



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y EDUCACIÓN
ESCUELA DE EDUCACIÓN FÍSICA

Comportamiento de la Variabilidad de la Frecuencia
Cardiaca durante una Temporada de Entrenamiento
en Futbolistas de Nivel Universitario

TRABAJO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN
EDUCACIÓN Y AL TÍTULO DE PROFESOR DE EDUCACIÓN FÍSICA

Profesor guía:

- Patricio Solís

Tesistas: - Jens Landa

-Sebastián Garmendia

-Diego Neira

-Pablo Pacheco

-Daniel Fischer

VINA DEL MAR, DICIEMBRE DEL 2016



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y EDUCACIÓN
ESCUELA DE EDUCACIÓN FÍSICA

Comportamiento de la Variabilidad de la Frecuencia
Cardiaca durante una Temporada de Entrenamiento
en Futbolistas de Nivel Universitario

TRABAJO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN
EDUCACIÓN Y AL TÍTULO DE PROFESOR DE EDUCACIÓN FÍSICA

Profesor guía:

- Patricio Solís

Tesistas: - Jens Landa

-Sebastián Garmendia

-Diego Neira

-Pablo Pacheco

-Daniel Fischer

VINA DEL MAR, DICIEMBRE DEL 2016

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera muy sincera a todas las personas que de algún u otro modo estuvieron presentes en todo este proceso que culmina después de cinco años. Empiezo por aquellos que pertenecen a la PUCV, ya sea tanto auxiliares, compañeros, amigos, como profesores, que son los que me estuvieron acompañando de forma presencial durante todo este recorrido y aportaron las herramientas necesarias para desenvolverme en este nuevo ámbito universitario. Por otra parte, quisiera hacer un especial reconocimiento al profesor y entrenador José Manuel Alvarado de la selección de fútbol de la Universidad, con quien tuve la oportunidad de aprender muchísimo, conocer, desarrollarme, crecer como deportista y realizar lo que más me apasiona: El fútbol. Junto a esto, tuve el agrado de poder combinar mi pasión con mis compañeros y amigos Jens Landa, Diego Neira y Álvaro Iriarte, quienes fueron los principales motivadores en que formara parte del equipo, y con los cuales vivencíé no sólo momentos deportivos, sino que experiencias de vida inolvidables... sabiendo que podré contar siempre con ellos. También quiero hacer alusión a Luis Rumazo, César Núñez y Oliver Salgado, con quienes igualmente pasé momentos especiales dentro de la Universidad y a los cuales guardo un gran cariño. Además de los ya mencionados, quiero compartir esto con personas que no se relacionan con la PUCV... mis amigos de infancia César y Felipe, quienes me apoyan en cualquier tipo de circunstancia y con lo que al igual que todos mis amigos citados, sé que estarán conmigo hasta el final.

En un apartado distinto y haciendo una referencia más exclusiva, quisiera agradecer tanto a mi polola Valeria, como a mi familia. Son aquellos que han sido incondicionales, los que me han estado apoyando en todo momento, los que me han cuidado, los que se preocupan y los que siempre desearán lo mejor para mí. Es difícil nombrarlos a todos, pero lógicamente este momento importante de mi vida, donde culmina una etapa y empieza otra, va dedicado a mis abuelos, tíos, tías, primos, primas... y por supuesto, en mayúscula, a los que lamentablemente tengo lejos pero que a pesar de ello han sido, son, y serán mi soporte principal; mi padre ERNESTO, mi madre VIVIANA, mi hermano JUAN PABLO y mi

hermana PAULA. No sé cómo agradecerles todo lo que han hecho por mí y por la difícil labor de apoyarme cuando tomé la decisión de estar, por lo menos por ahora, lejos de ellos. Los quiero muchísimo y les agradezco infinitamente!!

Seba Garmendia.

En primer lugar agradezco a Dios por haberme permitido ingresar a la PUCV a estudiar educación física, la carrera que siempre quise, y más aún el poder haber realizado lo que más me apasiona que es el fútbol, durante estos 5 años.

Agradezco a varias personas que me abrieron los ojos para entrar a esta carrera, al profesor Jorge Soriano, uno de los mejores entrenadores que he conocido, gracias por confiar en mis capacidades cada vez que me hizo jugar, y por ser muy directo al momento de decirme las cosas. A mi amigo Camilo González y Gonzalo Rivero por siempre decirme que educación física era mi carrera y a pesar de no haberlos escuchado, hoy les doy las gracias por haberlo hecho. Y a Gabriela Uribe por ser la principal motivadora de abrirme los ojos y entrar a educación física, por ayudarme durante todos estos años, tanto en lo académico como lo humano, muchas gracias, guardaré lo mejor de ti.

Agradezco infinitamente a mi familia, por estar siempre conmigo, ayudarme en los peores momentos y felicitarme en las alegrías. Por soportarme, por financiarme, por amarme y simplemente por estar a mi lado. A mi madre por ser mi consejera, y escucharme cada vez que lo necesité, a mi padre por darme siempre las palabras precisas aunque dolieran, a mis hermanas por preocuparse siempre de mí, y aguantarme, a mi primo Andrés por ser un hermano conmigo, a mi abuela y tía Paty, por siempre tenerme presente en su vida, y aunque sea con un engañito acordarse de mí, a mis tíos de Suecia y Noruega por siempre, pero siempre acordarse del sobrino de Chile, en especial a mi tío Caros por haberme permitido viajar a su hogar, a cada uno los amo por su presencia en mi vida.

Agradecido siempre de los grandes amigos que he conocido, por todas las vivencias que hemos ido formando y por las que vienen por vivir. Sin duda que son y serán una parte muy importante en mi vida. Al España y Diego por ser mis compadres todo este tiempo, por considerarme su amigo, por ir a todas juntos, por ser más que amigos, compañeros, hermanos, partners, consejeros, cómplices y mil cosas más. Al Luis Rumazo, Cesar Nuñez y Oliver Salgado por ser excelentes amigos y creer en mí, por cada trabajo realizado, por cada paletada o favor concedido, por cada conversación tenida y muchas otras cosas, son tremendas personas.

