenecientes a las categorías alevín, infantil, cadete y junior, es decir, deportistas de entre diez y dieciocho años. Debían cumplir con los siguientes criterios de inclusión: (a) año de nacimiento comprendido entre 2005 y 2012; (b) deportistas federados; (c) al menos 2 días de entrenamiento semanales (d) no poseer ninguna limitación física para la realización de las pruebas; (e) disponer del consentimiento informado firmado por padres/madres y/o tutores.

Previo a la realización de la investigación, se obtuvo la aprobación institucional ética (21/766-E). Los participantes fueron escogidos a través del contacto con diferentes clubes de España. Entre los clubes que accedieron a la realización de las pruebas se les cito a los deportistas a un día y una hora determinada. Todos los que asistieron y cumplían con los criterios de inclusión fueron evaluados. No se proporcionó compensación a los participantes por su participación en el estudio.

2.2. Instrumentos y Procedimientos

Todas las mediciones a los ciclistas se realizaron el mismo día y en el mismo momento de la temporada. El orden de realización se puede apreciar en la Figura 1.

2.2.1. Medidas antropométricas

Al seleccionar las características antropométricas, se tuvieron en cuenta las medidas antropométricas fundamentales (talla y peso) y aquellas mediciones (envergadura, talla sentado) consideradas cruciales durante los periodos prepuberal y puberal. La estatura y la altura sentada se midieron a través del tallímetro de pared (Seca 437, Hamburg, Germany). La envergadura se midió mediante una cinta métrica en la pared (2 metros) [18].

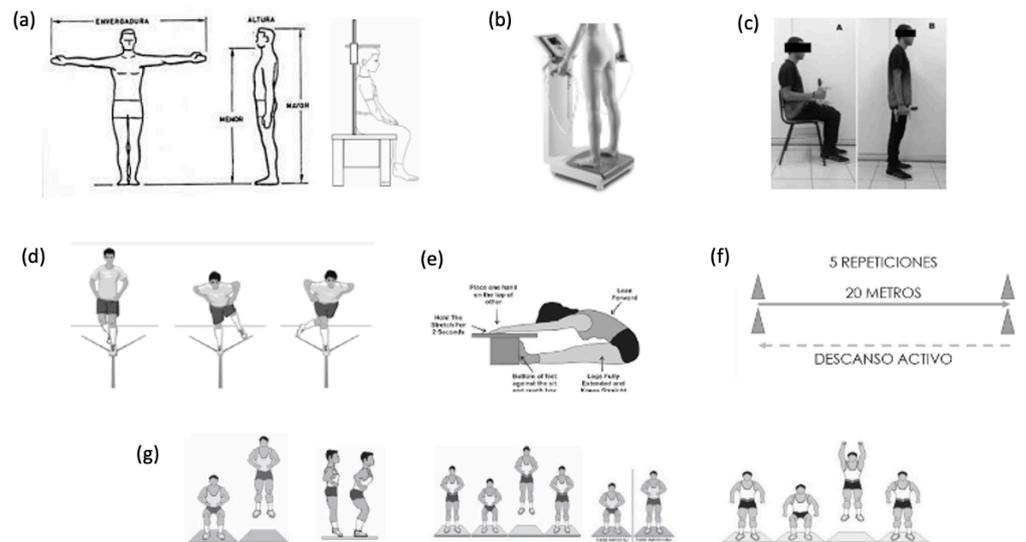


Figura 1. Mediciones realizadas. (a), Antropometría (talla, talla sentado y envergadura); (b), Composición corporal; (c), Dinamometría; (d), Test Y-Balance; (e), Test Sit and Reach; (f), Test Repeated Sprint Ability; (g), Saltos (Squat Jump, Counter Movement Jump y Abalakov).

2.2.2 Edad biológica

El estado de madurez (EM) de los deportistas estudiados se determinó mediante el PHV calculados mediante las ecuaciones propuestas por Mirwald et al [19] y por Moore et al [20] en función del género. Para la primera ecuación se precisa la estatura de pie, la estatura sentado, la longitud de la pierna (estatura de pie menos estatura sentado) y la edad cronológica, mientras que para la segunda se utiliza la edad cronológica y la estatura de pie [21]. A partir de esto, se dividió a los ciclistas en tres grupos de edad en función de la puntuación del pico de velocidad sacada por las fórmulas descritas anteriormente. Para la división en estos tres grupos se utilizó la sugerencia de Koziel y Malina [22], denominándose los tres grupos de la siguiente manera: precoz para aquellos participantes con PVC por debajo de -1; promedio para participantes con PVC de entre -1 y +1; tardío para deportistas con PVC superiores a +1.

2.2.3. Composición corporal

Se determinó la composición corporal mediante bioimpedancia con el Inbody 720 (Biospace, Korea) donde se utilizó el método de tres compartimentos, que son masa magra, masa grasa y masa ósea [23].

2.2.3. Dinamometría manual

El dinamómetro mide la fuerza, valorando la contracción de los músculos intrínsecos y extrínsecos de la mano. Los deportistas fueron capacitados para apretar el dinamómetro con la fuerza máxima que pudieran aplicar después de recibir una orden verbal [24]. La fuerza dinamométrica de ambas manos se midió con un dinamómetro TKK5401 Grip-D (Takei, Tokyo, Japan). Este procedimiento se repitió dos veces en ambas manos. Se realizó la medición con codo en extensión y con codo en flexión de 90 grados.

2.2.4. Flexibilidad

Se utilizó la prueba de Sit and Reach como medida para evaluar la flexibilidad de la musculatura flexora del miembro inferior, prueba constatada para la medición en esta zona [25]. Se midió mediante el banco de Sit and Reach (Eveque, UK). La flexibilidad de los isquiosurales junto con una altura del manillar más bajo se ha correlacionado de manera positiva con el VO₂max y la capacidad para generar potencia.

