



Universidad  
de Magallanes

## **RESUMEN DE PROYECTO:**

Relación entre el balance autonómico cardíaco, la regulación neuromuscular y el rendimiento físico de ciclistas competitivos durante la evaluación del Umbral de Potencia Funcional.

### **Descripción Básica de la investigación**

Institución responsable: Universidad de Magallanes

### **Investigador Principal**

Cristian Núñez Espinosa

### **Co-Investigadores**

Katherine Harris King

Claudia Estrada Goic

### **Resumen de proyecto**

El ciclismo es un deporte que se caracteriza necesitar un gran esfuerzo físico por parte de quienes lo practican. Factores neurofisiológicos afectan al deportista antes y durante la competencia, pudiendo influir en su rendimiento deportivo. En periodos competitivos de la planificación deportiva de los ciclistas, un Gold Standard para evaluar el rendimiento del atleta, es el test de Umbral de Potencia Funcional, el cual refleja el máximo nivel de potencia de un ciclista y proyecta su rendimiento en competencia. Este estudio pretende establecer la existencia de una relación entre el balance autonómico, la regulación neuromuscular y el rendimiento físico durante la evaluación del Umbral de Potencia Funcional en ciclistas competitivos. Este estudio es de carácter no experimental de tipo correlacional y contempla dos etapas consecutivas de estudio. La primera de ellas medirá las variables psicológicas naturales del sujeto, en donde se aplicarán test de ansiedad, estrés, sensibilidad estacional y una evaluación basal de HRV. La segunda etapa contempla la evaluación del balance autonómico y la respuesta neuromuscular frente a la evaluación del Umbral de Potencia Funcional. Una vez finalizado el estudio se espera conocer el nivel de asociación de parámetros neurofisiológicos y el rendimiento físico de ciclistas competitivos durante la evaluación del Umbral de Potencia Funcional. La ejecución del proyecto estará a cargo de la Escuela de Medicina de la Universidad de Magallanes, representada por el Investigador Responsable, Dr. Cristian Núñez Espinosa, teniendo como Co-Investigadoras a la Dra. Claudia Estrada Goic y la Mg. Katherine Harris, de la Universidad de Magallanes. El análisis estadístico se llevará a cabo al final del proyecto, dando paso a la redacción de informes finales

para el IND. La evaluación del proyecto se realizará de manera sistemática durante todo el proceso, contemplando a los sujetos participantes y los investigadores a cargo de la investigación.

### **Fundamentos teóricos:**

El ciclismo es un deporte que se caracteriza necesitar un gran esfuerzo físico por parte de quienes lo practican (1). Durante una competición, la influencia de factores neurofisiológicos puede condicionar el desempeño del ciclista antes y durante la competencia (2). Previo a la competencia, factores neuropsicológicos, como el estrés y la ansiedad afectan el rendimiento competitivo, provocando un desbalance a nivel del sistema nervioso periférico (3). Durante la competencia, el ejercicio produce ajustes neurofisiológicos que garantizan el equilibrio hemodinámico y muscular, principalmente a través de dos ejes nerviosos: eje central y eje periférico (4). Mientras que la actividad mecánica metabólica del músculo, provoca la activación de vías neuronales a nivel central que modifican la actividad de los sistemas simpático y parasimpático (5), el eje periférico actúa como sistema de retroalimentación que, por vía aferente, recopila e integra la información desde los barorreceptores hasta el tallo encefálico del deportista. Interesantemente, tanto la respuesta cardiovascular como el rendimiento físico, se ven condicionados por el balance autonómico del sistema nervioso (6). Este balance puede ser estudiado a través de la variabilidad de frecuencia cardíaca (HRV, por sus siglas en inglés). Esta evaluación no invasiva, utilizada en el entorno clínico y deportivo (7), refleja el equilibrio del control autónomo entre los sistemas nerviosos simpático y parasimpático (8), indicando la capacidad adaptativa del deportista. La HRV, tiende a disminuir frente a periodos de estrés precompetitivos (9), durante el sobreentrenamiento (10) y en competencias (11). Existe evidencia que muestra que la experiencia previa a situaciones estresantes puede minimizar los cambios autonómicos (12). Por eso es tan importante el historial de entrenamientos y la evaluación psicológica de los deportistas.

