

Monitoreo de los Atletas Durante Campamentos de Entrenamiento: Observaciones y Estrategias Obtenidas en Ciclistas de Ruta y Nadadores de Elite.

Anna E. Saw^{1,*}, Shona L. Halson² e Iñigo Mujika^{3,4}

¹Cricket Australia, 60 Jolimont St, Jolimont, VIC 3002, Australia

²AIS Physiology, Australian Institute of Sport, Leverrier St, Bruce, ACT 2617, Australia

³Department of Physiology, Faculty of Medicine and Odontology, University of the Basque Country, 48940 Leioa, Basque Country, Spain

⁴Exercise Science Laboratory, School of Kinesiology, Faculty of Medicine, Universidad Finis Terrae, Santiago 1509, Chile

Resumen

El monitoreo es un componente esencial del manejo del entrenamiento deportivo que hasta el momento no ha sido estandarizado. Este trabajo tiene como objetivo aportar información sobre las mediciones y respuestas típicas que se observan en el monitoreo de ciclistas de ruta y nadadores de élite durante los campamentos de entrenamiento, y transformar estas observaciones a estrategias prácticas para que otros profesionales puedan implementarlas. En el estudio participaron 29 ciclistas profesionales varones y 31 nadadores internacionales (12 varones y 19 mujeres) quienes participaron en hasta tres de los ocho campamentos de entrenamiento de 4 a 19 días que se realizaron a nivel del mar o en altitud moderada a principios de la temporada o cerca de competencias importantes. El monitoreo consistió en la medición del peso y de la composición corporal, el sueño subjetivo, la gravedad específica de la orina (USG), la frecuencia cardíaca en reposo (FC) y la saturación de oxígeno periférica (SpO₂) en altitud. La suma de siete pliegues cutáneos presentó una disminución de aprox. 3,1±3,6 mm semana a semana, acompañada por una disminución trivial en el peso corporal de 0,4±0,4 kg semana a semana. En condiciones de altitud, la calidad del sueño mejoró trivialmente semana a semana (0,3±0,3 UA), la SpO₂ aumentó semana a semana (0,6±1,7%), mientras que los cambios en la FC en reposo no fueron claros (0±4 lpm). La duración del sueño y la USG fueron estables. La comparación del cambio diario individual y grupal en las variables monitoreadas podría ser eficaz para identificar a aquellos atletas que potencialmente corren el riesgo de experimentar una mala adaptación al entrenamiento. Los profesionales pueden replicar estos métodos para fijar umbrales específicos para sus cohortes y escenarios. Este estudio aporta un apoyo adicional para una metodología multifacética de monitoreo de atletas de élite en el ámbito de los campamentos de entrenamiento.

Palabras claves: altitud; composición corporal; sueño; frecuencia cardíaca; hidratación

1. Introducción

La preparación deportiva de élite requiere un delicado balance entre poder sobrepasar los límites de entrenamiento y adaptación para mejorar el rendimiento y evitar resultados negativos como el bajo rendimiento, las lesiones o el malestar [1, 2]. Por lo tanto, el monitoreo se considera un componente esencial en el manejo de la preparación deportiva [3]. Las acciones de monitoreo pueden centrarse en: (a) Asegurar que los atletas estén sanos y, por lo tanto, receptivos a las adaptaciones de entrenamiento positivas; (b) cuantificar el estrés fisiológico experimentado; y (c) evaluar la respuesta fisiológica y psicológica al entrenamiento [1, 2, 3]. A pesar del incremento en la cantidad de investigaciones sobre este tema, la mayor parte de los datos obtenidos en atletas de élite no han sido publicados, lo que dificulta el avance en el campo [3].

Los atletas de élite a menudo participan en campamentos de entrenamiento para mejorar la adaptación al entrenamiento en momentos específicos de la temporada. La naturaleza de los campamentos de entrenamiento puede ser manejada para cumplir con ciertos objetivos, por ejemplo, mejorar las capacidades aeróbicas o

anaeróbicas, prepararse para una competencia específica y fomentar la cohesión del equipo. Los campamentos de entrenamiento plantean desafíos adicionales, a menudo intencionales, para el estado del atleta. Por ejemplo, se ha demostrado que en ciclistas entrenados se produce sobre-entrenamiento a corto plazo luego de siete días de entrenamiento de alta intensidad [4], pero puede ser detectado después de tan solo tres días si se realiza un monitoreo diario [5]. El entrenamiento en altura agrega una dimensión adicional de complejidad, y las respuestas individuales frente al estrés ambiental de hipoxia participan en la respuesta al entrenamiento [6]. La estructura de los campamentos de corta duración (esto es, de varios días a varias semanas) y parcialmente controlada presenta un entorno ideal para intensificar los esfuerzos de monitoreo ya sea para gestionar la adaptación o para comprender mejor cómo responden los atletas al entrenamiento [7]. Dada la complejidad del entrenamiento deportivo, típicamente se emplean varias medidas físicas, fisiológicas y psicosociales para supervisar y controlar a los atletas de élite [4, 5, 8]. La utilidad de cada medida depende de su capacidad para discernir entre lo que es una fluctuación normal en una medición y lo que es un cambio significativo que requiere implementar alguna acción. Por lo tanto, es importante comprender cómo se comportan estas medidas en diferentes escenarios de los campamentos de entrenamiento y qué umbrales serían los más aplicables. Esto es particularmente importante en las cohortes de atletas de élite donde incluso los cambios muy pequeños pueden afectar el rendimiento [9]. Por lo tanto, es valioso informar los datos obtenidos en el "mundo real" de atletas de élite para ayudar en el futuro a aquellos profesionales que trabajen con grupos y entornos similares. Esto podría mejorar el uso de los métodos de monitoreo que aporten evidencia de lo que se considera una respuesta "normal" y los umbrales que se pueden establecer para detectar cambios significativos.