Agradecido del fútbol, porque es el deporte más hermoso del mundo y lo he podido vivir y jugar de una manera como nunca antes lo había vivido. Agradecer a mi entrenador

José Manuel Alvarado, más conocido como el “tato”, por confiar en mí todo este tiempo, a pesar de muchas discrepancias lo considero como un padre en mi vida, he aprendido mucho de él y es un gran ejemplo a seguir por su perseverancia, sacrificio y humildad con la que trabaja. Agradecido de José Madriaza “el money”, por convencerme día a día que aún existen personas de buen corazón y demostrarme con su ejemplo que siempre se puede más. Agradecido de poder haber sido parte de los planteles: campeón nacional 2012, bicampeón nacional 2013, campeón regional 2014, campeón universitario naval 2015, campeón regional 2016 y 3er lugar nacional 2016. Recordaré a cada uno de los que fueron parte del camarín, de todos los días de entrenamiento fueran cual fueran las condiciones, de cada sacrificio realizado por poder lograr el objetivo que se plantea cada año, que es ser campeón de todo. No siempre hemos ganado, pero personalmente he ganado mucho; amistad, experiencia, sacrificio, humildad, perseverancia, paciencia, y por sobre todo, nunca bajar los brazos.

Finalmente agradecer a mi grupo de tesis, por el trabajo realizado, por el tiempo invertido, porque a pesar de las diferencias que siempre existen en un grupo de trabajo, supimos sacarlo adelante y congeniarnos. Y por supuesto a nuestro profe guía Patricio Solís por estar cada vez que lo necesitamos, por motivarnos en cada ocasión que se requería, por brindarnos material, su apoyo y todo lo que necesitáramos, eres un gran profesional, te admiro por lo que has logrado y por la humildad que tienes para trabajar, muchas gracias pato.

Jens Landa

Quiero agradecer de la manera más rápida posible, por lo cual nombrare a todas las personas, grupos, instituciones a las cuales estoy agradecido por ayudarme en mi proceso de formación durante toda mi vida y a las cuales les tengo algún tipo de afecto. Agradezco a mi familia, amigos, mascotas, compañeros, colegio, jardín, universidad, profesores, fútbol, surf, a los cheqs, a goshman, la pera castiga, duro castigo, g'11, g'12, deportes, momentos alegres, capel, piscina, baltiloca, Brasil, Pichilemu, Conti, subterráneo bar arena, baño EFI, alfajorera, prácticas, alumnos, y a la gente que se me olvidó mencionar.

En primer lugar, quería dar mención y agradecer el total apoyo de mis padres quienes siempre dan todo de ellos para que uno pueda llegar a instancias como estas en donde se termina un ciclo de vida importante y un nuevo camino por explorar. A mi padre por guiarme en el camino del poder estudiar, agotando todas las alternativas de ingreso, en este caso al ingreso de deportista destacado, acompañándome y buscando todos los papeles y carta que debía presentar al DIDER, empastando el curriculum deportivo de la mejor forma para que haya sido presentada como corresponde, sin duda y muchas más gracias por todo el apoyo que siempre me entregas.

Además también agradecer a Hariscel Navarrete mi tía quien formo parte de una decisión que personalmente la tenía tomada que era el de poder formar parte de un rol muy fundamental que es ser docente, este caso fue particular ya que ella también salió de esta escuela, ella siempre me decía que era la mejor escuela y que por lo tanto aquí se formaban los mejores, ella también realizo una labor importante al momento de las postulaciones en donde me guió para saber con quién tenía la entrevista personal en la escuela de educación física, agradecer por el apoyo que siempre me brinda ya que a ella la considero una de la mejor tía por la confianza y apoyo que ha sido incondicional.

Como no mencionar a nuestros profesores que gracias al trabajo profesional y vocacional realizan una labor fundamental para formar a profesores con calidad durante estos cinco años de formación, es por esto que quisiera agradecer de manera específica a nuestra profesora tutora Jacqueline Páez, quien cumplió una responsabilidad aún más grande con el hecho de ser nuestra tutora, sentimiento especial ya que gracias a su excelente vocacional, excelente profesionalismo, recordar las clases de atletismo, el viaje de estudio en donde se crearon lazos más cercanos y que en donde siempre quedaran en nuestros recuerdos.

De igual manera agradecer a profe "juanito" quien también tuvo la oportunidad de acompañarnos durante todo el proceso universitario, práctica inicial, hasta practica final, como no recordar también nuestro viaje de estudio en donde tuvo la desafortunada

insolación (jajajajaja), sin embargo siempre con la mayor disposición como es la que se destacó siempre, preocupados por nuestras prácticas, en el que diéramos lo mejor porque exista la posibilidad de que sea una opción laboral a futuro, por muchas y otras cosas también agradecer a ambos profesores.

Agradecer también y con un abrazo de gol a nuestro profesor de fútbol Jose Manuel Alvarado, "el tato" al haber confiado en uno para ser ingreso a un equipo, en donde no es solo un equipo, si no parte de una familia que se vive día a día por un solo objetivo el cual es estar en lo más alto del fútbol universitario, quien no lo ha vivido nunca sabrá lo que siente jugar por esta camiseta, agradecer el profesionalismo del "tato" quien también contribuye de sobre manera nuestros aprendizajes tanto como deportista, persona y a la vez como futuro profesional.

Por último, terminar en quien es la mujer más importante que me rodea día a día y en mi vida, mi madre estando y acompañando en todo este proceso y en todos los anteriores desde que era pequeño, luchando como se destaca ella para conseguir lo mejor de uno día a día, sin duda eso lo transmite y hace que sea la más grande y que yo como hijo mayor pueda recibir ese mensaje, sin duda este espacio es para ella y este proceso de cinco años que ya ha terminado también es parte para ella ya que ha estado siempre preocupada en los buenos y malos momentos, siendo mi fiel compañera cada vez que lo necesitaba, por esto y mucho más, ya que no existen palabras para agradecerte todo lo que das y no solo por mi sino que también por mis hermanos, "tus pollos", es que quería agradecerte en este pequeño párrafo de nuestro trabajo título.

Diego Neira Navarrete.