En periodos competitivos de la planificación deportiva de los ciclistas, un Gold Standard para evaluar el rendimiento del atleta, es el test de Umbral de Potencia Funcional (FTP, por sus siglas en inglés). Este test, es utilizado ampliamente por deportistas para ajustar y evaluar el entrenamiento, ya que permite reflejar el máximo nivel de potencia de un ciclista. Los valores que entrega permite visualizar la respuesta adaptativa del deportista en competencia, permitiendo proyectar su rendimiento en competencia. Sin embargo, se desconoce la influencia de como factores neuromoduladores pudiesen incidir en la respuesta del ciclista durante el test. Lo que si sabemos es que ciclistas con capacidades aeróbicas muy altas (es decir, 70 ml kg min) (13) suelen representar un muy buen control autónomo (14). A nivel neuromuscular, la respuesta del deportista sigue un curso de tiempo similar que la HRV para la recuperación de una sola sesión de entrenamiento (15,16), aunque no se han realizados pruebas de correlación, para establecer su asociación con el balance autonómico y en el rendimiento deportivo. En la actualidad sigue sin estar claro si los cambios inducidos por el entrenamiento y afectados por los cambios de HRV, se asocian con las métricas de recuperación del entrenamiento a nivel individual. El conjunto de estas variables no ha sido estudiado en Chile y solo de manera segregada en el mundo, lo cual lo hace muy interesante de poder investigar en pos de relacionar la neurofisiología del ciclista de competencia frente al rendimiento deportivo de este. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es establecer la existencia de una relación entre el balance autonómico, la regulación neurofisiológica y el rendimiento físico durante la evaluación del Umbral de Potencia Funcional en ciclistas competitivos que viven en alta latitud sur. Cada variable de este estudio permitirá avanzar en un

tema prioritario y desconocido en el deporte competitivo, pudiendo integrar nuevos conocimientos en la forma de entrenar y preparar a un ciclista, además de contribuir a nuevas políticas públicas que puedan aportar a mejorar el entrenamiento de deportistas a nivel nacional. En consecuencia, este estudio permitirá abrir un nuevo campo en las Ciencias del Deporte, brindando las bases para futuros estudios experimentales en el área.

### **Hipótesis:**

Un mejor balance autonómico se vincula con una mejor regulación neuromuscular y rendimiento físico durante la evaluación del Umbral de Potencia Funcional de ciclistas competitivos.

Postulamos que existe una relación entre el balance autonómico, la regulación neuromuscular y el rendimiento físico de ciclistas competitivos, durante la evaluación del Umbral de Potencia Funcional (FTP)

### **Objetivo general:**

Establecer la existencia de una relación entre el balance autonómico, la regulación neuromuscular y el rendimiento físico durante la evaluación del Umbral de Potencia Funcional en ciclistas competitivos

### **Objetivos específicos:**

- Conocer el perfil diferencial de balance autonómico de ciclistas de alta competencia en relación a la ejecución del test de Umbral de Potencia Funcional
- Determinar la incidencia de las características psicofisiológicas en el rendimiento físico y la cadencia de ciclistas competitivos
- Conocer el perfil neuromuscular y la cadencia de los ciclistas competitivos frente a la realización del test de Umbral de Potencia Funcional
- Establecer las relaciones causales no experimentales de las variables anteriormente mencionadas.

### **Metodología**

#### **Muestra:**

Los participantes de este estudio serán seleccionados mediante un muestreo no aleatorio accidental. La muestra se calculó con el programa G\*Power 3.1.9.2, en base a una prueba bilateral (dos colas) con un tamaño del efecto de 0.5, un error alfa de 0.05 y un error 1-beta de 0.8, asumiendo un tamaño de muestra de 26 sujetos. Considerando una pérdida del 7%, el tamaño muestral será de 28 sujetos (al menos 14 mujeres).

**Criterios de inclusión:** tener entre 20 y 50 años de edad al año 2021; tener residencia en la ciudad de Punta Arenas al menos 6 meses en el año; tener un mínimo de 1 año de participación en el ciclismo competitivo, no tener algún grado de discapacidad cognitiva o motora.

**Criterios de exclusión:** tomar algún suplemento o medicamento que pudiera afectar la frecuencia cardíaca, sufrir lesiones musculoesqueléticas en los últimos tres meses, presencia de dolor al momento de realizar las evaluaciones.

**Diseño:** Este estudio es de carácter no experimental de tipo correlacional y contempla dos etapas consecutivas de estudio. La primera de ellas medirá las variables psicológicas naturales del sujeto, en donde se aplicarán test de ansiedad, estrés, sensibilidad estacional y una evaluación basal de HRV. La segunda etapa contempla la evaluación del balance autonómico y la respuesta neuromuscular frente a la evaluación del Umbral de Potencia Funcional. Una vez aprobado los fondos, la Comisión de Ética en Investigación Científica en Seres Humanos de la Universidad de Magallanes será encargada de la evaluación bioética de este estudio, siguiendo las normas establecidas por la Declaración de Helsinki sobre principios éticos en el ser humano.

