



**ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LA VARIABILIDAD DE LA
FRECUENCIA CARDIACA, LA ESCALA DE ESFUERZO
PERCIBIDO DE BORG Y EL SALTO CONTRAMOVIMIENTO EN
EL RIESGO LESIONAL EN RUGBY, TRAIL-RUNNING Y
POWERLIFTING**

ANALYSIS OF THE INCIDENCE OF THE HEART RATE
VARIABILITY, THE BORG PERCEIVED EFFORT SCALE AND THE
COUNTERMOVEMENT JUMP IN INJURY RISK IN RUGBY, TRAIL-
RUNNING AND POWERLIFTING

Autores: Paula Garrote Maneiro y Pablo Gutiérrez Rodríguez

Director: José María González Ruiz

Curso: 2019-2020

Grado en Fisioterapia

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Por medio de la presente, Paula Garrote Maneiro y Pablo Gutiérrez Rodríguez alumnos/as del Grado en Fisioterapia de las Escuelas Universitarias Gimbernat-Cantabria, en relación con el Trabajo Fin de Grado (TFG) titulado Análisis de la incidencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la escala de esfuerzo percibido de Borg y el salto contramovimiento en el riesgo lesional en rugby, trail-running y powerlifting, declaramos que es de nuestra autoría y original.

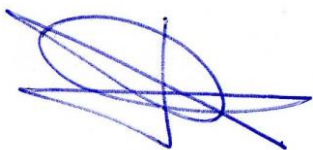
Asimismo, declaro que depositando este TFG y firmando el presente documento confirmo que:

- Este TFG es original y he citado las fuentes de información debidamente.
- La autoría del TFG es compartida alumnos/as y director/a.
- Soy plenamente consciente de que no respetar estos extremos es objeto de sanción por el órgano civil competente, y asumo mi responsabilidad ante reclamaciones relacionadas con la violación de derechos de propiedad intelectual.

En Torrelavega, a 5 de junio del 2020.

Fdo.:

Paula Garrote Maneiro



Pablo Gutiérrez Rodríguez



ÍNDICE

Resumen	3
Abstract	4
Introducción	5
Objetivos e hipótesis	7
Metodología	8
Sujetos	8
Procedimiento	10
Análisis estadístico	11
Resultados	13
Discusión	20
Referencias	23
Anexos	28
Anexo 1 - Hoja de información al paciente y consentimiento informado	28
Anexo 2 - Escala RPE	33

RESUMEN

Objetivo: Observar el comportamiento de las variables de carga interna en los diferentes deportes y su relación con el ratio de carga aguda-crónica (ACWR) en el riesgo lesional.

Métodos: Participaron en el estudio 13 jugadores de rugby, 5 corredores de trail y 8 powerlifters, durante 4 semanas. La carga interna de las sesiones de entrenamiento se midió con la escala de esfuerzo percibido (RPE) de Borg, la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) y el salto contramovimiento (CMJ). El ACWR fue calculado a través de las variables RPE y VFC.

Resultados: Los resultados obtenidos mostraron en la población de rugby correlación significativa entre las variables RPE-CMJ ($p=0.0149$; $r=-0.6555$). También diferencias estadísticamente significativas entre rugby y trail en cuanto a VFC ($p=0.0271$), y entre powerlifting y los otros dos deportes en el CMJ ($p<0.01$). Además, dicha población de powerlifting presentaba una correlación significativa inversa entre el ACWR calculado con VFC y el ACWR calculado con RPE ($p=0.0304$; $r=-0.7547$).

Discusión: El resultado significativo de correlación inversa del ACWR calculado por la VFC y la RPE en powerlifting, permite inferir un método de predicción de la carga de un método a través del otro. Esto se estudiará en una muestra mayor, así como el resto de resultados significativos a testar.

Palabras clave: Carga de entrenamiento, prevención de lesiones, fatiga, salto contramovimiento, escala de esfuerzo percibido, variabilidad frecuencia cardiaca.

ABSTRACT

Aim: To study the influence of the internal load variables in 3 different sports and their contribution to the acute:chronic workload ratio (ACWR) as a valid measure of injury risk.

Methods: 13 rugby players, 5 trail-runners and 8 powerlifters were included in a 4-week prospective analytical longitudinal study. Internal load of training sessions were measured with Rated Perceived Exertion Scale (RPE), the heart rate variability (HRV) and the countermovement jump (CMJ). ACWR was estimated using the RPE and HRV variables.

Results: We found a significant correlation between RPE and CMJ in rugby players ($p=0.0149$; $r=-0.6555$). We also found significant differences between rugby players and trail-runners in the HRV variable ($p=0.0271$), and between powerlifting and the other two sports in the CMJ ($p<0.01$). In the ACWR outcomes, only powerlifters show a significant correlation between the ratio estimated using HRV and the ratio estimated with RPE ($p=0.0304$; $r=-0.7547$).

Discussion: The finding of the significant correlation between ACWR calculated with RPE and ACWR calculated with HRV opened for the very first time the chance to develop a predictive model of internal load estimation that must be further studied in the future. The other significant results needs to be tested in a bigger sample.

Keywords: Training workload, injury prevention, fatigue, countermovement jump, rated perceived exertion scale, heart rate variability.

INTRODUCCIÓN

Entendemos lesión en términos de discapacidad para la cual es necesaria atención médica y existe pérdida de tiempo de entrenamiento o competición, en relación a exámenes clínicos profesionales, auto informes del atleta y disminución del rendimiento deportivo.¹

En la actualidad, se sabe que para la prevención de lesiones es muy importante conocer los factores de riesgo de cada atleta y, con ello, saber gestionar de manera óptima las cargas de entrenamiento. Dentro de la etiología multifactorial de una lesión se encuentran: factores biomecánicos, factores emocionales y estilo de vida.²

Numerosos estudios se han centrado en estudiar la gestión de cargas y cómo influyen en la condición física y el riesgo de lesión de los deportistas.^{1,3-11} Esto se debe a que una lesión relacionada potencialmente con la carga se considera evitable.⁸ Por ello, monitorizar este factor, controlar la fatiga y comprender el estado de cada deportista de manera individual es lo que va a facilitar información beneficiosa para una correcta adaptación al entrenamiento, garantizar una preparación física óptima, reducir el riesgo de sobreentrenamiento y prevenir lesiones en cada uno de ellos.^{8,10}