El propósito de este estudio es, en primer lugar, describir las medidas y respuestas típicas que se observan durante el monitoreo de ciclistas de ruta y nadadores de élite en ocho campamentos de entrenamiento. Los campamentos se realizaron en diferentes momentos de la temporada, a nivel del mar y en instalaciones situadas a una altitud moderada. Un objetivo secundario que nos propusimos es traducir estas observaciones en estrategias prácticas para los entrenadores que buscan implementar efectivamente estrategias de monitoreo de atletas de élite en los escenarios impuestos por los campamentos de entrenamiento.

2. Materiales y Métodos

2.1. Sujetos y campamentos de entrenamiento.

2.1.1. Ciclistas

Veintinueve ciclistas varones (edad 29 ± 4 años) participaron en uno ($n = 17$), dos ($n = 9$) o tres ($n = 3$) de los cuatro campamentos de entrenamientos para equipos realizados en una temporada. Todos los ciclistas eran miembros de un equipo de ciclismo UCI World Tour. Dentro del conjunto de ciclistas estaba un Campeón Olímpico y finalista de Gran Tour (Giro d'Italia, Tour de Francia, Vuelta a España) y seis ganadores de la etapa Grand Tour. Según la descripción del entrenador del equipo y en función de su desempeño principal en las competencias, 12 ciclistas eran ciclistas todo terreno, 10 escaladores, 5 velocistas, 1 ciclista de terreno plano y 1 especialista en pruebas contrarreloj [10].

Se realizaron cuatro campamentos de entrenamiento de equipos de 9 a 12 días durante la temporada 2013: (i) pre-Tour Down Under (TDU) a nivel del mar (diciembre de 2012); (ii) inicios de temporada al nivel del mar (enero de 2013); (iii) pre-Volta a Catalunya (Volta) a nivel del mar (marzo de 2013); y (iv) pre-Tour de Francia (TDF) a 2320 m de altitud (mayo de 2013). El objetivo principal del campamento de principios de la temporada fue establecer los fundamentos de la aptitud física de los ciclistas y trabajar en la cohesión del equipo, mientras que los otros campamentos se enfocaron en la aptitud competitiva específica de los ciclistas que participarían en cada carrera en particular.

2.1.2. Nadadores

Treinta y un nadadores (19 mujeres, edad 21 ± 4 años; 12 varones, edad 23 ± 4 años) participaron en uno ($n = 22$) o dos ($n = 9$) de los cuatro campamentos de entrenamientos para equipos realizados entre 2012 y 2016. Los nadadores eran miembros de las selecciones francesas, españolas o eran integrantes de los equipos nacionales de aguas abiertas, y habían participado en las principales competencias internacionales. La muestra incluía a dos campeones olímpicos, siete campeones mundiales y tres poseedores de récords mundiales.

Se realizaron cuatro campamentos de entrenamiento de 4 a 19 días durante las temporadas 2012-2016: (i) principios de temporada a 1360 m de altitud (enero de 2012); (ii) antes de los Juegos Olímpicos de Londres a nivel del mar (julio de 2012); (iii) antes del Campeonato Mundial en Kazan a 2320 m de altitud (junio de 2015); y (iv) antes de las Olimpiadas de Río a 2320 m de altitud (mayo de 2016). El objetivo principal del campamento realizado a principios de la temporada fue establecer las bases de aptitud física de los nadadores a una altitud moderada después de un breve descanso de 3 a 7 días de fin de año, mientras que los otros campamentos se enfocaron en el entrenamiento físico específico para los nadadores que participarían en cada una de las competencias.

2.2. Métodos

Los procedimientos formaron parte de la provisión de servicios para equipos y cumplieron con lo establecido en Código de Ética de la Asociación Médica Mundial (Declaración de Helsinki). Los atletas dieron su consentimiento informado para participar en los procedimientos de monitoreo asociados con los requerimientos del equipo y expresaron su conocimiento de que los datos podrían ser utilizados en investigaciones.

La gravedad específica de la orina (USG, refractómetro digital UG- α , Atago Co., Tokio, Japón) se midió diariamente al despertar, en una muestra de orina tomada en la mitad de la micción. El peso corporal (Seca 877, Hamburgo, Alemania) se determinó luego del vaciamiento total de la vejiga. Los pliegues cutáneos fueron medidos por el mismo antropometrista certificado que utilizó un protocolo estándar para la suma de 7 sitios (tríceps, bíceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo frontal, pantorrilla medial; Holtain, Crymych, Reino Unido) al inicio de cada campamento y la medición se repitió en la mitad del campamento (pre-TDF) y al final del mismo (pre-TDU, pre-Volta, pre-TDF). La calidad del sueño fue calificada subjetivamente todas las mañanas por medio de una escala Likert (5 = muy buena; 4 = buena; 3 = promedio; 2 = mala; 1 = muy mala). En los campamentos realizados en altura, se realizaron otras mediciones adicionales al despertar entre las que se incluyeron las horas de sueño (autoinformadas), la frecuencia cardíaca en reposo (FC) y la saturación de oxígeno periférica (SpO_2) (ojímetro de pulso CMS50H, Contec Medical Systems Co., Ltd., Qinhuangdao, China).

