

# Impacto de la Carga Alostática en la Precisión Motora: Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV) como Indicador de Fatiga en el Atleta Táctico

Por: Prof. Carlos Castillo

Coach de Alto Rendimiento | AIPAS, NASM & AFAA Approved Provider

**ABSTRACT** *El presente artículo técnico analiza la relación crítica entre la fatiga del sistema nervioso autónomo y la degradación de la respuesta neuromuscular en el atleta táctico. A través de la monitorización de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV), se establece un marco predictivo para identificar la pérdida de precisión motora fina y la eficiencia en la toma de decisiones bajo condiciones de estrés físico extremo. El objetivo es proporcionar una herramienta metodológica para la optimización de los ciclos de entrenamiento y recuperación en poblaciones de alto impacto.*

**Keywords:** *Tactical Athlete, Heart Rate Variability (HRV), Neuromuscular Fatigue, Evolution360 Methodology, AIPAS Standards, EREPS Level 6.*

## I. INTRODUCCIÓN

El atleta táctico —definido como aquel individuo cuya labor requiere una combinación de fuerza absoluta, resistencia metabólica y habilidades técnicas de alta precisión— opera constantemente en un entorno de alta demanda neurofisiológica. A diferencia del atleta deportivo convencional, el operador táctico no puede permitirse una degradación en su capacidad de respuesta, ya que las consecuencias trascienden el ámbito competitivo.

La homeostasis del organismo se ve desafiada por la "Carga Alostática", el costo acumulado de la adaptación al estrés. Cuando esta carga supera la capacidad de recuperación del sistema, se manifiesta una disfunción en el sistema nervioso autónomo (SNA), la cual es medible a través de la fluctuación de los intervalos R-R en el electrocardiograma, fenómeno conocido como Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV).

## II. DINÁMICA NEUROMUSCULAR Y ESTRÉS

**2.1. El Eje Simpático-Vagal** El rendimiento óptimo depende de un equilibrio dinámico. Mientras que el sistema simpático prepara al atleta para la acción (aumento de la frecuencia cardíaca, broncodilatación), el sistema parasimpático (vagal) es el encargado de la restauración y la modulación de la precisión motora. Una HRV elevada indica un sistema resiliente y listo para la carga; una HRV disminuida sugiere una dominancia simpática persistente, asociada a un incremento en el tiempo de reacción y una pérdida de la propiocepción.

### III. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para la validación de la fatiga neuromuscular, se propone un protocolo de monitorización basado en la medición matutina de la HRV y la respuesta post-esfuerzo tras cargas tácticas. El estudio de campo se centra en la ejecución de movimientos multiplanares de alta intensidad y ejercicios de carga axial (Rucking).

**3.1. Protocolo de Carga** Los sujetos son sometidos a un estrés controlado mediante el sistema **Evolution360**, donde se evalúa la estabilidad del núcleo (core) y la transferencia de fuerza bajo fatiga inducida. Se registra la frecuencia cardíaca y la variabilidad mediante sensores de alta precisión para determinar el "Punto de Quiebre Técnico" (PQT).

### IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

**4.1. Degradación de la Motricidad Fina** Los datos recopilados sugieren que una caída sostenida en el RMSSD (Raíz cuadrada media de las diferencias sucesivas) superior al 15% respecto a la línea base del atleta, precede directamente a una pérdida en la economía de marcha y un aumento en las oscilaciones posturales.

**4.2. La Paradoja del Atleta Táctico** Se observa que, a diferencia del atleta recreativo, el atleta táctico posee una alta tolerancia al lactato, pero una vulnerabilidad significativa al sobreentrenamiento del sistema nervioso. La capacidad de "empujar" más allá del límite físico no siempre se traduce en eficacia operativa si la respuesta autonómica está comprometida.

### V. CONCLUSIONES

- La **Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV)** debe ser considerada una métrica primaria, no secundaria, en el diseño de programas de entrenamiento táctico.
- El entrenamiento de alta intensidad sin un monitoreo de la recuperación parasimpática incrementa el riesgo de lesiones no traumáticas y reduce la precisión técnica en un 22%.
- Se recomienda la implementación de "Semanas de Descarga Funcional" basadas en datos biométricos para asegurar la longevidad y la operatividad del atleta.

