



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**IMPACTO DE MEDIDAS ENCAMINADAS A MEJORAR LA
MODULACION SIMPATICA EN EL RENDIMIENTO DEL
SALTO CONTRAMOVIMIENTO EN ATLETAS DE
VOLEIBOL**

Jorge Mario Cabrera Garavito

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Medicina interna
Especialización en Medicina del Deporte
Bogotá DC, Colombia
2021

IMPACTO DE MEDIDAS ENCAMINADAS A MEJORAR LA MODULACION SIMPATICA EN EL RENDIMIENTO DEL SALTO CONTRAMOVIMIENTO EN ATLETAS DE VOLEIBOL

Jorge Mario Cabrera Garavito

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Médico del Deporte

Director:

(M. D, PhD.) Camilo Ernesto Povea

Línea de Investigación:

Control biomédico del entrenamiento

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Medicina interna
Especialización en Medicina del Deporte
Bogotá DC, Colombia

2021

Dedicatoria

A mi familia

Por hacerme el ser humano y profesional de hoy.

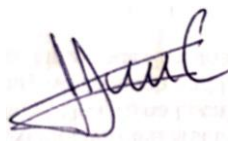
Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Jorge Mario Cabrera Garavito

Fecha 25/01/2021

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional de Colombia, la Facultad de Medicina y sobre todo a la especialidad de Medicina del Deporte, con todos sus integrantes, docentes, administrativos y compañeros residentes, amigos, por ayudarme y permitirme este logro, a mi familia por su apoyo incondicional e inmenso aliento, ya que sin ellos hoy sería imposible conseguir este objetivo.

Resumen

Introducción: Día a día las ciencias del deporte cobran importancia en la mejoría del rendimiento, esto sumado al advenimiento de nuevas tecnologías que facilitan la evaluación, hacen que los atletas puedan lograr cambios significativos en el rendimiento desde nuevas perspectivas. Es así, como la variabilidad del ritmo cardíaco (VRC) se ha convertido en una herramienta fácil y de uso continuo en el monitoreo del deportista y la prescripción del ejercicio, ya que es reflejo de la modulación del sistema nervioso autónomo, el cual se conoce que se ve modificado como respuesta a la actividad física, y el estilo de vida, pero, además, la modulación tanto de su rama simpática como parasimpática pueden tener efecto en el rendimiento de los atletas. Por otra parte, las plataformas de fuerza son cada vez más utilizadas para evaluar el rendimiento neuromuscular y el nivel de fatiga, de una manera rápida y que no interfiere con las actividades diarias de los atletas. Es por esta razón que se propone que una mejoría en la modulación del sistema nervioso simpático, lograda aplicando cambios en el estilo de vida, y medida mediante la VRC, va a conllevar a mejor rendimiento neuromuscular. **Materiales y métodos:** Ensayo aleatorizado cruzado, 12 atletas elite de voleibol, 2 grupos, se realizó una valoración inicial de VRC y salto contramovimiento (CMJ), luego, 3 semanas de intervención a uno de los grupos, posteriormente, nueva valoración, para luego realizar intervención al otro grupo, y se finalizó con valoración final. Se realizó análisis estadístico, correlación entre las variables y prueba T. **Resultados:** Se encontraron correlaciones entre las variables del CMJ con variables simpáticas en ortostatismo y parasimpáticas en decúbito y recuperación, no se encontraron diferencias significativas en la actividad

simpática en los grupos intervención, aunque si en el rendimiento del CMJ. **Discusión:** Las variaciones del SNA explican en gran medida los cambios en el rendimiento del CMJ, además, balanzas neurovegetativas más equilibradas indicaron mejoría del rendimiento y viceversa. No se encontró evidencia que las modificaciones en los hábitos de vida alteraran la VRC, esto se podría deber a que atletas entrenados ya tienen modificaciones de la VRC por su deporte y, además, las modificaciones se diseñaron para el tapering y se aplicaron en etapa de preparación general. Además, existieron diferencias significativas en el rendimiento del CMJ, sin lograr definir mejoría o deterioro del mismo. **Conclusión:** No se recomienda la aplicación de estos cambios en hábitos de vida durante etapas de preparación general, además, balanzas neurovegetativas adecuadas pueden explicar la mejoría del rendimiento en el CMJ y diferentes modificaciones en del SNA pueden modificar el rendimiento en diferentes fases del CMJ. **Palabras clave.** “salto contramovimiento”, “variabilidad del ritmo cardiaco”, “sistema nervioso autónomo”, “simpático”, “parasimpático”

Abstract

Introduction: Every day, sport sciences become more relevant to improve performance, this, and the appearance of new technologies that make evaluation easier, help athletes to achieve significant performance changes from new perspectives. That is how the heart rate variability has become an easy-to-use tool in athlete monitoring and exercise prescription, as it is a reflect of autonomic nervous system, which is known that is modified as a response to physical activity and life style, but, also, sympathetic and parasympathetic modulation could have an effect in athlete performance. On the other hand, force platforms are being more used for the assessment of neuromuscular performance and fatigue, in a fast way that do not interfere in athletes' daily activity. That is why, it is proposed that improving sympathetic nervous system modulation, achieved by applying changes in lifestyle, and measured using heart rate variability, will entail better neuromuscular performance.

Materials and methods: Randomized crossover study, 12 elite volleyball athletes, 2 groups, initial assessment with CMJ and HRV, then, 3 weeks intervention, next, new assessment, later, 3 weeks intervention to the other group, and final assessment. Statistical analysis, variable correlation and T Test. **Results:** Correlations between CMJ variables and standing sympathetic and supine parasympathetic variables were found, also, in CMJ

performance significant differences were found, but no significant differences on sympathetic activity were found. **Discussion:** Variation of ANS explain changes in CMJ performance, and well-balanced neurovegetative systems influence performance. There is no evidence that changes in lifestyle modified HRV, this could be because trained athletes already have specific characteristics in HRV secondary to the specific sport, and, the lifestyle changes were designed for tapering and were applied in the general preparation stage. Also, significant differences were found in CMJ performance, with differences between eccentric and concentric phases, so improving in performance was not demonstrated. **Conclusion:** Lifestyle changes are not recommended during general preparation stages, also, well-balanced neurovegetative systems could explain improves in CMJ performance, and, different modifications of ANS could modify the CMJ performance in different phases. **Keywords:** “**countermovement jump**”, “**heart rate variability**”, “**autonomic nervous system**”, “**sympathetic**”, “**parasympathetic**”

Contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| Resumen..... | VI |
| Abstract | VIII |
| Lista de figuras | XII |
| Lista de tablas | XIV |
| Lista de abreviaturas | XV |
| 1. Justificación..... | 17 |
| 2. Objetivos | 18 |
| 2.1 Objetivo general..... | 18 |
| 2.2 Objetivos específicos | 18 |
| 3. Introducción | 19 |
| 3.1 VARIABILIDAD DEL RITMO CARDIACO | 19 |
| 3.1.1 Aplicaciones fisiológicas de la medición VRC en atletas | 25 |
| 3.1.2 Condiciones para el registro de la VRC..... | 28 |
| 3.2 PLATAFORMAS DE FUERZA Y ANÁLISIS DEL SALTO..... | 29 |
| 3.2.1 Variables análisis de salto | 34 |
| 4. Materiales y métodos..... | 39 |
| 4.1 Características de la población | 39 |
| 4.2 Metodología: | 39 |
| 4.3 CMJ | 40 |
| 4.4 Test de estado del Sistema Nervioso Autónomo..... | 40 |
| 4.5 Intervención | 41 |
| 4.5.1 Alimentación..... | 41 |
| 4.5.2 Temperatura de agua..... | 41 |
| 4.5.3 Música..... | 42 |
| 4.5.4 Ejercicio..... | 42 |
| 4.5.5 Respiración | 42 |
| 4.6 Análisis estadístico | 42 |
| 5. Consideraciones ambientales y éticas..... | 44 |
| 6. Resultados | 45 |
| 6.1 Primera intervención | 45 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 6.2 | Segunda Intervención | 49 |
| 6.3 | Consolidado | 52 |
| 6.4 | Correlaciones | 58 |
| 7. | Discusión | 61 |
| 8. | Conclusiones y limitaciones | 65 |
| 8.1 | Conclusiones..... | 65 |
| 8.2 | Limitaciones y perspectivas futuras..... | 65 |
| Anexo A: Consentimiento Informado..... | | 66 |
| Anexo B: Protocolo de bioseguridad..... | | 72 |
| 9. | Bibliografía | 76 |

Lista de Graficas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Grafica 3-1: Curva Fuerza Velocidad | 32 |
| Grafica 3-2: Fases del CMJ y variables para evaluación del rendimiento y fatiga neuromuscular | 34 |
| Grafica 6-1: Diagrama de cambio de PNS REC en el primer periodo de intervención ($p=0.024$) | 47 |
| Grafica 6-2: Diagrama de cambio de RMSSD REC en el primer periodo de intervención ($p=0.029$) | 47 |
| Grafica 6-3: Diagrama de cambio de CMP/BW en el primer periodo de intervención ($p=0.015$) | 47 |
| Grafica 6-4: Diagrama de cambio de CPV en el primer periodo de intervención | 48 |
| Grafica 6-5: Diagrama de cambio de C-RPD 50ms para primer periodo de intervención | 48 |
| Grafica 6-6: Diagrama de cambio de PP en el primer periodo de intervención | 48 |
| Grafica 6-7: Diagrama de cambio de VVTO en el primer periodo de intervención | 49 |
| Grafica 6-8: Diagrama de cambio de TP ORT en el segundo periodo de intervención .. | 51 |
| Grafica 6-9: Diagrama de cambio de CPV en el segundo periodo de intervención | 51 |
| Grafica 6-10: Diagrama de cambio C-RPD 50ms para segundo periodo de intervención | 51 |
| Grafica 6-11: Diagrama de cambio de VVTO en el segundo periodo de intervención ... | 52 |
| Grafica 6-12: Diagrama de cambio de TP ORT consolidado de los 2 periodos | 54 |
| Grafica 6-13: Diagrama de cambio de LF REC consolidado de los 2 periodos | 55 |
| Grafica 6-14: Diagrama de cambio de CMP/BW consolidado de los 2 periodos | 55 |
| Grafica 6-15: Diagrama de cambio de CPF/BW consolidado de los 2 periodos | 55 |
| Grafica 6-16: Diagrama de cambio de CPV consolidado de los 2 periodos | 56 |
| Grafica 6-17: Diagrama de cambio de C-RPD 50ms consolidado de los 2 periodos | 56 |
| Grafica 6-18: Diagrama de cambio de EPV consolidado de los 2 periodos | 56 |
| Grafica 6-19: Diagrama de cambio de FT consolidado de los 2 periodos..... | 57 |
| Grafica 6-20: Diagrama de cambio de PP/BW consolidado de los 2 periodos | 57 |
| Grafica 6-21: Diagrama de cambio de VVTO consolidado de los 2 periodos | 57 |
| Grafica 6-22: Correlación Deltas FTmax-LF ORT | 58 |
| Grafica 6-23: Correlación Deltas MSPFprom-LF ORT | 59 |
| Grafica 6-24: Correlación Deltas F _t max-TP ORT | 59 |
| Grafica 6-25: Correlación Deltas ED-RFD/BW prom-FC REC | 59 |
| Grafica 6-26: Correlación Deltas ED-RFD/BW max-LF/HF DEC | 60 |

| | |
|--|----|
| Grafica 6-27: Correlación Deltas ED-RFD/BW max-HF DEC | 60 |
| Grafica 6-28: Correlación deltas CMP/BW-LF/HF REC | 60 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 3-1: Variables del dominio temporal | 21 |
| Tabla 3-2: Variables del dominio frecuencial | 23 |
| Tabla 3-3: Respuestas individuales y del medio ambiente sobre la VRC | 26 |
| Tabla 3-4: Tipos de contracción muscular | 31 |
| Tabla 3-5: Variables típicas del CMJ | 35 |
| Tabla 3-6: Variables alternativas de la fase concéntrica del CMJ | 35 |
| Tabla 3-7: Variables alternativas de la fase excéntrica del CMJ | 37 |
| Tabla 4-1: Características generales de la población | 39 |
| Tabla 4-2: Determinación de la magnitud de correlaciones | 43 |
| Tabla 6-1: Variables de la VRC durante el primer periodo de intervención | 45 |
| Tabla 6-2: Variables del CMJ durante el primer periodo de intervención | 46 |
| Tabla 6-3: Variables de la VRC durante el segundo periodo de intervención | 50 |
| Tabla 6-4: Variables del CMJ durante el segundo periodo de intervención..... | 50 |
| Tabla 6-5: Consolidado de variables de VRC de los 2 periodos | 53 |
| Tabla 6-6: Consolidado de variables de CMJ de los 2 periodos | 54 |

Lista de abreviaturas

| Abreviatura | Término | Unidad | Definición |
|-------------|--------------------------------------|--------|---------------------------------------|
| SNA | Sistema Nervioso Autónomo | | |
| SNS | Sistema Nervioso Simpático | | |
| SNP | Sistema Nervioso Parasimpático | | |
| VRC | Variabilidad del Ritmo Cardíaco | | |
| CMP/BW | Concentric Mean Power / BM | W/kg | Vatios sobre kilogramo |
| CPF/BW | Concentric Peak Force / BM | N/kg | Newtons sobre kilogramo |
| CPV/BW | Concentric Peak Velocity | m/s | Metros sobre segundo |
| C-RPD 50ms | Concentric RPD - 50ms | W/s | Vatios sobre segundo |
| CT | Contraction Time | ms | Milisegundos |
| ED-RFD/BW | Eccentric Deceleration RFD / BM | N/s/kg | Newtons sobre segundo sobre kilogramo |
| EMP/BW | Eccentric Mean Power / BM | W/kg | Vatios sobre kilogramo |
| EPV | Eccentric Peak Velocity | m/s | Metros sobre segundo |
| FT | Flight Time | ms | Milisegundos |
| MSPF | Movement Start to Peak Force | s | Segundos |
| MSPP | Movement Start to Peak Power | s | Segundos |
| PP/BW | Peak Power / BM | W/kg | Vatios sobre kilogramo |
| VVTO | Vertical Velocity at Takeoff | m/s | Metros sobre segundo |
| PNS | Parasympathetic Nervous System index | | |
| SNS | Sympathetic Nervous System index | | |

| Abreviatura | Término | Unidad | Definición |
|--------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------|
| Mean HR | Mean Heart Rate | beats/min | Latidos por minuto |
| HF | High frequency | ms ² | Milisegundos al cuadrado |
| LF | Low Frequency | ms ² | Milisegundos al cuadrado |
| VLF | Very Low Frequency | ms ² | Milisegundos al cuadrado |
| SI | Stress index | | |
| Max HR | Maximum Heart Rate | beats/min | Latidos por minuto |
| TP | Total power | ms ² | |
| SNS index | SNS index | | |
| Min HR | Minumum Heart Rate | beats/min | Latidos por minuto |
| Max | Máximo | | |
| Prom | Promedio | | |
| DEC | Decúbito | | |
| CPO | Cambio Postural Ortostático | | |
| ORT | Ortostatismo | | |
| RUF | Test Ruffier | | |
| R1 | 1er minuto de recuperación | | |
| REC | Recuperación | | |
| R^2 | Coeficiente | | 1 de determinacion |

1. Justificación

En el deporte de rendimiento, cada vez más, se utilizan las ciencias aplicadas al deporte para lograr llevar al deportista al límite sin poner en riesgo su salud, en una gran cantidad de ámbitos, como lo son cuantificación de la carga, monitoreo de la fatiga y prevención de sobreentrenamiento, prevención de lesiones y muchos otros. La aplicación de las ciencias se hace necesaria ya que día a día las diferencias entre los atletas elite son más pequeñas, y sutiles cambios en el rendimiento pueden ser la diferencia entre la victoria y la derrota. En los juegos olímpicos de Rio 2016, las diferencias fueron en algunos casos prácticamente imperceptibles para el ojo humano. Un ejemplo fue la prueba de los 50 metros libres en natación masculina donde la diferencia fue de una centésima de segundo entre el oro y la plata lo que equivale a 0,047% entre el rendimiento de estos dos atletas. De igual manera en los 100 metros planos, Usain Bolt consiguió el Oro con una diferencia de 7 centésimas de segundo.

Es por esto, que se hace necesario el desarrollo de nuevas estrategias para mejorar el rendimiento, así, este trabajo busca mejorar la modulación simpática, que, en periodos de tapering o puesta a punto, puede significar mejor rendimiento en deportes de potencia, velocidad o deportes acíclicos de conjunto, como lo es el voleibol.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Documentar los cambios en el rendimiento del CMJ secundarios a la mejoría en la modulación del SNS en atletas de voleibol

2.2 Objetivos específicos

- a) Implementar cambios en el estilo de vida para mejorar la modulación simpática
- b) Analizar el estado del SNA previo y posterior a la intervención
- c) Analizar el rendimiento del CMJ con las plataformas de fuerza previo y posterior a la intervención.
- d) Identificar las características del SNA asociadas al rendimiento en el CMJ
- e) Implementar en los atletas del estudio el protocolo diseñado.

3. Introducción

3.1 VARIABILIDAD DEL RITMO CARDIACO

El sistema nervioso autónomo (SNA) juega un papel importante en la regulación cardiovascular, en especial sobre la frecuencia cardíaca (FC). La variabilidad del ritmo cardíaco (VRC) es un reflejo medible de este equilibrio entre el tono simpático y parasimpático y se ha utilizado como marcador del estado cardíaco.(Acharya et al., 2006; Malik et al., 1996; Povea, 2006; Sassi et al., 2015; Saul, 1990)

La VRC se define como la variación fisiológica (modificaciones y oscilaciones) en la duración de los intervalos entre latidos sinusales (duración del intervalo RR) o, en consecuencia, en la frecuencia cardíaca instantánea. Estos cambios se encuentran en estrecha relación con la respiración, a través de la acción a nivel central de la ventilación y las influencias mecánicas periféricas.(Povea, 2006) El análisis de la VRC permite evaluar la salud cardíaca general y el estado del sistema nervioso autónomo (SNA) responsable de regular la actividad cardíaca.(Acharya et al., 2006)

La variabilidad normal del ritmo cardíaco se debe a la regulación neural autónoma del corazón y del sistema circulatorio. La acción de equilibrio de las ramas del sistema nervioso simpático (SNS) y del sistema nervioso parasimpático (SNP) del SNA controla la frecuencia cardíaca. El aumento de la actividad del SNS o la disminución de la actividad del SNP dan

como resultado un aumento de la FC. Por el contrario, una actividad baja del SNS o una actividad alta del SNP provoca una disminución de la frecuencia cardíaca. El grado de variabilidad del ritmo cardíaco proporciona información sobre el funcionamiento del control nervioso de la FC y la capacidad del corazón para responder.(Acharya et al., 2006; Saul, 1990)

Recientemente, la disponibilidad de sistemas de monitorización de la frecuencia cardíaca disponibles comercialmente ha tenido importantes implicaciones en la salud cardiovascular y permite una monitorización ambulatoria en una escala que no se puede lograr con los diagnósticos cardíacos tradicionales.(Singh et al., 2018)

Los criterios formales para la VRC y la comparación de variables fueron desarrollados por un grupo de trabajo conjunto entre la Sociedad Europea de Cardiología y la Sociedad Norteamericana de Estimulación y Electrofisiología en 1996 y actualizados en 2015.(Malik et al., 1996; Sassi et al., 2015). Los principales métodos de análisis se pueden dividir en métodos de dominio temporal (subdivididos en enfoques estadísticos y geométricos) y métodos de dominio frecuencial. (Povea, 2006; Singh et al., 2018)

A. Dominio Temporal

Los parámetros en el dominio del temporal se calculan fácilmente con métodos estadísticos simples, incluso en períodos de tiempo cortos. Su principal limitación es la falta de discriminación entre la actividad de las distintas ramas autonómicas.