Para monitorizar la carga, se puede medir la carga externa, entendida como estímulo externo aplicado o cantidad de trabajo (tiempo, distancia, repeticiones...) independiente de las características internas del sujeto.⁷ La carga interna se entiende como respuesta fisiológica y psicológica a la carga externa, la interacción entre ellas y con otros factores.^{7,8}

Cargas de entrenamiento excesivas pueden llevar al deportista a situaciones de sobreentrenamiento, lo que aumenta el riesgo de lesión.⁸ Esta condición no implica que la lesión vaya a suceder siempre.^{9,12} El objetivo de todo entrenamiento ha de ser llegar al

punto medio entre la fatiga o adaptaciones negativas y una buena aptitud o adaptación positiva,¹⁰ la cual tiene un efecto protector frente a lesiones, de forma que se maximice el rendimiento del atleta.⁸ Para ello, la carga interna es fundamental para controlar una óptima adaptación biológica del sujeto al entrenamiento.⁷

Cada modalidad deportiva a estudio tiene una prevalencia de lesiones diferente,¹³ ya que la biomecánica y la carga a tolerar es diferente. En trail se trabaja principalmente el componente de resistencia, por tanto, el efecto del entrenamiento y la fatiga generada sobre nuestro organismo va a ser distinta¹⁴ respecto a otras modalidades en las que intervengan más variables. Es el caso de la fuerza o la potencia, como ocurre en el powerlifting¹⁵ o el rugby.⁷

Además, existen diferentes herramientas para monitorizar la carga interna. Entre ellas, como valoración objetiva está la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). Dicha variable se respalda por la literatura como valor predictivo de salud^{16,17} y buen marcador predictivo de estados de sobreentrenamiento,³ debido a que es un índice de actividad del sistema nervioso autónomo (SNA), utilizado para investigar la relación de la respuesta fisiológica del atleta a la carga de entrenamiento acumulada.¹⁸ Este índice de actividad del SNA se puede medir con el valor rMSSD, que es de dominancia del sistema nervioso parasimpático e informa del estado de recuperación de nuestro organismo.^{3,5} No obstante, por sí sola no puede informar de todos los aspectos de fatiga y rendimiento.¹⁹ Por ello, se puede combinar con la escala de esfuerzo percibido modificada de Borg (1982) (RPE),²⁰ como valoración subjetiva. Dicha escala se utiliza para cuantificar la intensidad de los entrenamientos, permitiendo monitorizar la fatiga y adaptar las cargas en función de la misma.^{21,22} Además, el salto contramovimiento (CMJ), variable objetiva al igual que

VFC, se utiliza para examinar la recuperación de la función neuromuscular,^{10,23} también correlacionado con el grado de fatiga del sujeto.^{24,33,34}

Para relacionar los valores de carga interna o externa a lo largo del tiempo, se describe el ratio de carga aguda:crónica (ACWR) cuyo índice está ligado con el riesgo de lesión.^{25,26} Se entiende carga aguda como la correspondiente a la última semana de entrenamiento, mientras que la carga crónica hace referencia a las últimas 3-6 semanas.^{8,27} Un valor mayor o igual a 1,5 se asocia a mayor riesgo, pero esto, como se ha mencionado anteriormente, no implica que dicha lesión se vaya a producir.⁹

Objetivos e hipótesis

Objetivo 1: Observar el comportamiento de VFC, RPE y CMJ en los tres deportes a estudio.

Objetivo 2: Medir el ACWR para cada deporte.

Hipótesis 1: Existe una correlación significativa entre VFC, CMJ y RPE. Dicha correlación se establece entre pares de variables (VFC/CMJ y CMJ/RPE) con valores elevados de VFC, valores elevados CMJ y valores bajos de RPE.

Hipótesis 2: El comportamiento de las tres variables se expresa de manera distinta en función del deporte practicado, por lo que el deporte practicado influye en las observaciones de las tres variables.

Hipótesis 3: Existe una correlación significativa entre el ACWR bajo y VFC elevada. Lo mismo ocurre respecto a valores altos de CMJ, valores bajos de RPE y valores altos de VFC.

METODOLOGÍA

Sujetos

Los participantes de este estudio fueron reclutados de manera voluntaria, con la siguiente distribución de la muestra: 5 corredores de trail de montaña de diferente experiencia, 13 jugadores de rugby del Independiente Rugby Club que juegan en División de Honor, y 8 powerlifters tanto competidores como no competidores oficiales.

Todos los deportistas fueron informados debidamente de su participación y papel a desarrollar en el estudio, además de la formalización por escrito del consentimiento informado (anexo 1). A continuación, se les explicó detalladamente la funcionalidad de la aplicación móvil HVR4-Training, con la que se iba a trabajar para poder realizar las mediciones correctamente. Del mismo modo, se les enseñó a utilizar la RPE (anexo 2).

Al inicio del estudio, se realizó una toma de datos de medidas antropométricas para conocer la altura, el peso, el índice de masa corporal (IMC) y % de grasa corporal de cada sujeto y caracterizar la muestra (tabla 1). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre powerlifting y trail en cuanto a la edad. Además, hay diferencias en rugby comparado con los otros dos deportes, en las variables de peso, IMC y % de grasa corporal. La única variable que no presenta diferencias significativas al inicio del estudio es la talla.

Tabla 1. Antropometría de la muestra.

	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	% grasa (%)	IMC (kg/m ²)
Powerlifting	$\bar{X} = 23.64$ DE = 2.37	$\bar{X} = 176.04$ DE = 9.13	$\bar{X} = 77.27$ DE = 15.77	$\bar{X} = 14.58$ DE = 3.47	$\bar{X} = 24.67$ DE = 3.27
Rugby	$\bar{X} = 27.19$ DE = 4.44	$\bar{X} = 182.07$ DE = 7.87	$\bar{X} = 99.43$ DE = 16.21	$\bar{X} = 24.43$ DE = 6.31	$\bar{X} = 29.98$ DE = 4.09
Trail	$\bar{X} = 37.81$ DE = 7.36	$\bar{X} = 175.98$ DE = 2.91	$\bar{X} = 71.52$ DE = 5.29	$\bar{X} = 15.41$ DE = 0.01	$\bar{X} = 25.67$ DE = 0.01
ANOVA	F = 15.89 p = <0.01	F = 2.02 p = 0.15	F = 9.38 p = <0.01	F = 13.24 p = <0.01	F = 6.61 p = <0.01
Bonferroni	p = 0.0015 (Pw-Tr)		p = 0.0026 (Rg-Tr) p = 0.039 (Pw-Rg)	p = 0.011 (Rg-Tr) p = 0.00072 (Pw-Rg)	p = 0.029 (Rg-Tr) p = 0.018 (Pw-Rg)

$\bar{X}$: Media, DE: Desviación estándar, Pw: Powerlifting, Tr: Trail, Rg: Rugby.