2.2.5. Equilibrio	182
El equilibrio dinámico en los deportistas fue medido con el Y-Balance Test (YBT, Move2Perform, Evansville, IN). Además de medir la estabilidad postural, también se ha utilizado para la evaluación de la fuerza de cadera (fuerza de abducción) y predicción del riesgo lesional [26-28]. Como variable de medición se usó la distancia relativa alcanzada total de cada pierna (la suma de la distancia en los tres ejes entre tres veces la longitud de la pierna).	183 184 185 186 187 188
2.2.6. Fuerza reactiva y potencia	189
Para evaluar la altura del salto vertical se utilizaron los test de Squat Jump (SQ), Con- tramovement Jump (CMJ) y Abalakov (AB) (Optojump, Microgate, Bolzano, Italy). Los tres tipos de saltos fueron utilizados como herramienta para la evaluación de la fuerza explosiva en miembros inferiores con especial énfasis en la medición de la fuerza reactiva y potencia de las extremidades inferiores [29,30]. Se registraron dos saltos de cada una de las variables.	190 191 192 193 194 195
2.2.7. Repetibilidad de los Sprints	196
Para la evaluación de la capacidad de repetir sprints se utilizó el test Repeated Sprint Ability (RSA). En este test los atletas deben recuperar rápidamente y ser capaces de man- tener el esfuerzo máximo en 5 sprints de 20 metros, separados por un breve periodo de descanso [31]. A partir de este test también se puede estimar el índice de fatiga mediante la fórmula de Fitzsimons [32]. El tiempo en recorrer los 20 metros se midió mediante el sistema Optogait (Microgait, Italia).	197 198 199 200 201 202
2.3. Análisis de datos	203
Los datos se muestran como media \pm desviación estándar separados por género. En primer lugar, se realizaron test de normalidad (Test de Saphiro Wilk) en todas las varia- bles. Las diferencias entre las subcategorías (primer año o segundo año) se midieron me- diante los test de muestras independientes T de Student o U de Mann-Whitney. Además, se usaron correlaciones de Pearson o de Spearman para ver las relaciones entre las varia- bles y el PHV y entre las propias variables entre sí, considerándose débiles, moderadas, fuertes, muy fuertes y extremadamente fuertes (> 0.1 , > 0.3 , > 0.5 , > 0.7 o > 0.9 , respectiva- mente). Para el análisis de datos se utilizó el software estadístico SPSS (versión 29.0, IBM Statistics, Chicago, IL) estimando un valor de $\alpha = 0.05$.	204 205 206 207 208 209 210 211 212 213
3. Resultados	214
3.1. Comparación de grupos de edad	215
En cuanto al género masculino (tabla 1), dentro del grupo alevín encontramos dife- rencias entre las dos subcategorías ($p < 0.05$) tanto en la prueba dinamometría mano iz- quierda con codo en extensión como en la prueba dinamometría mano derecha con codo a 90 grados, obteniendo resultados más altos el grupo Alevín 2 en comparación con el grupo Alevín 1. A su vez, resultados significativos ($p < 0.05$) también fueron observados en el test AB, obteniendo mayor altura del salto el grupo Alevín 2. Analizando las demás pruebas realizadas, observamos como algunas de ellas no dieron resultados significativos, pero mostraron tendencia a esa significación en favor del grupo Alevín 2, como es el caso del contenido mineral óseo ($p < 0.052$) y % grasa ($p < 0.056$). Dentro de la categoría Infantil solo se observaron estas diferencias entre Infantil 1 e Infantil 2 en la altura de la talla de pie ($p < 0.05$). En cuanto a la categoría Cadete, las diferencias significativas entre ambos grupos vinieron principalmente de los cuatro test realizados con la dinamometría, predi- ciendo así una mayor fuerza de agarre en el grupo Cadete 2 en comparación con el grupo Cadete 1 ($p < 0.05$). También se hallaron diferencias significativas en la prueba Y-Balance con la pierna derecha en favor del grupo Cadete 2 ($p < 0.05$).	216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230

Tabla 1. Variables de edad, antropometría, composición corporal y condición física de los/as ciclistas.