Se han publicado recomendaciones para una estandarización de parámetros temporales válidos. Estos parámetros están altamente correlacionados con la potencia de *HF* (*High*

Frecuency) en el dominio de la frecuencia y representan marcadores para la modulación vagal. (Ferro-Luzzi et al., 1993; Sassi et al., 2015)

Las definiciones de los parámetros de dominio temporal más utilizados se describen en la table 3-1

Tabla 3-1: Variables del dominio temporal

| Medida de la variabilidad | Otro nombre | Unidad de medición | Definición y explicación |
|----------------------------------|--------------------|---------------------------|--|
| SDNN | RRSD, SD, SDRR | ms | Desviación estándar de los intervalos NN en el rango de tiempo de medición ("desviación estándar de intervalos NN"); Indicador dependiente de la frecuencia del nivel de variabilidad general (SDNN alto → HRV alto, SDNN bajo → HRV bajo) |
| SDANN | | ms | Promedio de desviaciones estándar de todos los intervalos NN consecutivos de 5 minutos; para la estimación de HRV en mediciones a largo plazo |
| RMSSD | R-MSSD, rMSSD | ms | Raíz cuadrada de la media de la suma de todas las diferencias al cuadrado entre intervalos NN adyacentes; Parámetros de variabilidad a corto plazo; considerar la influencia parasimpática |
| Índice SDNN | | ms | Valor medio de la desviación estándar de todos los intervalos NN normales |

| | | | |
|-------|--|----|---|
| | | | de segmentos de 5 min desde el registro de ECG de 24 h; sin asignación clara |
| NN50 | | NA | Número de pares de NN adyacentes que difieren en más de 50 ms; muestra la influencia parasimpática |
| pNN50 | | % | Porcentaje de intervalos NN consecutivos que difieren en más de 50 ms; un valor alto de pNN50 significa un cambio espontáneo alto en la frecuencia cardiaca; considerar la influencia parasimpática |

Distancia *NN* entre dos latidos ("normal a normal"), distancia *RR* entre dos latidos (ondas R en el ECG). modificado (Sammito & Böckelmann, 2015)

B. Dominio Frecuencial

Por definición, el análisis espectral descompone cualquier señal constante, estacionaria y fluctuante dependiente del tiempo en sus componentes sinusoidales. Permite graficar la potencia de cada componente en función de su frecuencia y el cálculo de la potencia en regiones de frecuencia definidas. El análisis espectral de potencia se ha realizado por la transformada rápida de Fourier, por modelado autor regresivo y por descomposición de las ondas.(Ferro-Luzzi et al., 1993; Povea, 2006)

El enfoque de la transformada rápida de Fourier es un método objetivo porque no se pierde información: el tacograma genera una gráfica que ilustra la repartición de las diferentes

potencias o densidades espectrales en $\text{msec}^2/\text{Hz}^{-1}$ en función de la frecuencia de las oscilaciones presentes en un trazado dado. La ventaja de este enfoque clásico consiste principalmente en su eficiencia computacional y su implementación simple. (Acharya et al., 2006; Ferro-Luzzi et al., 1993; Povea, 2006)

Las definiciones de los parámetros de dominio frecuencial más utilizados se describen en la tabla 3-2

Tabla 3-2: Variables del dominio frecuencial

| Medida de la variabilidad | Otro nombre | Unidad de medición | Definición y explicación |
|---------------------------|-------------|--------------------|--|
| Potencia total | TP | ms^2 | Rendimiento general o espectro completo; "Potencia total" corresponde a la densidad de energía en el rango de 0.00001 a 0.4 Hz; Parámetros de variabilidad general. |
| UVLF | | ms^2 | "Potencia de Ultra Muy Baja frecuencia"; Espectro de densidad de potencia por debajo de 0,003 Hz. |
| VLF | | ms^2 | "Potencia de Muy baja frecuencia"; Espectro de densidad de potencia de 0.003 a 0.04 Hz, probablemente el resultado de la expresión de los mecanismos de control a largo plazo y puede estar en relación con el cierre y la apertura de los campos vasculares periféricos, en especial durante la termorregulación. Además, podría estar relacionado con las modificaciones de la |

| | | | |
|----------|--------------------------------|-----------------|--|
| | | | actividad de sistema renina-angiotensina y otros factores humorales. |
| LF | Banda B | ms ² | "Potencia de Baja frecuencia"; Espectro de densidad de potencia en el rango de frecuencia de 0.04 a 0.15 Hz; Tanto el sistema nervioso simpático como el parasimpático están involucrados en esto, predominando la proporción del simpático. |
| HF | Banda C, Banda respiratoria | ms ² | "Potencia de alta frecuencia"; Espectro de densidad de potencia en el rango de frecuencia de 0,15 a 0,40 Hz; muestra solo el estado de ánimo parasimpático |
| LF nu | LF nU | nu | "Unidad normalizada de baja frecuencia"; corresponde a $LF / ("potencia\ total" - VLF) \times 100$ |
| HF nu | HF nU | nu | "Unidad normalizada de alta frecuencia"; corresponde a $HF / ("potencia\ total" - VLF) \times 100$ |
| LF/HF | Índice HF/LF, relación HF/LF | nu | Cociente de equilibrio simpatovagal; como el valor de la interacción de parasimpático (HF) y simpático (LF) LF / HF ↑ = simpático ↑ (la actividad simpática aumenta) LF / HF ↓ = parasimpático ↑ |
| VLF pico | | Hz | "Pico de muy baja frecuencia"; Frecuencia pico en la banda VLF; termorregulador pico |
| LF pico | | Hz | "Pico de baja frecuencia": frecuencia de pico en la banda LF; baro reflejó pico |

| | | | |
|---------|--|----|---|
| HF pico | | Hz | "Pico de alta frecuencia"; Picos de frecuencia en la banda de HF; pico respiratorio |
|---------|--|----|---|

UVLF: *Ultra Very Low Frequency*, VLF: *Very Low Frequency*, LF: *Low Frequency*, HF: *High Frequency*. nu: unidades normalizadas. Hz: Hertz modificado (Sammito & Böckelmann, 2015):

3.1.1 Aplicaciones fisiológicas de la medición VRC en atletas

En los últimos 30 años ha cobrado gran importancia el estudio de la VRC en la población atlética dada sus condiciones fisiológicas especiales. La mayoría de los estudios evidencia que los atletas presentan índices de actividad parasimpática más elevados en comparación con individuos sedentarios. Además los atletas presentan una variabilidad cardiaca global mayor que se relaciona con el tipo de entrenamiento y/o deporte practicado.(Ferro-Luzzi et al., 1993; Povea, 2006)

Los atletas presentan en posición decúbito, una potencia total más importante respecto que la población sedentaria, mientras que el índice LF/HF no varía respecto a la población general. Además, pueden presentar un aumento de la modulación parasimpática sin una redacción del tono simpático. Respecto a la posición de ortostatismo, no se encuentran diferencias entre los deportistas y los sedentarios.(Povea, 2006; Singh et al., 2018).

Sin embargo, algunas publicaciones se han enfocado en las modificaciones del entrenamiento individual y/o cambios del estilo de vida y del medio ambiente en el atleta, sobre las respuestas de las diferentes variables del dominio frecuencial y temporal, priorizando la respuesta del SNP, los cuales se resumen en la tabla 3-3

Tabla 3-3: Respuestas individuales y del medio ambiente sobre la VRC

| Individuales | Medio Ambiente |
|-----------------------|-----------------------------|
| Nutrición | Ambiente Social |
| Dieta | Contacto con humanos |
| Bebidas | Contacto con animales |
| Suplementos | Ambiente Físico |
| Inmersión en agua | Aromas |
| Hábitos del sueño | Luces |
| Métodos de relajación | Sonidos (excluyendo música) |
| Música | Temperatura |
| Ejercicio | Altitud |

modificada(Laborde et al., 2018)

Desde la parte nutricional se pueden realizar bastantes cambios en la balanza neurovegetativa dependiente el tipo de dieta, bebidas o suplementos administrados al atleta. De esta manera, se han descrito ciertos alimentos como el pistacho, el yogurt enriquecido con componentes bioactivos, vegetales de hoja verde y pescado como el salmón que generan aumento a largo plazo del tono vagal. No obstante, existen bebidas y/o suplementos que podrían generar una respuesta simpática como lo son la cafeína y el guaraná, que producen un aumento de la respuesta inmediata del SNS con posterior compensación por parte del SNP.(Laborde et al., 2018)

La inmersión en agua puede ser parcial (de un segmento) o total. Ambos están asociados con aumentos de la respuesta del SNA, siempre y cuando se tenga en cuenta la temperatura del agua. Es importante destacar que la recuperación del SNP posterior a eventos estresantes se mejora mediante la inmersión en agua fría, respecto de la inmersión en agua tibia. Por lo tanto, tomar un baño frío después de una sesión intensa de entrenamiento puede ayudar a los deportistas a recuperar el SNP. (Buchheit et al., 2009)

El sueño, dadas sus cualidades de recuperación y restauración, es naturalmente importante cuando se trata de mejorar el tono vagal en reposo y mejorar la recuperación del SNP después de eventos estresante (Dettoni et al., 2012). Los métodos de relajación se refieren a cualquier actividad o método intencional realizado para lograr un estado de mayor calma y concentración, como lo son la acupuntura, Qigong y el Reiki (Laborde et al., 2018), lo que lo convierte en un buen candidato para aumentar el SNP al igual que el sueño.

Se sabe que la música tiene propiedades "calmantes" o "estimulantes" para los atletas y estas propiedades también se reflejan en aumentos o disminuciones en el SNA asociados con diferentes géneros musicales. Escuchar música sedante, por ejemplo, se relaciona con una respuesta más alta del SNP, que al escuchar música emocionante la cual genera una activación del SNS.(Laborde et al., 2018). Además, debe tenerse en cuenta el tempo (beats por minuto) de la canción, ya que a mayor número de repeticiones por minuto puede generarse mayor estimulación del SNS y con esto estar más alerta al momento de una competición. (Atkinson et al., 2004)

El ejercicio es de los principales estimulantes del SNA, dependiendo el tipo de ejercicio se puede ver cierta preferencia por la respuesta de la rama estimulada. Los ejercicios explosivos generaran una respuesta del SNS a corto plazo, mientras que los de larga duración estimularan el SNP. (Povea, 2006)

Por otra parte, debe tenerse en cuenta el medio ambiente donde se desenvuelve el atleta. Las relaciones psicosociales y afectivas marcarán un importante hito en la balanza neurovegetativa, ya que las emociones conducirán a múltiples respuestas que dependerán del agente estresor y/o emocional(Quintana & Heathers, 2014). Además, el ambiente físico determinara otros parámetros al momento de la evaluación de la VRC, como lo son: la hora del día, la temperatura y la altitud entre los más destacados.

La luz puede marcar una activación del SNS durante el registro de la toma de la VRC (Schäfer & Kratky, 2006). Por otro lado, la temperatura ambiente generara también cambios en la balanza neurovegetativa, dependiente del grado de calor del entorno del individuo, como ya se indicó anteriormente, la temperatura puede influir en la respuesta del SNA. Después de la exposición al frío ambiental, parece aumentar la respuesta del SNP posterior a la aclimatación. Mientras que la exposición al calor aumenta la respuesta del SNS.(Laborde et al., 2018)

Para finalizar, la altitud cobra importancia en la valoración del atleta, dado los cambios fisiológicos ya conocidos por la hipoxia generada. Respecto con la VRC, se generan cambios agudos con cambios mayores a 2.700 m por encima del nivel del mar, generando una respuesta a corto plazo en el SNS, con posterior adaptación alrededor de los 7 a 14 días del SNP (Schmitt et al., 2006; Trimmel, 2011). Cuando los individuos regresan a niveles más bajos de altitud después de vivir en altitudes moderadas, un efecto positivo en el SNP permanece durante un cierto tiempo. (Laborde et al., 2018)

3.1.2 Condiciones para el registro de la VRC

Durante el registro de la VRC se debe tener en cuenta la posición del atleta, ya que en decúbito supino se presume el SNA se encuentra en estado de “calma” y la rama predominante estaría relacionada con el SNP, al igual que, la respuesta con el cambio de posición a bipedestación genera una respuesta inmediata predominante del SNS, siempre y cuando el sujeto conserve un equilibrio de su SNA. Además, posterior al ejercicio presentara una respuesta predominante del SNP. Se debe resaltar que ambas ramas actúan de manera sinérgica en condiciones normales. De igual manera, se deben tener en cuenta las condiciones ambientales, cronobiológicas y nutricionales que puedan afectar los resultados de la balanza neurovegetativa.(Laborde et al., 2018; Povea, 2006)

Es así, como se han establecido ciertos parámetros al momento de la toma del registro de la VRC para disminuir los errores y poder controlar la mayor cantidad de variables que permitan una adecuada interpretación del registro.

Inicialmente la VRC se realizaba con el registro continuo electrocardiográfico (ECG), en el cual, se puede registrar segundo a segundo el ritmo sinusal (R-R) y con estas medidas se realizaba los cálculos estadísticos ya mencionados del dominio temporal y frecuencial.

Con el advenimiento de la tecnología se ha facilitado el estudio de la VRC, y muchos dispositivos inalámbricos permiten este registro de manera segura sin necesidad de estar conectado a un ordenador, es así, como algunos brazaletes, bandas o relojes permiten el registro de la VRC (ej: banda polar H10) de forma más sencilla y práctica. Para su procesamiento y análisis se requiere de softwares especializados, los cuales de manera sistemática realizan los cálculos y las transformadas para descomponer todo el análisis de los datos y mostrarlo de manera gráfica, dinámica y simplificada como es el caso de Kubios.

3.2 PLATAFORMAS DE FUERZA Y ANÁLISIS DEL SALTO

La fuerza muscular desempeña un papel importante en el rendimiento deportivo. Cada vez más surgen nuevos métodos especializados para el desarrollo de las diferentes manifestaciones de la fuerza,(Serrato Roa, 2008) y una de ellas son las plataformas de fuerza en las cuales se puede analizar los diferentes saltos. El progreso en los deportes de alto rendimiento está relacionado con el entrenamiento de la fuerza, especialmente en disciplinas de corta o moderada duración. Por eso los programas de entrenamiento deportivo van dirigidos tanto al rendimiento como a la mejoría de la condición física para prevenir lesiones y optimizar la rehabilitación de las mismas. (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010)

La fuerza se define como la capacidad física para realizar un trabajo o un movimiento, (fuerza = masa x aceleración, donde la aceleración hace referencia a la velocidad sobre el tiempo en segundos) y sus unidades se dan en *Newtons (N)*. Además, la fuerza es la cualidad básica de las demás cualidades condicionales y coordinativas, es decir, la cinemática.(Serrato Roa, 2008)

La fuerza muscular hace referencia al poder de contracción de los músculos como resultado de un solo esfuerzo máximo, en un movimiento dado, a una velocidad específica.(Knuttgen & Kraemer, 1987) Otros autores la han definido más recientemente como la habilidad para generar tensión bajo determinadas condiciones definidas por la posición del cuerpo, el movimiento en el que se aplica la fuerza, tipo de activación (concéntrica, excéntrica, isométrica) y la velocidad del movimiento.(Harman, 1993)

El músculo se contrae, pero debe transmitir la tensión generada al tendón, este al hueso y el hueso por un sistema de palancas a la resistencia externa a vencer (torque). Esto implica los aspectos mecánicos del proceso. La fuerza aplicada, la cual se define como manifestación externa de la tensión interna generada por el musculo, teniendo en cuenta que la fuerza interna (realizada por activación de sistema neuromuscular), y la fuerza externa (la resultante en términos de trabajo físico realizado).(Serrato Roa, 2008)

Existen varios tipos de contracción muscular los cuales se resumen en la siguiente tabla, que cobran importancia en el proceso de evaluación médico-deportivo y dependen cada una del tipo de movimiento realizado (dinámico o estático).

Tabla 3-4: Tipos de contracción muscular

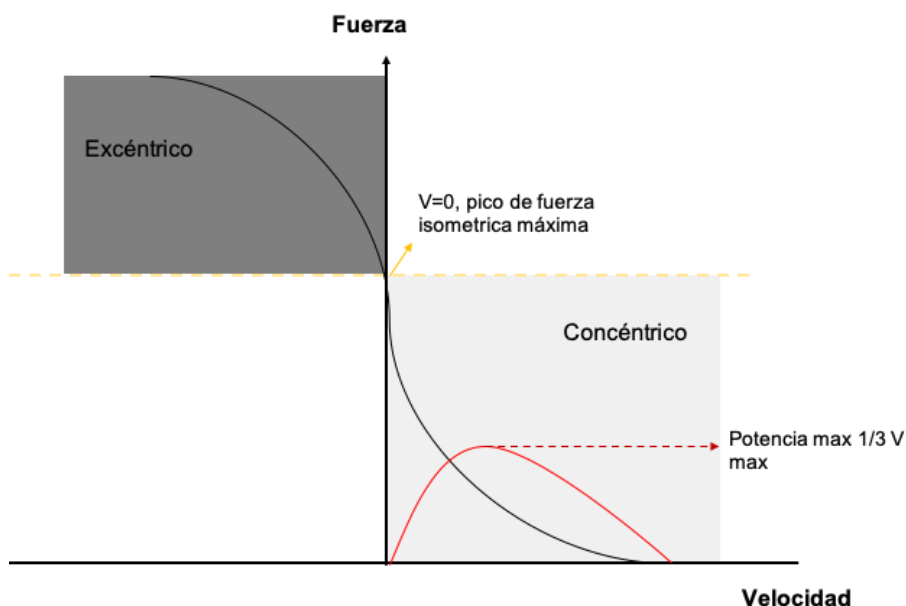
| Contracción | Definición |
|--------------------|--|
| Concéntrica | Se produce cuando se genera fuerza al acortar el músculo. |
| Excéntrica | Se produce cuando se genera una fuerza a medida que el músculo se alarga. |
| Isométrica | Se produce cuando se genera la fuerza, pero no se produce ningún cambio aparente en la longitud muscular total. |
| Auxotónica | Se produce cuando la contracción es dinámica (con movimiento) y el tono del músculo varía en cada punto del rango de movimiento. |
| Isocinética | Se produce al generar artificialmente una contracción con una velocidad constante, que oponga una resistencia variable y máxima en cada punto del rango de movimiento. |

El trabajo realizado (unidad de medición en *Julios*) se relaciona con la fuerza aplicada que genere un desplazamiento, la cual se realiza siempre en un tiempo determinado, lo cual define la potencia (tasa de producción de trabajo en función del tiempo, unidad de medida vatios, *W*). La relación fuerza-velocidad tiende a ser inversamente proporcional, quiere decir que a mayor fuerza menor velocidad. (Serrato Roa, 2008)