Los criterios de inclusión fueron: practicar alguno de los deportes a estudio, estar federado en dicho deporte y realizar un mínimo de 3 sesiones de entrenamiento semanales. Quedaron excluidos aquellos sujetos con algún tipo de patología cardíaca asociada, no estar federado en el caso de rugby y trail de montaña, menos de 6 meses de experiencia en cada una de las modalidades deportivas o lesión reciente que le ha obligado a parar más de un mes su entrenamiento.

Procedimiento

Se realizó un estudio observacional longitudinal analítico y prospectivo de 4 semanas de duración durante la temporada regular 2019/2020, del 10 de febrero hasta el 7 de marzo de 2020.

El procedimiento para obtener los datos del CMJ se realizó en las instalaciones del Campo Municipal de San Román, en el Gimnasio Elite Trainer y en la Clínica Cinesis, una vez por semana, antes de entrenar y, mínimo, pasadas 12 horas del último entrenamiento.

Antes de iniciar esta medición, fue necesario obtener dos medidas de longitud de la extremidad inferior (EI). La primera, desde la espina ilíaca antero-superior (EIAS), en decúbito supino con flexión plantar máxima, hasta la parte más distal del primer dedo. La segunda, desde la EIAS, en posición de inicio del salto, trazando una vertical hasta el suelo.

A continuación, estandarizamos la posición inicial del salto situando los pies a la altura de los hombros y con manos apoyadas en las crestas ilíacas, pidiendo siempre máxima intencionalidad para realizar el salto vertical. Este fue grabado con un dispositivo móvil, desde un plano frontal y a cámara lenta, con la aplicación My Jump 2. Dicha aplicación

nos permite, junto con las mediciones iniciales de la EI y el peso del sujeto, obtener la altura del salto marcando, posterior a la grabación, los momentos de aterrizaje y despegue.

Para la RPE, se registró la sensación subjetiva del nivel de esfuerzo de cada sujeto con valores de 1 a 10, a los 30 minutos de terminar la sesión de entrenamiento específica para cada deporte, tres veces por semana.

Por último, para obtener el valor rMSSD de la VFC se utilizó la aplicación HRV4-Training. Al igual que la escala RPE, se recogió tres veces por semana. En este caso, al día siguiente del entrenamiento, al despertarse y en ayunas. Del mismo modo que para el CMJ, estandarizamos la posición. Esta consistió en colocarse en decúbito supino sobre una superficie lisa y colocar el dedo índice en la cámara o sensor del dispositivo móvil antes de iniciar la medición. Una vez iniciada, debe mantenerse lo más relajado posible, intentando llevar un ritmo respiratorio constante, sin moverse ni hablar durante el minuto que dura el registro. La fotopletimografía, utilizando la luz y la cámara de nuestro móvil, nos permite obtener esta medición.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa Past 3.15,³⁰ llevando a cabo las siguientes pruebas:

1. Índice de Correlación Intraclass (ICC) para medir la fiabilidad de las mediciones realizadas. La longitud de la EI para el CMJ, tanto en decúbito supino como en posición de inicio de salto, fue medida en 3 ocasiones diferentes por cada sujeto. El ICC estimado y el intervalo de confianza (IC) del 95% se calculó en base a un modelo de efectos mixtos de 2 vías. Los valores ICC inferiores a 0,4 se consideran indicativos de poca fiabilidad, los valores entre 0,4 y 0,75 indican fiabilidad

moderada, los valores entre 0,75 y 0,9 indican buena fiabilidad y los valores $> 0,9$ indican una fiabilidad excelente.^{31,32}

2. Test de normalidad (Shapiro-Wilk W para $n < 30$) interpretando un valor $p \leq 0.05$ como distribución no paramétrica.
3. Análisis de correlación entre variables en cada uno de los deportes:
 - 3.1 VFC – CMJ; RPE – CMJ
 - 3.2 Entre cada una de las variables anteriores y el ACWR.
4. Análisis de la varianza (ANOVA) de las variables a estudio en los tres grupos de deportistas para ver si la diferencia de las medias obtenidas es significativa.
5. Análisis de Componentes Principales (PCA) para visualizar la variabilidad de la muestra total dependiente de las tres variables sometidas a estudio.

Se fijó la significación estadística de los resultados en un p -valor ≤ 0.05 para la prueba ANOVA y los análisis de correlación. Para el PCA se consideraron los componentes principales (PC) que representaban la mayor variabilidad posible, mostrada mediante porcentajes.

RESULTADOS

Inicialmente, con el test Shapiro-Wilk se comprobó la distribución normal de la muestra. El ICC para la medición de la longitud de la EI en decúbito supino fue de 0.9256 con valores del IC de 0.7634 y 0.9854, que refleja una fiabilidad excelente. Estos valores, en posición de inicio de salto, fueron de 0.8158 para el ICC y de 0.505 y 0.9613 para el IC, mostrando una fiabilidad buena.