Variable	Alevín				Infantil				Cadete				Junior			
	Masculino		Femenino		Masculino		Femenino		Masculino		Femenino		Masculino		Femenino	
	AL1 (n=12)	AL1 (n=6)	AL2 (n=7)	AL2 (n=2)	INF1 (n=4)	INF1 (n=2)	INF2 (n=5)	INF2 (n=2)	CAD1 (n=7)	CAD1 (n=6)	CAD2 (n=8)	CAD2 (n=1)	JUN1 (n=3)	JUN1 (n=1)	JUN2 (n=1)	JUN2 (n=1)
Edad cronológica (años)	10.7 ± 0.2	10.7 ± 0.2	11.4 ± 0.3*	11.8 ± 0.3*	12.6 ± 0.3	12.6 ± 0.2	13.5 ± 0.3*	14.0 ± 0.2*	14.6 ± 0.2	14.6 ± 0.3	15.7 ± 0.5*	15.3 ± NaN*	16.8 ± 0.2	16.4 ± NaN	18.0 ± NaN*	17.3 ± NaN*
PHV (Mirwald et al., 2002)	-3.4 ± 0.3	-3.2 ± 0.2	-3.0 ± 0.4*	-2.2 ± 0.4	-1.9 ± 1.0	-2.1 ± 0.0	-1.1 ± 0.8	-0.9 ± 0.0	-0.4 ± 0.5	-0.9 ± 0.5	0.6 ± 0.6*	-0.8 ± NaN	1.2 ± 0.7	0.3 ± NaN	2.5 ± NaN	0.9 ± NaN
PHV (Moore et al., 2015)	-2.6 ± 0.3	-2.7 ± 0.2	-2.2 ± 0.3*	-2.1 ± 0.0	-1.0 ± 0.8	-1.5 ± 0.7	-0.2 ± 0.7	-0.1 ± 0.3	0.6 ± 0.5	-0.0 ± 0.6	1.6 ± 0.5*	1.05 ± NaN	2.3 ± 0.6	1.9 ± NaN	3.7 ± NaN	2.3 ± NaN
Talla (cm)	144.1 ± 6.7	144.6 ± 4.7	147.1 ± 4.5	151.0 ± 8.4	152.3 ± 9.2	148.7 ± 7.7	166.6 ± 9.0*	160.9 ± 2.9	166.5 ± 3.7	155.2 ± 10.3	170.7 ± 8.4	169.0 ± NaN	170.6 ± 7.0	163.0 ± NaN	175.0 ± NaN	159.6 ± NaN
Talla sentado (cm)	73.8 ± 7.2	76.1 ± 2.4	74.2 ± 2.9	76.0 ± 1.4	79.7 ± 8.2	77.6 ± 6.5	83.4 ± 5.5	84.9 ± 1.2	85.1 ± 3.6	81.7 ± 6.1	88.0 ± 5.1	87.9 ± NaN	88.5 ± 5.0	88.7 ± NaN	93.5 ± NaN	87.5 ± NaN
Envergadura (cm)	139.7 ± 6.8	141.8 ± 6.6	145.1 ± 8.2	153.0 ± 5.6	148.6 ± 12.3	148.3 ± 10.3	171.0 ± 13.5	161.0 ± 1.4	170.9 ± 7.1	155.7 ± 16.0	172.3 ± 11.9	173.0 ± NaN	173.3 ± 7.5	162.2 ± NaN	178.0 ± NaN	165.0 ± NaN
Peso (kg)	39.6 ± 8.9	40.9 ± 6.6	42.05 ± 9.3	35.0 ± 1.6	42.3 ± 8.6	45.2 ± 22.2	56.8 ± 15.1	55.4 ± 1.9	54.3 ± 6.7	52.3 ± 9.4	58.1 ± 8.9	82.3 ± NaN	57.3 ± 1.5	63.4 ± NaN	57.7 ± NaN	55.6 ± NaN
Índice de Masa Corporal	18.9 ± 2.6	19.5 ± 2.7	19.3 ± 3.3	13.9 ± 3.1	18.0 ± 1.8	20.0 ± 7.9	20.1 ± 3.5	21.4 ± 1.4	19.5 ± 2.5	21.5 ± 1.8	19.7 ± 1.4	28.8 ± NaN	18.0 ± 1.8	23.9 ± NaN	18.8 ± NaN	21.7 ± NaN
Masa musc. esquelética (kg)	16.4 ± 3.0	16.2 ± 2.3	17.4 ± 1.8	17.5 ± 1.7	20.0 ± 4.9	17.6 ± 6.5	26.4 ± 7.1	23.2 ± 0.9	25.9 ± 2.8	20.5 ± 3.4	29.1 ± 4.8	31.7 ± NaN	29.1 ± 1.4	25.2 ± NaN	30.1 ± NaN	22.2 ± NaN
Porcentaje grasa (%)	19.8 ± 7.8	24.1 ± 9.2	19.9 ± 9.7	5.85 ± 4.0	12.2 ± 2.4	24.0 ± 14.2	15.2 ± 2.5	22.7 ± 0.2	13.2 ± 3.1	26.8 ± 4.8	10.4 ± 1.5	31.2 ± NaN	9.1 ± 2.5	28.0 ± NaN	7.0 ± NaN	26.5 ± NaN
Contenido mineral óseo	1.9 ± 0.3	1.9 ± 0.2	2.0 ± 0.15	1.8 ± 0.0	2.2 ± 0.3	2.0 ± 0.5	2.9 ± 0.7	2.7 ± 0.0	2.8 ± 0.3	2.3 ± 0.3	3.0 ± 0.4	3.5 ± NaN	3.0 ± 0.1	2.8 ± NaN	2.9 ± NaN	2.5 ± NaN
Dinamometría derecha	16.4 ± 1.9	16.1 ± 2.0	17.5 ± 2.5	21.0 ± 7.0	19.6 ± 6.4	16.5 ± 4.9	29.9 ± 9.1	26.0 ± 1.4	30.0 ± 4.4	21.6 ± 5.8	37.0 ± 6.4*	24.0 ± NaN	41.6 ± 1.5	26.0 ± NaN	48.0 ± NaN	18.0 ± NaN
Dinamometría derecha a 90°	14.3 ± 2.3	14.5 ± 1.5	16.7 ± 1.4*	16.5 ± 4.9	19.0 ± 4.9	14.5 ± 0.7	28.1 ± 9.9	16.5 ± 9.1	27.9 ± 4.1	20.6 ± 6.5	35.0 ± 6.9*	20.0 ± NaN	38.6 ± 3.2	24.5 ± NaN	41.0 ± NaN	24.5 ± NaN
Dinamometría izquierda	14.3 ± 2.8	15.6 ± 1.6	17.3 ± 2.8*	17.7 ± 6.0	20.0 ± 7.1	16.0 ± 1.4	28.9 ± 9.5	22.0 ± 1.4	28.0 ± 2.1	19.1 ± 5.3	35.3 ± 7.9*	24.0 ± NaN	43.6 ± 2.5	23.5 ± NaN	49.0 ± NaN	19.0 ± NaN
Dinamometría izquierda a 90°	13.5 ± 2.4	14.0 ± 0.8	15.7 ± 3.6	16.0 ± 2.8	19.2 ± 6.8	14.5 ± 2.1	25.5 ± 6.7	22.0 ± 5.6	24.3 ± 5.6	18.3 ± 4.9	34.2 ± 8.0*	24.0 ± NaN	38.0 ± 1.0	22.5 ± NaN	46.0 ± NaN	17.0 ± NaN
YBD / LP	1.02 ± 0.09	0.98 ± 0.10	1.10 ± 0.10	1.1 ± 0.15	0.94 ± 0.09	1.1 ± 0.03	1.05 ± 0.16	1.05 ± 0.16	0.90 ± 0.10	1.10 ± 0.07	1.09 ± 0.08*	1.16 ± NaN	1.03 ± 0.06	1.10 ± NaN	0.98 ± NaN	1.36 ± NaN
YBI / LP	1.03 ± 0.10	0.90 ± 0.08	1.02 ± 0.13	1.13 ± 0.17	0.99 ± 0.07	1.17 ± 0.01	0.99 ± 0.09	1.05 ± 0.13	0.98 ± 0.02	1.14 ± 0.09	1.07 ± 0.07	1.22 ± NaN	1.05 ± 0.05	1.22 ± NaN	1.00 ± NaN	1.38 ± NaN
Sit and reach (cm)	12.9 ± 6.1	16.0 ± 9.8	13.3 ± 3.5	21.0 ± 8.4	13.0 ± 4.6	8.5 ± 3.5	18.0 ± 4.0	23.5 ± 10.6	18.0 ± 9.9	23.3 ± 5.3	23.2 ± 7.1	36.0 ± NaN	10.3 ± 5.0	17.0 ± NaN	21.0 ± NaN	36.0 ± NaN
Suma 5 sprints RSA (s)	21.0 ± 1.3	21.0 ± 1.3	20.3 ± 0.8	20.3 ± 0.8	19.6 ± 2.5	19.6 ± 2.5	18.5 ± 0.9	18.5 ± 0.9	17.9 ± 0.5	17.9 ± 0.5	17.5 ± 0.7	17.5 ± NaN	16.8 ± 0.4	16.8 ± NaN	15.9 ± NaN	15.9 ± NaN
Mejor Sprint RSA (s)	4.1 ± 0.2	4.0 ± 0.3	3.9 ± 0.2	3.8 ± 0.3	3.8 ± 0.5	3.9 ± 0.0	3.5 ± 0.1	3.9 ± 0.0	3.44 ± 0.1	3.9 ± 0.2	3.4 ± 0.1	3.4 ± NaN	3.30 ± 0.1	4.1 ± NaN	3.1 ± NaN	3.9 ± NaN
Índice de fatiga %	1.7 ± 3.4	5.08 ± 5.44	4.2 ± 3.6	3.58 ± 3.65	3.3 ± 1.0	3.73 ± 0.6	3.7 ± 1.6	3.46 ± 1.31	3.9 ± 1.7	2.91 ± 2.19	3.1 ± 2.01	4.6 ± NaN	2.13 ± 1.3	4.85 ± NaN	1.92 ± NaN	7.4 ± NaN
SJ (cm)	19.1 ± 2.2	18.3 ± 1.7	19.9 ± 2.1	23.8 ± 4.5*	26.6 ± 5.4	19.1 ± +-0.0	27.1 ± 2.8	22.3 ± 3.6	28.0 ± 4.9	19.7 ± 4.5	27.5 ± 2.6	15.9 ± NaN	30.5 ± 2.1	28.2 ± NaN	38.7 ± NaN	17.4 ± NaN
CMJ (cm)	18.4 ± 2.0	16.7 ± 1.4	20.0 ± 3.5	22.1 ± 6.2	25.1 ± 4.9	19.1 ± 0.2	25.9 ± 3.7	22.1 ± 3.6	28.3 ± 4.5	19.06 ± 4.32	27.5 ± 2.8	18.3 ± NaN	30.0 ± 1.5	27.4 ± NaN	38.0 ± NaN	18.3 ± NaN
AB (cm)	21.1 ± 2.7	19.5 ± 1.8	24.9 ± 2.6*	26.5 ± 8.5	28.9 ± 6.5	21.9 ± 1.7	30.9 ± 3.5	24.2 ± 2.1	30.4 ± 3.5	22.3 ± 3.4	31.2 ± 3.6	19.5 ± NaN	33.6 ± 2.3	30.0 ± NaN	40.7 ± NaN	23.1 ± NaN