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	17
CAPÍTULO I MARCO DE REFERENCIA.....	19
1.1 Sistema nervioso autónomo.....	20
1.2 Variabilidad de la frecuencia cardiaca.....	20
1.3 Métodos de medida de la VFC.....	22
1.4 Métodos de análisis de la VFC.....	23
1.4.1 Parámetros del dominio temporal.....	24
1.4.2 Parámetros del dominio frecuencial.....	24
1.5 VFC, entrenamiento y sobreentrenamiento.....	26
1.6 Bioimpedancia.....	28
1.7 Condición física en el fútbol.....	29
CAPÍTULO II DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
2.1 Antecedentes del problema.....	34
2.1.1 Problemática de la investigación.....	34
2.2 Objetivos de la investigación.....	36
2.2.1 Objetivo general.....	36
2.2.2 Objetivos específicos.....	36
2.3 Metodología.....	36
2.4 Tipo de investigación.....	37
2.5 Sujetos de estudio.....	37
2.6 Proceso de evaluación.....	38
2.6.1 Test consumo de oxígeno (ERGOESPIROMETRO).....	39
2.6.2 Test de variabilidad de la frecuencia cardiaca.....	39
2.6.3 Medición de la composición corporal.....	40

2.7 Extracción de datos.....	41
2.8 Materiales y herramientas.....	42
2.8.1 Softwares utilizados para recopilación de datos.....	46
2.9 Análisis estadístico.....	48
CAPÍTULO III RESULTADOS.....	49
3.1 Descripción de resultados.....	50
3.1.1 Resultados de datos básicos y composición corporal de los jugadores.....	50
3.1.2 Resultados del Vo ₂ máx. según posiciones de juego.....	51
3.1.3 Resultados del comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca a lo largo de la temporada.....	52
3.1.4 Resultados básicos según posiciones de juego.....	55
3.1.5 Resultados de la variabilidad de la frecuencia cardiaca según posiciones de juego.....	56
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	59
CAPÍTULO V CONCLUSIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS.....	74
Consentimiento informado y de compromiso.....	75
Consentimiento participación.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aplicación de test durante la temporada.....	38
Figura 2. Espirómetro Cortex Metalyzer 3B.....	42
Figura 3. Kit de calibración ergoespirómetro.....	43
Figura 4. Mascarilla y correa sostenedora.....	43
Figura 5. Banda Polar H7.....	44
Figura 6. Bioimpedancia portátil.....	44
Figura 7. Tapiz rodante.....	45

Figura 8. Programa Metasoft.....	46
Figura 9. Aplicación HRV Logger.....	46
Figura 10. Microsoft Excel.....	47
Figura 11. Kubios HRV.....	47
Figura 12. Vo ₂ máx. por posiciones de juego.....	52
Figura 13. SDNN.....	52
Figura 14. PNN50.....	53
Figura 15. HF.....	53
Figura 16. RMSSD.....	54
Figura 17. LF.....	54
Figura 18. LF/HF.....	55
Figura 19. Índice SNS del Z-score volantes.....	56
Figura 20. Índice SNP del Z-score defensas.....	57
Figura 21. Índice SNP del Z-score delanteros.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos básicos de los sujetos.....	50
Tabla 2. Composición corporal.....	51
Tabla 3. Porcentaje de masa muscular de acuerdo a la posición de juego.....	55
Tabla 4. Porcentaje de masa grasa de acuerdo a la posición de juego.....	56

RESUMEN

El presente estudio tuvo como propósito determinar los cambios de la variabilidad de la frecuencia cardiaca y relacionarlos con la composición corporal y el consumo de oxígeno durante una temporada en futbolistas del equipo universitario PUCV. Se midió inicialmente el consumo de oxígeno (Vo_2 máx.) y la composición corporal de los futbolistas. Posteriormente se realizaron registros de variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) durante 14 semanas (1 registro cada 2 semanas) previo a los entrenamientos. Nuestros resultados mostraron una tendencia al aumento de la actividad parasimpática durante la temporada, que podría ser un indicador de una adecuada adaptación a las cargas de entrenamiento. Sujetos quienes presentaron mejores valores de Vo_2 máx. (volantes) presentaron mejores adaptaciones a la carga de entrenamiento. Ante esto, el control de la VFC resulta ser un método útil y práctico para facilitar a los entrenadores a controlar de manera más precisa las cargas de entrenamiento para optimizar el rendimiento en sujetos pertenecientes a distintos equipos de fútbol.

Palabras claves: Frecuencia cardiaca, modulación autonómica cardiaca, Sistema nervioso simpático, deporte, fútbol.

SUMMARY

The purpose of the present study was to determine the changes in heart rate variability and relate them to body composition and oxygen consumption during a season in PUCV soccer players. The oxygen consumption ($\text{Vo}_2\text{máx.}$) and body composition of the players were initially measured, and heart rate variability (HRV) was recorded for 14 weeks (1 recording every 2 weeks) prior to training. Our results showed a tendency to increase parasympathetic activity during the season, which could be an indicator of adequate adaptation to training loads. Subjects who presented better values of $\text{Vo}_2\text{máx.}$ (midfielder) presented better adaptations to the training load. Given this, HRV control showed to be a useful and practical method to facilitate coaches to more accurately control training loads to optimize performance on subjects of different soccer teams.

Key words: Cardiac frequency, cardiac autonomic modulation, sympathetic nervous system, sport, soccer.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) nos puede entregar valores muy útiles con respecto al control de la carga de entrenamiento. En el fútbol, debido a las constantes cargas se hace necesario controlar las adaptaciones que un sujeto sufre a lo largo de la temporada siendo importante controlar estos parámetros para optimizar los procesos de entrenamiento y mejorar el rendimiento.

A nivel universitario es necesario utilizar herramientas prácticas para mejorar los procesos y de esta manera aumentar el rendimiento de los deportistas, respecto a esto, el primer capítulo expone diversa literatura científica relacionada al fútbol y como la variabilidad de la frecuencia cardiaca ha sido utilizada para mejorar el rendimiento.

En el capítulo dos se expondrá el marco metodológico en el cual está presente el diseño de la investigación, los protocolos utilizados y los instrumentos que se necesitaron para llevar a cabo la investigación. En el capítulo tres se presentará los resultados de la investigación en tablas y gráficos que muestran el comportamiento de la variabilidad durante la temporada de entrenamiento.