Ningún atleta presentó signos de bajo rendimiento, menor bienestar ni de enfermedad, lo que sugiere que los atletas se mantuvieron saludables y en un estado de entrenamiento funcional en todos los campamentos [11]. Esto puede ser atribuido a la correcta planificación y la evaluación y adaptación diarias de la prescripción de entrenamiento a nivel individual, por lo tanto en este trabajo no se informan las cargas de entrenamiento grupal prescritas.

2.3. Análisis estadístico

Los datos sin procesar y los cambios diarios/semanales calculados intra-individuo superaron la inspección visual y cumplieron con la distribución normal determinada mediante el test de normalidad de Shapiro-Wilk, con excepción de los cambios en el peso corporal y en los pliegues cutáneos que presentaron un ligero sesgo negativo (SPSS versión 24, IBM, Armonk, NY, ESTADOS UNIDOS). La normalidad no mejoró con la transformación, por lo que los datos brutos de peso corporal y de pliegues cutáneos se utilizaron en los análisis y la media y la desviación estándar (SD) se consideraron aceptables para describir la centralidad y la dispersión de los datos. La importancia práctica de los cambios se calculó utilizando inferencias basadas en la magnitud [12].

Los datos se utilizaron para evaluar retrospectivamente la utilidad de los umbrales comúnmente citados para el monitoreo diario. El menor cambio digno de consideración (SWC) ($0,3 \times SD / Media \times 100$) [13] y el cambio real

más pequeño (SRC) ($1,96 \times \sqrt{2} \times SD / \sqrt{n}$, donde n es el número de atletas a partir de los cuales se calculó la media y la desviación estándar) [14] fueron calculados a partir de los valores del día 1 y fueron aplicados a todos los días subsiguientes. El valor z ((valor medio) / desviación estándar (SD) se calculó diariamente, comparando el cambio intra-individual con el cambio promedio grupal para ese día, y se aplicaron umbrales de 1,0 y 1,5. El porcentaje de atletas "marcados/destacados" por cada criterio a lo largo de cada campamento se calculó y se obtuvo un promedio en todos los campamentos.

3. Resultados

En la Tabla 1 y la Tabla 2 se presentan las mediciones de ciclistas y nadadores respectivamente que ingresaron a cada campamento de entrenamiento. En todos los campamentos, los atletas durmieron en promedio $8,0 \pm 0,5$ h en la primera noche, y calificaron su calidad de sueño con un valor de $3,6 \pm 0,8$ de un valor máximo de 5 (promedio-bueno). La cantidad de horas de sueño mas baja fue la de los nadadores que participaron en el campamento Pre-Rio en altitud ($7,5 \pm 0,3$ h, y un puntaje de calidad de sueño de $2,3 \pm 0,7$ (malo)).

	Campamento 1	Campamento 2	Campamento 3	Campamento 4
Detalles del campamento	Pre-TDU Diciembre 2012 Nivel del mar	Principios de temporada Enero 2013 Nivel del mar	Pre-Volta Marzo 2013 Nivel del mar	Pre-TDF Mayo 2103 Altitud
Días	9	10	10	13
n	21	8	8	8
Peso (kg)	$68,8 \pm 5,9$	$69,0 \pm 6,7$	$64,5 \pm 5,7$	$67,7 \pm 6,1$
SWC/SRC	2,6/3,5	2,9/6 .5	2,7/ 6,0	2,7/6,0
Cambio diario	$0,0 \pm 0,1$	$-0,1 \pm 0,1$	$-0,1 \pm 0,1$	$-0,1 \pm 0,1$
Sumatoria de los 7 pliegues cutáneos (mm)	$41,8 \pm 8,4$	$43,8 \pm 7,1$	$38,2 \pm 4,5$	$40,6 \pm 3,9$
SWC/SRC	6,0/5,1	4,8/6,9	3,5/4,7	2,9/3,8
Cambio semanal	-	$-1,9 \pm 2,2$	-	-
USG	$1,0194 \pm 0,0066$	$1,0183 \pm 0,0072$	$1,0154 \pm 0,0076$	$1,0138 \pm 0,0046$
SWC/SRC	0,1954/0,0040	0,2110/0,0070	0,2250/0,0080	0,1371/0,0045
Cambio diario	$-0,0001 \pm 0,0009$	$0,0002 \pm 0,0011$	$0,0007 \pm 0,0011$	$0,0003 \pm 0,0006$
FC en reposo (lpm)	-	-	-	44 ± 8
SWC/SRC	-	-	-	6/8
Cambio diario	-	-	-	$0,1 \pm 0,3$
SpO₂ (%)	-	-	-	$93,3 \pm 1,3$
SWC/SRC	-	-	-	0,4/1,3
Cambio diario	-	-	-	$0,1 \pm 0,2$