Nota: Media ± Desviación típica; * valor p < 0.05; AB, Abalakov; AL1, Alevín de primer año; AL2, Alevín de segundo año; CAD1, Cadete de primer año; CAD2, Cadete de segundo año; CMJ, Counter Movement Jump; INF1, Infantil de primer año; INF2, Infantil de segundo año; JUN1, Junior de primer año; JUN2, Junior de segundo año; LP, Longitud de la pierna; musc, muscular; PHV, Pico de Velocidad de Crecimiento; SJ, Squat Jump; YBD, Suma de los 3 ejes del test de Y-Balance con la pierna derecha; YBI, Suma de los 3 ejes del test de Y-Balance con la pierna izquierda.

La tabla 1 también muestra los resultados en el género femenino. Estos resultados no muestran diferencias significativas comparando cada subgrupo de cada categoría, excepto en la prueba SJ entre Alevín 1 y Alevín 2, encontrando medidas de salto más altas en este último grupo ($p < 0.05$).

3.2. Correlación entre PHV y variables físicas o de composición corporal

En la figura 2 se puede apreciar el estado madurativo de la muestra clasificados en función de las ecuaciones propuestas por Mirwald [19] y por Moore [20] para el PHV.

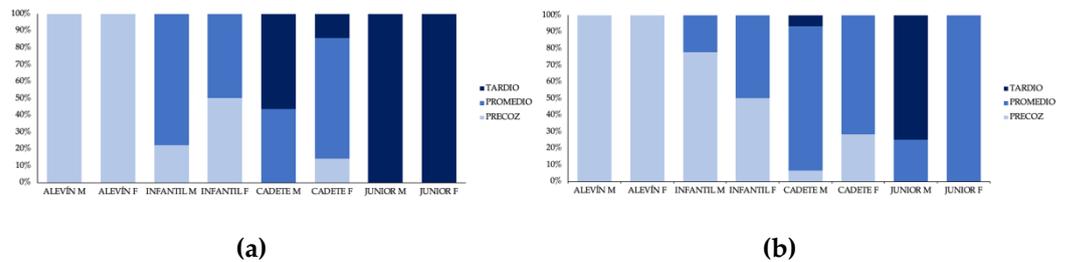


Figura 2. Estado madurativo según las categorías y el género. (a) Clasificación del estado madurativo según la ecuación de Moore et al. (2015); (b) Clasificación del estado madurativo según la ecuación de Mirwald et al. (2002).

Nota: M, Masculino, F, Femenino

En la tabla 2 se muestra las correlaciones de estas variables en función de la edad biológica. Para analizar dichas correlaciones, se utilizaron en primer lugar las fórmulas de Moore (2015) y Mirwald (2002) para averiguar el pico de velocidad de crecimiento de los ciclistas (edad biológica). La correlación entre ambas fórmulas fue de 0.98, por lo que los resultados que muestran son muy similares. Analizando los datos en conjunto, los resultados muestran una correlación directa muy fuerte ($r > 0.82$) entre PHV y las cuatro pruebas de evaluación de la fuerza de agarre. También se observa esta misma correlación en medidas de composición corporal como masa muscular esquelética y contenido mineral óseo ($r > 0.8$). Dividiendo por géneros, sí que encontramos una correlación extremadamente fuerte - muy fuerte ($r > 0.78$) en las pruebas de dinamometría, mejor sprint y suma de los 5 sprints, los 3 saltos, la masa muscular esquelética y el contenido mineral óseo en el género masculino con relación al PHV. Estos resultados son diferentes en el género femenino, ya que solo se puede observar una relación muy fuerte en ambas pruebas de composición corporal mencionadas anteriormente (masa muscular esquelética y contenido mineral óseo) en comparación con el PHV ($r > 0.7$).