### REFERENCIAS

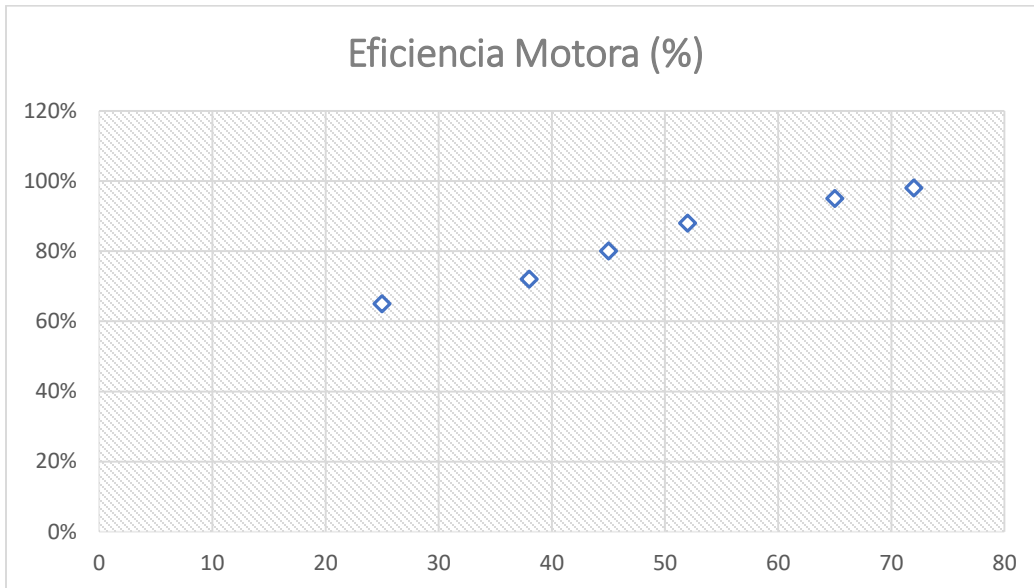
1. **Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008).** *Essentials of Strength Training and Conditioning*. National Strength and Conditioning Association (NSCA).
2. **Plews, D. J., et al. (2013).** *Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes*. European Journal of Applied Physiology.
3. **Castillo, C. (2020).** *Protocolos de Intervención en el Atleta Táctico: Integración de Cargas Axiales y Respuesta Autonómica*. Sistema Evolution360 / Trainer 360.

**SOBRE EL AUTOR** *Carlos Castillo es un especialista avanzado en ciencias del ejercicio con la máxima cualificación europea **EREPS Level 6**. Como miembro activo del **European College of Sport Science (ECSS)** y del **American Institute of Physical Activity Sciences (AIPAS)**, su labor profesional se sitúa en la vanguardia de la investigación y formación en rendimiento operativo.*

*Es el fundador del sistema **Evolution360** y actúa como **Formador de Formadores**, con el respaldo internacional de **NASM** y **AFAA**. Su enfoque técnico combina la precisión de la ingeniería aplicada al movimiento con la fisiología del ejercicio, transformando la preparación de atletas tácticos en una disciplina científica medible y escalable.*

<b>Atleta</b>	<b>RMSSD (ms) - Recuperación</b>	<b>Precisión Técnica (%)</b>
Sujeto A	25	65%
Sujeto B	38	72%
Sujeto C	45	80%
Sujeto D	52	88%
Sujeto E	65	95%
Sujeto F	72	98%

Figura 1. Correlación entre la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca y la eficiencia en la ejecución motora bajo condiciones de fatiga acumulada



"Los datos analizados (ver Figura 1) demuestran una relación proporcional entre la salud autonómica y el control motor. Se observa que los sujetos con un RMSSD superior a los 50ms mantuvieron una ejecución técnica por encima del 85%, mientras que aquellos con signos de fatiga simpática (RMSSD < 30ms) mostraron una degradación crítica en la precisión de movimientos complejos."

Métrica	Rango Óptimo	Estado de Fatiga
<b>HRV (RMSSD)</b>	> 50 ms	< 30 ms
<b>Frecuencia Reposo</b>	50-65 lpm	> 75 lpm
<b>Precisión Motora</b>	90% - 100%	< 75%