Cantidad de horas de sueño (h)	-	-	-	8,4 ± 0,4
SWC/SRC	-	-	-	1,6/0,4
Cambio diario	-	-	-	0,0 ± 0,0
Calidad del sueño (1-5)	3,6 ± 0,5	4,0 ± 0,5	3,9 ± 0,4	3,8 ± 0,5
SWC/SRC	4,1/0,3	4,0/0,5	2,9/0,4	3,7/0,5
Cambio diario	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,1	0,0 ± 0,1

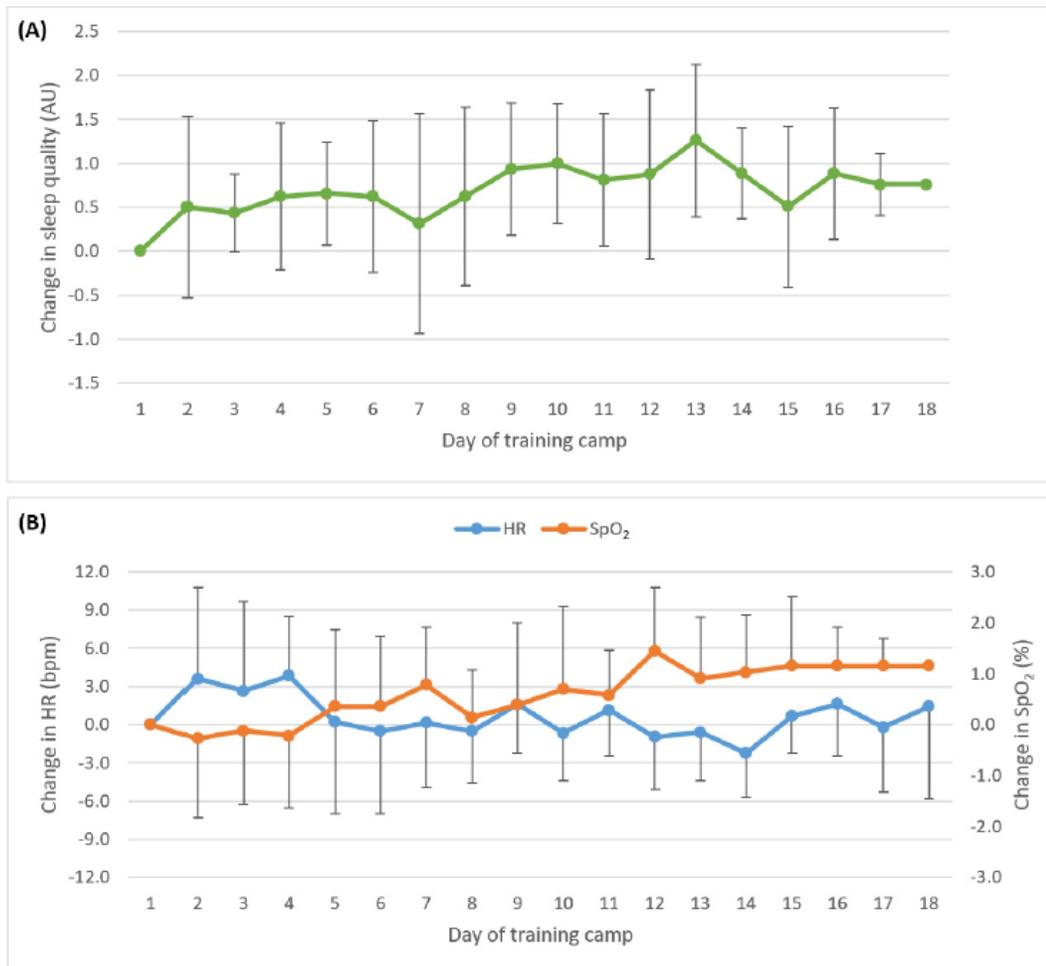
Tabla 1. Valores de los parámetros de los ciclistas de élite obtenidos el día 1 de los campamentos de entrenamiento, y valores de menor cambio digno de consideración (SWC), de cambio real más pequeño (SRC) calculados desde el día 1 y de los cambios medios observados durante los campamentos de entrenamiento. Los datos se presentan en forma de media ± DS. TDU=Tour Down Under; Volta= Vuelta a Cataluña; TDF=Tour de Francia; USG= Gravedad específica de la orina; FC= Frecuencia Cardíaca; SpO₂= Saturación de oxígeno periférica.

	Campamento 1	Campamento 2	Campamento 3	Campamento 4
Detalles del campamento	Principios de Temporada Enero 2012 Nivel del mar	Pre-London Julio 2012 Altitud	Pre-Kazan Junio 2015 Altitud	Pre-Rio Mayo 2016 Altitud
Días	19	8	4	18
n	13	12	7	8
Peso (kg)	65,0 ± 5,1 (F)	-	57,3 ± 7,5 (F) 73,1 ± 7,3 (M)	55,4 ± 4,3 (F) 77,2 ± 11,5 (M)
SWC/SRC	2,2/3,6	-	3,0/7,7	6,3/14,1
Cambio diario	-0,1 ± 0,1	-	-0,2 ± 0,1	-0,1 ± 0,1
Suma de 7 Pliegues cutáneos (mm)	67,1 ± 9,9 (F)	79,4 ± 15,6	57,1 ± 12,3 (F) 66,1 ± 20,7 (M)	47,8 ± 5,4 (M)
SWC/SRC	4,4/8,3	5,9/13,0	7,6/16,3	7,3/17,8
Cambio semanal	-	-8,1 ± 4,1	-	-2,0 ± 0,5
USG	1,0150 ± 0,0046	1,0215 ± 0,0054	1,0180 ± 0,0070	1,0172 ± 0,0060
SWC/SRC	0,1352/0,0035	0,1594/0,0043	0,2061/0,0073	0,1774/0,0059
Cambio diario	-	-0,0003 ± 0,0013	-0,0005 ± 0,0020	0,0001 ± 0,0002
FC en reposo (lpm)	-	54 ± 7	54 ± 7	53 ± 8
SWC/SRC	-	4/6	4/7	5/8
Cambio diario	-	0 ± 1	0 ± 2	0 ± 0