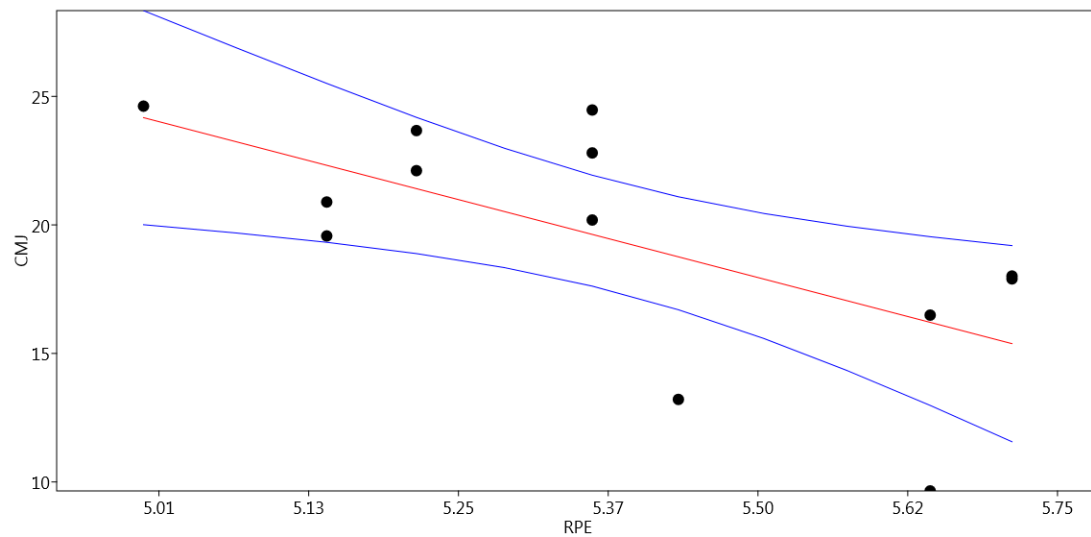
Hipótesis 1:

Los resultados obtenidos confirman que existe correlación significativa entre las variables RPE-CMJ en la población de rugby (tabla 2), siendo la $p < 0.05$ y el valor r cercano a -1, lo cual proporciona mayor fortaleza a esta correlación (figura 1).

Tabla 2. Correlación entre RPE-CMJ y VFC-CMJ a través de la r y p (significación estadística).

	RPE-CMJ	VFC-CMJ
Powerlifting	$p = 0.6481$ $r = 0.1923$	$p = 0.1908$ $r = 0.5156$
Rugby	$p = 0.0149$ $r = -0.6555$	$p = 0.5647$ $r = 0.1761$
Trail	$p = 0.5361$ $r = 0.3731$	$p = 0.9352$ $r = 0.0509$

Figura 1. Correlación significativa entre las variables RPE y CMJ en rugby mostrando el 95% de confianza de la muestra.



Hipótesis 2:

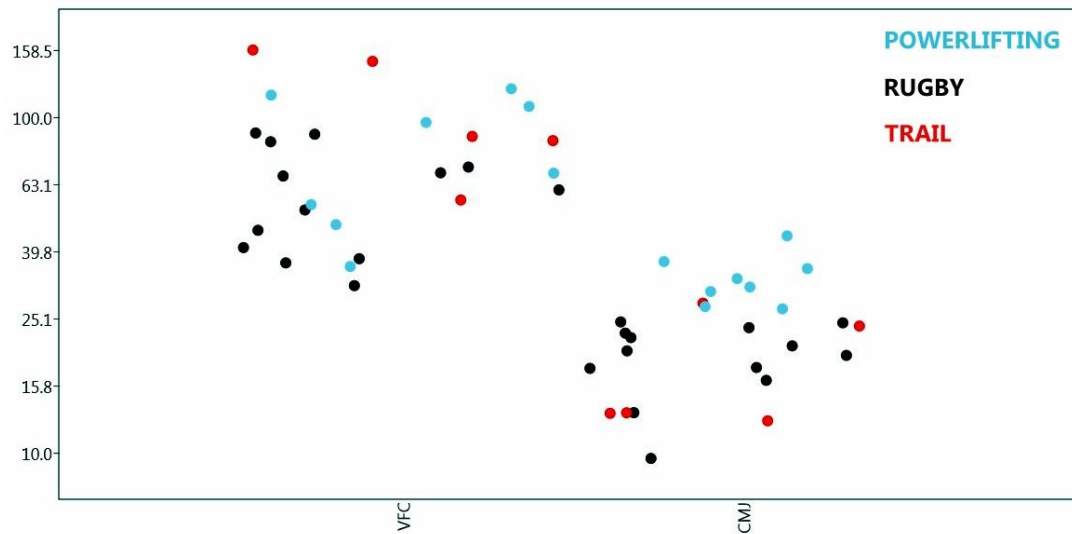
Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticamente significativas entre trail y rugby en cuanto a VFC (tabla 3). Lo mismo ocurre entre powerlifting y los otros dos deportes con el CMJ (figura 2).

Tabla 3. Análisis de la varianza (ANOVA) de las variables a estudio en los tres deportes.

	RPE	VFC	CMJ
Powerlifting	$\bar{X} = 5.3979$ DE = 1.5856	$\bar{X} = 74.6790$ DE = 33.5397	$\bar{X} = 32.8628$ DE = 5.7770
Rugby	$\bar{X} = 5.3742$ DE = 0.2375	$\bar{X} = 56.5418$ DE = 20.4962	$\bar{X} = 18.9345$ DE = 4.4613
Trail	$\bar{X} = 5.8090$ DE = 1.0097	$\bar{X} = 99.9839$ DE = 43.7959	$\bar{X} = 17.0792$ DE = 7.2815
ANOVA	p = 0.6192	p = 0.0188	p = <0.01
Bonferroni		p = 0.0271 (Rg-Tr)	p = <0.01 (Rg-Pw) p = <0.01 (Tr-Pw)

$\bar{X}$: Media, DE: Desviación estándar, Pw: Powerlifting, Tr: Trail, Rg: Rugby.

Figura 2. Descripción gráfica del análisis de la varianza (ANOVA) de las variables estadísticamente significativas en los tres deportes.



Se han representado en el PCA los componentes 1 y 3 (figura 3), los únicos que han demostrado significación estadística bajo el modelo aleatorio de Jackson (figura 4).³³ El PC1 y el PC3 representan el 59,94% de la variabilidad total de la muestra en cuanto a las variables a estudio. La población de trail muestra una variabilidad mayor. En general, todos comparten la distribución en cuanto a esas variables. Es decir, las variables se comportan de manera similar y se solapan.

Figura 3. Análisis de componentes principales de las 3 poblaciones que representan el 59,94% de la muestra total.