Dependiendo de múltiples factores, la curva fuerza-velocidad de un atleta en un movimiento específico tenderá a ser más predominante en cada punto de la curva y será la sumatoria de la preponderancia del tipo de fibras disponibles y su mecanismo de reclutamiento (Serrato Roa, 2008). Se encuentra un punto de la máxima eficiencia de la relación fuerza-velocidad en la cual se logra la potencia máxima, no es ni con los movimientos más veloces ni con los movimientos más fuertes, usualmente se encuentra la máxima potencia en 1/3 de la velocidad máxima (gráfica 3-1). Aunque este valor cambia

en cada grupo muscular por la interacción entre fuerzas y brazos de palanca, se puede estimar este valor como general (Serrato Roa, Mauricio. Galeano, 2015)

Grafica 3-1: Curva Fuerza Velocidad



(Serrato Roa, 2008)

La medición de las cualidades físicas de los atletas permite evaluar las respuestas a las cargas de entrenamiento, lo cual permite generar un seguimiento y control de estas. Existen numerosas pruebas (campo y laboratorio) al igual que dispositivos que permiten generar una línea de base (punto de partida) para su posterior comparación. La potencia constituye una cualidad determinante para monitorizar el rendimiento en un deporte que contenga características explosivas. El salto es la principal manifestación de la fuerza explosiva y reactiva, de manera que la evaluación del salto establece acercamiento de las condiciones de potencia, fuerza reactiva y curva fuerza velocidad. (Serrato Roa, 2008)

De esta forma, el salto se convierte en un gesto completo en el cual participan factores especializados de la fibra muscular como el componente elástico, la capacidad de reclutamiento de las unidades motoras rápidas, la capacidad coordinativa, las cadenas cinéticas y el tipo de fibra que se encuentra involucrado. Además, este gesto involucra

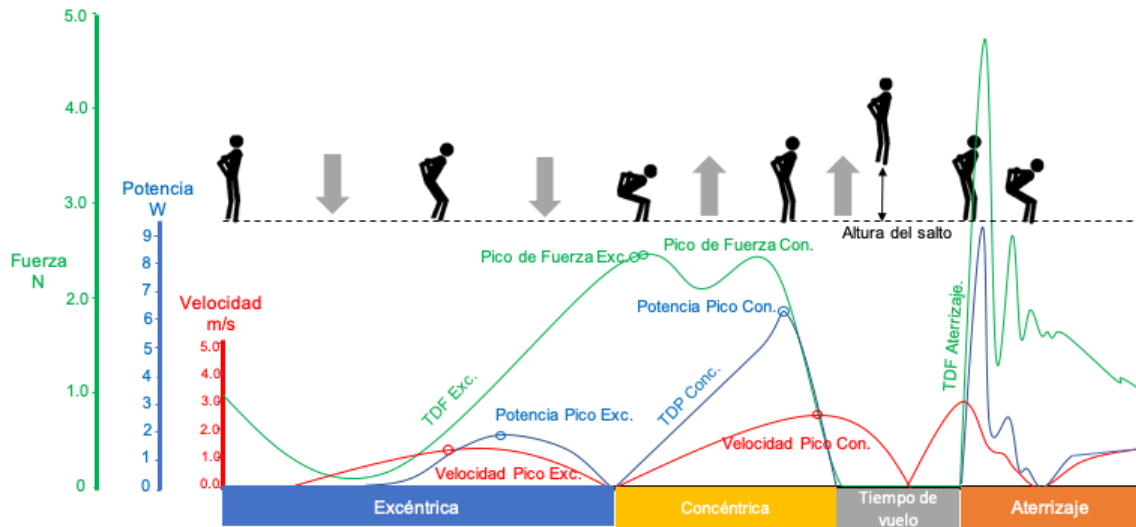
varios movimientos coordinados de grandes grupos musculares, lo cual, constituye un indicador de la capacidad de generar potencia en un movimiento explosivo.(Serrato Roa, 2008). El objetivo del diagnóstico de la fuerza es permitir detectar los cambios en las cualidades específicas, tanto de la fuerza como neuromusculares, para proveer un seguimiento y generar intervenciones en el entrenamiento mucho más precisas y basadas en los requerimientos específicos de cada atleta.(Serrato Roa, Mauricio. Galeano, 2015)

Hace alrededor de 40 años, en Finlandia, un educador físico de nombre Carmelo Bosco realizo una prueba en la cual compara la curva fuerza-velocidad angular con la actividad eléctrica del musculo durante varios tipos de salto: *Squat Jump (SJ)*, *Drop Jump (DJ)* y Salto Contra-Movimiento (*CMJ*). Este último salto es el más estudiado, ya que incluye el componente elástico a la fuerza explosiva, pudiendo evaluar la contracción excéntrica y concéntrica (fase estiramiento acortamiento). El cual inicia el atleta desde la posición vertical, a partir de la cual se hace una flexión hasta un Angulo de 90° e inmediatamente se realiza el salto sin soltar las manos de la cintura, cayendo con las piernas extendidas.(Bosco et al., 1983)

El CMJ no solo permite evaluar el pico de fuerza o potencia respectivamente, sino también para examinar las curvas fuerza-tiempo, potencia y velocidad generadas durante estas pruebas como un medio para evaluar el desempeño de fuerza y potencia y monitorizar las adaptaciones al entrenamiento y/o la fatiga. Las variables más estudiadas en este tipo de análisis son la altura del salto, tiempo de vuelo y otras medidas del desempeño neuromuscular como la evaluación de la tasa de desarrollo de fuerza o *RDF (Rate of Development of Force)*, que sirven también para medir la fatiga neuromuscular. (Gathercole et al., 2015; Serrato Roa, Mauricio. Galeano, 2015)

Durante el CMJ se pueden evidenciar 4 fases (excéntrica, concéntrica, tiempo de vuelo y aterrizaje) según los movimientos descritos anteriormente, además en cada una de las fases se evalúan diferentes variables que permiten realizar un seguimiento con el fin de mejorar rendimiento y detectar fatiga neuromuscular. En la gráfica 3-2 se describe cada una de las fases y algunas de las variables utilizadas para su mayor comprensión.

Grafica 3-2: Fases del CMJ y variables para evaluación del rendimiento y fatiga neuromuscular



modificada de (Cohen, 2020; Gathercole et al., 2015; Serrato Roa, Mauricio. Galeano, 2015).

Para este tipo de mediciones se requiere de plataformas de fuerza, las cuales son dispositivos que registran el análisis de las fuerzas de reacción que se producen por efecto de la acción de la gravedad sobre el centro de gravedad del cuerpo y los vectores que se generan tridimensionalmente (Serrato Roa, Mauricio. Galeano, 2015). Esto se realiza a través de celdas de carga triaxiales que, dependiendo del tipo de plataforma, se encuentran dispuestas para registrar el momento vertical de la fuerza en relación con el tiempo, con una frecuencia de muestreo hasta de 1000 ciclos por segundo.

3.2.1 Variables análisis de salto

Existen múltiples variables estudiadas para el análisis de *CMJ*, específicas para determinar rendimiento deportivo y fatiga neuromuscular (Gathercole et al., 2015), se pueden clasificar como variables típicas y alternativas, las cuales se describen en las siguientes tablas:

Tabla 3-5: Variables típicas del CMJ. Modificado

| Variable | Unidad | Descripción |
|-------------------------------|-------------------|---|
| Concentric mean Force | N (Newton) | Fuerza media durante la fase concéntrica |
| Concentric mean power | W (Vatios) | Potencia media durante la fase concéntrica |
| Concentric peak force | N (Newton) | Mayor fuerza lograda durante la fase concéntrica |
| Flight Time | ms (milisegundos) | Tiempo pasado en el aire desde el despegue hasta el aterrizaje |
| Contraction Time:Flight Time | | Relación entre el tiempo de vuelo y el tiempo de contracción |
| Jump height | cm (centímetros) | Altura máxima del salto calculada usando el tiempo de vuelo |
| Jump height (momento-impulso) | cm (centímetros) | Altura máxima del salto calculada usando el método de impulso-momento |
| Peak power | W (Vatios) | Mayor potencia lograda |

(Heishman et al., 2020)

Tabla 3-6: Variables alternativas de la fase concéntrica del CMJ

| Variable | Unidad | Descripción |
|---------------------|-------------------|---|
| Concentric duration | ms (milisegundos) | Duración de la fase concéntrica |
| Concentric impulse | N (Newton) | Fuerza concéntrica ejercida multiplicada por el tiempo empleado |

| | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|
| Concentric RFD 50ms | N. s (Newton por segundo) | Mayor tasa de aumento de fuerza durante un periodo de 50 ms sobre la fase concéntrica |
| Concentric peak velocity | m.s (metros por segundo) | Mayor velocidad alcanzada durante la fase concéntrica |
| Concentric RFD | N.s (Newton por segundo) | Tasa de desarrollo de la fuerza lograda sobre la fase concéntrica |
| Concentric RPD | W.s (vatios por segundo) | Tasa de desarrollo de energía desde el inicio de la fase concéntrica a la máxima potencia |
| Contraction tiem | ms (milisegundos) | Duración desde el inicio del salto hasta el despegue |
| Force at maximal power | N (Newton) | Fuerza ejercida a máxima potencia |
| Reactive forcé index modified | m.s (metros por segundo) | Altura del salto (calculada a partir del tiempo de vuelo) dividida por tiempo de contracción |
| Velocity at maximal power | m.s (metros por segundo) | Velocidad vertical alcanzada a la potencia máxima durante la fase de despegue |

modificado (Heishman et al., 2020)

Tabla 3-7: Variables alternativas de la fase excéntrica del CMJ

| Variable | Unidad | Descripción |
|-----------------------------------|--------------------------|--|
| Breaking phase duration | s (segundos) | Período desde la fuerza mínima hasta el inicio de la fase concéntrica |
| Eccentric breaking RFD | N.s (Newton por segundo) | Tasa de desarrollo de la fuerza desde la fuerza mínima al inicio de la fase de frenado activo hasta la velocidad cero al final de la fase excéntrica |
| Eccentric deceleration duration | s (segundos) | Período de tiempo desde la velocidad máxima negativa hasta la velocidad cero al final de la fase excéntrica |
| Eccentric Deceleration RFD | N.s (Newton por segundo) | Tasa de desarrollo de la fuerza desde la mayor velocidad negativa hasta la velocidad cero al final de la fase excéntrica |
| Eccentric Duration | ms (milisegundo) | Duración de la fase excéntrica |
| Eccentric mean breaking force | N (Newton) | Fuerza media durante la fase de frenado excéntrico desde la fuerza mínima hasta la velocidad cero al final de la fase excéntrica |
| Eccentric mean deceleration force | N (Newton) | Fuerza media durante la fase de rotura excéntrica |

| | | |
|-------------------------|------------------------|---|
| | | desde la fuerza mínima hasta la velocidad cero |
| Eccentric mean force | N (Newton) | Fuerza media durante la fase excéntrica desde el inicio del movimiento hasta la velocidad cero |
| Eccentric mean power | W (Vatios) | Potencia media durante la fase excéntrica desde el inicio del movimiento hasta la velocidad cero |
| Eccentric maximal force | N (Newton) | Mayor fuerza lograda durante la fase excéntrica |
| Force at zero velocity | N (Newton) | Fuerza ejercida en el inicio concéntrico |
| Stiffness | N.m (Newton por metro) | Cambio en la fuerza vertical dividida por el desplazamiento del contramovimiento durante la fase excéntrica |

modificado (Heishman et al., 2020)

4. Materiales y métodos

4.1 Características de la población

El presente trabajo se realizó con 12 atletas del equipo masculino categoría mayores de la Liga de Voleibol de Bogotá, durante el año 2020. Las características generales de la población se describen en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Características generales de la población

| | Grupo 1 n=6 | Grupo 2 n=6 |
|-------------|----------------|----------------|
| Talla (cm) | 190 ± 6,4 | 189,7 ± 9,2 |
| Peso (kg) | 78,8 ± 8,5 | 81,2 ± 7 |
| Edad (años) | 21,8 ± 5,9 | 24,8 ± 9,7 |

4.2 Metodología:

Ensayo aleatorizado cruzado. Los atletas de la selección mayor de Bogotá fueron citados a una reunión informativa de manera virtual por la plataforma ZOOM, donde se explicó el proyecto, los objetivos, los riesgos y posibles beneficios de este. Quienes estuvieron interesados, de manera libre, en participar, firmaron, previa lectura y aclaración de dudas, el consentimiento informado. Posteriormente, en fechas que se concertaron con la población a estudio, se realizó medición del CMJ utilizando plataformas de fuerza Pasco (Passport forcé platform PS 2141) y el software forcedecks. De las múltiples variables que arroja el software, se escogieron las relacionadas con el rendimiento neuromuscular. Además, se analizaron registros de frecuencia cardiaca tomados con sensores SUNTTO,

y se analizó la VRC con el software Kubios, durante un test de estado del SNA.

Estos datos fueron adquiridos previo a la intervención (PRE T1), luego los atletas se repartieron aleatoriamente en 2 grupos (INTERVENCION Y CONTROL), al grupo INTERVENCION se aplicaron cambios en el estilo de vida, que se describirán más adelante durante 3 semanas, el grupo CONTROL continuo con su estilo de vida. Luego de esta primera intervención se realizaron nuevamente la medición de VRC y CMJ (POST T1- PRE T2). Posteriormente se cruzaron los grupos, así el grupo que había recibido la intervención paso a ser CONTROL y viceversa. Terminando con una última medición de VRC y CMJ (POST T2).

4.3 CMJ

Previo a la valoración inicial, los sujetos realizaron CMJ de practica para familiarizarse con la técnica del salto y las plataformas de fuerza, realizaron los saltos necesarios para adquirir la técnica del salto. En cada una de las valoraciones los sujetos realizaran 5 saltos sobre las plataformas, previo calentamiento específico del deporte y de la técnica del salto, de los cuales se analizó las variables del mejor salto y del promedio de los 5 saltos.

4.4 Test de estado del Sistema Nervioso Autónomo

El test se realizó en un sitio sin ruido, con la intensidad de la luz controlada, entre las 7 y las 10 de la mañana. Las últimas 24 horas no debían ingerir bebidas alcohólicas, el sueño de la última noche debió ser el regular y suficiente para generar descanso, no debían consumir bebidas con cafeína en la mañana previo al test, y no debían fumar. Los sujetos debían intentar realizar las actividades previo al test tal y como lo hacen regularmente. Se realizo el registro RR de la frecuencia cardiaca con el sensor, durante diferentes fases así:

- Transición (1 minuto) posición decúbito brazos y piernas sobre la colchoneta, no habla.
- Decúbito (4 minutos) posición decúbito brazos y piernas sobre la colchoneta, no habla.

- Respiración controlada 10 ciclos (1 minuto) decúbito brazos y piernas sobre la colchoneta, no habla, se indicó como debía respirar con ayuda de metrónomo “inhale-exhale”
- Respiración controlada 12 ciclos (1 minuto) decúbito brazos y piernas sobre la colchoneta, no habla, se indicó como debía respirar con ayuda de metrónomo “inhale-exhale”
- Cambio Postural Ortostático (1 minuto) se coloca de pie y se mantiene en bipedestación, no habla.
- Ortostatismo (4:15 minutos) se mantiene quieto en bipedestación, no habla
- Ruffier (45 segundos) realiza 30 sentadillas con 90° de flexión de rodilla
- 1er minuto de Recuperación (1 minutos) decúbito brazos y piernas sobre la colchoneta, no habla.
- Recuperación (3:30 minutos) decúbito brazos y piernas sobre la colchoneta, no habla.

4.5 Intervención

4.5.1 Alimentación

El primer alimento del día se debía consumir dentro de los primeros 20 minutos posterior al despertar y este alimento debía ser una proteína.

4.5.2 Temperatura de agua

La ducha se debía tomar con disminución de la temperatura del agua habitual y que, al

finalizar, por lo menos durante 30 segundos, sea con agua fría (10°-14°)

4.5.3 Música

Día a Día se envió una lista de música con beats.min mayor a 100, para ser escuchada durante el entrenamiento y las diferentes actividades diarias.

4.5.4 Ejercicio

Los ejercicios de fortalecimiento estaban encaminados a fortalecer los mismos grupos musculares que en el grupo control, con la diferencia que estos incluyeron agarres específicos y ejercicios por encima del nivel de la cabeza, derivados del levantamiento olímpico.

4.5.5 Respiración

Se enseñaron técnicas de respiración durante las sesiones de entrenamiento y fortalecimiento.

4.6 Análisis estadístico

Se usó la correlación de Pearson para examinar la relación entre las variables del CMJ y Las variables de la VRC usando el software de minería de datos, Clementine SPSS 11.1® y Statview 7.0®. La magnitud de las correlaciones se estableció tal como lo describe la siguiente tabla:

Tabla 4-2: Determinación de la magnitud de correlaciones

| Magnitud coeficiente de correlación | Rango |
|--|--------------|
| Trivial | <0,1 |
| Menor | 0,1-0,3 |
| Mediano | 0,3-0,5 |
| Fuerte | 0,5-0,7 |
| Muy Fuerte | 0,7-0,9 |
| Casi perfecto | >0,9 |

Adaptado de: (Hopkins, 2015)

El cálculo del modelo de ajuste R^2 se usó para examinar el porcentaje de dependencia entre variables. Además, se consideró la significancia estadística con un valor de $p \leq 0,05$.

Se utilizó la prueba T para comparación entre las medidas pre versus post, tanto de la primera y segunda intervención, como del consolidado de las 2 intervenciones.

5. Consideraciones ambientales y éticas

El presente trabajo ha sido aprobado por el comité de ética de la facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia bajo el **ACTA DE EVALUACIÓN**: N°. 024-320-19 del 13 de diciembre del 2019.

El presente constituye un ensayo aleatorizado con riesgo mínimo, de acuerdo a lo establecido en la Resolución No. 8430 de 1993 del Ministerio de Salud.

Consentimiento Informado: Conforme la citada resolución, el proyecto requiere que los sujetos firmen el consentimiento informado que se adjunta, previo al inicio de la investigación.

6. Resultados

6.1 Primera intervención

La tabla 6-1 describe los hallazgos en las variables de la VRC para el primer periodo de intervención. Se encontraron diferencias entre los grupos, durante la recuperación, en el índice PNS, para el GC un delta de $0,251 \pm 1,37$ y para el GI de $1,154 \pm 0,88$ ($p=0,024$)(grafica 6-1), también en el RMSSD, para el GC un delta de $4,031 \pm 25,6$ ms y para el GI de $36,695 \pm 32,2$ ms ($p=0,029$)(grafica 6-2).