3.3. Correlaciones entre las variables de condición física y composición corporal

En la tabla 3 se describen las correlaciones entre las distintas pruebas de condición física y composición corporal valoradas en este estudio. Atendiendo al género femenino, se observan correlaciones entre pruebas similares que miden la misma capacidad física, como las distintas pruebas de dinamometría para la valoración de la fuerza de miembros superiores, en donde las cuatro pruebas tienen una correlación extremadamente fuerte entre sí ($r > 0.9$). De manera similar, encontramos una correlación extremadamente fuerte entre los cuatro tipos de salto ($r > 0.9$), midiendo los tres saltos la fuerza de miembros inferiores. En relación a variables de composición corporal, en este género se aprecia una correlación muy fuerte entre masa muscular esquelética y contenido mineral óseo ($r > 0.8$), así como una correlación fuerte entre estas dos medidas de composición corporal y las pruebas de dinamometría derecha, izquierda e izquierda a 90 grados ($r > 0.7$). En esta misma tabla también se muestran las correlaciones entre variables en el género masculino. Aquí, además de las correlaciones extremadamente fuertes ($r > 0.9$) entre las distintas

pruebas de dinamometría, y las distintas pruebas de salto por otro lado, también se observa una correlación muy fuerte entre la velocidad de sprint y la altura del salto en cada una de las tres pruebas ($r > 0.8$). A su vez, en la misma tabla se refleja una correlación muy fuerte ($r > 0.7$) entre las pruebas de medición de fuerza de miembros superiores (dinamometría) con las pruebas que valoran fuerza y potencia de miembros inferiores (saltos, mejor sprint, suma sprint). En relación con las medidas de composición corporal, la relación que existe entre la masa muscular esquelética y el contenido mineral óseo sigue siendo extremadamente fuerte en este género ($r > 0.9$), además de estas dos medidas con otras variables de capacidades físicas como dinamometría ($r > 0.8$), saltos ($r > 0.7$) y sprint ($r > 0.7$).

Tabla 2. Correlación entre los picos de velocidad de crecimiento según Moore et al. (2015) y Mirwald et al (2002) con las diferentes variables de condición física y de composición corporal analizadas de los/as ciclistas.

	Pico de velocidad crecimiento (Moore et al., 2015)			Pico de velocidad crecimiento (Mirwald et al., 2002)		
	Todos	Chicos	Chicas	Todos	Chicos	Chicas
YBD / LP	0.179	0.103	0.495	0.177	0.106	0.518
YBI / LP	0.148	0.012	0.566	0.132	0.011	0.570
²⁹⁴ Dinamometría derecha	0.842	0.925	0.587	0.855	0.929	0.562
Dinamometría derecha a 90°	0.825	0.907	0.611	0.835	0.912	0.581
Dinamometría izquierda	0.834	0.923	0.592	0.853	0.931	0.563
²⁹⁵ Dinamometría izquierda a 90°	0.836	0.906	0.670	0.850	0.914	0.623
Sit and reach (cm)	0.351	0.358	0.476	0.337	0.350	0.460
Suma 5 sprints RSA	-0.698	-0.841	-0.225	-0.703	-0.841	-0.181
²⁹⁶ Mejor Sprint RSA	-0.682	-0.820	-0.183	-0.691	-0.818	-0.156
Índice de fatiga %	0.002	0.055	-0.060	0.011	0.048	-0.041
SJ	0.625	0.790	0.082	0.640	0.784	0.126
²⁹⁷ CMJ	0.662	0.791	0.287	0.665	0.782	0.309
AB	0.648	0.780	0.287	0.655	0.773	0.327
Índice de Masa Corporal	0.320	0.232	0.579	0.265	0.263	0.394
²⁹⁸ Masa muscular esquelética (kg)	0.851	0.876	0.781	0.852	0.894	0.700
Porcentaje grasa	-0.252	-0.532	0.374	-0.298	-0.514	0.202
Contenido mineral óseo	0.809	0.820	0.775	0.801	0.838	0.686

Nota: en negrita valor $p < 0.05$; AB, Abalakov; CMJ, Counter Movement Jump; LP, Longitud de la pierna; PHV, Pico de Velocidad de Crecimiento; SJ, Squat Jump; YBD, Suma de los 3 ejes del test de Y-Balance con la pierna derecha; YBI, Suma de los 3 ejes del test de Y-Balance con la pierna izquierda.

Tabla 3. Correlación entre las variables de condición física y composición corporal

	YBD/LP		YBI/LP		Dinamometría derecha		Dinamometría derecha 90°		Dinamometría izquierda		Dinamometría izquierda 90°		Sit and Reach		Mejor Sprint RSA		Suma 5 sprints RSA		Índice de fatiga %		SJ		CMJ		AB		Índice de Masa Corporal		Porcentaje Graso		Masa muscular esquelética		Contenido mineral óseo			
	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos	Chicas		
YBD/LP	—	—																																		
YBI/LP	0.858	0.947	—	—																																
Dinamometría derecha	0.194	0.090	0.137	0.160	—	—																														
Dinamometría derecha 90°	0.123	0.063	0.094	0.146	0.964	0.761	—	—																												
Dinamometría izquierda	0.160	0.101	0.099	0.154	0.963	0.881	0.945	0.722	—	—																										
Dinamometría izquierda 90°	0.167	-0.002	0.114	0.087	0.947	0.891	0.938	0.836	0.967	0.872	—	—																								
Sit and Reach	0.147	0.560	0.101	0.595	0.365	0.205	0.371	0.105	0.327	0.197	0.349	0.184	—	—																						
Mejor Sprint RSA	-0.049	-0.287	0.007	-0.355	-0.775	-0.498	-0.792	-0.275	-0.783	-0.390	-0.781	-0.378	-0.375	-0.328	—	—																				
Suma 5 sprints RSA	-0.023	-0.278	0.050	-0.316	-0.739	-0.344	-0.771	-0.130	-0.741	-0.296	-0.726	-0.227	-0.370	-0.181	0.968	0.890	—	—																		
Índice de fatiga %	-0.121	0.011	-0.210	-0.038	-0.022	-0.235	0.045	-0.259	-0.043	-0.124	-0.099	-0.256	0.076	-0.267	-0.068	0.026	-0.313	-0.431	—	—																
SJ	-0.022	0.267	-0.014	0.295	0.735	0.216	0.744	0.050	0.710	0.071	0.709	0.073	0.284	0.062	-0.860	-0.118	-0.838	-0.114	0.061	-0.010	—	—														
CMJ	0.030	0.357	0.037	0.472	0.712	0.375	0.738	0.174	0.695	0.189	0.715	0.243	0.276	0.223	-0.850	-0.315	-0.827	-0.233	0.047	-0.142	0.959	0.889	—	—												
AB	0.091	0.425	0.065	0.507	0.731	0.390	0.764	0.220	0.730	0.236	0.733	0.224	0.310	0.233	-0.861	-0.204	-0.832	-0.101	0.028	-0.218	0.935	0.812	0.925	0.920	—	—										
Índice Masa Corporal	-0.099	0.098	-0.092	0.225	0.372	0.427	0.398	0.396	0.357	0.426	0.355	0.507	-0.082	0.295	-0.100	-0.263	-0.125	-0.162	0.087	-0.146	0.107	-0.167	0.111	0.033	0.036	-0.044	—	—								
Porcentaje Graso	0.076	0.132	-0.003	0.231	0.906	0.698	0.922	0.545	0.906	0.670	0.897	0.773	0.288	0.350	-0.768	-0.365	-0.737	-0.316	-0.002	-0.035	0.719	-0.103	0.713	0.147	0.713	0.121	0.542	0.710	—	—						
Masa muscular esquelética	-0.174	0.001	-0.104	0.084	-0.428	0.181	-0.424	0.268	-0.447	0.235	-0.448	0.259	-0.359	0.142	0.639	0.012	0.568	0.113	0.145	-0.193	-0.599	-0.266	-0.606	-0.191	-0.677	-0.272	0.550	0.876	-0.338	0.371	—	—				
Contenido mineral óseo	0.056	0.098	-0.043	0.195	0.864	0.693	0.887	0.530	0.860	0.698	0.840	0.779	0.239	0.352	-0.717	-0.351	-0.694	-0.301	0.025	-0.037	0.682	-0.153	0.676	0.122	0.678	0.100	0.573	0.736	0.984	0.978	-0.286	0.408	—	—		