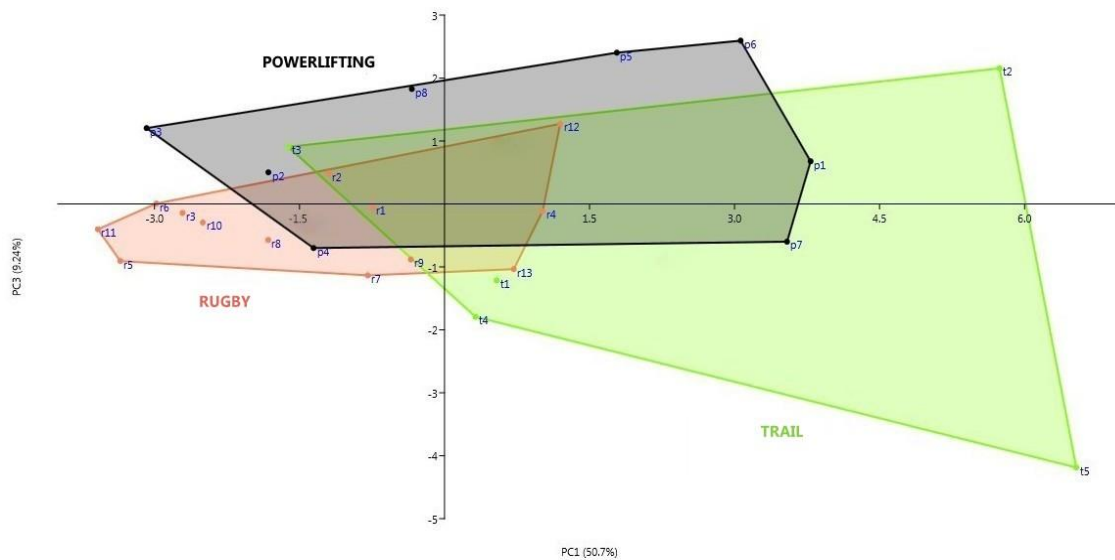
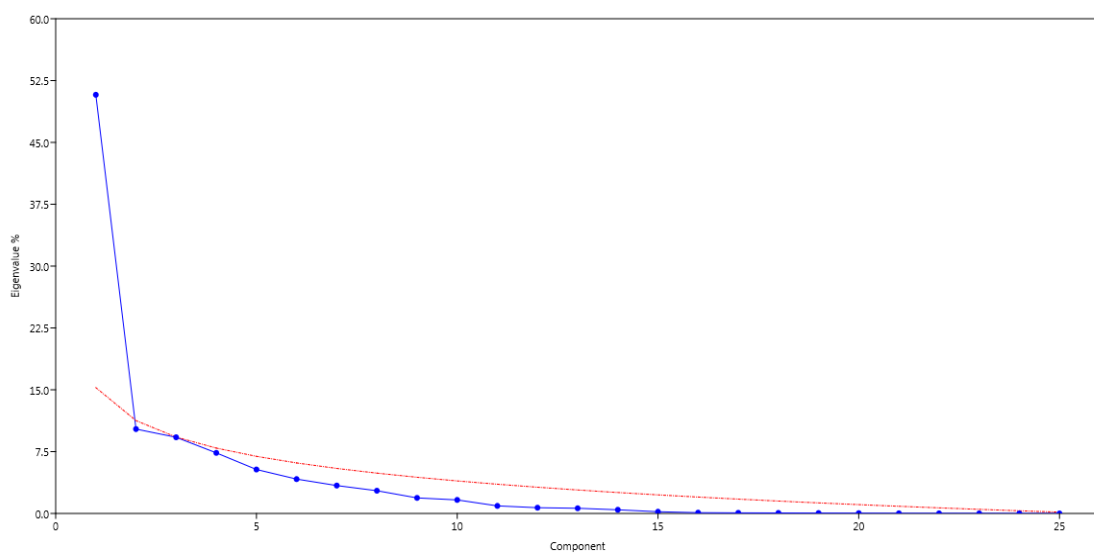


Figura 4. Análisis de componentes principales mediante el “broken stick” (modelo mediante el cual se representa bajo la curva los componentes no significativos, y viceversa).



Hipótesis 3:

Respecto a nuestra hipótesis del ACWR, obtuvimos que en la población de powerlifting existía una correlación negativa (tabla 4) entre el ACWR calculado con VFC y el ACWR calculado con RPE (figuras 5 y 6).

Tabla 4. Representación del ACWR calculado en cada población y su significación estadística.

	p	r
ACWR RPE y ACWR VFC en powerlifting	0.0304	-0.7547
ACWR RPE y ACWR VFC en rugby	0.4084	0.2508
ACWR RPE y ACWR VFC en trail	0.7212	0.2207

Figura 5. Modelo linear generalizado relacionando ambos ACWR en powerlifting.