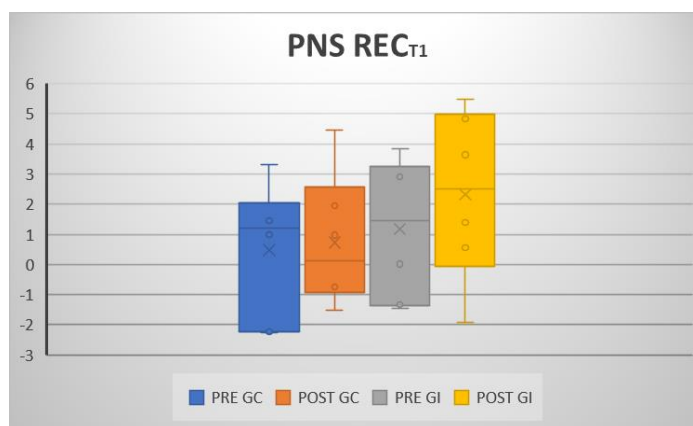
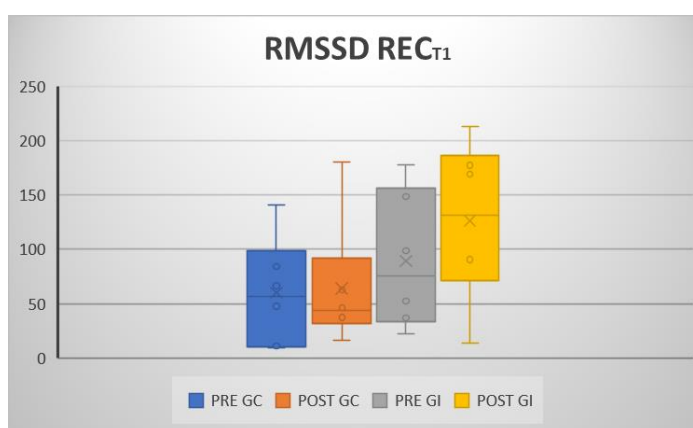
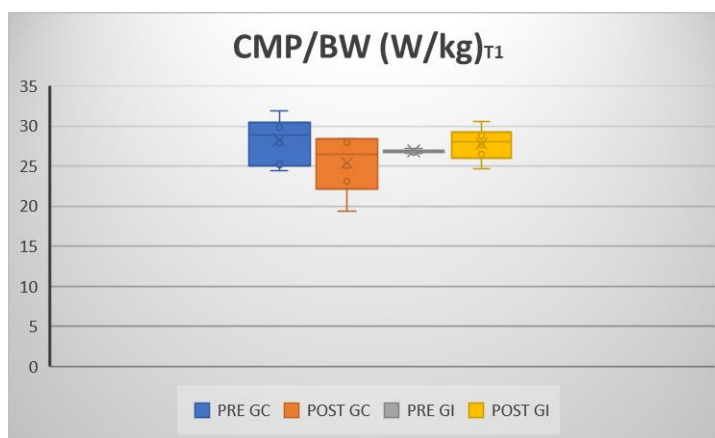
Tabla 6-1: Variables de la VRC durante el primer periodo de intervención

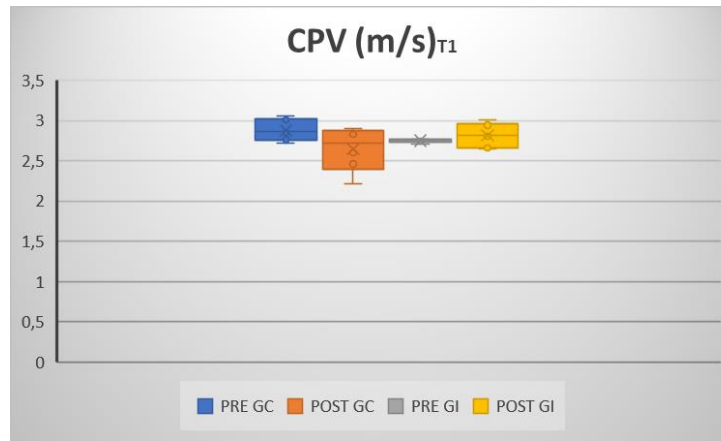
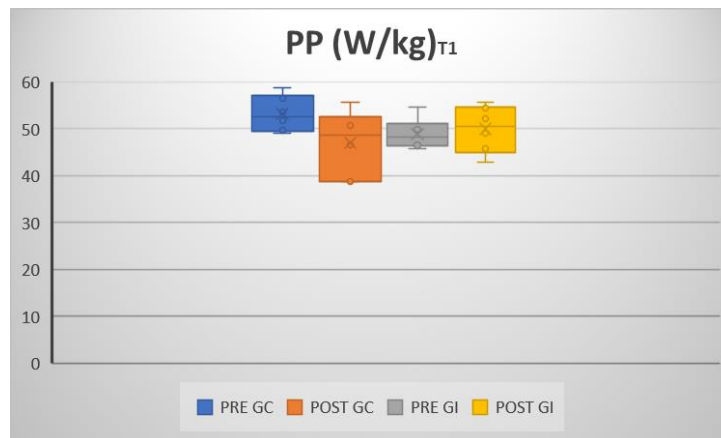
| | GC pre n=6 | GC post n=6 | Delta GC | % Delta GC | p GC | GI pre n=6 | GI post n=6 | Delta GI | % Delta GI | p GI |
|------------------------------------|------------|-------------|----------|------------|-------|------------|-------------|----------|------------|-------|
| PNS index DEC | -0,037 | 0,706 | 0,742 | 2022,570 | 0,267 | 0,379 | 0,938 | 0,559 | 147,549 | 0,254 |
| Mean HR (beats/min) DEC | 69,222 | 62,461 | -6,761 | -9,768 | 0,239 | 70,058 | 67,474 | -2,584 | -3,688 | 0,336 |
| LF (ms ²) DEC | 684,017 | 974,731 | 290,714 | 42,501 | 0,299 | 2422,005 | 3802,423 | 1380,417 | 56,995 | 0,576 |
| VLF (%) DEC | 7,172 | 9,114 | 1,942 | 27,075 | 0,740 | 3,504 | 3,842 | 0,338 | 9,650 | 0,810 |
| LF/HF ratio DEC | 1,739 | 1,289 | -0,450 | -25,856 | 0,685 | 1,722 | 1,453 | -0,268 | -15,589 | 0,721 |
| Stress index CPO | 14,367 | 13,022 | -1,344 | -9,358 | 0,569 | 11,521 | 10,778 | -0,743 | -6,450 | 0,567 |
| Max HR (beats/min) CPO | 111,227 | 109,574 | -1,653 | -1,487 | 0,692 | 115,537 | 111,491 | -4,045 | -3,501 | 0,384 |
| SNS index ORT | 2,551 | 1,861 | -0,690 | -27,032 | 0,360 | 2,465 | 1,918 | -0,547 | -22,181 | 0,233 |
| LF (ms ²) ORT | 1339,967 | 1306,866 | -33,101 | -2,470 | 0,906 | 2162,340 | 1769,819 | -392,521 | -18,153 | 0,526 |
| HF (ms ²) ORT | 257,244 | 139,205 | -118,039 | -45,886 | 0,166 | 385,779 | 623,323 | 237,544 | 61,575 | 0,325 |
| VLF (%) ORT | 7,821 | 8,777 | 0,957 | 12,231 | 0,470 | 5,360 | 5,722 | 0,363 | 6,768 | 0,820 |
| LF (%) ORT | 80,035 | 82,295 | 2,261 | 2,825 | 0,442 | 78,140 | 74,375 | -3,765 | -4,819 | 0,586 |
| Total power (ms ²) ORT | 1699,464 | 1588,324 | -111,140 | -6,540 | 0,739 | 2641,637 | 2513,743 | -127,894 | -4,841 | 0,833 |
| SNS index RUF | 8,278 | 6,452 | -1,826 | -22,057 | 0,066 | 8,030 | 6,466 | -1,564 | -19,478 | 0,308 |
| Min HR (beats/min) R1 | 83,486 | 83,365 | -0,122 | -0,146 | 0,988 | 74,476 | 78,896 | 4,421 | 5,936 | 0,192 |
| PNS index REC | 0,476 | 0,727 | 0,251 | 52,717 | 0,672 | 1,169 | 2,323 | 1,154 | 98,652 | 0,024 |
| Mean HR (beats/min) REC | 70,048 | 67,117 | -2,930 | -4,183 | 0,634 | 70,909 | 68,142 | -2,767 | -3,902 | 0,339 |
| RMSSD (ms) REC | 59,883 | 63,914 | 4,031 | 6,731 | 0,716 | 89,356 | 126,051 | 36,695 | 41,065 | 0,029 |
| LF (ms ²) REC | 1565,585 | 1001,350 | -564,235 | -36,040 | 0,346 | 1602,650 | 1838,966 | 236,316 | 14,745 | 0,718 |
| HF (ms ²) REC | 2116,533 | 2629,360 | 512,827 | 24,230 | 0,652 | 6197,081 | 8697,863 | 2500,782 | 40,354 | 0,146 |
| HF (%) REC | 52,968 | 58,527 | 5,558 | 10,494 | 0,525 | 71,504 | 74,622 | 3,119 | 4,361 | 0,416 |
| Total power (ms ²) REC | 3854,657 | 3715,392 | -139,266 | -3,613 | 0,903 | 7851,121 | 10646,230 | 2795,109 | 35,601 | 0,177 |

En la tabla 6-2 se encuentran los valores de las variables del CMJ. Se encontraron diferencias en la CMP/BW, para el GC un delta de $0,917 \pm 2,1$ W/kg y para el GI $-2,833 \pm 1.9$ W/kg ($p=0,015$)(grafica 6-3), en la CPV máxima, para el GC un delta de $0,065 \pm 0,16$ m/s y para el GI un delta de $-0,232 \pm 0.18$ m/s ($p=0,025$)(grafica 6-4), en la C-RPD 50ms máxima, para el GC un delta de $616,883 \pm 2.511$ W/s y para el GI un delta de $-2.290,7 \pm 1.703$ W/s ($p=0,022$)(grafica 6-5), en la PP máxima, para el GC un delta de $1,050 \pm 4,3$ W/kg y para GI un delta de $-6,217 \pm 4,6$ W/kg ($p=0.022$)(grafica 6-6), y en la velocidad vertical de despegue máxima, para el GC un delta de $0,068 \pm 0,15$ m/s y para el GC $-0,204 \pm 0,16$ m/s ($p=0.027$)(grafica 6-7).

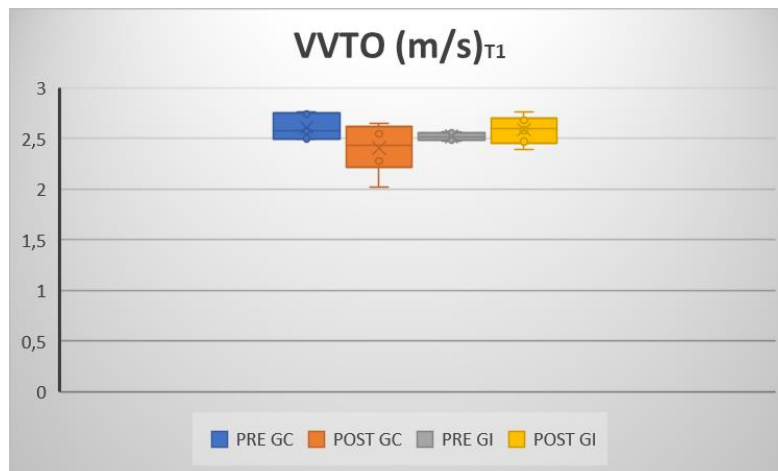
Tabla 6-2: Variables del CMJ durante el primer periodo de intervención

| | GC pre n=6 | GC post n=6 | Delta GC | % Delta GC | p GC | GI pre n=6 | GI post n=6 | Delta GI | % Delta GI | p GI |
|--|------------|-------------|----------|------------|-------|------------|-------------|-----------|------------|-------|
| Concentric Mean Power / BM [W/kg] max | 26,850 | 27,767 | 0,917 | 3,414 | 0,325 | 28,200 | 25,367 | -2,833 | -10,047 | 0,015 |
| Concentric Mean Power / BM [W/kg] prom | 26,350 | 27,533 | 1,183 | 4,491 | 0,299 | 27,517 | 26,200 | -1,317 | -4,785 | 0,125 |
| Concentric Peak Force / BM [N/kg] max | 24,400 | 24,317 | -0,083 | -0,342 | 0,861 | 23,567 | 22,950 | -0,617 | -2,617 | 0,172 |
| Concentric Peak Force / BM [N/kg]prom | 26,350 | 27,533 | 1,183 | 4,491 | 0,299 | 27,517 | 26,200 | -1,317 | -4,785 | 0,125 |
| Concentric Peak Velocity [m/s]max | 2,748 | 2,813 | 0,065 | 2,365 | 0,352 | 2,877 | 2,645 | -0,232 | -8,053 | 0,025 |
| Concentric Peak Velocity [m/s]prom | 2,725 | 2,810 | 0,085 | 3,119 | 0,351 | 2,823 | 2,748 | -0,075 | -2,656 | 0,161 |
| Concentric RPD - 50ms [W/s]max | 22983,767 | 23600,650 | 616,883 | 2,684 | 0,574 | 21897,400 | 19606,700 | -2290,700 | -10,461 | 0,022 |
| Concentric RPD - 50ms [W/s]prom | 23307,767 | 23736,733 | 428,967 | 1,840 | 0,627 | 22192,133 | 20207,950 | -1984,183 | -8,941 | 0,228 |
| Contraction Time [ms] max | 806,333 | 818,167 | 11,833 | 1,468 | 0,692 | 837,000 | 896,167 | 59,167 | 7,069 | 0,405 |
| Contraction Time [ms] prom | 808,333 | 824,167 | 15,833 | 1,959 | 0,551 | 835,667 | 900,500 | 64,833 | 7,758 | 0,280 |
| Eccentric Deceleration RFD / BM [N/s/kg]max | 81,000 | 79,000 | -2,000 | -2,469 | 0,813 | 75,167 | 66,667 | -8,500 | -11,308 | 0,067 |
| Eccentric Deceleration RFD / BM [N/s/kg]prom | 80,500 | 78,333 | -2,167 | -2,692 | 0,746 | 76,667 | 68,667 | -8,000 | -10,435 | 0,255 |
| Eccentric Mean Power / BM [W/kg] max | 8,469 | 8,430 | -0,039 | -0,462 | 0,852 | 8,061 | 8,254 | 0,193 | 2,388 | 0,748 |
| Eccentric Mean Power / BM [W/kg] prom | 8,645 | 8,504 | -0,141 | -1,627 | 0,432 | 8,099 | 8,129 | 0,030 | 0,372 | 0,963 |
| Eccentric Peak Velocity [m/s] max | -1,736 | -1,682 | 0,053 | -3,073 | 0,301 | -1,555 | -1,640 | -0,085 | 5,488 | 0,318 |
| Eccentric Peak Velocity [m/s] prom | -1,730 | -1,693 | 0,037 | -2,120 | 0,174 | -1,568 | -1,576 | -0,008 | 0,521 | 0,946 |
| Flight Time [ms] max | 580,333 | 575,833 | -4,500 | -0,775 | 0,598 | 586,000 | 600,833 | 14,833 | 2,531 | 0,086 |
| Flight Time [ms] prom | 569,000 | 567,333 | -1,667 | -0,293 | 0,825 | 576,833 | 593,000 | 16,167 | 2,803 | 0,103 |
| Movement Start to Peak Force [s] max | 0,523 | 0,500 | -0,022 | -4,274 | 0,654 | 0,513 | 0,573 | 0,060 | 11,801 | 0,338 |
| Movement Start to Peak Force [s] prom | 0,493 | 0,502 | 0,009 | 1,791 | 0,692 | 0,547 | 0,586 | 0,039 | 7,101 | 0,638 |
| Movement Start to Peak Power [s] max | 0,749 | 0,760 | 0,011 | 1,491 | 0,705 | 0,777 | 0,835 | 0,059 | 7,531 | 0,407 |
| Movement Start to Peak Power [s] prom | 0,749 | 0,765 | 0,017 | 2,249 | 0,538 | 0,775 | 0,840 | 0,065 | 8,346 | 0,275 |
| Peak Power / BM [W/kg] max | 48,900 | 49,950 | 1,050 | 2,147 | 0,573 | 53,217 | 47,000 | -6,217 | -11,682 | 0,022 |
| Peak Power / BM [W/kg] prom | 48,300 | 49,700 | 1,400 | 2,899 | 0,530 | 51,950 | 49,217 | -2,733 | -5,261 | 0,047 |
| Vertical Velocity at Takeoff [m/s] max | 2,518 | 2,586 | 0,068 | 2,700 | 0,308 | 2,610 | 2,406 | -0,204 | -7,822 | 0,027 |
| Vertical Velocity at Takeoff [m/s] prom | 2,498 | 2,581 | 0,083 | 3,316 | 0,304 | 2,565 | 2,500 | -0,066 | -2,560 | 0,161 |

Grafica 6-1: Diagrama de cambio de PNS REC en el primer periodo de intervención ($p=0.024$)**Grafica 6-2:** Diagrama de cambio de RMSSD REC en el primer periodo de intervención ($p=0.029$)**Grafica 6-3:** Diagrama de cambio de CMP/BW en el primer periodo de intervención ($p=0.015$)

Grafica 6-4: Diagrama de cambio de CPV en el primer periodo de intervención ($p=0.025$)**Grafica 6-5:** Diagrama de cambio de C-RPD 50ms para primer periodo de intervención ($p=0.022$)**Grafica 6-6:** Diagrama de cambio de PP en el primer periodo de intervención ($p=0.022$)

Grafica 6-7: Diagrama de cambio de VVTO en el primer periodo de intervención ($p=0.027$)



6.2 Segunda Intervención

En el segundo periodo de intervención, también se encontraron diferencias en la VRC entre los grupos (Tabla 6-3), durante el ortostatismo, la TP, para el GC tuvo un delta de $-1.267,128 \pm 1.086,98 \text{ ms}^2$ ($p=0.036$) y para el GI un delta de $283,703 \pm 1.164,21 \text{ ms}^2$ (grafica 6-8).

En el CMJ (Tabla 6-4), se encontraron diferencias en la CPV máxima, para el GC un delta de $0,253 \pm 1,99 \text{ m/s}$ ($p=0,044$) y para el GI un delta de $-0,162 \pm 1,98 \text{ m/s}$ (grafica 6-9), en la C-RPD 50ms promedio, para el GC un delta de $346,017 \pm 6.005 \text{ W/s}$ y para el GI un delta de $-3.101,905 \pm 3.970 \text{ W/s}$ ($p=0.044$) (grafica 6-10), en la VVTO máxima, para el GC un delta de $0,206 \pm 0,19 \text{ m/s}$ ($p=0,02$) y para el GI un delta de $-0,156 \pm 0,26 \text{ m/s}$ (grafica 6-11).