En el capítulo cuatro se discutirán los resultados obtenidos con literatura existente y se explicarán posibles similitudes o diferencias con estas y finalmente en el capítulo cinco se declararán las conclusiones referidas a cada objetivo de la investigación

CAPÍTULO I

MARCO DE REFERENCIA

1.1 Sistema nervioso autónomo

De los múltiples sistemas que conforman nuestro organismo, el cardiovascular juega un rol de gran relevancia para el funcionamiento del metabolismo humano en general, y este a su vez está estrechamente relacionado y controlado por el sistema nervioso autónomo (SNA). Básicamente, el SNA es el encargado de regular todas las acciones involuntarias de los músculos lisos, músculo cardíaco, glándulas y vísceras de todo el organismo, manteniendo la homeostasis y efectuando las respuestas de adaptación ante cambios del medioambiente, tanto interno como externo (Navarro, X., 2002). Dentro de las funciones que son controladas por el SNA durante la práctica de actividad física encontramos; el bombeo cardíaco, modificando la frecuencia y la fuerza de las contracciones cardíacas, la redistribución del flujo sanguíneo hacia los tejidos que más lo necesitan y el control rápido de la presión arterial (Alfonso, 2008). Todos estos procesos son clave a la hora de valorar y analizar el rendimiento cardiovascular de los sujetos deportistas.

1.2 Variabilidad de la frecuencia cardíaca

La variabilidad de la frecuencia cardíaca es un resultado entre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso autónomo (SNA). Un análisis correcto de este parámetro, puede proporcionar datos de la actividad del sistema nervioso autónomo de manera no invasiva. El SNA está conformado por un equilibrio en las actividades de los sistemas nerviosos simpático (SNS) y parasimpático (SNP). Para las actividades de reposo se hace predominante el SNP, mientras que para actividades físicas, stress, estados de ansiedad, etc. predomina el SNS. (Kleiger et al., 2005)

El SNP está encargado de disminuir rápidamente la frecuencia cardíaca mediante estímulos eléctricos vagales de alta frecuencia. También disminuye la contractilidad cardíaca. *“Básicamente, el SNP gestiona los cambios reflejos de la FC debidos a señales procedentes de los barorreceptores arteriales y del sistema respiratorio.”*(Rodas et al., 2008).

El SNS se encarga de aumentar la frecuencia cardíaca mediante estímulos de baja frecuencia. En comparación a la respuesta del sistema nervioso parasimpático esta es más

lenta, ya que necesita entre unos 20 y 30 latidos para producirse. La base de este proceso es la liberación de adrenalina y noradrenalina. (Rodas et al., 2008). Entre sus principales efectos relacionados con la actividad cardiaca se destacan el aumento de la frecuencia y contractilidad cardiaca, vasoconstricción y aumento de la glucogénesis y la lipólisis. El SNS se encarga de los cambios en la frecuencia cardiaca en situación de stress mental y/o físico. (Pumprla et al., 2002)

La FC con la VFC son inversamente proporcionales respecto a intensidad y carga de trabajo, mientras más aumenta la frecuencia cardiaca más disminuye la variabilidad. Esto es porque mientras más rápidos sean los latidos (FC), menos tiempo habrá entre estos mismos (VFC). (Capdevila et al., 2006)

El análisis de la VFC se puede ver afectado por variados factores. Uno de los factores que influye directamente en la VFC son las actividades de los sistemas de nuestro cuerpo, el sistema nervioso central puede afectar mediante diferentes estados mentales y/o emocionales, el sistema termorregulador, el sistema respiratorio, el sistema cardiovascular, el sistema barorreceptor y el sistema reninaangiotensina-aldosterona. A lo anteriormente mencionado, se puede agregar otros factores que están directamente relacionados con la VFC, por ejemplo el sexo. Las mujeres generalmente tienen mayor frecuencia cardiaca que los hombres. Otro factor es la edad, la FC aumenta con la edad. La posición del cuerpo (en la posición supino la FC es menor), la hora del día (FC más elevada en la mañana), ingesta de alcohol, cafeína, medicamentos, drogas y tabaco. También afecta la condición física propia del sujeto, el stress y actividad muscular. (Gall et al., 2004)

Para poder medir la actividad del SNA y sus ramas tanto simpática como parasimpática, se han desarrollado diversos métodos de estudio. En efecto, se destaca la microneurografía simpática, la cual permite la medición directa de la función simpática, además de esta, existe también la técnica de imágenes autonómicas cardiovasculares y por último, encontramos el estudio de la variabilidad del ritmo cardiaco (Freeman, 2006).

Con relación a este último se derivan una serie de técnicas de cálculo de la función autonómica cardiovascular, encontrando el análisis de la potencia espectral, dominio temporal, espectro-temporal, y métodos no lineales, los que se basan en el estudio de las

fluctuaciones del ritmo cardiaco, el cual refleja la modulación de la actividad del nódulo sinusal dado por los mecanismos autonómicos y otros homeostáticos (Aubert et al., 2003).

La variabilidad de la frecuencia cardiaca es un parámetro que se ha utilizado en diferentes ámbitos científicos como el de la salud y los relacionados con el ejercicio y el deporte (Rodas et al., 2008). La utilidad de su estudio principalmente se enfoca en establecer parámetros fisiológicos, enfermedades o respuestas a entrenamientos y periodos de recuperación de las personas, como es el caso de esta investigación. Representa uno de los marcadores más promisorios que han desarrollado en el último tiempo para poder determinar la actividad autónoma y la influencia de esta a nivel de sistema cardiovascular (Spriet et al., 2000). En el ámbito del deporte y la actividad física, es uno de los máximos parámetros que se están utilizando para poder graficar la capacidad funcional de un deportista y las adaptaciones que este tenga a las cargas de entrenamiento (García-Manso et al., 2006). En la medicina deportiva se ha propuesto el análisis de la VFC como uno de los métodos más válidos, rápidos y no invasivos para poder determinar la adaptabilidad de los deportistas (Rodas et al., 2008)

La manera en la que se valora y se estudia la VFC es por medio de la medición de las ondas R, siendo la manera más tradicional por acción de un electro cardiograma (ECG), o como es el caso de nuestra investigación por un monitor de frecuencia cardiaca. Cada frecuencia de ondas R se expresa en términos cuantitativos como intervalos de RR, *“El intervalo RR corresponde al tiempo que transcurre (expresado en milisegundos) entre ambas ondas R del trazado electrocardiográfico normal”* (Cancino, 2011). Cada uno de estos intervalos de RR corresponde al momento de una contracción ventricular y al tiempo que se sucede a la contracción ventricular cardiaca, esto una vez realizado todos los demás procesos eléctricos del corazón.