Nota: en negrita valor $p < 0.05$; AB, Abalakov; CMJ, Counter Movement Jump; LP, Longitud de la pierna; PHV, Pico de Velocidad de Crecimiento; SJ, Squat Jump; YBD, Suma de los 3 ejes del test Y-Balance con la pierna derecha; YBI, Suma de los 3 ejes del test de Y-Balance con la pierna izquierda.

304
305
306
307
308
309

4. Discusión

Los programas deportivos son muy importantes para la actividad tanto en niños con adolescentes, ofreciéndoles oportunidades para la mejora de la salud física y psicológica, además del desarrollo físico y motriz. El bio-banding se presenta como una nueva herramienta para la agrupación de estos deportistas en edad madurativa, aunque tanto sus ventajas como desventajas están actualmente en debate en el mundo del deporte [6,7]. El presente estudio tiene como objetivo valorar las diferencias entre la edad cronológica y la edad biológica entre las diferentes categorías de ciclismo, como sus relaciones con las pruebas físicas, antropométricas y de composición corporal. En este aspecto, la maduración se asocia a la edad biológica de una persona puesto que, para niños de la misma edad y el mismo sexo, las variaciones en la edad biológica son muy amplias, esto en razón a las distintas diferencias individuales en el ritmo de desarrollo durante este proceso los menores pueden presentar maduración precoz, promedio y tardío [22]. Cuando no son de la misma edad ni sexo, influye la liberación hormonal (por ejemplo, hormona de crecimiento, hormonas tiroideas y las hormonas sexuales) en el caso de las mujeres se presenta un incremento rápido de la estatura que se conoce como el segundo estirón en comparación de los varones que la influencia hormonal se presenta en etapas posteriores [4].

Resultados significativos entre la fuerza de agarre y el semestre de nacimiento fueron encontrados dentro de cada categoría del grupo alevín y grupo cadete en el género masculino. Además, se observó una correlación positiva entre el pico de velocidad de crecimiento y las cuatro pruebas realizadas en este test. Estos resultados pueden mostrar una mejor condición física en aquellos sujetos con mayor fuerza prensil tal como indica el artículo de Matsudo et al. [33], obteniendo así mayores ventajas físicas para los atletas nacidos en el primer semestre del año y para los atletas de maduración precoz. Aun así, tal como muestra el artículo de Cronin et al. [34], esta fuerza de agarre ha sido mayormente observada como predictor de rendimiento en aquellas disciplinas en donde las características del propio deporte exigen esta fuerza prensil. En cuanto al género femenino, sí que se observó una correlación entre la dinamometría manual y el pico de velocidad de crecimiento, aunque al separarlos por semestres de nacimiento no se hallaron resultados significativos.

En referencia a la capacidad de potencia en salto, se vieron mejoras significativas en el grupo alevín tanto masculino como femenino en favor del grupo Alevín 2 en comparación con el grupo Alevín 1. Mientras que en los deportistas masculinos estas diferencias se observan en el test AB, en el género femenino las diferencias entre grupos fueron encontradas en el test SQ. Esto muestra relación con estudios previos en donde se vio que el salto vertical mejoraba a medida que avanzaban en edad madurativa [35,36]. En estos mismos estudios se vio que en aquellos saltos que involucraban ciclo estiramiento-acortamiento (como salto AB) había una mejora solo en el género masculino a medida que avanzaban en edad madurativa [35], en cambio, en el género femenino la relación con la edad madurativa se observó en mejora del SJ [36]. Este mayor aumento de la fuerza explosiva en el grupo alevín 2 (nacidos en el primer semestre) en comparación con el grupo alevín 1 (nacidos en el segundo semestre) puede indicar ventajas competitivas en el rendimiento en ciclismo [37,38]. Aunque estos resultados no han sido encontrados en las demás categorías, sí que se ha observado una correlación directa alta en ambos géneros entre la capacidad de salto y el pico de velocidad de crecimiento.

Observando las medidas de composición corporal, se muestra una relación de dependencia directa entre el contenido mineral óseo y el índice de masa muscular con respecto al pico de velocidad de crecimiento. Este aumento de la masa muscular esquelética en los deportistas de maduración temprana en comparación con los de maduración tardía podría tener mejoras en el rendimiento deportivo [39], sobre todo en la capacidad de sprint en ciclismo [40]. Por otro lado, la correlación muy fuerte encontrada entre las pruebas de fuerza de miembro superior y miembro inferior en el género masculino muestra

una mejor aptitud muscular y por tanto de rendimiento físico para aquellos atletas nacidos antes o madurativamente más desarrollados [41].

Dentro de las limitaciones de nuestro estudio consideramos destacar tanto el número de la muestra como las pruebas seleccionadas. El número de la muestra (n= 68) conduce a que las comparaciones dentro de cada grupo se hagan con pocos individuos y las diferencias entre ellos no sean significativas por el tamaño de la muestra. Por otro lado, al estar este estudio enmarcado dentro de una investigación global de diferentes deportes esto hace que no se haya podido llevar a cabo una selección de pruebas físicas específicas para este deporte.