SpO₂ (%)	-	95,3 ± 1,7	95,0 ± 1,6	94,0 ± 1,1
SWC/SRC	-	0,5/1,4	0,5/1,7	0,3/1,1
Cambio diario	-	0,2 ± 0,5	0,0 ± 0,5	0,1 ± 0,0
Cantidad de horas de sueño (h)	8,2 ± 0,2	-	-	7,5 ± 0,3
SWC/SRC	0,7/0,2	-	-	1,1/0,3
Cambio diario	0,0 ± 0,0	-	-	0,0 ± 0,0
Calidad del sueño (1-5)	3,7 ± 0,8	-	-	2,2 ± 0,7
SWC/SRC	6,3/0,6	-	-	9,4/0,7
Cambio diario	0,0 ± 0,1	-	-	0,1 ± 0,0

Tabla 2. Valores de los parámetros de los nadadores de élite obtenidos el día 1 de los campamentos de entrenamiento, y valores de menor cambio digno de consideración (SWC), de cambio real más pequeño (SRC) calculados desde el día 1 y de los cambios medios observados durante los campamentos de entrenamiento. Los datos se presentan en forma de media± DS. USG= Gravedad específica de la orina; FC= Frecuencia Cardíaca; SpO₂= Saturación de oxígeno periférica.

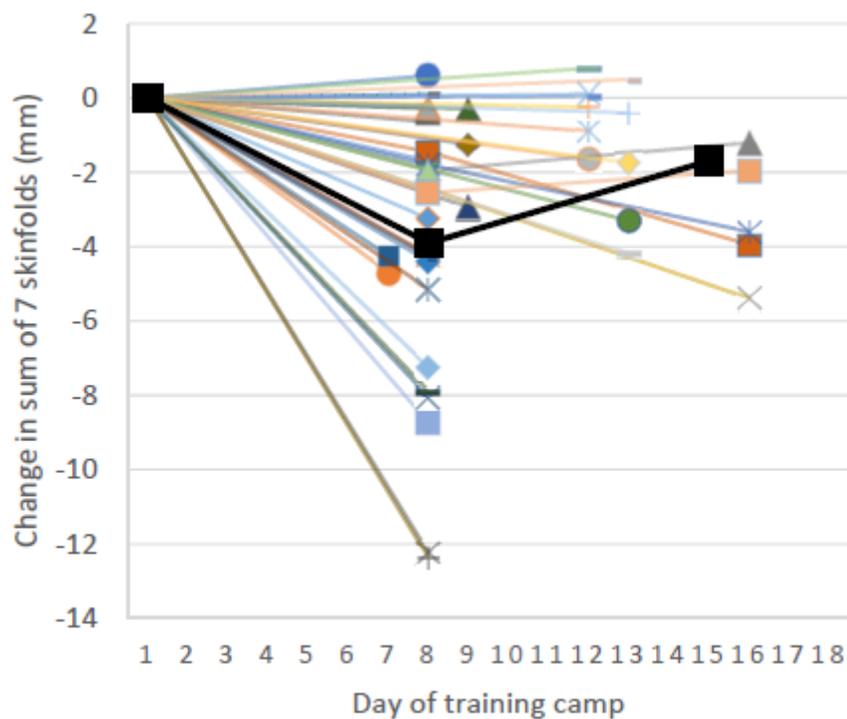
En altitud, la calidad del sueño de los atletas mejoró ligeramente semana a semana (cambio semanal individual promedio de 0,3±0,3 AU) (Figura 1A). La saturación de oxígeno periférica aumentó semana a semana (0,6±1,7%), pero los cambios en la FC en reposo no fueron claros (0±4 lpm) (Figura 1B).



Day of training camp= Día en el campamento de entrenamiento; Change in HR (bpm)= Cambio en la frecuencia cardíaca (FC) (lpm); Change in sleep quality (AU)= Cambio en la calidad del sueño (AU).

Figura 1. Cambios observados en la calidad del sueño (A), en la frecuencia cardíaca en reposo y en la saturación de oxígeno periférica en reposo (B) en relación con el Día 1 durante uno de los campamentos de entrenamiento en altura. Los datos se presentan en forma de media \pm SD. Para mayor claridad, se omitieron las barras de error simétricas por encima o por debajo de los valores medios.

La suma de 7 pliegues cutáneos disminuyó durante los campamentos de entrenamiento, presentando una reducción promedio de $3,1 \pm 3,6$ mm semana a semana (Figura 2). Esto fue acompañado por una leve disminución en la masa corporal de $0,4 \pm 0,4$ kg semana a semana.