1.3 Métodos de medida de la VFC

La VFC es utilizada para fines de medicina deportiva desde 1996, año en donde comenzaron a aparecer aparatos mucho más portátiles, los que permitieron hacer mediciones de campo con la misma fiabilidad y seguridad que los aparatos utilizados por

expertos en los laboratorios. Hoy en día la ciencia está a disposición de diversos métodos de valoración de la VFC. (Rodas et al., 2008)

- Métodos de laboratorio: a través de fármacos se toman medidas en cortos periodos de tiempo (2-5 minutos), antes y después de poner a prueba el SNA ejerciendo un control sobre la ventilación (señalización de la frecuencia cardiaca respiratoria con metrónomo).
- Electrocardiograma de 24 horas: esta medida se realiza para evitar problemas de salud valorando el riesgo de enfermedades específicas como por ejemplo diabetes mellitus, fibromialgia, cardiovasculares, entre otras.
- Durante la actividad física: mediante los aparatos portátiles, específicamente las bandas Polar, son utilizadas para medir fiable y válidamente la VFC, a través de los intervalos RR (medidos en milisegundos) que se evalúan en cualquier actividad física. Este es el método utilizado en nuestro estudio. (Rodas et al., 2008)

Independientemente del método utilizado para medir la VFC, sabemos que éstos arrojarán datos relacionados a los intervalos RR, los que serán útiles para calcular los distintos parámetros de la VFC, ya sea en función del tiempo como la frecuencia. A continuación, mostraremos la existencia de diversos parámetros para analizar los datos que nos arrojan las mediciones.

1.4 Métodos de análisis de la VFC

Existen diversos métodos para analizar la VFC que se han ido actualizando y fortaleciendo de forma importante en el último tiempo, los que poseen un objetivo y utilidad en común: tener la metodología considerablemente más fiable y a la vez sencilla para el uso e interpretación de los deportistas, técnicos y/o profesionales afines al deporte. Los métodos más utilizados actualmente “*se basan en el dominio del tiempo, en el dominio*

de la frecuencia, las medidas geométricas de los intervalos RR y las variables no-lineales (Rodas et al., 2008)."

1.4.1 Parámetros del dominio temporal

Estos métodos de medición del dominio temporal se basan en la utilización de medidas estadísticas, para la cuantificación de los intervalos RR del electrocardiograma o métodos similares (Yuing et al., 2011). Estos se analizan con los siguientes parámetros, los cuales son los más utilizables y los que nos brindan mayor información:

- RRSD: Desviación estándar de los intervalos RR del periodo medido.
- RMSSD: Relativo a las variaciones a corto plazo de los intervalos RR. Se utiliza para observar la influencia del SNP sobre el sistema cardiovascular.
- pNN50: Asociado a las variaciones altas de los intervalos RR. Corresponde al porcentaje del total de pares de intervalos RR que difieren en más de 50 milisegundos.
- SDANN: Desviación estándar de los periodos RR en 5 minutos expresada en milisegundos.
- ASDNN: Indica desviaciones estándar de todas las medidas de los intervalos RR de 5 minutos, a lo largo de 24 horas.

Estos parámetros son funcionales para evidenciar irregularidades del SNA, sin embargo para demostrar cambios específicos en la actividad del SNS y el SNP, no cuentan con la información necesaria. (Rodas et al., 2008)

1.4.2 Parámetros del dominio frecuencial

Cuando estamos en presencia de un fenómeno periódico, en este caso la frecuencia cardíaca, podemos analizar sus datos en función de la frecuencia, ya que es un fenómeno ondulatorio. Para aquello, se utilizan diversas herramientas matemáticas. Estos diversos componentes espectrales se correlacionan con los distintos componentes del SNA.

Para el análisis de la VFC se ocupa un tacograma, gráfico que revela el comportamiento de la frecuencia cardiaca a través del tiempo. Este es similar a una onda compleja e irregular, que a su vez se conforma por una suma de ondas simples que son identificadas con técnicas matemáticas como el análisis espectral. Con este análisis se consigue un gráfico en el cual se observa en frecuencia y amplitud, una onda compleja. Estos componentes espectrales pueden ser relacionados con ciertos aspectos fisiológicos de las personas y arrojar datos importantes. (Villegas et al., 2009)

La densidad típica de estas ondas de la potencia espectral del ritmo cardiaco, posee tres bandas o valores principales para su posterior estudio. Ellas son: “Very low frequency (VLF)”, “Low frequency (LF)”, y “High frequency (HF)”, junto con el cociente de LF/HF, relación que hay entre la banda de baja frecuencia (LF) y de alta frecuencia (HF) (Jeria et al., 2011). Un factor relevante que afectará el dominio de la frecuencia, es el tiempo por el cual se tome la muestra. Respecto a esto la literatura nos plantea que existen dos tipos de registros: los de corta duración y los de larga duración. (Rodas et al., 2008). En el de corta duración el tiempo abarcado es de 2 a 5 minutos, y está asociado a los componentes VLF, LF, HF y HF/LF., mientras que en el de larga duración, generalmente realizados en 24 horas, además de los anteriores componentes, se observa la aparición de uno nuevo, la “Ultra low frequency (ULF)” (TaskForce, 1996; Aubert et al., 2003; Freeman et al., 2006; Kleiger et al., 2005).