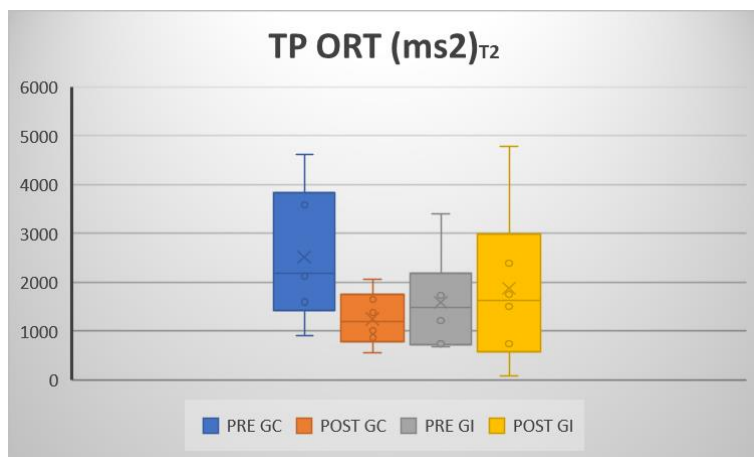
Tabla 6-3: Variables de la VRC durante el segundo periodo de intervención

| | GC pre n=6 | GC post n=6 | Delta GC | % Delta GC | p GC | GI pre n=6 | GI post n=6 | Delta GI | % Delta GI | p GI |
|------------------------------------|------------|-------------|-----------|------------|-------|------------|-------------|----------|------------|-------|
| PNS index DEC | 0,938 | 0,239 | -0,698 | -74,465 | 0,350 | 0,706 | 0,010 | -0,696 | -98,583 | 0,379 |
| Mean HR (beats/min) DEC | 67,474 | 70,982 | 3,507 | 5,198 | 0,328 | 62,461 | 67,139 | 4,677 | 7,489 | 0,332 |
| LF (ms ²) DEC | 3802,423 | 584,895 | -3217,527 | -84,618 | 0,318 | 974,731 | 685,729 | -289,002 | -29,649 | 0,509 |
| VLF (%) DEC | 3,842 | 3,904 | 0,062 | 1,607 | 0,964 | 9,114 | 5,460 | -3,654 | -40,087 | 0,453 |
| LF/HF ratio DEC | 1,453 | 0,807 | -0,646 | -44,451 | 0,243 | 1,289 | 1,185 | -0,105 | -8,120 | 0,873 |
| Stress index CPO | 10,778 | 14,565 | 3,787 | 35,141 | 0,040 | 13,022 | 15,484 | 2,461 | 18,902 | 0,257 |
| Max HR (beats/min) CPO | 111,491 | 113,650 | 2,159 | 1,936 | 0,525 | 109,574 | 111,352 | 1,778 | 1,623 | 0,728 |
| SNS index ORT | 1,918 | 2,731 | 0,812 | 42,347 | 0,087 | 1,861 | 2,914 | 1,052 | 56,524 | 0,380 |
| LF (ms ²) ORT | 1769,819 | 854,606 | -915,213 | -51,712 | 0,051 | 1306,866 | 1488,410 | 181,544 | 13,892 | 0,658 |
| HF (ms ²) ORT | 623,323 | 333,570 | -289,753 | -46,485 | 0,267 | 139,205 | 228,913 | 89,708 | 64,443 | 0,339 |
| VLF (%) ORT | 5,722 | 4,846 | -0,876 | -15,314 | 0,510 | 8,777 | 12,395 | 3,617 | 41,210 | 0,346 |
| LF (%) ORT | 74,375 | 72,657 | -1,717 | -2,309 | 0,759 | 82,295 | 79,133 | -3,163 | -3,843 | 0,386 |
| Total power (ms ²) ORT | 2513,743 | 1246,615 | -1267,128 | -50,408 | 0,036 | 1588,324 | 1872,027 | 283,703 | 17,862 | 0,577 |
| SNS index RUF | 6,466 | 6,451 | -0,015 | -0,235 | 0,986 | 6,452 | 7,765 | 1,313 | 20,344 | 0,343 |
| Min HR (beats/min) R1 | 78,896 | 82,055 | 3,158 | 4,003 | 0,306 | 83,365 | 85,791 | 2,426 | 2,911 | 0,623 |
| PNS index REC | 2,323 | 1,682 | -0,640 | -27,569 | 0,380 | 0,727 | 0,279 | -0,448 | -61,583 | 0,527 |
| Mean HR (beats/min) REC | 68,142 | 70,696 | 2,554 | 3,748 | 0,351 | 67,117 | 71,383 | 4,266 | 6,356 | 0,380 |
| RMSD (ms) REC | 126,051 | 105,588 | -20,463 | -16,234 | 0,337 | 63,914 | 56,394 | -7,520 | -11,765 | 0,572 |
| LF (ms ²) REC | 1838,966 | 852,042 | -986,925 | -53,667 | 0,078 | 1001,350 | 1496,390 | 495,040 | 49,437 | 0,445 |
| HF (ms ²) REC | 8697,863 | 6297,737 | -2400,126 | -27,594 | 0,411 | 2629,360 | 1897,194 | -732,166 | -27,846 | 0,471 |
| HF (%) REC | 74,622 | 77,883 | 3,261 | 4,370 | 0,455 | 58,527 | 49,926 | -8,600 | -14,695 | 0,448 |
| Total power (ms ²) REC | 10646,230 | 7218,400 | -3427,830 | -32,198 | 0,300 | 3715,392 | 3494,667 | -220,725 | -5,941 | 0,689 |

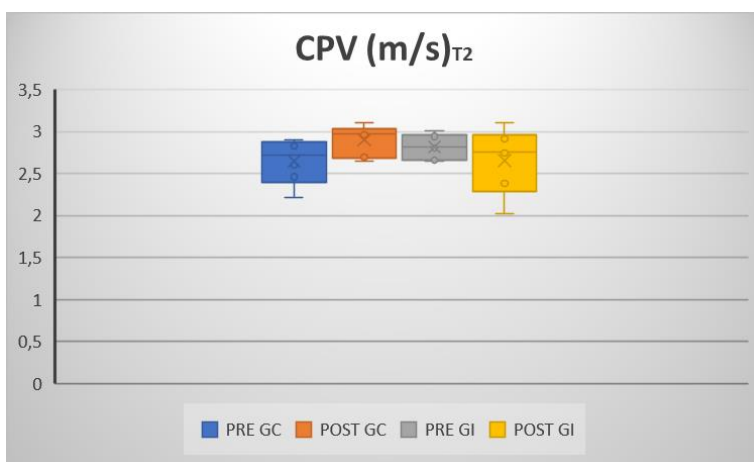
Tabla 6-4: Variables del CMJ durante el segundo periodo de intervención

| | GC pre n=6 | GC post n=6 | Delta GC | % Delta GC | p GC | GI pre n=6 | GI post n=6 | Delta GI | % Delta GI | p GI |
|--|------------|-------------|----------|------------|-------|------------|-------------|-----------|------------|-------|
| Concentric Mean Power / BM [W/kg] max | 25,367 | 27,067 | 1,700 | 6,702 | 0,280 | 27,767 | 25,383 | -2,383 | -8,583 | 0,307 |
| Concentric Mean Power / BM [W/kg] prom | 26,200 | 27,550 | 1,350 | 5,153 | 0,373 | 27,533 | 25,100 | -2,433 | -8,838 | 0,142 |
| Concentric Peak Force / BM [N/kg] max | 22,950 | 23,533 | 0,583 | 2,542 | 0,507 | 24,317 | 23,983 | -0,333 | -1,371 | 0,698 |
| Concentric Peak Force / BM [N/kg]prom | 26,200 | 27,550 | 1,350 | 5,153 | 0,373 | 27,533 | 25,100 | -2,433 | -8,838 | 0,142 |
| Concentric Peak Velocity [m/s]max | 2,645 | 2,898 | 0,253 | 9,578 | 0,044 | 2,813 | 2,652 | -0,162 | -5,746 | 0,251 |
| Concentric Peak Velocity [m/s]prom | 2,748 | 2,893 | 0,145 | 5,276 | 0,248 | 2,810 | 2,642 | -0,168 | -5,991 | 0,096 |
| Concentric RPD - 50ms [W/s]max | 19606,700 | 19997,917 | 391,217 | 1,995 | 0,879 | 23600,650 | 21146,267 | -2454,383 | -10,400 | 0,190 |
| Concentric RPD - 50ms [W/s]prom | 20207,950 | 20553,967 | 346,017 | 1,712 | 0,826 | 23736,733 | 20634,783 | -3101,950 | -13,068 | 0,044 |
| Contraction Time [ms] max | 896,167 | 864,500 | -31,667 | -3,534 | 0,694 | 818,167 | 870,667 | 52,500 | 6,417 | 0,164 |
| Contraction Time [ms] prom | 900,500 | 846,667 | -53,833 | -5,978 | 0,278 | 824,167 | 846,667 | 22,500 | 2,730 | 0,368 |
| Eccentric Deceleration RFD / BM [N/s/kg]max | 66,667 | 60,000 | -6,667 | -10,000 | 0,564 | 79,000 | 72,667 | -6,333 | -8,017 | 0,514 |
| Eccentric Deceleration RFD / BM [N/s/kg]prom | 68,667 | 62,667 | -6,000 | -8,738 | 0,382 | 78,333 | 73,333 | -5,000 | -6,383 | 0,524 |
| Eccentric Mean Power / BM [W/kg] max | 8,254 | 7,243 | -1,011 | -12,251 | 0,486 | 8,430 | 8,455 | 0,026 | 0,304 | 0,882 |
| Eccentric Mean Power / BM [W/kg] prom | 8,129 | 7,600 | -0,529 | -6,504 | 0,431 | 8,504 | 8,613 | 0,109 | 1,280 | 0,750 |
| Eccentric Peak Velocity [m/s] max | -1,640 | -1,368 | 0,272 | -16,584 | 0,345 | -1,682 | -1,803 | -0,121 | 7,173 | 0,099 |
| Eccentric Peak Velocity [m/s] prom | -1,576 | -1,452 | 0,124 | -7,858 | 0,318 | -1,693 | -1,775 | -0,082 | 4,824 | 0,268 |
| Flight Time [ms] max | 600,833 | 599,333 | -1,500 | -0,250 | 0,835 | 575,833 | 595,000 | 19,167 | 3,329 | 0,132 |
| Flight Time [ms] prom | 593,000 | 588,833 | -4,167 | -0,703 | 0,467 | 567,333 | 586,667 | 19,333 | 3,408 | 0,154 |
| Movement Start to Peak Force [s] max | 0,573 | 0,517 | -0,056 | -9,770 | 0,488 | 0,500 | 0,541 | 0,041 | 8,231 | 0,146 |
| Movement Start to Peak Force [s] prom | 0,586 | 0,521 | -0,064 | -10,985 | 0,262 | 0,502 | 0,522 | 0,020 | 4,050 | 0,318 |
| Movement Start to Peak Power [s] max | 0,835 | 0,805 | -0,030 | -3,631 | 0,709 | 0,760 | 0,813 | 0,053 | 6,950 | 0,153 |
| Movement Start to Peak Power [s] prom | 0,840 | 0,786 | -0,054 | -6,393 | 0,275 | 0,765 | 0,788 | 0,023 | 3,005 | 0,363 |
| Peak Power / BM [W/kg] max | 47,000 | 51,600 | 4,600 | 9,787 | 0,195 | 49,950 | 45,967 | -3,983 | -7,975 | 0,321 |
| Peak Power / BM [W/kg] prom | 49,217 | 52,267 | 3,050 | 6,197 | 0,318 | 49,700 | 46,017 | -3,683 | -7,411 | 0,156 |
| Vertical Velocity at Takeoff [m/s] max | 2,406 | 2,666 | 0,260 | 10,806 | 0,021 | 2,586 | 2,431 | -0,156 | -6,013 | 0,196 |
| Vertical Velocity at Takeoff [m/s] prom | 2,500 | 2,559 | 0,059 | 2,380 | 0,747 | 2,581 | 2,422 | -0,158 | -6,136 | 0,075 |

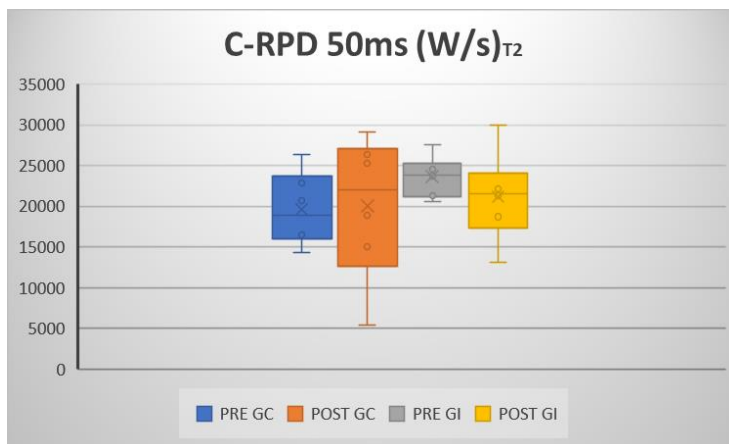
Grafica 6-8: Diagrama de cambio de TP ORT en el segundo periodo de intervención ($p=0.036$)

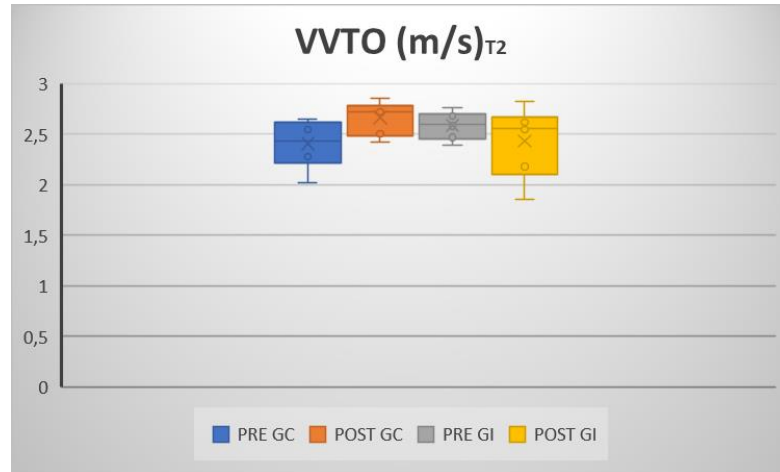


Grafica 6-9: Diagrama de cambio de CPV en el segundo periodo de intervención ($p=0.044$)



Grafica 6-10: Diagrama de cambio C-RPD 50ms para segundo periodo de intervención($p=0.044$)



Grafica 6-11: Diagrama de cambio de VVTO en el segundo periodo de intervención (p=0.02)

6.3 Consolidado

Se realizó el consolidado de las dos intervenciones comparando a todos los participantes estando en el grupo control e intervención, encontrando diferencias significativas. El resumen de los datos de la VRC se encuentra en la tabla 6-5. Se encontraron diferencias, durante el ortostatismo, en la potencia total, para el GC el delta fue $-689,134 \pm 1082,58 \text{ ms}^2$ (p=0.050) y para el GI el delta fue $77,904 \pm 1249,57 \text{ ms}^2$ (grafica 6-12), y durante la recuperación, en la LF, para el GC el delta fue $-775,580 \pm 1180,77 \text{ ms}^2$ (p=0.044) y para el GI el delta fue de $365,678 \pm 1425,3 \text{ ms}^2$ (grafica 6-13).

Tabla 6-5: Consolidado de variables de VRC de los 2 periodos

| | GC pre n=12 | GC post n=12 | Delta GC | % Delta GC | p GC | GI pre n=12 | GI post n=12 | Delta GI | % Delta GI | p GI |
|------------------------------------|-------------|--------------|-----------|------------|-------|-------------|--------------|----------|------------|-------|
| PNS index DEC | 0,451 | 0,473 | 0,022 | 4,877 | 0,964 | 0,542 | 0,474 | -0,068 | -12,598 | 0,880 |
| Mean HR (beats/min) DEC | 68,348 | 66,721 | -1,627 | -2,380 | 0,627 | 66,260 | 67,306 | 1,047 | 1,580 | 0,697 |
| LF (ms ²) DEC | 2243,220 | 779,813 | -1463,406 | -65,237 | 0,346 | 1698,368 | 2244,076 | 545,707 | 32,131 | 0,643 |
| VLF (%) DEC | 5,507 | 6,509 | 1,002 | 18,191 | 0,720 | 6,309 | 4,651 | -1,658 | -26,274 | 0,489 |
| LF/HF ratio DEC | 1,596 | 1,048 | -0,548 | -34,322 | 0,341 | 1,506 | 1,319 | -0,187 | -12,391 | 0,687 |
| Stress index CPO | 12,572 | 13,794 | 1,221 | 9,715 | 0,421 | 12,272 | 13,131 | 0,859 | 7,002 | 0,484 |
| Max HR (beats/min) CPO | 111,359 | 111,612 | 0,253 | 0,227 | 0,920 | 112,555 | 111,422 | -1,133 | -1,007 | 0,729 |
| SNS index ORT | 2,235 | 2,296 | 0,061 | 2,746 | 0,891 | 2,163 | 2,416 | 0,253 | 11,681 | 0,685 |
| LF (ms ²) ORT | 1554,893 | 1080,736 | -474,157 | -30,495 | 0,086 | 1734,603 | 1629,114 | -105,489 | -6,081 | 0,763 |
| HF (ms ²) ORT | 440,283 | 236,388 | -203,896 | -46,310 | 0,114 | 262,492 | 426,118 | 163,626 | 62,336 | 0,178 |
| VLF (%) ORT | 6,772 | 6,812 | 0,040 | 0,593 | 0,964 | 7,069 | 9,058 | 1,990 | 28,152 | 0,311 |
| LF (%) ORT | 77,205 | 77,476 | 0,272 | 0,352 | 0,927 | 80,218 | 76,754 | -3,464 | -4,318 | 0,340 |
| Total power (ms ²) ORT | 2106,603 | 1417,470 | -689,134 | -32,713 | 0,050 | 2114,981 | 2192,885 | 77,904 | 3,683 | 0,833 |
| SNS index RUF | 7,372 | 6,452 | -0,921 | -12,487 | 0,162 | 7,241 | 7,116 | -0,126 | -1,736 | 0,901 |
| Min HR (beats/min) R1 | 81,191 | 82,710 | 1,518 | 1,870 | 0,705 | 78,920 | 82,344 | 3,424 | 4,338 | 0,219 |
| PNS index REC | 1,399 | 1,205 | -0,195 | -13,916 | 0,663 | 0,948 | 1,301 | 0,353 | 37,228 | 0,431 |
| Mean HR (beats/min) REC | 69,095 | 68,907 | -0,188 | -0,273 | 0,953 | 69,013 | 69,763 | 0,750 | 1,086 | 0,784 |
| RMSSD (ms) REC | 92,967 | 84,751 | -8,216 | -8,838 | 0,474 | 76,635 | 91,223 | 14,587 | 19,035 | 0,196 |
| LF (ms ²) REC | 1702,276 | 926,696 | -775,580 | -45,561 | 0,044 | 1302,000 | 1667,678 | 365,678 | 28,086 | 0,393 |
| HF (ms ²) REC | 5407,198 | 4463,549 | -943,649 | -17,452 | 0,526 | 4413,220 | 5297,528 | 884,308 | 20,038 | 0,376 |
| HF (%) REC | 63,795 | 68,205 | 4,410 | 6,912 | 0,332 | 65,015 | 62,274 | -2,741 | -4,216 | 0,631 |
| Total power (ms ²) REC | 7250,444 | 5466,896 | -1783,548 | -24,599 | 0,285 | 5783,256 | 7070,448 | 1287,192 | 22,257 | 0,222 |

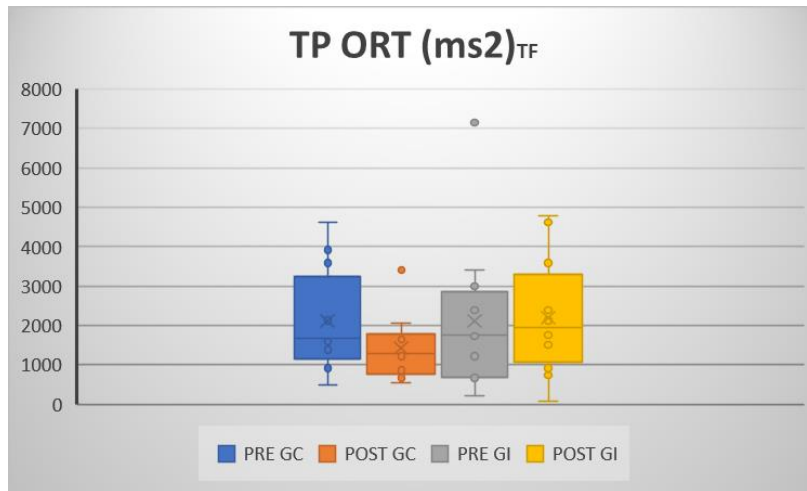
En el CMJ (Tabla 6-6), se encontraron diferencias significativas en la CMP máxima, para el GC el delta fue $1,308 \pm 2,734$ W/kg y para el GI el delta fue $-2,608 \pm 3,702$ ($p=0.033$) (grafica 6-14), en la CMP promedio, para el GC el delta fue $1,267 \pm 2,835$ W/kg y para el GI el delta fue $-1,875 \pm 2,657$ W/kg ($p=0.033$), en la CPF relativa promedio, para el GC el delta fue $1,267 \pm 2,835$ N/kg y para el GI el delta fue $-1,875 \pm 2,657$ N/kg ($p=0.033$) (grafica 6-15), en la CPV máxima, para el GC el delta fue $0,159 \pm 0,212$ m/s ($p=0.025$) y para el GI el delta fue $-0,197 \pm 0,241$ m/s (0.016) (grafica 6-16), en la CPV promedio, para el GC el delta fue $0,115 \pm 0,231$ m/s y para el GI el delta fue $-0,122 \pm 0,163$ m/s ($p=0.025$), en la TDF concéntrica 50ms máxima, para el GC el delta fue $504,050 \pm 4390$ W/s y para el GI el delta fue $-2.372,542 \pm 2914$ W/s ($p=0,017$)(grafica 6-17), en la TDF concéntrica 50ms promedio, para el GC el delta fue $387,492 \pm 2818$ W/s y para el GI el delta fue $-2.543,067 \pm 3115$ W/s ($p=0.016$), en la EPV máxima, para el GC el delta fue $0,163 \pm 0,452$ m/s y para el GI el delta fue $-0,103 \pm 0,162$ m/s ($p=0.05$)(grafica 6-18), en el FT maximo, para el GC el delta fue $-3 \pm 17,44$ ms y para el GI el delta fue $17 \pm 21,14$ ms ($p=0.018$)(grafica 6-19), en el FT promedio, para el GC el delta fue $-2,917 \pm 14,77$ ms y para el GI el delta fue $17,750 \pm 23,32$ ($p=0.023$), en la PP/BW máxima, para el GC el delta fue $2,825 \pm 6,13$ W/kg y para el GI el delta fue $-5,1 \pm 6,835$ W/kg ($p=0,025$)(grafica 6-20), en la PP/BW promedio, para el GC el delta fue $2,225 \pm 5,758$ W/kg y para el GI el delta fue $-3,208 \pm 4,057$ W/kg

(p=0,019), en la VVTO máxima, para el GC el delta fue $0,164 \pm 0,192$ m/s (p=0.013) y para el GI el delta fue $-0,180 \pm 0,205$ m/s (p=0.011)(grafica 6-21), y finalmente, en la VVTO promedio, para el GC el delta fue $0,071 \pm 0,312$ m/s y para el GI el delta fue $-0,112 \pm 0,143$ m/s (p=0,020).