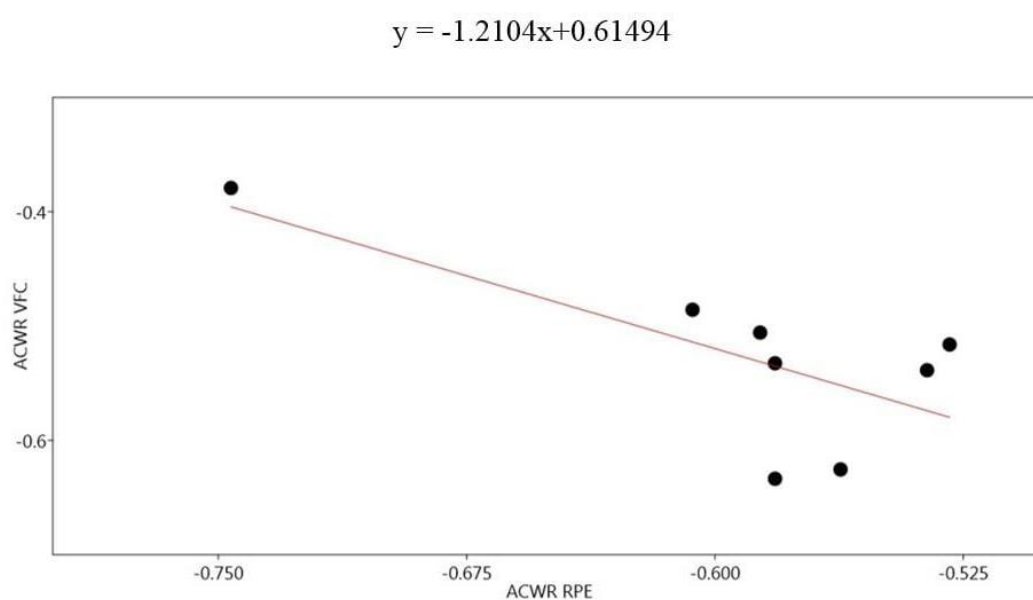
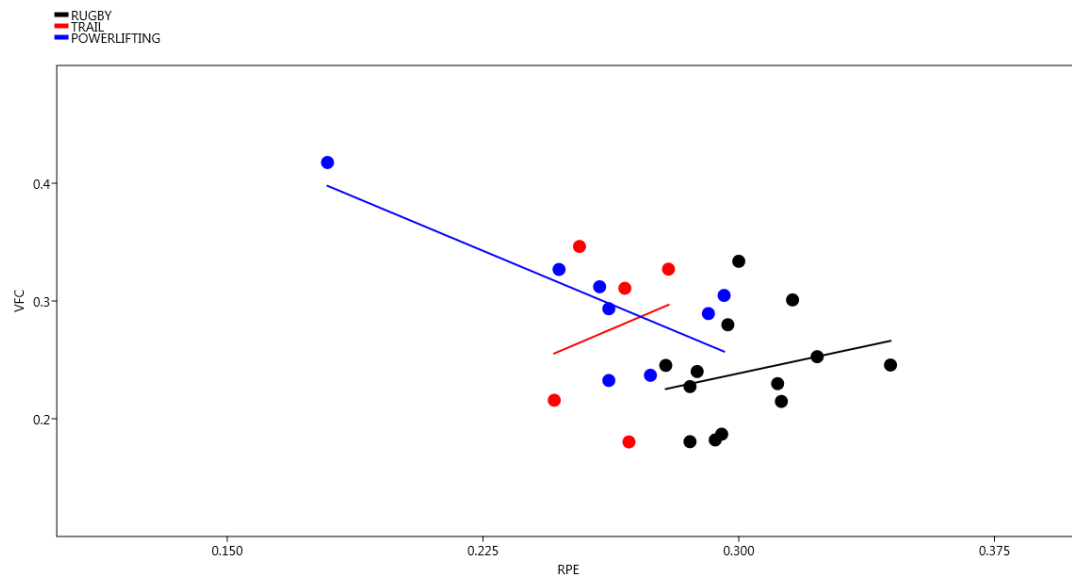


Figura 6. Representación comparativa del ACWR calculado con RPE y del ACWR calculado con VFC en las 3 poblaciones.



DISCUSIÓN

Los hallazgos encontrados indican correlación significativa inversa entre RPE y CMJ en la población de rugby. Este resultado acompaña a la literatura actual e indica que, a mayor sensación subjetiva de esfuerzo en las sesiones, mayores niveles de fatiga y, por consiguiente, menor aplicación de fuerza durante el salto, traduciéndose en una menor altura alcanzada.³⁴ En próximos estudios, sería interesante determinar qué factores externos influyen en estos resultados, como podrían ser: periodización del entrenamiento, niveles de estrés, alimentación, cantidad y calidad del sueño, requerimientos energéticos para cada deporte, etc.

Otro hallazgo en el estudio del análisis de variables indica que los powerlifters consiguen mayor altura en el CMJ. Esto puede deberse a que el gesto biomecánico es similar al de una sentadilla, movimiento básico en este deporte. Además, el índice de fuerza reactiva y el pico de fuerza son variables que están directamente relacionadas con la altura obtenida en el CMJ en este deporte.³⁵

El PCA no permite diferenciar el comportamiento de un sujeto en función del deporte que practique, ya que los resultados en estas variables son similares. No se puede clasificar a los sujetos por deporte en cuanto a estas variables tomadas en conjunto.

En powerlifting se ha obtenido una ecuación predictiva del modelo linear generalizado, con la cual se puede estimar el valor del ACWR con VFC a través de un valor predictivo de RPE. Este resultado es prometedor y deberá ser sometido a procesos de validación interna y externa con un número de muestra mayor, que permita implementar el uso de este modelo predictivo para que los deportistas no tengan que utilizar una aplicación móvil.

En relación a esto, se considera necesario un programa de enseñanza y aprendizaje de uso de la escala RPE, lo cual puede modificar los resultados en comparación con sujetos no experimentados.^{36,37} Para esta variable, hay que tener en cuenta que los sujetos de powerlifting eran los únicos experimentados en el uso de dicha escala.

Siguiendo en la misma línea, instruir a los sujetos en el uso de aplicaciones y otras escalas de medición de carga de entrenamiento, permitiría minimizar el error de medición en futuros estudios. Además, hay que tener en cuenta que los valores de VFC obtenidos los recogió cada sujeto con su dispositivo móvil, lo que, por sí solo, puede generar errores, ya que la calidad de cada dispositivo y sus sensores son variables. Una alternativa a esto sería estandarizar dicha recogida proporcionando recursos materiales similares a cada deportista.

Otra de las principales limitaciones de este estudio fue el reducido tamaño muestral debido a que hemos trabajado con deportes minoritarios en nuestro contexto, lo cual dificulta el contacto y el reclutamiento de sujetos. Añadir que, debido a la situación actual causada por el COVID-19, la intervención inicialmente propuesta de 8 semanas tuvo que reducirse a la mitad. La posibilidad de duplicar el tiempo de recogida de muestras hubiese proporcionado datos más significativos y extrapolables al tipo de población estudiada. Esto hubiese permitido mejorar la experiencia de uso de la RPE y generar adaptaciones neuromusculares y biomecánicas para optimizar el CMJ.