Todos estos componentes poseen características particulares, partiendo por la LF que si bien no se posee claridad en su función fisiológica específica, reflejaría la estimulación o tono simpático, con modulación del parasimpático y en menor medida por el sistema renina-angiotensina. Ahora bien, si hablamos de la banda de alta frecuencia (HF), a esta se le relaciona con la actividad del SNP. Es consecuencia de la respiración y proviene principalmente de la actividad vagal del SNP. Por último, el cociente LF/HF es un indicador fiable del balance autonómico en reposo. Si resultan valores por sobre el rango normal, indicaran mayor actividad del SNS, por el contrario, valores bajo lo normal, indicaran un predominio del SNP. (Jeria, et al, 2011).

1.5 VFC, entrenamiento y sobreentrenamiento

Si bien la literatura acerca de la VFC es extensa y muy diversa, existen pocos estudios que analicen los cambios que sufre ésta ante una situación de sobreesfuerzo. En general, estos estudios concuerdan en que se provoca un descenso de la VFC debido a una inhibición de la actividad parasimpática a favor de un predominio de la actividad simpática. Todo esto gracias al análisis a través de parámetros estadísticos y del espectro de frecuencias. De hecho, existe una investigación que abarca el efecto del sobreentrenamiento sobre la VFC a través del gráfico de Poincaré, pero este no obtiene muchas conclusiones relevantes y se limita a decir que los atletas sobreentrenados poseen un diámetro transversal reducido (Esquivel et al., 2009).

Una de las utilidades diagnósticas o médicas de la medición de la VFC en deportistas es para evitar cualquier tipo de patología relativa a los grupos musculares o lesiones comunes. No obstante, la importancia que le atribuimos a esta medición, dice relación con algo más específico que el punto anterior, la variación de los parámetros medidos según la posición del jugador y el tipo de ejercicio que se realiza, en este caso el fútbol. Lo más relevante de esto es poder determinar y evaluar la intensidad del ejercicio durante la temporada, año o proceso que se esté llevando a cabo, y si es que ésta es adecuada y tolerada por el jugador en cuestión o si, por el contrario, está cercana a un estado de sobreentrenamiento, lo que ineludiblemente estaría relacionado con lesiones musculares y/o disminución de rendimientos deportivos. (Rodas et al., 2008)

Ahora bien, cuando hablamos de la medición de la VFC, esta se basa en la determinación del equilibrio entre la actividad del SNS y del SNP. Haciendo una afirmación de forma general, podemos decir que la mayoría de los niveles moderados-altos de actividad física, están relacionados con los niveles más altos de VFC en reposo, es decir, indican un predominio de la actividad del SNP por sobre el SNS. (Rodas et al., 2008)

Esencialmente, un periodo de entrenamiento óptimo, sin problemas y bien tolerado por los jugadores, con los tiempos de recuperación propicios, produce un aumento de recursos del SNA, es decir, un incremento en la actividad del SNP y disminución de la actividad del SNS. Por el contrario, las situaciones de sobreentrenamiento se relacionan con una disminución general de los parámetros de la VFC en reposo, lo que indica una

mayor modulación del SNS, pudiendo promover distintos estados de stress y agotamiento. (Rodas et al., 2008)

El análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca se utiliza como método para seguir la tolerancia que presenta el deportista hacia el entrenamiento, de esta manera se busca mejorar el rendimiento progresivamente y evitar el sobre-entrenamiento. Se ha determinado que cuando la medición se realiza en la mañana, los parámetros de SDNN (desviación estándar de normal a normal) y LF se ven disminuidos en sujetos diagnosticados con sobre-entrenamiento. Por su parte, Neumann (Neumann et al., 2002) recomienda que las medidas de las VFC se realicen anterior a cada entrenamiento y que la intensidad dependa del estado actual en el que el deportista se encuentra (estresado, sobreentrenado, relajado), esto porque la variabilidad cardiaca es sensible a la influencia de factores exógenos y endógenos.

Según la información revisada, no existe una medición numérica y estándar de VFC de la cual se pueda obtener información de manera individual, más bien se comparan parámetros en dos grupos de personas para extraer información, por ejemplo se compara el nivel de LF en sujetos sedentarios y en sujetos entrenados, a partir de esas diferencias en los parámetros se levanta la información. Teniendo en cuenta este método de comparación podemos comenzar a aproximarnos a la valoración de la tolerancia del esfuerzo físico o psicológico. Es importante mencionar que los parámetros de la VFC pueden variar dependiendo de los desequilibrios del SNA, los cuales se ven alterados por estímulos físicos como psicológicos. Al parecer, cuando hay valores de la VFC alterados, se puede descubrir el origen de esta sometiendo al sujeto a una pequeña carga de actividad física. De este modo, si los valores alterados aumentan después del ejercicio es probable que la alteración se deba principalmente a factores físicos. De lo contrario, si los valores se mantienen o incluso mejoran en algo, lo más probable es que la alteración se deba a factores psicológicos. (Rodas et al., 2008)

Al comparar las relaciones de los distintos parámetros de la VFC con la medicina deportiva, lo que se busca es adaptar a los deportistas al entrenamiento, a las cargas y al tiempo de recuperación. Así mismo, otorga un papel de prevención no-invasivo, rápido y

eficaz a los distintos problemas que surgen por el sobre entrenamiento, como lo son lesiones, stress, disminución del rendimiento, etc.

Ahora bien, si hablamos sobre los cambios de la VFC en el periodo de entrenamiento de los futbolistas, en una investigación sobre los cambios en el rendimiento físico y la VFC en jugadores de alto nivel de fútbol sala, pese a una corta pretemporada, los resultados generados con respecto a ciertos aspectos físicos que fueron evaluados constantemente, incluidos los cambios en la VFC, pueden ser mejorados en un corto tiempo con un buen trabajo de pretemporada. Durante la temporada, la mayoría de los componentes fueron mantenidos, pero no mejorados, lo que nos revela la importancia de planificar y realizar una buena pretemporada con respecto a los aspectos físicos que quiero mejorar dependiendo de mis objetivos planteados para el equipo específico. (Oliveira, 2012).