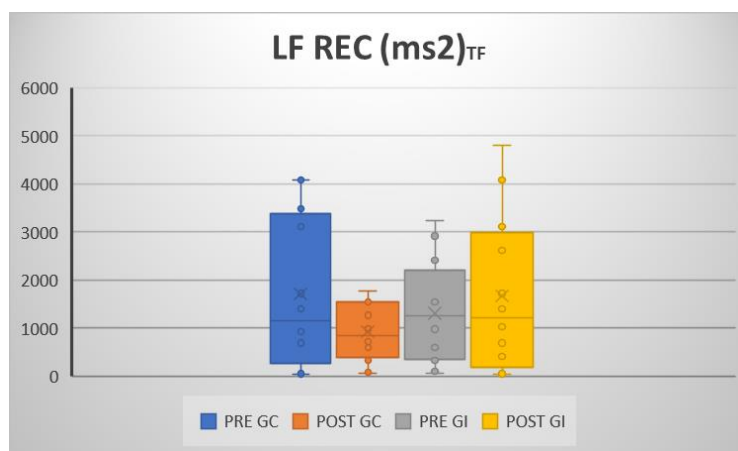
Tabla 6-6: Consolidado de variables de CMJ de los 2 periodos

| | GC pre ~ 12 | GC post ~ 12 | Delta GC | % Delta GC | p GC | GI pre ~ 12 | GI post ~ 12 | Delta GI | % Delta GI | p GI |
|--|------------------|-------------------|----------|------------|-------|------------------|-------------------|-----------|------------|-------|
| Concentric Mean Power / BM [W/kg] max | 23,883 | 25,017 | 1,308 | 4,745 | 0,126 | 27,983 | 25,375 | -2,608 | -9,321 | 0,033 |
| Concentric Mean Power / BM [W/kg] prom | 24,233 | 25,025 | 1,267 | 3,267 | 0,150 | 27,525 | 25,650 | -1,875 | -6,812 | 0,033 |
| Concentric Peak Force / BM [N/kg] max | 21,700 | 21,858 | 0,250 | 0,730 | 0,595 | 23,942 | 23,467 | -0,475 | -1,984 | 0,293 |
| Concentric Peak Force / BM [N/kg]prom | 24,233 | 25,025 | 1,267 | 3,267 | 0,150 | 27,525 | 25,650 | -1,875 | -6,812 | 0,033 |
| Concentric Peak Velocity [m/s]max | 2,466 | 2,611 | 0,159 | 5,880 | 0,025 | 2,845 | 2,648 | -0,197 | -6,913 | 0,016 |
| Concentric Peak Velocity [m/s]prom | 2,518 | 2,599 | 0,115 | 3,244 | 0,112 | 2,817 | 2,695 | -0,122 | -4,320 | 0,025 |
| Concentric RPD - 50ms [W/s]max | 19574,358 | 19828,150 | 504,050 | 1,297 | 0,698 | 22749,025 | 20376,483 | -2372,542 | -10,429 | 0,017 |
| Concentric RPD - 50ms [W/s]prom | 19977,608 | 19992,483 | 387,492 | 0,074 | 0,643 | 22964,433 | 20421,367 | -2543,067 | -11,074 | 0,016 |
| Contraction Time [ms] max | 780,167 | 769,250 | -9,917 | -1,399 | 0,805 | 827,583 | 883,417 | 55,833 | 6,747 | 0,135 |
| Contraction Time [ms] prom | 779,667 | 764,250 | -19,000 | -1,977 | 0,486 | 829,917 | 873,583 | 43,667 | 5,262 | 0,153 |
| Eccentric Deceleration RFD / BM [N/s/kg]max | 68,500 | 63,333 | -4,333 | -7,543 | 0,516 | 77,083 | 69,667 | -7,417 | -9,622 | 0,139 |
| Eccentric Deceleration RFD / BM [N/s/kg]prom | 69,500 | 63,583 | -4,083 | -8,513 | 0,360 | 77,500 | 71,000 | -6,500 | -8,387 | 0,185 |
| Eccentric Mean Power / BM [W/kg] max | 7,563 | 7,085 | -0,525 | -6,318 | 0,446 | 8,246 | 8,355 | 0,109 | 1,323 | 0,706 |
| Eccentric Mean Power / BM [W/kg] prom | 7,573 | 7,272 | -0,335 | -3,972 | 0,303 | 8,301 | 8,371 | 0,070 | 0,837 | 0,839 |
| Eccentric Peak Velocity [m/s] max | -1,523 | -1,371 | 0,163 | -9,984 | 0,239 | -1,619 | -1,722 | -0,103 | 6,364 | 0,050 |
| Eccentric Peak Velocity [m/s] prom | -1,487 | -1,411 | 0,080 | -5,090 | 0,180 | -1,630 | -1,675 | -0,045 | 2,755 | 0,498 |
| Flight Time [ms] max | 535,417 | 534,667 | -3,000 | -0,140 | 0,563 | 580,917 | 597,917 | 17,000 | 2,926 | 0,018 |
| Flight Time [ms] prom | 527,250 | 525,417 | -2,917 | -0,348 | 0,508 | 572,083 | 589,833 | 17,750 | 3,103 | 0,023 |
| Movement Start to Peak Force [s] max | 0,504 | 0,464 | -0,039 | -7,906 | 0,376 | 0,506 | 0,557 | 0,051 | 10,038 | 0,115 |
| Movement Start to Peak Force [s] prom | 0,493 | 0,468 | -0,028 | -5,103 | 0,351 | 0,524 | 0,554 | 0,030 | 5,641 | 0,454 |
| Movement Start to Peak Power [s] max | 0,725 | 0,715 | -0,010 | -1,379 | 0,812 | 0,769 | 0,824 | 0,056 | 7,244 | 0,133 |
| Movement Start to Peak Power [s] prom | 0,724 | 0,710 | -0,018 | -2,003 | 0,500 | 0,770 | 0,814 | 0,044 | 5,692 | 0,148 |
| Peak Power / BM [W/kg] max | 43,792 | 46,433 | 2,825 | 6,032 | 0,139 | 51,583 | 46,483 | -5,100 | -9,887 | 0,025 |
| Peak Power / BM [W/kg] prom | 45,025 | 46,475 | 2,225 | 3,220 | 0,208 | 50,825 | 47,617 | -3,208 | -6,313 | 0,019 |
| Vertical Velocity at Takeoff [m/s] max | 2,252 | 2,403 | 0,164 | 6,663 | 0,013 | 2,598 | 2,418 | -0,180 | -6,922 | 0,011 |
| Vertical Velocity at Takeoff [m/s] prom | 2,298 | 2,341 | 0,071 | 1,849 | 0,447 | 2,573 | 2,461 | -0,112 | -4,353 | 0,020 |

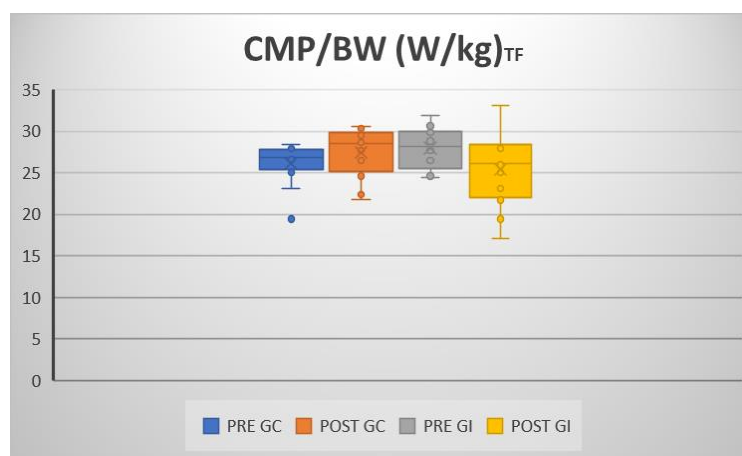
Grafica 6-12: Diagrama de cambio de TP ORT consolidado de los 2 periodos(p=0.044)



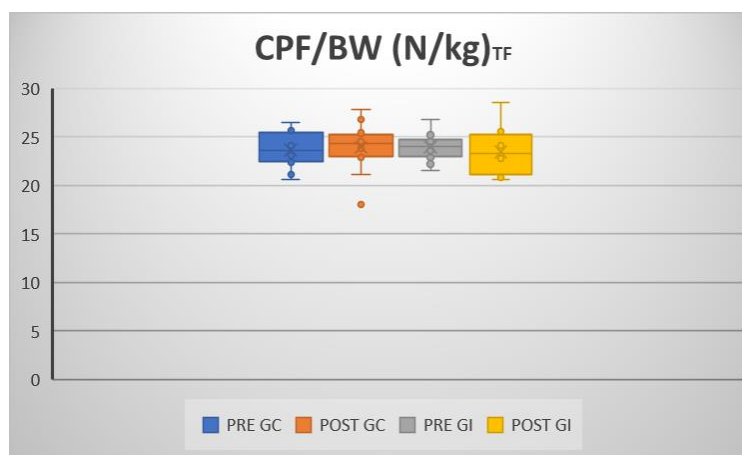
Grafica 6-13: Diagrama de cambio de LF REC consolidado de los 2 periodos ($p=0.05$)

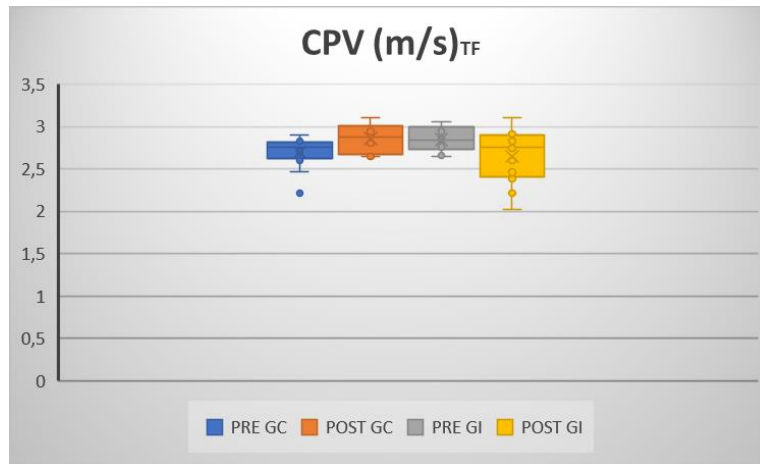
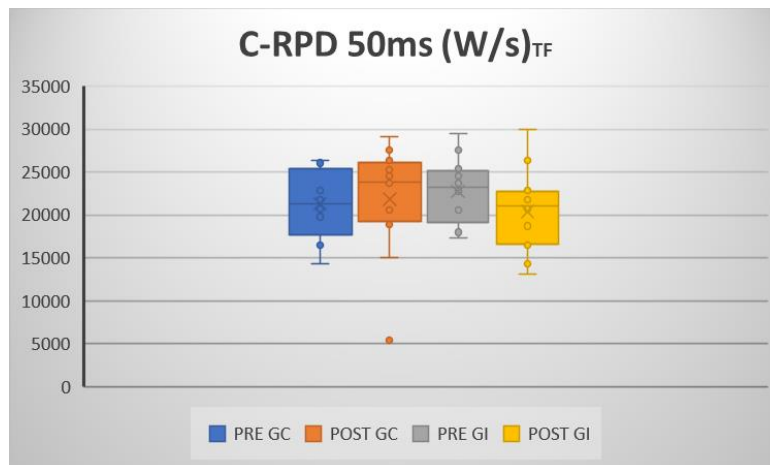
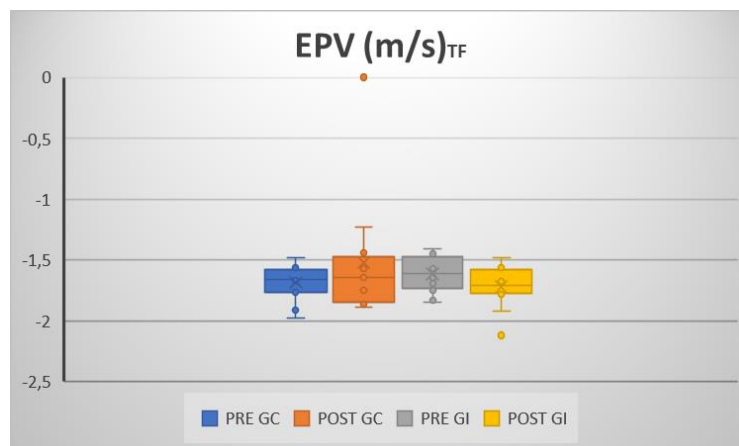


Grafica 6-14: Diagrama de cambio de CMP/BW consolidado de los 2 periodos ($p=0.033$)

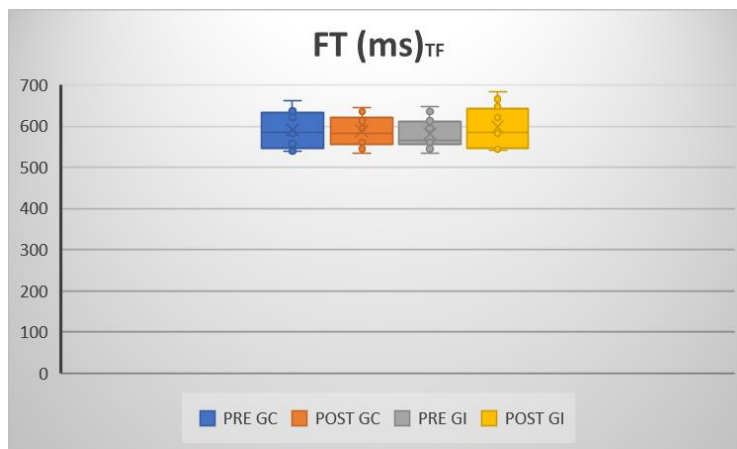


Grafica 6-15: Diagrama de cambio de CPF/BW consolidado de los 2 periodos ($p=0.033$)

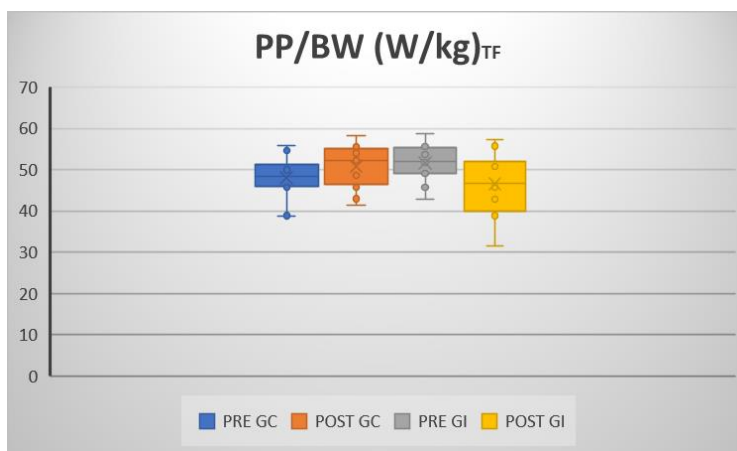


Grafica 6-16: Diagrama de cambio de CPV consolidado de los 2 periodos ($p=0.016$)**Grafica 6-17:** Diagrama de cambio de C-RPD 50ms consolidado de los 2 periodos ($p=0.017$)**Grafica 6-18:** Diagrama de cambio de EPV consolidado de los 2 periodos ($p=0.05$)

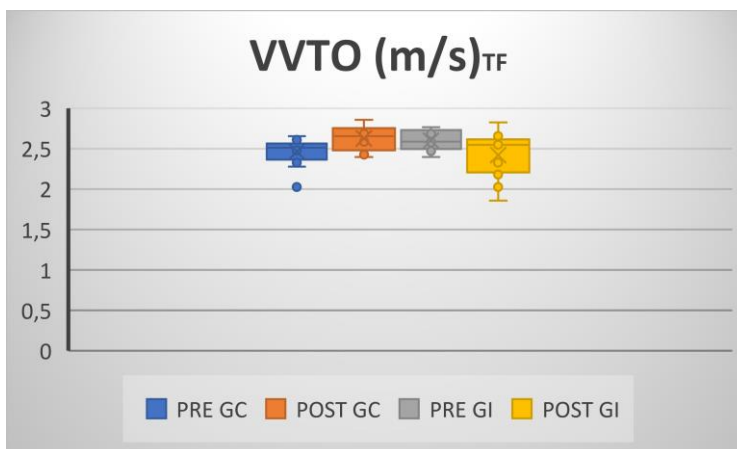
Grafica 6-19: Diagrama de cambio de FT consolidado de los 2 periodos ($p=0.018$)