Destacar que es importante tener en cuenta las diferencias existentes entre los deportes en cuanto a características de fuerza, resistencia y componente cardiovascular, y su relación con el valor de dominancia del sistema nervioso parasimpático. Con ello, el nivel de experiencia de nuestro sujeto en su respectivo deporte va a desarrollar una serie de adaptaciones neuromusculares que pueden modificar los valores de rMSSD obtenidos.³⁸

Otro punto a destacar es el momento de competición en cada deporte, ya que los valores de esfuerzo y recuperación serán diferentes. Tanto en trail como en powerlifting, se compite puntualmente a lo largo del año, por lo que la preparación durante la temporada se centra en dichas competiciones. En el caso de rugby, el periodo de competición incluye una pretemporada de poco más de un mes de duración y una temporada regular de máximo 9 meses. Durante el estudio, este último grupo se encontraba en su pico de rendimiento, puesto que se encontraban en la mitad final de la temporada, mientras que los otros dos deportes continuaban con sus entrenamientos individuales preparatorios de cara a la competición a largo plazo. Es decir, el momento de la temporada y la carga de entrenamiento influyen en nuestra capacidad fisiológica de generar adaptaciones a los estímulos que cada deporte aplica, por lo que la recogida de datos se verá muy influenciada en este aspecto.

REFERENCIAS

1. Drew MK, Finch CF. The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Med.* 2016; 46: 861-883.
2. Gabbett TJ. Debunking the myths about training load, injury and performance: empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners. *Br J Sports Med.* 2018; 0(0).
3. Stromback E, Aasa U, Gilenstam K, Berglund L. Prevalence and Consequences of Injuries in Powerlifting, A Cross-sectional Study. *Orthop J Sports Med.* 2018; 6(5).
4. Rodas G, Pedret C, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de medicina del deporte.* 2008; XXV(123): 41-47.
5. Rodas G, Pedret C, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (parte II). *Archivos de medicina del deporte.* 2008; XXV(124): 119-127.
6. Barden C, Stokes K. Epidemiology of Injury in Elite English Schoolboy Rugby Union: A 3-Year Study Comparing Different Competitions. *J Athl Train.* 2018; 53(5): 514-520.
7. Soligard T, Swellnus M, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med.* 2016; 50: 1030-1041.
8. Swellnus M, Soligard T, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *Br J Sports Med.* 2016; 50: 1043-1052.

9. Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.* 2016; 50: 273-280.
10. Thorpe RT, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017; 12: S2-27-S2-35.
11. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gustin P, Kellmann M, Varley MC et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017; 12: S2-161-S2-170.
12. Gabbett TJ, Hulin BT, Blanch P, Whiteley R. High training workloads alone do not cause sports injuries: how you get there is the real issue. *Br J Sports Med Month.* 2016; 0 (0); 1-3
13. Graham T, Cleather DJ. Autoregulation by "Repetitions in Reserve" Leads to Greater Improvements in Strength Over a 12-Week Training Program Than Fixed Loading. *J Strength Cond Res.* 2019; 0(0): 1–7.
14. Dara G, Waddingtonc G, Sternd M, Dotane N, Steinbergc N. Differences between long distance runners and trail runners in aquiles tendon structure and jumping. *PM R.* 2019. 0(0): 1-37.
15. Birat A, Bourdier P, Dodu A, Grossoeuvre C, Blazeovich A, Amiot V et al. Effect of Long-Duration Adventure Races on Cardiac Damage Biomarker Release and Muscular Function in Young Athletes. *Front Physiol.* 2020; 11 (10): 1-9.
16. Matos S, Clemente FM, Brandão A, Pereira J, Rosemann T, Nikolaidis PT et al. Training Load, Aerobic Capacity and Their Relationship With Wellness Status in Recreational Trail Runners. *Front Physiol.* 2019; 10 (1189).

17. Doma K, Nicholls A, Gahreman D, Damas F, Libardi C A, Sinclair W. The Effect of a Resistance Training Session on Physiological and Thermoregulatory Measures of Sub-maximal Running Performance in the Heat in Heat-Acclimatized Men. *Sports Med Open*. 2020; 5 (21): 1-9.
18. Schäfer A, Vagedes J. How accurate is pulse rate variability as an estimate of heart rate variability? A review on studies comparing photoplethysmographic technology with an electrocardiogram. *Int J Cardiol. Elsevier*. 2012; (166): 15-29.
19. Russell M, Scott A, Boggero I, Carlson C. Inclusion of a rest period in diaphragmatic breathing increases high frequency heart rate variability: Implications for behavioral therapy. *Psychophysiology*. 2016; 0(0).
20. Spontelli Gisselman A, Baxter GD, Wright A, Hegedus E, Tumilty S. Musculoskeletal overuse injuries and heart rate variability: Is there a link? *Med Hypotheses*. 2016; 87: 1-7.
21. Ravé G, Zouhal H, Boullosa D, Doyle-Baker PK, Saeidi A et al. Heart rate variability is correlated with perceived physical fitness in elite soccer players. *J Hum Kinet*. 2019; 72: 141-150.
22. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol*. 2014; 5(73): 1-16.
23. Halperin I, Emanuel A. Rating of Perceived Effort: Methodological Concerns and Future Directions. *Sports Med*. 2019; 0 (0): 1-9.
24. Chai G, Wang Y, Wu J, Yang H, Tang Z, Zhang L. Study on the Recognition of Exercise Intensity and Fatigue on Runners Based on Subjective and Objective Information. *Healthcare (Basel)*. 2019; 7 (150): 1-15.

25. Pritchard HJ, Barnes MJ, Stewart RJ, Keogh JW, McGuigan MR. Higher vs. Lower Intensity Strength Training Taper: Effects on Neuromuscular Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018; 14 (4): 1-22.
26. Noon MR, James RS, Clarke ND, Taylor RJ, Thake CD. Next Day Subjective and Objective Recovery Indices Following Acute Low and High Training Loads in Academy Rugby Union Players. *Sports (Basel)*. 2018; 6(56): 1-11.
27. Pinto BL, McGill MS. Voluntary Muscle Relaxation Can Mitigate Fatigue and Improve Countermovement Jump Performance. *J Strength Cond Res*. 2019; 0(0): 1–5.
28. Maupin D, Schram B, Canetti E, Orr R. The Relationship Between Acute: Chronic Workload Ratios and Injury Risk in Sports: A Systematic Review. *Open Access J Sports Med*. 2020; 11: 51-75.
29. Hulin BT, Gabbett TJ, Lawson DW, Caputi P, Sampson JA. The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *Br J Sports Med*. 2016; 50: 231-236.
30. Hammer O, Harper D, Ryan P. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001; 4: 1-9.
31. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med*. 2016;15(2): 155-63.
32. Streiner DL, Norman GR. Health measurements scales a practical guide to their development and use. Oxford University Press, Oxford. 2008; 4.
33. Jackson DA. Stopping rules in principal components analysis: A comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecological society of America*. 1993; 74 (8): 2204-2214.

34. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, García Fernández P, Garnacho-Castaño M. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *Plos One*. 2017; 12 (7).
35. Barker LA, Harry JR, Mercer JA. Relationships Between Countermovement Jump Ground Reaction Forces and Jump Height, Reactive Strength Index, and Jump Time. *J Strength Cond Res*. 2018; 32 (1): 248-254.
36. Ormsbee MJ, Carzoli JP, Klemp A, Allman BR, Zourdos MC et al. Efficacy of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion for the Bench Press in Experienced and Novice Benchers. *J Strength Cond Res*. 2017; 33 (2): 337-345.
37. Zourdos MC, Klemp A, Dolan C, Quiles JM, Schau K et al. Novel Resistance Training-Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve. *J Strength Cond Res*. 2016; 30 (1): 267-275.
38. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Med*. 2013; 43 (9): 773-781.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de información al paciente y consentimiento informado.

HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE

TÍTULO DEL ESTUDIO: Análisis de la incidencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la escala de esfuerzo percibido de Borg y el salto contramovimiento en el riesgo lesional en rugby, trail-running y powerlifting.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: José María González Ruiz

CENTRO: E.U. Gimbernat-Cantabria

INTRODUCCIÓN

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. El estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica correspondiente y respeta la normativa vigente.

Nuestra intención es proporcionarle información adecuada y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no participar en el estudio. Para ello lea con atención esta hoja informativa y luego podrá preguntar cualquier duda que le surja relativa al estudio. Además puede consultar con cualquier persona que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y puede decidir no participar. En caso de que decida participar en el estudio puede cambiar su decisión y retirar su consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su fisioterapeuta y sin que se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

En este estudio observacional de 4 semanas se estudiarán tres variables: variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), escala de esfuerzo percibido (RPE) y salto contramovimiento (CMJ), asociándose a la fatiga y al riesgo lesional en rugby, powerlifting y trail-running.

Para la primera variable utilizaremos la aplicación “HRV4training” donde, a través de cada dispositivo móvil, se podrán recoger los datos a estudio en cada momento post-entrenamiento de 12 horas.

En el caso de la escala de esfuerzo percibido, utilizaremos la escala modificada de Borg, la cual se recogerá a los 30 minutos post-entrenamiento.

Por último, para el CMJ se utilizará la aplicación “MyJump2”, donde se analizará un video a cámara lenta ejecutando un salto con unas características estándar.

BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Beneficios de la participación en el estudio.

Se espera mejorar el conocimiento científico relativo a la prevención de lesiones relacionadas con la fatiga en el deporte y puede que otros pacientes se beneficien en el futuro. Es posible que usted no reciba ningún beneficio directo en su salud por su participación en este estudio.

Riesgos de la participación en el estudio.

No existe ningún riesgo de participación en el estudio, debido a su carácter observacional, excepto en la realización del salto CMJ que, en caso de no ser ejecutado con la técnica correcta, podría causar lesión. Para evitar este riesgo, se indicará al sujeto cómo realizar el salto en condiciones seguras.

Si el fisioterapeuta del estudio considera que seguir participando puede suponer un riesgo para su salud puede retirarle del mismo aún sin su consentimiento.

CONFIDENCIALIDAD

El procesamiento de los datos personales se realizará según el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y las correspondientes leyes locales.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código de forma que no sea posible la identificación del paciente. Sólo el investigador y personas autorizadas relacionadas con el estudio tendrán acceso a dicho código y se comprometen a usar esta información exclusivamente para los fines planteados en el estudio. Los miembros del Comité Ético de Investigación Clínica o Autoridades Sanitarias pueden tener acceso a esta información en cumplimiento de requisitos legales. Se preservará la confidencialidad de estos datos y no podrán ser relacionados con usted, incluso aunque los resultados del estudio sean publicados.

DATOS DE CONTACTO

Si tiene dudas, puede contactar con el Investigador principal del estudio:

D. José María González Ruiz

Tfno: 609188702

E-mail: josemaria.gonzalezr@eug.es

CONSENTIMIENTO INFORMADO

TÍTULO DEL ESTUDIO: Análisis de la incidencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la escala de esfuerzo percibido de Borg y el salto contramovimiento en el riesgo lesional en rugby, trail-running y powerlifting.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: José María González Ruiz

CENTRO: E.U. Gimbernat-Cantabria

D./Dña. _____

(Nombre y apellidos del paciente en MAYÚSCULAS)

He leído y comprendido la hoja de información que se me ha entregado sobre el estudio arriba indicado.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He realizado todas las preguntas que he precisado sobre el estudio.

He hablado con D. José María González Ruiz con quien he clarificado las posibles dudas.

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin dar explicaciones
- Sin que repercuta en mis cuidados médicos

Comprendo que la información personal que aporte será confidencial y no se mostrará a nadie sin mi consentimiento.

Comprendo que mi participación en el estudio implica autorizar ...

Y presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Firma del investigador

Firma del paciente

Fecha:

(la fecha debe estar cumplimentada de puño y letra por el paciente)

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO:

Yo,

D./Dña.

retiro

el consentimiento otorgado para mi participación en el estudio arriba citado.

Fecha y firma:

Anexo 2 - Escala de esfuerzo percibido (RPE) de Borg (1982).

RPE	
0	Reposo total.
1	Actividad muy ligera. Casi ningún esfuerzo, pero más que dormir o ver la televisión.
2-3	Actividad ligera: Sientes que puedes realizar la actividad durante horas. Es fácil respirar y puedes mantener una conversación.
4-6	Actividad moderada: Respiración pesada pero se puede mantener una conversación corta. Actividad todavía algo cómoda pero más desafiante.
7-8	Actividad vigorosa: Falta de aliento. Puede decir una oración.
9	Actividad muy dura: Muy difícil de mantener la intensidad del ejercicio. Apenas puede respirar. Decir solo unas pocas palabras.
10	Actividad de esfuerzo máximo: Es imposible seguir con la actividad. Completamente sin aliento, incapaz de hablar.