En relación en la influencia de la VFC sobre el consumo de oxígeno máximo, se propone que las respuestas individuales al entrenamiento se pueden relacionar significativamente con la actividad basal del SNA. Se dice que mientras mayor sea el índice vagal de la VFC, mayor será el Vo_2 máx. posterior al entrenamiento (Hautala et al., 2003). De hecho, la VFC representa un 27% del cambio del Vo_2 máx. posterior al ejercicio. Mientras que la edad, la raza, el género y el nivel básico de condición física han demostrado que colectivamente sólo influyen en un 11% del cambio total. (Bouchard et al., 2011)

1.6 Bioimpedancia

La bioimpedancia eléctrica es uno de los tantos métodos para estimar la composición corporal del ser humano, pero es uno de los más fiables, no invasivos y rápidos de evaluar. Esta se fundamenta en la oposición de las células, tejidos o líquidos corporales al paso de una corriente eléctrica generada por un aparato. Esta corriente atravesará con mayor facilidad los tejidos que no posean grasa como los músculos y huesos, ya que poseen menor resistencia (baja impedancia). Por el contrario, los tejidos grasos poseen una alta impedancia, lo que significa una mayor resistencia al paso de la

corriente por la carencia de fluidos. Así es como este aparato, a través de ciertos electrodos situados en los dedos de las manos y pies, proporciona una estimación directa del agua corporal total, para luego estimar de forma indirecta la masa libre de grasa y la masa grasa, a través de fórmulas preestablecidas.

1.7 Condición física en el fútbol

Se entiende por condición física *“el conjunto de capacidades, condiciones y factores que tiene el individuo como energía potencial, y que, por medio de su trabajo, podemos mejorar el nivel de aptitud física para realizar tareas de carácter físico”* (Sánchez-Bañuelos, 2002). Otro autor menciona la siguiente definición relacionándolo al juego del fútbol donde cita: *“un medio que todo su potencial de creatividad, talento y entrega durante los noventa minutos que dura el juego; en la que se tiene como finalidad permitir al jugador utilizar de la mejor forma y el mayor tiempo posible sus capacidades técnicas, tácticas y mentales durante todo un partido y una temporada”* (Kohan, 2006). Es de suma importancia mantener una adecuada condición física tal como se plantea anteriormente, ya que esto nos permitirá desarrollar y potenciar los aspectos individuales y colectivos del juego, a continuación se detalla la importancia de la condición física, en donde nos indica que es imprescindible para mantener esfuerzos intermitentes de mayor o menor intensidad, además de mantener el desempeño táctico y mental con alta organización y creatividad, tanto en lo individual, como en lo colectivo.” (Barnerat et al., 2008)

Se entiende que el fútbol es el deporte más popular del mundo. Entre las diversas posibilidades que tienen los niños actualmente para participar en actividades físicas organizadas y supervisadas, la práctica del fútbol es uno de los deportes que se ha incrementado considerablemente, tanto en fútbol varones como en mujeres (Gómez-Lopez, 2005).

Para ir entendiendo sobre la condición física y relacionando con el fútbol, se deben conocer los diferentes factores que determinan una óptima condición física donde se dice que el rendimiento en fútbol depende de múltiples factores que se llevan a cabo dentro de la práctica de este deporte (Little et al., 2006). En concreto, en el aspecto físico la capacidad aeróbica, la habilidad para repetir esfuerzos breves de alta intensidad, como la fuerza y potencia muscular son componentes muy relacionados con el rendimiento del futbolista (Chamari et al., 2005). Estos componentes optimizan al rendimiento del deportista cumpliendo un rol fundamental en la condición física.

El rendimiento en muchos deportes, en este caso en el fútbol, es el resultado de la combinación de diferentes factores los cuales tenemos, la dotación genética, el entrenamiento y la salud del deportista (Virus et al., 2001). Estos factores se pueden determinar con evaluaciones físicas y fisiológicas para luego describir el perfil de cada jugador, comparar y aplicar métodos adecuados de entrenamientos.

Tal y como se menciona anteriormente, podemos interpretar que los factores que conllevan a la práctica del fútbol pueden llegar a conseguir diferentes resultados en cuanto a la mejora de la técnica y táctica, además de mejorar la condición física. De igual manera es como lo plantean otros autores relacionados con la condición física donde dicen que la eficacia de cada estrategia ha sido analizada en estudios que han comparado los efectos de diferentes intervenciones sobre la técnica, la táctica o la condición física (Méndez et al., 2010).

Para contextualizarnos y de manera tal, de tener conocimientos sobre la condición física específicamente al fútbol, debemos considerar algunos recorridos que se realizan dentro del campo, en donde se establecen algunos parámetros de diferentes autores, los datos indican que los sujetos de élite suelen recorrer entre 11 a 12 km por partido (Mohr et al., 2003) Sin embargo, debemos saber los recorridos que realizan por posición de juego, es aquí en donde los centrocampistas son quienes más distancia recorren, alrededor de 12 km, seguidos de los delanteros y defensas laterales, que se acercan a 11,5 km y, por último, los defensas centrales que suelen rondar los 10 km (Di Salvo et al., 2007). Como bien sabemos las distancias recorridas son extensas, por lo que la condición física suele ser muy importante,

además de aquello debemos considerar los momentos en donde el jugador permanece en movimiento y estático, un jugador permanece inmóvil durante un 20% del encuentro, andando durante un 40%, desplazándose mediante carreras de baja intensidad durante un 30% y a carreras de alta intensidad durante un 10%. En cambio, los sprints sólo representan el 1% sobre el total, si abordamos esto por los diferentes puestos se observa que los defensas centrales son los que cubren mayores distancias a una velocidad menor a los 11 km/h, los centrocampistas se desplazan entre trote y carrera con velocidades de 11 a 23 km/h y por último los delanteros son los que recorren mayor número de metros en sprint, con velocidades superiores a 23 km/h (Mohr et al, 2003, Di Salvo et al., 2007).

El rendimiento en los deportes de equipo se distingue en dos dimensiones básicas, una individual caracterizada por los valores del rendimiento individual en la acción colectiva, y otra colectiva compuesta por la prestación global de un equipo en la competición como resultado de la suma de los rendimientos complejos individuales de los jugadores. Dentro de estos últimos es posible distinguir a su vez categorías de rendimiento parcialmente colectivas, “acciones de grupo”, y totalmente colectivas, “acciones de equipo”, englobando a estas categorías del rendimiento la lógica interna de los JDC (juegos deportivos colectivos y de la competición”. (Lago, 2000).