#### **Instrumentos:**

Previo a las evaluaciones específicas de este estudio, se considera que cada participante sea evaluado morfológicamente a través de la talla (CHARDER® HM230M manual height rod), peso y porcentaje de grasa corporal (Tanita Ironman, Arlington Heights, IL 60005 USA), para poder estimar el perfil morfológico del ciclista competitivo.

Para la evaluación de Umbral de Potencia, se utilizará un rodillo Rodillo directo Tacx FLUX S Smart (Garmin®), el cual será adaptado a las bicicletas personales de cada deportista en el momento de la prueba. A través del programa del rodillo, se calculará la cadencia de cada deportista, expresándose en revoluciones por minuto (rpm).

Para las medidas específicas del estudio, se consideran tres tipos de evaluaciones neurofisiológicas. El área neuropsicológica será evaluada a través del cuestionario de Sensibilidad Estacional (SPAQ) (Goikolea, 2003), el cual evalúa la posible presencia de cambios anímicos durante diferentes periodos estacionales del año. Para observar la presencia de conductas depresivas en los deportistas se aplicará el Inventario de Depresión de Beck en su versión BDI-II, validado en español (Perdigón y Vázquez, 2003) y para conductas ansiosas se utilizará el Inventario de Ansiedad de Beck (BAI) con adaptación en español (Sanz y Navarro, 2003).

La evaluación del balance autonómico, se realizará a través de la evaluación de la variabilidad de frecuencia cardíaca (HRV) con un equipo Polar V800. Este equipo permite discriminar dominios de tiempo y frecuencia en el corazón, lo cual interpreta la actividad del sistema nervioso autónomo de los deportistas. La dimensión neuromuscular será evaluada a través de un equipo de electromiografía delsys (EMG) con sensores inalámbricos. La adquisición y procesamiento se realizará en el software Nexus (VICON, Oxford Metrics, UK).

#### **Procedimientos:**

Los participantes voluntarios firmarán un consentimiento informado, para luego contestar una anamnesis. El primer día de evaluación se procederá a la aplicación de los test psicológicos y registro basal de HRV (5 minutos sentado en reposo). En una segunda sesión, los deportistas serán citados para la evaluación del Umbral de Potencia Funcional, cumpliendo con todos los

protocolos sanitarios para este tipo de evaluación. La primera fase del segundo día se evaluará la composición morfológica y la HRV durante 5 minutos sentado en reposo. Luego se instalarán los sensores de EMG en los principales músculos extensores y flexores de tobillo, rodilla y cadera. Posteriormente se aplicará la evaluación del Umbral de Potencia Funcional, para consecutivamente, evaluar nuevamente la HRV durante 10 minutos sentado en reposo. Todos los datos generados serán guardados en archivos computacionales en el formato Excel.

**Plan de análisis:** Para el análisis de información se utilizarán los paquetes estadísticos de R. Se realizarán análisis descriptivos, correlacionales y de comparación entre deportistas. Se explorará la existencia de relaciones de mediación entre las variables del estudio.

**Productos:** Informe de avance e informe final para el IND. Además, se realizará una publicación científica de los resultados (al menos categoría Scielo)

### **Plan de Trabajo:**

Este proyecto contempla un plan de trabajo de 9 meses de investigación a contar de la adjudicación del proyecto. El análisis de los datos se llevará a cabo en el Centro Asistencial de Docencia e Investigación de la Universidad de Magallanes (CADI-UMAG).

Durante el primer mes se llevará a cabo la gestión propia del proyecto, la cual incluye la firma de convenios y depósitos de dineros respectivos por parte del IND. También se realizarán todos los convenios de los investigadores y asistentes del proyecto. En cuanto a gestión, la dirección del proyecto estará a cargo del Dr. Cristian Núñez, profesor de la Escuela de Medicina de la Universidad de Magallanes, teniendo como coinvestigadora a la Dra. Claudia Estrada, profesora de la Escuela de Psicología y a la Mg Katherine Harris, profesora del departamento de Kinesiología, ambas de la misma universidad. Además, se contará con el apoyo de dos asistentes de investigación los meses de muestreo de los deportistas.

La redacción de informes para el instituto Nacional de Deportes (IND) estará a cargo de los tres profesionales investigadores, así como también las reuniones de coordinación que se mantendrán regularmente durante todo el proyecto.