Grafica 6-20: Diagrama de cambio de PP/BW (W/kg)_{TF} consolidado de los 2 periodos ($p=0.025$)



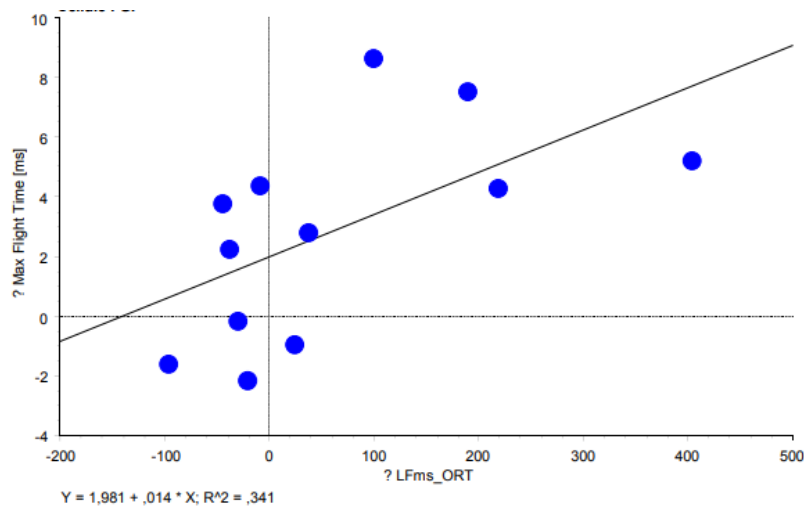
Grafica 6-21: Diagrama de cambio de VVTO consolidado de los 2 periodos ($p=0.011$)



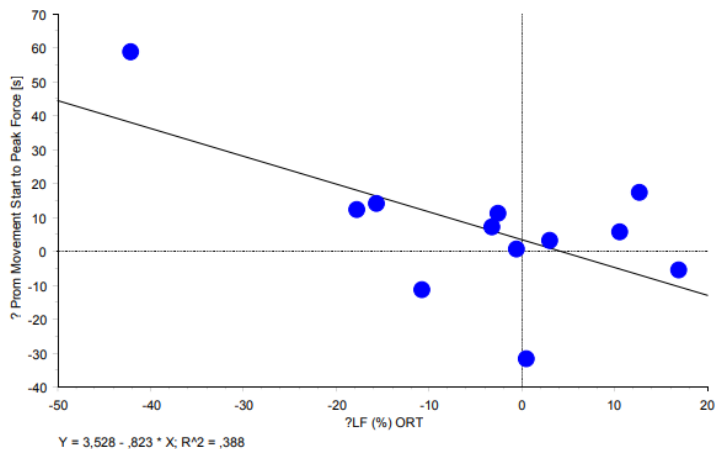
6.4 Correlaciones

Se encontraron correlaciones de las siguientes variables, LF en Ortostatismo con FT máximo ($R^2=0.341$) ($p=0.046$) (grafica 6-22), y con MSPF promedio ($R^2=0.388$) ($p=0.03$) (grafica 6-23). Además, el TP en Ortostatismo con FT máximo ($R^2=0.342$) ($p=0.046$) (grafica 6-24). Así mismo, EDRFD/BW con FC REC ($R^2=0.555$) ($p=0.005$) (grafica 6-25), con LF/HF DEC ($R^2=0.354$) ($p=0.044$) (grafica 6-26) y con HF DEC ($R^2=0.49$) ($p=0.011$) (grafica 6-27). Y para finalizar, LF/HF REC con CMP/BW máximo ($R^2=0.346$) ($p=0.041$) (grafica 6-28).

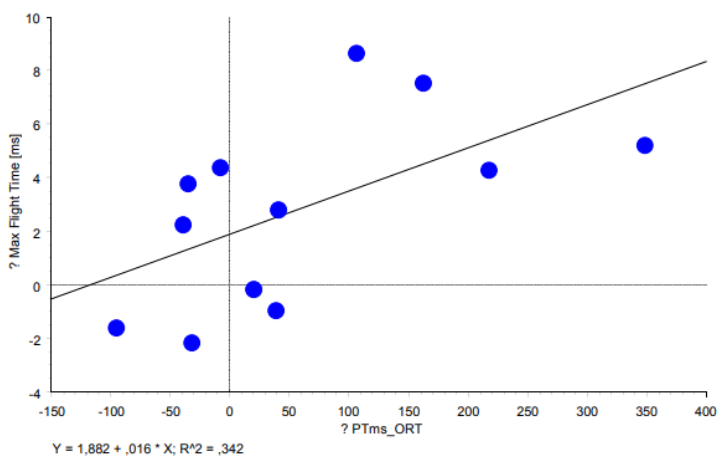
Grafica 6-22: Correlación Deltas FTmax-LF ORT ($p=0,046$)



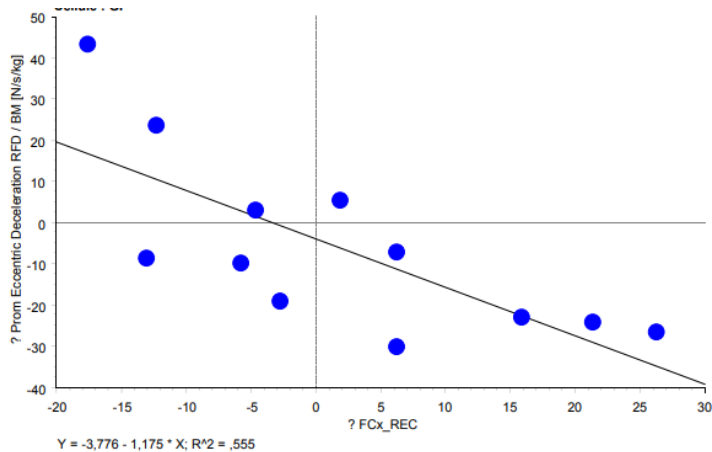
Grafica 6-23: Correlación Deltas MSPFprom-LF ORT ($p=0,03$)

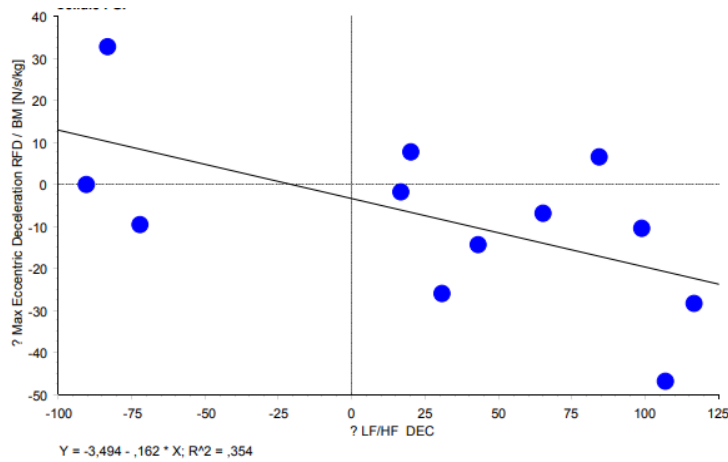
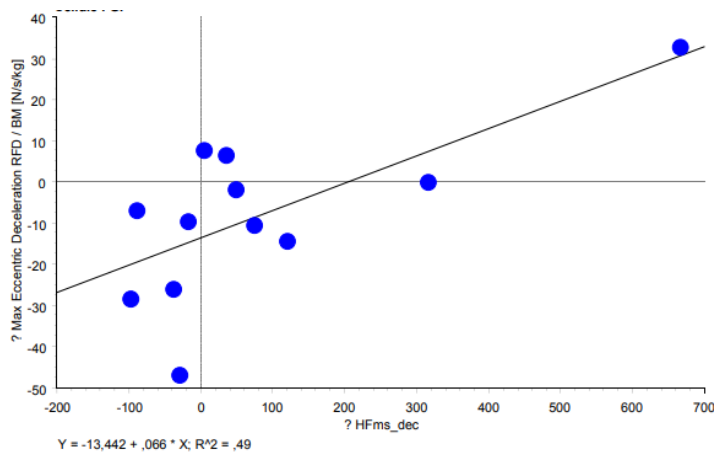
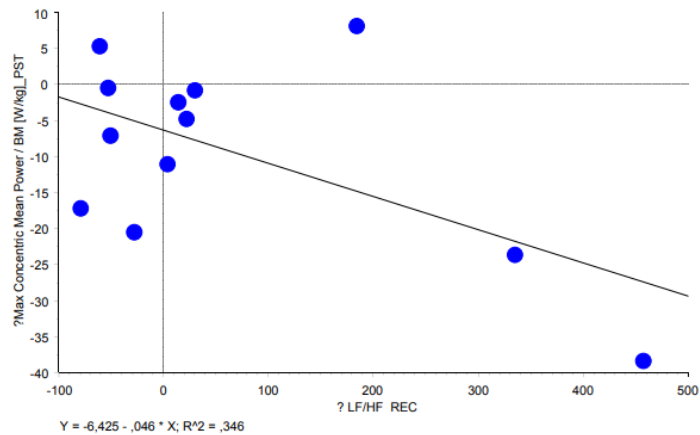


Grafica 6-24: Correlación Deltas F_{max}-TP ORT ($p=0,046$)



Grafica 6-25: Correlación Deltas ED-RFD/BW prom-FC REC ($p=0,005$)



Grafica 6-26: Correlación Deltas ED-RFD/BW max-LF/HF DEC (p=0,044)**Grafica 6-27:** Correlación Deltas ED-RFD/BW max-HF DEC (p=0,011)**Grafica 6-28:** Correlación deltas CMP/BW-LF/HF REC (p=0,041)

7. Discusión

El principal hallazgo del estudio fue que se encontró una correlación entre el delta en las variables de la VRC y el delta en las variables de rendimiento del CMJ para el grupo intervención, así, para la $LFms^2$ en ortostatismo y FT la correlación fue positiva media y con MSPF negativa media, de esta manera sugiere que la activación simpática en el ortostatismo, que se ve reflejada en el aumento de las ondas LF, explicaría la mejoría en el rendimiento, ya que, mejoraría el tiempo de vuelo, por ende la altura del salto, y disminuiría el tiempo en alcanzar la fuerza pico. Vale la pena aclarar que las ondas LF tienen un componente mixto, tanto simpático como parasimpático, aun así, al ser evaluadas en este caso durante el ortostatismo consideramos reflejan el tono simpático. En este mismo sentido, se observa una correlación positiva media entre TP ORT y FT, lo que indica que una adecuada variabilidad durante el ortostatismo, que indica una adecuada modulación neurovegetativa, en una fase donde debe predominar el SNS, explicaría un aumento del rendimiento reflejado de igual manera en la altura del salto. Por otra parte, las correlaciones de las variables de la VRC en otras posiciones corporales también fueron encontradas, así, EDRFD/BW tuvo correlación negativa fuerte con FCmax en recuperación, negativa media con el índice LF/HF en decúbito y positiva media con HF en decúbito, lo cual se interpreta como que una persistencia del estímulo simpático en decúbito o recuperación es deletéreo para el rendimiento excéntrico, ya que tal como se dijo anteriormente, aunque las ondas LF tienen un componente mixto, en estos casos, la FC nos ayuda a deducir que el aumento de las ondas LF está asociado a aumento del SNS, esto sugiere que una persistencia de la activación simpática durante la recuperación

deteriora el rendimiento excéntrico del salto probablemente asociada a estados de fatiga secundarios, ya que durante esta fase debería prevalecer la activación parasimpática para asegurar una adecuada recuperación y que se den las adaptaciones necesarias para la mejoría del rendimiento, y al tener, de igual manera, mejoría del rendimiento con el aumento de ondas HF, se explicaría que la respuesta parasimpática fuerte, en las etapas que debe darse, como son decúbito y recuperación, tiene un efecto positivo en el rendimiento excéntrico del CMJ. Por otra parte y contrario a los hallazgos anteriores, existió una correlación positiva entre el % LF en ortostatismo y el TPP lo cual demuestra que a pesar de tener una mejoría en la altura del salto con la mayor activación simpática que sugieren los resultados anteriormente mencionados, esta al ser desproporcionada puede ir en contra del rendimiento deportivo, ya que en un deporte como en el voleibol, no solo se requiere tener una buena altura del salto sino que se requiere explosividad y velocidad en los movimientos, esto evidenciado en el caso del CMJ en un corto TPP. Así mismo, también encontramos una correlación negativa media entre LF/HF en recuperación y la CMP máxima; el índice LF/HF se ha utilizado ampliamente como un marcador de la relación que existe entre la activación del SNS y SNP, y tal como se observó en correlaciones anteriores, la persistencia de LF en recuperación o la disminución de HF, tiene efectos deletéreos en el rendimiento, secundario a mayor fatiga o incapacidad para generar adaptaciones.

Al evaluar los cambios en la VRC, para cada uno de los periodos de intervención, encontramos que, en el primer periodo, los únicos cambios estadísticamente significativos fueron el aumento en el grupo intervención del índice SNP y el RMSSD en recuperación ambas variables que indican reactividad del SNP. En cuanto al CMJ, en este mismo periodo, los cambios significativos encontrados fueron la disminución en el grupo intervención de la CMP, CPF, C-RFD 50ms, PP y VVTO, evidenciando disminución de rendimiento en variables de la fase concéntrica asociado a aumento en la reactividad del SNP, y, entendiéndolo que los atletas evaluados tienen un buen nivel de fitness previo, asociado a una adecuada reactividad parasimpática, un aumento de esta reactividad puede tener efectos deletéreos en el rendimiento. En este punto, lo que llama la atención es que no se encontraron diferencias significativas en variables que evidencien un aumento del tono del SNS, como el índice SNS o la LF en ortostatismo, aunque si muestran una tendencia de menor disminución con relación al grupo control. Para el segundo periodo de

intervención, el único cambio significativo en la VRC fue la disminución en el grupo control de la TP en ortostatismo. Para el CMJ, encontramos diferencias significativas, en el aumento en el grupo control de la CPV y VVTO, así como, la disminución de la C-RFD 50ms en el grupo intervención. La disminución de la TP en ortostatismo se ha descrito como un hallazgo compatible con sobrecarga no funcional, pero dicho hallazgo no tiene relación con la mejoría de las variables concéntricas del salto, de igual manera, el aumento de la TP en decúbito a expensas de HF (recuperación en el caso de este estudio), que se observa en el grupo intervención, también ha sido descrito como un hallazgo relacionado a fatiga, en atletas con alteración de la rama simpática secundaria al entrenamiento, lo cual tendría mayor relación con los resultados del CMJ para este periodo (Schmitt et al., 2015).

Por último, al realizar el análisis compilando los dos periodos, encontramos un mayor número de diferencias entre los grupos, con respecto a la VRC, disminuyó la TP en ortostatismo y la LF en recuperación para el grupo control. En el CMJ, disminuyó en el grupo intervención la CMP, CPF, CPV, C-RFD 50ms, PP; y aumentaron el FT y EPV, manteniéndose la tendencia de disminución de TP en ortostatismo y la LF en recuperación que condiciona una reducción no significativa de la TP en recuperación para el grupo control, lo que sugiere sobrecarga no funcional, sin repercusión e incluso mejoría en las variables de la fase concéntrica del CMJ pero con disminución no significativa en el FT, estas variables se vieron afectadas importantemente en el grupo intervención, el cual a pesar de no tener diferencias significativas en la VRC, tuvo una tendencia a mantener e incluso mejorar la TP tanto en ortostatismo como en recuperación, el índice SNS y la LF en ortostatismo lo que sugiere un mayor tono simpático en comparación con el grupo control, y esto finalmente se correlaciono con el FT, tal como se describió al inicio, y tuvo mejoría significativa para el grupo intervención.

Así, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos que nos permitan asegurar que los cambios en el estilo de vida causaron un aumento del tono del SNS como se hipotetizo inicialmente, y tampoco que dichos cambios hayan mejorado el rendimiento en el CMJ; sin lugar a duda hubo diferencias significativas entre los grupos, pero definir si mejoro o empeoro el rendimiento no es posible, ya que a pesar de haber mejorado la altura del salto y la EPV, se disminuyó el rendimiento en diferentes variables de la fase concéntrica del movimiento, esto de acuerdo a las características del voleibol,

podría verse reflejado en una mejoría en el salto de ataque, que es más planeado, donde se acumula velocidad durante la carrera de preparación para el salto, luego una fase excéntrica cambia la dirección del movimiento y se llega al salto vertical, pero en una disminución del rendimiento en el bloqueo y defensa, que son movimientos imprevistos, y se requiere de movimientos explosivos con alta demanda concéntrica y poca excéntrica. Se debe recalcar, que la intervención fue diseñada para aplicar durante periodos de tapering o puesta a punto, donde los volúmenes de entrenamiento son bajos y las intensidades altas, ya que en esta etapa del entrenamiento una mayor activación simpática puede tener mayor efecto en el rendimiento y menor riesgo de llevar a estados no deseados de fatiga; este estudio se realizó durante una etapa de preparación general, con volúmenes de entrenamiento muy altos, lo cual, de acuerdo a los resultados obtenidos, pudo ocasionar una fatiga neuromuscular que se evidencio en el deterioro concéntrico del CMJ. Lo que si podemos asegurar, es la correlación que existe entre las variables de la VRC y las del CMJ para el grupo intervención, así, los cambios presentados, tanto del SNP como del SNS, pueden explicar las diferencias encontradas en el CMJ.

8. Conclusiones y limitaciones

8.1 Conclusiones

No se recomienda la aplicación de estos cambios en hábitos de vida durante etapas de preparación general, en primer lugar, porque fueron diseñados para etapas de tapering o puesta a punto, en segundo lugar, porque no demostraron en este estudio producir un aumento de la modulación simpática, y por último los cambios en el rendimiento del CMJ no fueron claramente benéficos, ya que tuvieron tendencias diferentes en las diferentes fases del salto. Por otra parte, se evidenció que balanzas neurovegetativas adecuadas pueden explicar la mejoría del rendimiento en el CMJ, ya que los cambios hacia modulaciones simpáticas elevadas en ortostatismo y modulaciones parasimpáticas elevadas en decúbito y recuperación, explicaron la mejoría del rendimiento del CMJ. Por último, se encontraron diferencias del rendimiento en la fase excéntrica y concéntrica del CMJ y estas tuvieron relación con las diferentes modificaciones en el SNA.

8.2 Limitaciones y perspectivas futuras

El presente estudio tiene diferentes limitaciones, como la incapacidad de estandarizar el cumplimiento de las recomendaciones, además, las cargas de entrenamiento entre los individuos tampoco se lograron estandarizar, ya que, aunque tuvieron que excluirse sujetos por la ausencia reiterativa en las sesiones de entrenamiento, otros sujetos no cumplieron con la totalidad de las sesiones y aun así fueron tenidos en cuenta para el análisis. Por otra parte, el tamaño de la muestra fue de solo 12 atletas. Es necesario realizar estudios en etapas de tapering, pero existe gran dificultad para encontrar una población dispuesta a hacer parte de estos, por la influencia que los estudios puedan llegar a tener en el resultado.

Anexo A: Consentimiento Informado

Consentimiento informado para participantes proyecto de investigación

Impacto de medidas encaminadas a mejorar la modulación simpática en el rendimiento del salto contramovimiento en atletas de voleibol

Este formulario de consentimiento informado es para jugadores de Voleibol, mayores de 18 años adscritos a la Liga de Voleibol de Bogotá, a quienes les vamos a pedir que participen en la investigación.