Para futuras líneas de investigación, acorde con las limitaciones comentadas en el apartado anterior, se propone aumentar más la muestra de estudio con el fin de poder comparar por semestres de nacimiento (nacidos en los primeros seis meses del año con los nacidos los últimos seis meses del año). Esto también podrá permitir dividir a los participantes por PHV y observar las diferencias entre ellos. Además, la inclusión de pruebas específicas de ciclismo podría ser determinante a la hora de comparar entre ciclistas como influye el estado madurativo en el rendimiento del propio deporte. Por último, al ser un estudio global que abarca diferentes deportes, poder comparar las variables de rendimiento entre deportes con características similares sería un área de investigación interesante.

5. Conclusiones

El bio-banding crea grupos distintos que pueden ayudar a mejorar la identificación del talento al eliminar o aumentar el desafío físico que enfrentan los atletas desde edades tempranas. Los resultados proporcionan apoyo inicial para el bio-banding como una intervención que ayudará a dividir no solo por subcategorías sino por el estado madurativo de los jugadores lo cual deja para futuras investigaciones poder tomar como referencia este estudio. Se concluye que la competencia impone una demanda técnica única a los atletas de diferentes grupos de maduración en comparación con los formatos cronológicos, sin reducir las demandas físicas.

Contribución de los autores: Conceptualización V.C., A.T. y A.M.-P.; metodología, A.M.-P.; software, V.C., A.T. y A.M.-P; Investigación, V.C., A.T. y A.M.-P; base de datos, V.C. y A.T.; escritura – borrador inicial, V.C. y A.T.; revisión y edición V.C., A.T. y A.M.-P.; supervisión, A. M.-P. Todos los autores han leído y aceptan la publicación de la versión de este manuscrito.

Comité ético: Este estudio fue realizado en consonancia con la Declaración de Helsinki y aprobado por el Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos del Hospital Clínico San Carlos (CI 21/766-E el 20 de diciembre de 2021)

Consentimiento informado: Todos los participantes del estudio (o sus tutores en el caso de los menores de 16 años) firmaron el consentimiento informado

Financiación: Esta investigación no recibió financiación externa

Agradecimientos: Los autores agradecen a los deportistas que se ofrecieron como voluntarios y a sus familias, entrenadores por su cooperación durante la recopilación de datos, y a los clubs por permitir apoyarnos para poder realizar el estudio.

Financiación: Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiación en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

Conflicto de intereses: No se reportan conflictos de intereses y no se recibió ningún beneficio financiero.

362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380

381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407

408

409

410

Referencias

1. Hortencia MC. Crecimiento y antropometría: aplicación clínica. *Acta Pediat Mex.* **2014**, 35, 159-165. 411
2. Rossana G-C , Marco C-B. Enfoque teórico del crecimiento físico de niños y adolescentes. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* **2016**, 20, 244-253 412
3. Arce M. Crecimiento y desarrollo infantil temprano. *Rev Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública.* **2015**, 32, 574-578 413
4. Hortencia M-C. Crecimiento y antropometría : aplicación clínica . *Acta pediátrica de México.*2014; 35(2): 159-165 414
5. Malina, R. M., Cumming, S. P., Rogol, A. D., Coelho-E-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Konarski, J. M., & Koziel, S. M. Bio-Banding in Youth Sports: Background, Concept, and Application. *Sports medicine.* **2019**, 49, 1671–1685. 415
6. Jiménez, J. M. H., Ríos, I. J. C., Casas, J. Á. R., & Ríos, L. J. C. Estudio comparativo de la capacidad de realizar sprints repetidos entre jugadores de balonmano y baloncesto amateurs y profesionales. *Apunts. Medicina de l'Esport.* **2009**, 44, 163-173. 416
7. Rogol, A. D., Cumming, S. P., & Malina, R. M. Biobanding: a new paradigm for youth sports and training. *Pediatrics.* **2018**, 142. 417
8. Stănilă, A. M., Lupșa, M. M., & Stănilă, C. BIO-BANDING from concept to practice in sports. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal.* **2020**, 13, 19-24. 418
9. Cumming, S. P., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Eisenmann, J. C., & Malina, R. M. Bio-banding in sport: applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athletes. *Strength & Conditioning Journal.* **2017**, 39, 34-47. 419
10. Mujika, I., & Padilla, S. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports medicine.* **2001**, 31, 479-487. 420
11. Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J., Santisteban, J., Angulo, F., & Goiriena, J. J. Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* **2001**, 33, 796-802. 421
12. Lucia, A., Joyos, H., & Chicharro, J. L. Physiological response to professional road cycling: climbers vs. time trialists. *International journal of sports medicine.* **2000**, 21, 505-512. 422
13. Lucía, A., Hoyos, J., Pardo, J., & Chicharro, J. L. Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. *The Japanese journal of physiology.* **2000**, 50, 381-388. 423
14. Lee, H., Martin, D. T., Anson, J. M., Grundy, D., & Hahn, A. G. Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Sciences.* **2002**, 20, 1001-1008. 424
15. Real Federación Española de Ciclismo. <https://rfec.com/index.php/es/smartweb/seccion/seccion/rfec/Legislacion-y-Normativa> (2023). 425
16. Voet, J., Lamberts, R. P., de Koning, J. J., & van Erp, T. The influence of relative age effect on talent identification in professional cycling. *Journal of Science and Cycling.* **2021**, 10. 426
17. Voet, J. G., Lamberts, R. P., de Koning, J. J., & van Erp, T. The role of the relative age effect on talent identification in professional road cycling. *Journal of Sports Sciences.* **2022**, 40, 2159-2165. 427
18. Vianey CH. Composición corporal en futbolistas juveniles profesionales, perfil antropométrico por posición en terreno de juego. *Revista de Ciencias de la Salud.* **2016**, 3, 6-13 428
19. Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* **2002**, 34, 689-694. 429
20. Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. Enhancing a somatic maturity prediction model. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* **2015**, 47, 1755-1764. 430
21. Cossio-Bolaños, M., Vidal-Espinoza, R., de Campos, L. F. C. C., Sulla-Torres, J., Cossio-Bolaños, W., Alborno, C. U., & Gómez-Campos, R. Ecuaciones que predicen el estado de madurez: Validación en una muestra transversal para evaluar el crecimiento físico y adiposidad corporal en niños y adolescentes chilenos. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición.* **2021**, 68, 689-698 431
22. Koziel, S. M., & Malina, R. M. Modified maturity offset prediction equations: validation in independent longitudinal samples of boys and girls. *Sports Medicine.* **2018**, 48, 221-236. 432
23. Martínez-Sanz JM, Urdampilleta A. Estudio de la composición corporal en deportistas masculinos universitarios de diferentes disciplinas deportivas. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.* **2012**, 12, 89-94 433
24. Martha GL, Maritza GM, Juan Francisco R-C, Consuelo PM. Referencias para dinamometría manual en función de la estatura en edad pediátrica y adolescentes. *Nutrición clínica dietética hospitalaria.* **2017**, 37,135-139. 434
25. Ayala, F., De Baranda, P. S., de Ste Croix, M., & Santonja, F. Fiabilidad y validez de las pruebas sit-and-reach: *revisión sistemática.* *Revista Andaluza de Medicina del deporte.* **2012**, 5, 57-66. 435
26. Wilson, B. R., Robertson, K. E., Burnham, J. M., Yonz, M. C., Ireland, M. L., & Noehren, B. The relationship between hip strength and the Y balance test. *Journal of sport rehabilitation.* **2018**, 27, 445-450. 436
27. Coughlan, G. F., Fullam, K., Delahunt, E., Gissane, C., & Caulfield, B. M. A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test. *Journal of athletic training.* **2012**, 47, 366-371. 437
28. Smith, C. A., Chimera, N. J., & Warren, M. E. G. H. A. N. Association of y balance test reach asymmetry and injury in division I athletes. *Medicine and science in sports and exercise.* **2015**, 47, 136-141. 438

29. Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2004**, *18*, 551-555. 469-470
30. Slinde, F., Suber, C., Suber, L., Edwén, C. E., & Svantesson, U. Test-retest reliability of three different countermovement jumping tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2008**, *22*, 640-644. 471-472
31. Turner, A. N., & Stewart, P. F. Repeat sprint ability. *Strength & Conditioning Journal*. **2013**, *35*, 37-41. 473
32. YA ESTA. Jiménez, J. M. H., Ríos, I. J. C., Casas, J. Á. R., & Ríos, L. J. C. Estudio comparativo de la capacidad de realizar sprints repetidos entre jugadores de balonmano y baloncesto amateurs y profesionales. *Apunts. Medicina de l'Esport*. **2009**, *44*, 163-173. 474-476
33. Matsudo, V. K. R., Matsudo, S. M., Rezende, L. F. M. D., & Raso, V. Handgrip strength as a predictor of physical fitness in children and adolescents. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*. **2015**, *17*, 01-10. 477-478
34. Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A., & McMaster, D. T. A brief review of handgrip strength and sport performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2017**, *31*, 3187-3217. 479-480
35. Quatman, C. E., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: a longitudinal study. *The American journal of sports medicine*. **2006**, *34*, 806-813. 481-482
36. Temfemo, A., Hugues, J., Chardon, K., Mandengue, S. H., & Ahmaidi, S. Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *European journal of pediatrics*. **2009**, *168*, 457-464. 483-484
37. Bastiaans, J., Diemen, A. B. J. P., Veneberg, T., & Jeukendrup, A. The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *European journal of applied physiology*. **2001**, *86*, 79-84. 485-486
38. Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., & Kenny, I. C. The effect of maximal-and explosive-strength training on performance indicators in cyclists. *International journal of sports physiology and performance*. **2017**, *12*, 470-480. 487-488
39. Mujika, I., Rønnestad, B. R., & Martin, D. T. Effects of increased muscle strength and muscle mass on endurance-cycling performance. *International journal of sports physiology and performance*. **2016**, *11*, 283-289. 489-490
40. Perez-Gomez, J., Rodriguez, G. V., Ara, I., Olmedillas, H., Chavarren, J., González-Henriquez, J. J., ... & Calbet, J. A. Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *European journal of applied physiology*. **2008**, *102*, 685-694. 491-492
41. Milliken, L. A., Faigenbaum, A. D., Loud, R. L., & Westcott, W. L. Correlates of upper and lower body muscular strength in children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **2008**, *22*, 1339-1346. 493-494-495-496

5. ANEXOS

5.1 Anexo 1: Consentimiento informado.



Consentimiento informado para participantes

HOJA DE INFORMACIÓN PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO:

"Biobanding, estudio de la condición física, composición corporal y tiempo de reacción y coordinación ojo-mano en niños y adolescentes deportistas"

¿QUÉ OBJETIVOS TIENE EL PROYECTO?

Este estudio pretende: 1. Analizar la condición física, la composición corporal, y el tiempo de reacción y coordinación ojo-mano de niños y adolescentes deportistas españoles, 2. Establecer valores de referencia de dichas variables con relación a la edad cronológica.

¿CÓMO PARTICIPAR?

La participación en este estudio es completamente libre y voluntaria, si bien les invitamos a que sus hijos tomen parte en ella. Si lo desea, podrán retirarse del estudio cuando quieran, sin necesidad de dar explicación alguna. Para dar su aceptación a la participación en el estudio deberá firmar este "consentimiento informado".

El participante debe tener entre 10 y 18 años (categoría alevín a juvenil), estar federado en la modalidad deportiva que practica y realizar al menos 4 sesiones de entrenamiento a la semana o 3 sesiones de entrenamiento más 1 de competición.

¿CÓMO SE VA A REALIZAR EL ESTUDIO?

Las valoraciones se llevarán a cabo en un solo día, en el centro deportivo donde habitualmente entrena, la duración de estas es de aproximadamente 60 minutos.

¿QUÉ SE VA A VALORAR A LOS PARTICIPANTES?

A todos los voluntarios que quieran participar en este estudio se les realizarán las siguientes valoraciones:

En primer lugar, los participantes serán pesados y medidos con el objetivo de calcular su índice de masa corporal y su edad biológica, calcularemos la composición corporal mediante bioimpedancia, la condición física se analizará con una valoración funcional, dinamometría manual, test de saltos, test de equilibrio, test de sprints repetidos, y test de flexibilidad, y por último se hará una valoración de su capacidad visual mediante el análisis del tiempo de reacción visual y coordinación ojo-mano con 3 juegos de luces.

ASPECTOS ÉTICOS Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS DATOS

El estudio se desarrollará cumpliendo los estándares reconocidos por la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (59ª Asamblea General, Seúl, Corea, Octubre 2008), así como las Normas de Buena Práctica Clínica, y cumpliendo la legislación española sobre investigación biomédica (Ley 14/2007). Los datos del estudio serán informatizados y serán sometidos a un proceso de codificación que permitirá su tratamiento anónimo (es decir, será asignado un código al voluntario para que no resulte posible asociar los datos con la identidad del voluntario). Toda la información obtenida en el estudio será tratada conforme al artículo 5 de la Ley 14/2007 de Investigación