El reclutamiento de voluntarios se realizará los primeros meses de proyecto, así como también la coordinación de evaluaciones y muestreo correspondiente. Posterior a ello, se gestionará la firma de los consentimientos informados y se aplicará una detallada anamnesis resguardando en todo momento la confidencialidad de los datos. Para las evaluaciones neuropsicológicas, se confeccionará el material necesario para la aplicación del cuestionario de perfil estacional, ansiedad y estrés. Estos test se aplicarán en la primera sesión con los deportistas, al igual que la medición basal de HRV. Luego de esta primera evaluación, se coordinarán las evaluaciones autonómicas (en segunda instancia) y neuromusculares a través de la evaluación del Umbral de Potencia, programadas para el segundo día de evaluación. Ambas evaluaciones se realizarán en el laboratorio de análisis de movimiento del CADI-UMAG, el cual cuenta con la tecnología y las condiciones sanitarias para dichos procedimientos. La gestión y almacenamiento de estos datos se realizará en planillas Excel. El análisis descriptivo de los datos constará de medidas de tendencia central (media, moda, mediana, máximo y mínimo), medidas de variabilidad (varianza, desviación estándar y rango) y el cálculo de distribución de frecuencias, con el objetivo de describir las características importantes de las variables de interés.

El análisis estadístico del estudio, se consideran a partir de septiembre hasta noviembre del año 2022. La evaluación del proyecto, será un proceso constante durante todo el año de ejecución, dado los múltiples ajustes que se deben considerar al trabajar con una muestra en seres humanos. La evaluación final del proyecto se tendrá terminada en el mes de noviembre de 2022, completando el total de horas destinadas por todos los integrantes del proyecto a la ejecución del mismo.

### **Valor científico y social de la investigación**

*Valor científico:* La investigación permitirá indagar una realidad científica nunca antes explorada en la región, incorporando un exhaustivo análisis de variables fisiológicas que posibilitan un mayor entendimiento de las condicionantes deportivas de los ciclistas en la ciudad de Punta Arenas. Existe una falta de evidencia científica de las condicionantes que inciden en el rendimiento de ciclistas de alta competencia, por lo que este estudio abre una puerta al enfoque profesional de esta temática y brinda la posibilidad de indagar más en mejorar el rendimiento de los deportistas.

El aporte científico de esta investigación, permitirá entregar información relevante a instituciones que traten o trabajen con deportistas, profesionales del área de la salud e instituciones de educación superior, quienes podrán beneficiarse de manera directa de los datos entregados luego del estudio, pudiendo diseñar estrategias de seguimiento que incorporen nuevas metodologías de entrenamiento con estos deportistas. Bajo este contexto el estudio permitirá comprender el fenómeno local y proyectarlo a numerosas realidades en Chile, contribuyendo así al conocimiento de una temática relevante desde una perspectiva científica del deporte de competición.

*Valor Social:* Este proyecto medirá una serie de variables que son de utilidad para la generación de directrices y nuevas estrategias de entrenamiento y comprensión integral del deportista bajo estrés fisiológico. Estas podrán orientar a mantener y/o mejorar el bienestar social de los ciclistas de la región. Además, permitirá la autopercepción de los diferentes estados de respuesta neurofisiológica en este grupo poblacional, pudiendo visualizar la importancia de la prevención y monitoreo oportuno a través de entrenamientos o programas que mejoren las posibilidades de intervención social en la región de Magallanes.

### **Conservación, destrucción de protocolos y consentimientos informados:**

Los datos obtenidos a través de los formularios online se tabularán en una hoja de cálculo y ésta será la única vía que se utilizará para el análisis de los datos, impidiendo relacionar las respuestas con los datos personales individuales registrados, esto asegurará que el investigador no conozca los resultados individuales de ninguno de los participantes mientras se realice el estudio.

El consentimiento informado se mantendrá durante 5 años luego de la publicación de los resultados, después serán eliminados. La base de datos que se genere a partir de los datos obtenidos se mantendrá por un tiempo indefinido y serán completamente anónimas.

### **Potenciales conflictos de interés**

No existen conflictos de interés declarados en este proyecto.