Day of training camp= Día en el campamento de entrenamiento; Change in sum of 7 skinfolds (mm)= Cambio en la suma de 7 pliegues cutáneos (mm)

Figura 2. Cambio en la determinación de suma de 7 de pliegues cutáneos en relación con el día 1 observados durante un campamento de entrenamiento. La línea en negrita representa el cambio semanal promedio, que resume las respuestas individuales observadas en ciclistas y nadadores, varones y mujeres que entrenan a nivel del mar o en altitud.

Cuando se compararon con los valores grupales en el día 1, $19 \pm 25\%$ de los atletas superaron el umbral SWC, y $31 \pm 21\%$ de los atletas superaron el umbral SRC (Tabla 3). Cuando se realizaron comparaciones con el cambio grupal diario, $34 \pm 3\%$ y $16 \pm 3\%$ de los atletas superaron un valor-z de 1,0 y 1,5 respectivamente.

Variable de medición	SWC	SRC	Valor-z1	Valor z 1,5
Peso	0 ± 0	0 ± 0	33 ± 5	17 ± 8
USG	0 ± 0	27 ± 18	35 ± 8	18 ± 7
FC en reposo	32 ± 16	22 ± 16	32 ± 5	11 ± 8
SpO ₂	63 ± 8	$25 \quad 13$	37 ± 4	16 ± 6
Cantidad de horas de sueño	20 ± 15	$60 \quad 10$	30 ± 2	18 ± 7
Calidad del sueño	0 ± 0	49 ± 11	36 ± 9	19 ± 8

Tabla 3. Porcentaje de atletas marcados contra el menor cambio digno de consideración (SWC) y el cambio real más pequeño (SRC) calculados con respecto al día 1, y valores-z calculados a partir del cambio grupal diario en cada medición para todos los campamentos de entrenamiento.

4. Discusión.

Se analizaron retrospectivamente las mediciones de los campamentos de entrenamiento de ciclistas y nadadores de élite para ofrecer información sobre, lo que con mucha frecuencia, es información privilegiada. Las respuestas típicas a los campamentos de entrenamiento incluyeron un cambio en la composición corporal y adaptaciones cardiovasculares a la altitud mientras que los otros parámetros se mantuvieron estables.

4.1. Cambios en la composición corporal

El principal cambio fisiológico que se observó en ciclistas de ruta y nadadores de élite durante los campamentos de entrenamiento fue una disminución en el porcentaje de grasa corporal, tal como se puede observar por la suma de siete pliegues cutáneos. Esto no fue necesariamente acompañado por una disminución en la masa corporal. Las reducciones en la grasa corporal fueron probablemente intencionales y en línea con los objetivos de rendimiento individuales (por ejemplo, volver al "peso de entrenamiento" en los campamentos de principios de temporada o alcanzar el "peso de carrera" en los campamentos antes de las competencias). La reducción de la masa grasa se asocia con un mejor rendimiento en nadadores [15, 16] y ciclistas que se benefician de una mayor relación potencia/peso [10, 17].

4.2. Cambios específicos a la altitud

Se observó un patrón típico de respuesta cardiovascular frente a la hipoxia por altura [18], en el cual la SpO₂ se redujo inicialmente y posteriormente se normalizó durante la primera semana cuando los atletas se adaptaron. Para adaptarse a la reducción de SpO₂, la FC en reposo habría sido más alta de lo normal para estos atletas [18], sin embargo, no queda claro si la FC disminuyó con el tiempo. Esto contrasta con la respuesta observada en corredores de distancia de élite que experimentaron una reducción en la FC sin un cambio claro en la SpO₂ [8]. Para determinar con mayor precisión la respuesta de la FC y diferenciar entre las adaptaciones cardiovasculares a la hipoxia, las mejoras en el estado físico o la posible mala adaptación al entrenamiento, se recomienda que los atletas registren su FC en reposo durante la semana previa a un campamento de entrenamiento de altitud.

Una respuesta cardiovascular adicional a la hipoxia por altitud que debemos considerar es el aumento en la perfusión sanguínea de los músculos esqueléticos [19]. El aumento de la perfusión de los músculos esqueléticos ha sido asociado con un aumento de la masa muscular y una disminución en la masa grasa. Este cambio en la composición corporal es consistente con la disminución que se observó en pliegues cutáneos sin una disminución concomitante en el peso corporal. El balance de energía también puede variar por una reducción en la ingesta de energía, y no por un aumento del costo energético del entrenamiento [20]. Por lo tanto, los atletas deben adaptar sus ingestas de energía y nutrientes para explotar o contrarrestar estas respuestas a la altitud, en función de sus objetivos de composición corporal.

El estrés fisiológico de vivir en altura se asocia típicamente con la deshidratación (aumento de la USG) [21] y la mala calidad del sueño [22]; sin embargo, estas respuestas negativas no se observaron, excepto en casos individuales alterados ocasionalmente. Esto probablemente refleja la mayor conciencia de los atletas de élite con respecto a las necesidades de hidratación, y también con la experiencia que tienen de dormir en diferentes ambientes. Es posible que la calidad del sueño haya sido sobrevalorada, ya que la duración adecuada del sueño percibida (~ 8h seguidas) podría haber afectado la capacidad de los atletas para calificar adecuadamente su calidad del sueño [23]. Como anécdota, los atletas a menudo reportan una mejoría del sueño cuando transcurre un tiempo adicional en altitud, lo que sugiere una respuesta adaptativa a la altitud. Para obtener una medición más objetiva de la calidad del sueño a través de una valoración de la eficiencia del sueño podría ser útil la actigrafía.