Se realizará la medición de variabilidad del ritmo cardiaco, análisis del rendimiento neuromuscular mediante el salto contramovimiento (CMJ) con el objetivo de evaluar los cambios neuromusculares del protocolo de intervención en la población del estudio.

Este Documento de Consentimiento Informado tiene dos partes:

1. Información: proporciona información sobre el estudio para usted
2. Formulario de Consentimiento: para obtener la firma si usted está de acuerdo en participar

Se le dará una copia del Documento completo de Consentimiento Informado.

Parte1. Información:

El presente estudio es propuesto por un equipo de investigadores de la Universidad Nacional de Colombia. Si usted tiene preguntas después, puede realizarlas al equipo investigador y/o al profesor titular.

Propósito

Día a día las ciencias del deporte cobran importancia en la mejoría del rendimiento, esto sumado al advenimiento de nuevas tecnologías que facilitan la evaluación, hacen que los atletas puedan lograr cambios significativos en el rendimiento desde nuevas perspectivas.

Es así como la variabilidad del ritmo cardiaco (VRC) se ha convertido en una herramienta fácil y de uso continuo en el monitoreo del deportista y la prescripción del ejercicio, ya que es reflejo de la modulación del sistema nervioso autónomo, el cual se conoce que se ve modificado como respuesta a la actividad física, y el estilo de vida, pero, además, la modulación tanto de su rama simpática como parasimpática pueden tener efecto en el rendimiento de los atletas.

Por otra parte, las plataformas de fuerza son cada vez más utilizadas para evaluar el rendimiento neuromuscular y el nivel de fatiga, de una manera rápida y que no interfiere con las actividades diarias de los atletas.

Es por esta razón que se propone que una mejoría en la modulación del sistema nervioso simpático, lograda aplicando cambios en el estilo de vida, y medida mediante la VRC, va a conllevar a mejor rendimiento neuromuscular que se evidenciara mediante el salto contramovimiento (CMJ) evaluado en la plataforma de fuerza.

Tipo de Intervención de Investigación

Ensayo clínico aleatorizado cruzado, es una derivación de los estudios experimentales, en el cuál la asignación de individuos a cada grupo se da de forma aleatoria; el investigador determina el factor de exposición que recibirá cada grupo, su tiempo de

aplicación y posteriormente valora los efectos producidos, posteriormente cruzara los grupos. Es decir, que en este estudio se contará con dos grupos de población, el primero será el grupo control al cuál se le aplicará un protocolo estándar de entrenamiento y continuará con hábitos de vida regulares, y al segundo grupo se le aplicará el mismo protocolo de entrenamiento, con algunas modificaciones en ejercicios de fortalecimiento y cambios en hábitos de vida diaria. Luego los grupos cambiaran.

Significa entonces que se tomará una medida de base para conocer las condiciones iniciales de las participantes, seguido de la intervención durante 3 semanas, nueva medición, los grupos cambiaran y se aplicara al otro grupo la intervención durante 3 semanas para luego realizarse una evaluación final.

Riesgos

Ya que se realizará el estudio con deportistas entrenados quienes se encuentran familiarizados con la técnica de los saltos a realizar, los riesgos durante el estudio son mínimos y el profesional capacitado en medicina del deporte que realizará acompañamiento, tomará todas las precauciones necesarias para evitar que se presente cualquier evento no esperado.

Dentro de los posibles riesgos está: Lipotimia, síncope, dolor muscular post ejercicio, náusea y emesis, cefalea de esfuerzo, desgarros musculares, esguinces ligamentarios, fracturas óseas, enfermedades infecciosas.

Cualquier evento presentado, de ser requerido, será atendido por la EPS o por la póliza de accidentes que cobija a los atletas por ser parte del registro de Bogotá. En caso de gastos adicionales, estos serán cubiertos por el investigador principal.

Beneficios

Este proyecto busca diseñar un protocolo de cambios en el estilo de vida, que se pueda aplicar en la puesta a punto o tapering, para mejorar el rendimiento cerca a la competencia de los atletas de voleibol.

Selección de Participantes

La población seleccionada serán jugadores de voleibol de la Liga de Voleibol de Bogotá

Criterios de inclusión

Atletas activos en el registro de la Liga de Voleibol de Bogotá, mayores de 18 años, que se encuentren entrenando con la Liga al momento de realizar el estudio.

Criterios de Exclusión

- Sufrir de afecciones de salud previas y/o detectadas durante la investigación
- Lesiones osteomusculares
- Cirugías recientes agudas
- Consumo de drogas psicoactivas
- Presencia de infecciones o estados febriles que imposibilitarán la asistencia
- No realizar totalmente el proceso de evaluación pre y post intervención
- Inasistencia a 3 sesiones de los programas de entrenamiento físico.

Participación Voluntaria

La decisión de que usted participe en este estudio es completamente voluntaria. Es su decisión el participar. Si usted elige no consentir, todos los servicios que usted recibe en la Liga de Voleibol de Bogotá continuarán y nada cambiará. Usted puede también

cambiar su decisión más tarde y dejar de participar, aun cuando haya aceptado previamente y continuarán los servicios que recibe de la liga.

Confidencialidad

La información que recolectamos para este proyecto de investigación se mantendrá confidencial. La información acerca de usted, recolectada por la investigación será aislada y solo los investigadores podrán verla. Cualquier información sobre usted, tendrá un proceso de asignación de un número de identificación en vez de su nombre. Solamente los investigadores sabrán el vínculo de ese número con el nombre y la información se mantendrá guardada bajo seguridad. No se compartirá la información ni se le dará a nadie, excepto al equipo de investigación y personal a cargo de la sistematización.

Con el fin de proteger su información, el investigador principal, Jorge Mario Cabrera de la Universidad Nacional de Colombia, mantendrán protegido su registro. Sólo los miembros del equipo de investigación tendrán acceso a la información. Para mayor información podrá comunicarse con el Dr. Jorge Mario Cabrera al celular 3003186335, correo electrónico: jmcabrerag@unal.edu.co.

Parte 2. Formulario de consentimiento.

He leído la información proporcionada, o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar dudas sobre ello y se me ha respondido satisfactoriamente. Consiento voluntariamente participar en este estudio y entiendo que tengo el derecho de retirarme del estudio, así como retirarme en cualquier momento sin que afecte de ninguna forma el servicio educativo.

Nombre del participante _____ Firma de la participante

Fecha _____ (Día/mes/año)

| | |
|---|---|
| Testigos : | |
| _____ | _____ |
| Nombres y apellidos | Nombres y apellidos |
| _____ | _____ |
| Dirección y relación con el sujeto de investigación | Dirección y relación con el sujeto de investigación |
| _____ | _____ |
| Firma | Firma |

Si el sujeto de investigación no sabe firmar imprimirá su huella digital y a su nombre firmará otra persona que él designe.

Se ha proporcionado una copia de este documento de Consentimiento Informado al padre/madre o apoderado del participante _____(inicial del investigador/

Anexo B: Protocolo de bioseguridad

PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD

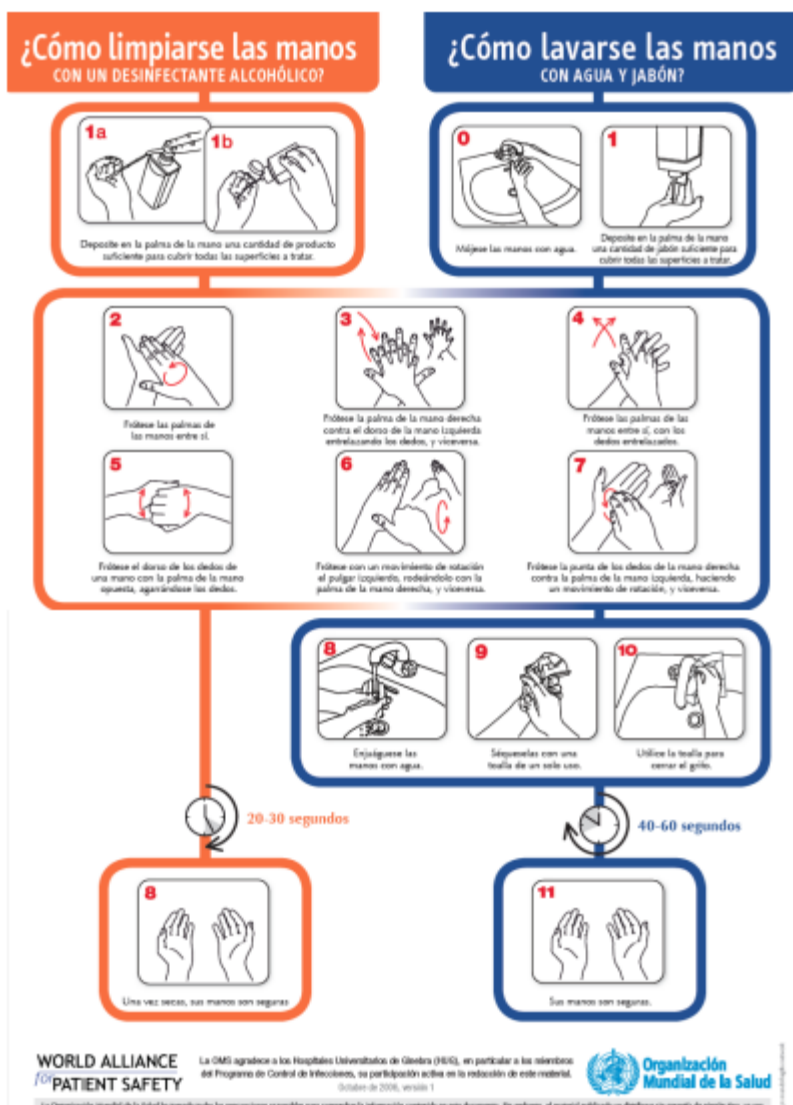
- El día previo a la realización de las mediciones se contactará vía telefónica a los atletas y se les aplicará un cuestionario de riesgo para Covid 19. (ver tabla 1), así como la detección de factores de riesgo para complicación por Covid 19 (obesidad, Diabetes, HTA, etc.)
- Se realizará la citación a los atletas que no presenten riesgo de Covid 19 o factores de riesgo para complicación, en grupos de un número no mayor a 7 personas, teniendo en cuenta que el espacio donde se realice las pruebas, garantice un espacio no menor a 2 metros entre los atletas para la realización de la medición de la variabilidad del ritmo cardiaco y la posibilidad de medir el salto contramovimiento de manera individual de por lo menos 13mts².
- Se realizará desinfección del espacio previo y posteriormente a la llegada de los atletas con Hipoclorito al 0,5%
- Se deberá disponer de suministro suficiente de alcohol glicerinado para que los atletas utilicen previo y posteriormente a tocar equipos y superficies.
- Al llegar los atletas deberán esperar de manera organizada, respetando el espacio de por lo menos 2 metros entre cada atleta, el cual estará delimitado.
- Se realizará de manera sistemática, previo al ingreso, la detección de casos sospechosos de COVID-19, mediante el cuestionario de riesgo para COVID-19 (ver Tabla 1)
- El atleta deberá firmar antes del ingreso, un consentimiento informado, donde asegure no estar enfermo ni con signos o síntomas sospechosos de COVID-19, y se comprometan a respetar las normas de bioseguridad y distanciamiento establecidos
- Se tomará la temperatura en la frente con termómetro infrarrojo.

- Se realizará la desinfección de la suela del calzado con tapetes impregnados en hipoclorito al 0,5%.
- Se debe utilizar el tapabocas para el ingreso al espacio; la utilización del tapabocas será durante todo el tiempo dentro de las instalaciones, teniendo en cuenta el protocolo de manejo del Ministerio de Salud
- Los atletas deberán llegar en sudadera con pantaloneta y camiseta debajo de esta, a su llegada se retirarán pantalón y saco.
- Al ingresar se deberá realizar lavado de manos de manera individual (ver anexo 1)
- Se entregarán los equipos de medición de la variabilidad del ritmo cardiaco para que sean colocados, estos serán desinfectados previo y posteriormente a su uso.
- Cada atleta pasará al espacio donde le será realizada la medición, este estará a por lo menos 2 metros de distancia el uno del otro.
- Posteriormente pasaran los atletas individualmente para la evaluación del salto contramovimiento
- Por último, vestirán nuevamente la ropa que traían de calle, realizaran lavado de manos y abandonaran el espacio para ser higienizado nuevamente.

Tabla 1. Cuestionario de Riesgo para COVID-19 (Modificado de: De Oliveira Neto L et al. Front Public Health: 2020 ⁽⁸⁾)

| CUESTIONARIO DE RIESGO PARA COVID-19 | | | |
|--|--|----|----|
| La actividad física es segura para la mayoría de las personas. Sin embargo, para algunas es recomendable hacer una valoración médica antes de iniciar la práctica de ejercicio. Este cuestionario ayuda a identificar personas con riesgo de infección por COVID-19, que requieran esa valoración. | | | |
| Señale con una X, SI o NO a las siguientes preguntas: | | SI | NO |
| 1. | ¿Ha tenido fiebre o temperatura mayor a 37,5°C en los últimos 3 días? | | |
| 2. | ¿Ha tenido tos en los últimos días? | | |
| 3. | ¿Le ha dolido el pecho recientemente? | | |
| 4. | ¿Ha sentido dolor de garganta o ha tenido secreción nasal en los últimos días? | | |
| 5. | ¿Le ha faltado el aire o ha tenido dificultad para respirar? | | |
| 6. | ¿Se ha sentido últimamente más fatigado de lo usual? | | |
| 7. | ¿Ha notado disminución del olfato o del sabor de los alimentos? | | |
| 8. | ¿Ha presentado dolor abdominal, náuseas, vómito o diarrea últimamente? | | |
| 9. | ¿Ha tenido dolores musculares o articulares recientemente? | | |
| 10. | ¿Ha estado en contacto con alguien diagnosticado o sospechoso de COVID-19? | | |
| 11. | ¿Tiene en este momento alguna otra razón física que le impida hacer ejercicio? | | |
| En caso de haber respondido SI a cualquiera de las preguntas anteriores, se recomienda no hacer ejercicio y consultar con su médico. | | | |
| En caso de haber respondido NO a todas las preguntas anteriores, puede realizar ejercicio de intensidad moderada, por máximo una hora de duración. | | | |

Anexo 1



9. Bibliografía

- Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: A review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, *44*(12), 1031–1051. <https://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0>
- Atkinson, G., Wilson, D., & Eubank, M. (2004). Effects of music on world-rate distribution during a cycling time trial. *International Journal of Sports Medicine*, *25*(8), 611–615. <https://doi.org/10.1055/s-2004-815715>
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *50*(2), 273–282. <https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Buchheit, M., Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2009). Effect of cold water immersion on postexercise parasympathetic reactivation. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, *296*(2). <https://doi.org/10.1152/ajpheart.01017.2008>
- Cohen, D. (2020). Desempeño en el salto para el monitoreo del deportista. *Reuniones Académicas Centro de Ciencias Del Deporte, MinDeporte*.
- Dettoni, J. L., Consolim-Colombo, F. M., Drager, L. F., Rubira, M. C., De Souza, S. B. P. C., Irigoyen, M. C., Mostarda, C., Borile, S., Krieger, E. M., Moreno, H., & Lorenzi-Filho, G. (2012). Cardiovascular effects of partial sleep deprivation in healthy volunteers. *Journal of Applied Physiology*, *113*(2), 232–236. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01604.2011>
- Ferro-Luzzi, M., Biffi, A., Caselli, G., Penco, M., & Dagianti, A. (1993). Heart rate variability in athletes. *New Trends in Arrhythmias*, *9*(2), 239–244.
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(1), 84–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of

- loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Harman, E. (1993). EXERCISE PHYSIOLOGY: Strength and Power A Definition of Terms. *Strength & Conditioning Journal*, 15(6). https://journals.lww.com/nsca-sci/Fulltext/1993/12000/EXERCISE_PHYSIOLOGY__Strength_and_PowerA.3.aspx
- Heishman, A. D., Daub, B. D., Miller, R. M., Freitas, E. D. S., Frantz, B. A., & Bemben, M. G. (2020). Countermovement Jump Reliability Performed With and Without an Arm Swing in NCAA Division 1 Intercollegiate Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 546–558. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002812>
- Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for analysis of validity and reliability. *Sportscience*, 19(19), 36–44.
- Knuttgen, H. G., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.1519/00124278-198702000-00001>
- Laborde, S., Mosley, E., & Ueberholz, L. (2018). Enhancing cardiac vagal activity: Factors of interest for sport psychology. In *Progress in Brain Research* (1st ed., Vol. 240). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.09.002>
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J., & Schwartz, P. J. (1996). Heart rate variability: Standards of Measurement, Physiological. *European Heart Journal*, 17, 354–381. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Povea, C. (2006). Análisis Espectral del Ritmo Cardíaco, utilidad en el Deporte. *A.C.M.D.*, 12(2), 3–15.
- Quintana, D. S., & Heathers, J. A. J. (2014). Considerations in the assessment of heart rate variability in biobehavioral research. *Frontiers in Psychology*, 5(JUL), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00805>
- Sammito, S., & Böckelmann, I. (2015). Analyse der Herzfrequenzvariabilität: Mathematische Basis und praktische Anwendung. *Herz*, 40(1), 76–84. <https://doi.org/10.1007/s00059-014-4145-7>
- Sassi, R., Cerutti, S., Lombardi, F., Malik, M., Huikuri, H. V., Peng, C. K., Schmidt, G., & Yamamoto, Y. (2015). Advances in heart rate variability signal analysis: Joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society.

Europace, 17(9), 1341–1353. <https://doi.org/10.1093/europace/euv015>

Saul, J. (1990). Beat-To-Beat Variations of Heart Rate Reflect Modulation of Cardiac Autonomic Outflow. *Physiology*, 5(1), 32–37.

<https://doi.org/10.1152/physiologyonline.1990.5.1.32>

Schäfer, A., & Kratky, K. W. (2006). The effect of colored illumination on heart rate variability. *Forschende Komplementarmedizin*, 13(3), 167–173.

<https://doi.org/10.1159/000092644>

Schmitt, L., Hellard, P., Millet, G. P., Roels, B., Richalet, J. P., & Fouillot, J. P. (2006). Heart rate variability and performance at two different altitudes in well-trained swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 27(3), 226–231.

<https://doi.org/10.1055/s-2005-865647>

Schmitt, L., Regnard, J., Parmentier, A. L., Mauny, F., Mourot, L., Coulmy, N., & Millet, G. P. (2015). Typology of Fatigue by Heart Rate Variability Analysis in Elite Nordic skiers. *International Journal of Sports Medicine*, 36(12), 999–1007.

<https://doi.org/10.1055/s-0035-1548885>

Serrato Roa, Mauricio. Galeano, E. (2015). *Lineamientos de Política Pública en Ciencias del Deporte en Medicina* (COLDEPORTE).

Serrato Roa, M. (2008). *Medicina del deporte: Vol. Primera ed* (Editorial).

Singh, N., Moneghetti, K. J., Christle, J. W., Hadley, D., Plews, D., & Froelicher, V. (2018). Clinical Reviews: Clinical Arrhythmias Autonomic Nervous System. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*, 7(3), 193–198.

<https://doi.org/10.15420/aer.2018.27.2>

Trimmel, K. (2011). Sensitivity of HRV parameters including pNNxx proven by short-term exposure to 2700 m altitude. *Physiological Measurement*, 32(3), 275–285.

<https://doi.org/10.1088/0967-3334/32/3/001>