## **Implicaciones contractuales que involucra el proyecto**

1. Se entregará un reporte a cada uno de los deportistas por cada proceso concluido de evaluación. Esto permitirá que el deportista conozca sus evaluaciones en un tiempo oportuno, luego de sus evaluaciones

## **Referencias Bibliográficas**

1. Sperlich B, Achtzehn S, Buhr M, Zinner C, Zelle S, Holmberg H-C. Salivary cortisol, heart rate, and blood lactate responses during elite downhill mountain bike racing. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2012 [cited 2021 Nov 3];7(1):47–52. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22461462/>
2. Chidley JB, MacGregor AL, Martin C, Arthur CA, Macdonald JH. Characteristics explaining performance in downhill mountain biking. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2015 Mar 1 [cited 2021 Nov 3];10(2):183–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25010645/>
3. BS M. Protective and damaging effects of stress mediators. *N Engl J Med* [Internet]. 1998 Jan 15 [cited 2021 Nov 3];338(3):171–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9428819/>
4. Rodríguez Pena A, Guirado Blanco O, González Paz H, Ballesteros Hernández M, Casas Blanco J, Cárdenas Rodríguez A. Balance autonómico basal y durante el ejercicio isométrico en jóvenes con diferente reactividad cardiovascular. *CorSalud*. 2019;11(1):11–20.
5. António AM dos S, Cardoso MA, Amaral JAT do, Abreu LC de, Valenti VE. Cardiac autonomic modulation adjustments in isometric exercise. *MedicalExpress* [Internet]. 2015 [cited 2021 Nov 3];2(1). Available from: <http://www.scielo.br/j/medical/a/xkJr6KDYvhSrW3b8mqPTKGM/?lang=en>
6. Alegret JM, Martinez-Micaelo N, La Gerche A, Franco-Bonafonte L, Rubio-Pérez F, Calvo N, et al. Acute effect of static exercise in patients with aortic regurgitation assessed by cardiovascular magnetic resonance: role of left ventricular remodelling. *Eur Radiol* [Internet]. 2017 Apr 1 [cited 2021 Nov 5];27(4):1424–30. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27553928/>
7. Malik M, John Camm A, Thomas Bigger J, Breithardt G, Cerutti S, Cohen RJ, et al. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* [Internet]. 1996 Mar 1 [cited 2021 Apr 5];93(5):1043–65. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
8. Carlos L, Vanderlei M, Pastre CM, Forte I, Júnior F, Godoy MF De. Índices Geométricos de Variabilidade de la Frecuencia Cardíaca en Niños Obesos y Eutróficos. *Soc Bras Cardiol*. 2010;35–40.
9. Oliveira-Silva I, Santos MG, Tonello L, Venancio PEM. VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA, IMC E ESTRESS PRÉ-COMPETITIVO EM ATLETAS DE NATAÇÃO. *Rev CEREUS* [Internet]. 2016;8(2):100–11. Available from: <http://ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/1145>

10. Buchheit M, Simon C, Piquard F, Ehrhart J, Brandenberger G. Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. <https://doi.org/10.1152/ajpheart004902004> [Internet]. 2004 Dec [cited 2021 Nov 3];287(6 56-6):2813–8. Available from: <https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/ajpheart.00490.2004>
11. Boullosa , Daniel Alexandre Abreu L, Tuimil JL, Scott L. Impact of a soccer match on the cardiac autonomic control of referees. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2012 Jun [cited 2021 Nov 3];112(6):2233–42. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21997680/>
12. Hynynen E, Konttinen N, Rusko H. Heart rate variability and stress hormones in novice and experienced parachutists anticipating a jump. *Aviat Space Environ Med* [Internet]. 2009 Nov [cited 2021 Nov 3];80(11):976–80. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19911523/>
13. Impellizzeri FM, Marcora SM. The physiology of mountain biking. *Sports Med* [Internet]. 2007 [cited 2021 Nov 3];37(1):59–71. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17190536/>
14. Earnest CP, Jurca R, Church TS, Chicharro JL, Hoyos J, Lucia A. Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during the Tour of Spain. *Br J Sports Med* [Internet]. 2004 Oct 1 [cited 2021 Nov 5];38(5):568–75. Available from: <https://bjsm.bmj.com/content/38/5/568>
15. Jui-Lien C, Ding-Peng Y, Jo-Ping L, Chung-Yu C, Chih-Yang H, Shin-Da L, et al. Parasympathetic nervous activity mirrors recovery status in weightlifting performance after training. *J strength Cond Res* [Internet]. 2011 Jun [cited 2021 Nov 3];25(6):1546–52. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21273908/>
16. Pareja-Blanco, Fernando Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Ribas-Serna J, López-López C, Mora-Custodio R, Yáñez-García, Juan Manuel González-Badillo JJ. Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure. *Clin Physiol Funct Imaging* [Internet]. 2017 Nov 1 [cited 2021 Nov 3];37(6):630–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26970332/>