4.3. Informar el manejo del entrenamiento.

En conjunto, las respuestas fisiológicas observadas en los campamentos de entrenamiento reflejan el estado físico y la experiencia de la cohorte de élite. Subjetivamente, el rendimiento de los atletas mientras entrenaban en los campamentos y posteriormente en las principales competencias, sugirió que los atletas respondieron adecuadamente al programa de entrenamiento bien diseñado y administrado, sin embargo, reconocemos que esto

es especulativo porque no se recolectaron datos de rendimiento objetivos durante los campamentos. El monitoreo de rutina de la masa corporal, pliegues cutáneos, duración y calidad del sueño, USG, FC en reposo y SpO₂ podría haber contribuido al manejo de estos atletas al aportar información adicional a los profesionales.

Para facilitar la detección de una posible mala adaptación, los profesionales pueden fijar previamente umbrales para "marcar" cambios significativos en las medidas. Existe la necesidad de equilibrar la sensibilidad y la especificidad de los umbrales, por lo que es posible realizar un seguimiento a través del número de atletas marcados. En el escenario de un campamento de entrenamiento donde una cantidad limitada de atletas realizan un entrenamiento similar, la metodología del valor-z fue más exitosa para identificar diariamente un pequeño número de atletas cuya respuesta se alejó de la respuesta promedio del grupo. Los umbrales de valores-z de 1,0 y 1,5 siguen siendo arbitrarios, y pueden ser refinados aún más para adaptarse a la medida y/o al escenario del campamento de entrenamiento. No obstante, los umbrales solo pretenden ayudar al profesional, por lo que el monitoreo informal a través de las conversaciones y la observación del atleta sigue siendo un componente fundamental del manejo de los atletas.

4.4. Aplicaciones prácticas.

Los profesionales que buscan una orientación que tenga un apoyo empírico para las prácticas de monitoreo de deportistas de élite, particularmente durante períodos intensos como los campamentos de entrenamiento, pueden aprovechar los resultados, los métodos o los aprendizajes generales presentados en este informe. En primer lugar, los valores SWC y SRC presentados en la Tabla 1 y en la Tabla 2 pueden ser utilizados como umbrales para detectar cambios significativos en cohortes y ámbitos similares. Sin embargo, los profesionales también deben usar su juicio en el caso de que estos valores calculados **no tengan mucho sentido**.

Los profesionales que trabajan con diferentes cohortes o en diferentes ámbitos, o donde el monitoreo ya está establecido, pueden usar los métodos descritos aquí como una plantilla para establecer sus umbrales. Con datos suficientes, también se pueden determinar los parámetros específicos de cada individuo. Este enfoque puede mejorarse aún más mediante la realización de mediciones repetidas para determinar la confiabilidad de las mediciones [24].

Los investigadores concuerdan en que, hasta la fecha, no existe una única medida que pueda ser utilizada de forma aislada para el monitoreo de atletas [2]. La de mayor utilidad es el bienestar subjetivo, que puede complementarse con otras medidas subjetivas y objetivas [25]. Esto incluye medidas para monitorear la respuesta al entrenamiento, además de cuantificar las cargas internas y externas. El desafío para los profesionales es sopesar la evidencia de las determinaciones junto con las limitaciones prácticas de cada entorno particular (por ejemplo, minimizar la carga para los atletas y el personal, el costo del equipamiento).

En el presente estudio, la utilidad de la composición corporal, el sueño y la USG para detectar posibles signos de mala adaptación no está clara. Sin embargo, vale la pena considerar su valor potencial para que los atletas incrementen sus conocimientos y puedan darle una importancia menos sesgada a estos factores que afectan el rendimiento [26]. Por ejemplo, una disminución percibida en la duración o calidad del sueño puede hacer que un atleta tome una siesta, o una mayor lectura de USG puede hacer que un atleta tome más agua. En estos casos, poder discriminar que es lo verdaderamente importante puede aliviar conductas obsesivas innecesarias.

5. Conclusiones

Los atletas de élite experimentaron cambios en la composición corporal durante los campamentos de entrenamiento, probablemente en línea con los objetivos de rendimiento individuales, y posiblemente ayudados por la altitud. La estabilidad de los otros parámetros monitoreados sugiere que los atletas se manejaron apropiadamente, con la ayuda del entrenamiento y el apoyo de los conocimientos científicos. La comparación del cambio diario entre un individuo y un grupo en las variables monitoreadas puede resultar eficaz para identificar a aquellos atletas que pueden potencialmente correr el riesgo de sufrir una mala adaptación al entrenamiento. Los

profesionales pueden replicar estos métodos para establecer umbrales específicos para cada cohorte y cada entorno. Este estudio aporta un apoyo adicional para la implementación de un enfoque multifacético a la hora de realizar un seguimiento de los atletas de élite en el ámbito de los campamentos de entrenamiento.

Contribuciones de los autores: Conceptualización, A.E.S., S.L.H., I.M. ; Curación de datos, A.E.S., I.M. ; Análisis formal, A.E.S. ; Investigación, I.M. ; Metodología, I.M. ; Administración del proyecto, I.M. ; Escritura: Borrador original, A.E.S., S.L.H., I.M. ; Escritura: revisión y edición, AES, SLH, IM

Financiamiento. Esta investigación no recibió financiamiento externo

Agradecimientos: Los autores desean agradecer a los atletas, entrenadores, al equipo de ciclismo Euskaltel Euskadi y a las federaciones nacionales de natación (Federación Francesa de Natación, Real Federación Española de Natación) por su cooperación con las prácticas de monitoreo y su consentimiento para utilizar y publicar datos personales.

Conflictos de intereses: Los autores declaran que no poseen ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Halson, S.L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med.* 2014, 44, 139–147.
2. Meeusen, R.; Duclos, M.; Foster, C.; Fry, A.; Gleeson, M.; Nieman, D.; Raglin, J.; Rietjens, G.; Steinacker, J.; Urhausen, A. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *Eur. J. Sport Sci.* 2013, 13, 1–24.
3. Bourdon, P.C.; Cardinale, M.; Murray, A.; Gatin, P.; Kellmann, M.; Varley, M.C.; Gabbett, T.J.; Coutts, A.J.; Burgess, D.J.; Gregson, W.; et al. Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2017, 12, 161–170.
4. Halson, S.L.; Bridge, M.W.; Meeusen, R.; Busschaert, B.; Gleeson, M.; Jones, D.A.; Jeukendrup, A.E. Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *J. Appl. Physiol.* 2002, 93, 947–956.]
5. Ten Haaf, T.; van Staveren, S.; Oudenhoven, E.; Piacentini, M.F.; Meeusen, R.; Roelands, B.; Koenderman, L.; Daanen, H.A.; Foster, C.; de Koning, J.J. Prediction of functional overreaching from subjective fatigue and readiness to train after only 3 days of cycling. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2017, 12, 87–94.]
6. Chapman, R.F. The individual response to training and competition at altitude. *Br. J. Sports Med.* 2013, 47, i40–i44.
7. Passfield, L.; Hopker, J.G. A mine of information: Can sports analytics provide wisdom from your data? *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2017, 12, 851–855.
8. Sperlich, B.; Achtzehn, S.; de Marées, M.; von Papen, H.; Mester, J. Load management in elite German distance runners during 3-weeks of high-altitude training. *Physiol. Rep.* 2016, 4, e12845.
9. Hopkins, W.G. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000, 30, 1–15.
10. Padilla, S.; Mujika, I.; Cuesta, G.; Goirienea, J.J. Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999, 31, 878–885
11. Halson, S.L.; Jeukendrup, A.E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* 2004, 34, 967–981.
12. Hopkins, W. A spreadsheet for deriving a confidence interval, mechanistic inference and clinical inference from a p value. *Sports Science.* 2007, 11, 16–20.
13. Hopkins, W.G.; Hawley, J.A.; Burke, L.M. Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999, 31, 472–485.
14. Beckerman, H.; Roebroek, M.E.; Lankhorst, G.J.; Becher, J.G.; Bezemer, P.D.; Verbeek, A.L. Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Qual. Life Res.* 2001, 10, 571–578.
15. Anderson, M.E.; Hopkins, W.G.; Roberts, A.D.; Pyne, D.B. Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. *Eur. J. Sport Sci.* 2006, 6, 145–154.

16. Pyne, D.B.; Anderson, M.E.; Hopkins, W.G. Monitoring changes in lean mass of elite male and female swimmers. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*2006, 1, 14–26.
17. Swain, D.P. The influence of body mass in endurance bicycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1994,26, 58–63.
18. Mazzeo, R.S. Physiological responses to exercise at altitude. *Sports Med.*2008, 38, 1–8.
19. Chia, M.; Liao, C.A.; Huang, C.Y.; Lee, W.C.; Hou, C.W.; Yu, S.H.; Harris, M.B.; Hsu, T.S.; Lee, S.D.; Kuo, C.H. Reducing body fat with altitude hypoxia training in swimmers: Role of blood perfusion to skeletal muscles. *Chin. J. Physiol.*2013, 56, 18–25.]
20. Westerterp, K.R.; Kayser, B. Body mass regulation at altitude. *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* 2006, 18, 1–3.
21. Sawka, M.N.; Chevront, S.N.; Kenefick, R.W. Hypohydration and human performance: Impact of environment and physiological mechanisms. *Sports Med.*2015, 45, 51–60.
22. Weil, J.V. Sleep at high altitude. *High Alt. Med. Biol.*2004, 5, 180–189.
23. Lator, B.J.; Halson, S.L.; Tran, J.; Kemp, J.G.; Cormack, S.J. Competition sleep is not compromised compared to habitual in elite Australian footballers. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*2017, 13, 1–23.
24. Crowcroft, S.; McCleave, E.; Slattery, K.; Coutts, A.J. Assessing the measurement sensitivity and diagnostic characteristics of athlete-monitoring tools in national swimmers. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*2017,12, 95–100.
25. Saw, A.E.; Main, L.C.; Gatin, P.B. Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. *Br. J. Sports Med.*2016, 50, 281–291.
26. Saw, A.; Main, L.; Robertson, S.; Gatin, P. Athlete self-report measure use and associated psychological alterations. *Sports*2017,5, 54.

Versión original: *Monitoring Athletes during Training Camps: Observations and Translatable Strategies from Elite Road Cyclists and Swimmers.* Anna E. Saw, Shona L. Halson and Iñigo Mujika. *Sports* 2018, 6(3), 63; doi:10.3390/sports6030063