Es por esto que la condición física individualizada se hace muy necesario ya que al mantener altos niveles de esfuerzos intermitentes de mayor o menor intensidad, es que la capacidad de desempeño como en lo táctico y mental, además de la organización y creatividad tanto individualmente como grupal, es que será una mejor relación a los sistemas de juego a utilizar (acciones colectivas) (Barnerat et al., 2008).

Ya al comprender la condición física podemos confirmar la importancia que tiene debido a las altas cargas físicas que conlleva este deporte Es por esto que creemos que para un futbolista pueda alcanzar los niveles de rendimiento deseados durante un partido, necesita adaptar los distintos sistemas funcionales del organismo mediante las cargas de entrenamiento. Para lograr esta adaptación, según especialistas de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA), pueden ser utilizados dos métodos fundamentales que contribuyen al desarrollo de la condición física de los futbolistas; como por ejemplo el

entrenamiento físico separado, donde generalmente se lleva a cabo sin balón y el entrenamiento físico integrado donde la gran cantidad de tiempo es con balón y se asemeja a una realidad de juego (Barnerat et al., 2008).

CAPÍTULO II: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Problemática de la investigación

El análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), es un método muy utilizado últimamente en el ámbito clínico como deportivo, ya que permite de forma no invasiva, obtener ciertos datos relacionados con la salud de los deportistas, como también de adquirir la información suficiente acerca de su adaptación al entrenamiento. Durante las pretemporadas, los entrenadores y cuerpo técnico tienen como objetivo preparar tanto física como psicológicamente a los sujetos para enfrentar una temporada de competición, como también de distinguir las cargas de entrenamiento para los deportistas. La VFC es una variable trascendental para monitorear la actividad cardiaca del deportista y además, es utilizable de manera confiable como indicador de la adaptación fisiológica para el entrenamiento. Dado que la VFC es un resultado de la relación entre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso autónomo (SNP – SNS), puede ser un elemento muy útil a la hora de medir los cambios fisiológicos y la respuesta a distintos estímulos en los deportistas.

En el fútbol se ha buscado como poder medir de manera individualizada y confiable los cambios fisiológicos que se generan en el deportista a lo largo de una temporada de entrenamiento, con el fin de poder planificar de manera correcta y segura las cargas de trabajo para cada futbolista, según sus propias capacidades y la evolución física que se va adoptando. En efecto, para poder evitar cualquier tipo de lesión muscular y potenciar de forma segura y eficaz sus capacidades. También se puede utilizar esta planificación de las cargas, para medir la evolución de un sujeto a lo largo de un proceso de entrenamiento, aspecto muy relevante en este deporte considerando que a nivel profesional existen ocasiones en que se juegan más de un partido a la semana y debido a este desgaste que se produce, habría que relacionar de una manera saludable si es que el deportista está en una constante evolución de su estado físico o, por otro lado, está expuesto a un sobreentrenamiento, lo que disminuiría su rendimiento deportivo y, por ende, el del equipo en general.

La VFC últimamente se ha utilizado de diversas maneras en el ámbito deportivo, se ha estudiado por ejemplo el cómo respondía ésta en relación a una pretemporada de

entrenamiento en futbolistas mujeres de alto rendimiento. Por otra parte, se ha estudiado sobre la respuesta de la VFC semana a semana y su relación con el potencial cambio del $\text{Vo}_2\text{máx.}$ en jugadoras de fútbol femenino. Otra de las publicaciones vistas se desarrolló en EE.UU., en donde se evaluó a base de mediciones de la VFC con Smartphone, la adaptación individual hacia el entrenamiento en un equipo universitario de fútbol femenino. Estos estudios acerca de la VFC reflejan que la modulación cardiaca-parasimpática resulta útil durante un periodo de entrenamiento, para evaluar la evolución individual de los futbolistas, además de que esta es sensible a la fatiga. Por lo tanto, se indica que la actividad cardiaca-parasimpática refleja las facetas individuales de recuperación en el deportista, y al mismo tiempo puede utilizarse como herramienta para definir las cargas de intensidad del entrenamiento, éstas dependiendo si la VFC está por encima o igual al valor inicial, lo que se transforma en un buen método para mejorar la capacidad de resistencia.

La mayoría de los estudios revisados hablan acerca de la VFC en relación a ciertos parámetros ($\text{Vo}_2\text{máx.}$) o su actividad a lo largo de una pretemporada. No existe mucha información respecto al comportamiento transversal de esta, es decir, de qué manera varía desde el comienzo de una pretemporada hasta el final de las competencias y que información se puede levantar con esos datos.

En definitiva, luego de dar ciertos razonamientos acerca de la función y forma de utilización de la VFC en el fútbol, y considerando que en los estudios mencionados no se abarca de gran forma la conducta de la VFC durante una temporada completa, nuestra pregunta de investigación es la siguiente:

¿De qué manera se comporta la VFC a lo largo de una temporada de entrenamiento en futbolistas universitarios?

2.2 Objetivos de la investigación

Para responder nuestra pregunta de investigación, nos hemos planteado los siguientes objetivos:

2.2.1 Objetivo general

- Determinar los cambios de la variabilidad de la frecuencia cardiaca y relacionarlos con la composición corporal y el consumo de oxígeno durante una temporada en futbolistas del equipo universitario PUCV.

2.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca de acuerdo a la posición de juego.
2. Relacionar cambios en la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante una temporada de entrenamiento con el $\text{Vo}_2\text{máx.}$
3. Determinar el $\text{Vo}_2\text{máx.}$ y la composición corporal en los futbolistas universitarios por posición de juego.

2.3 Metodología

En este apartado de nuestro estudio se recopilan todas las características tanto de los sujetos estudiados, como de las herramientas y materiales utilizados para las evaluaciones correspondientes. De aquí en adelante mostramos la secuencia temporal del estudio, las variables fisiológicas implicadas, los métodos aplicados para la recolección de datos y el funcionamiento de cada uno de ellos.

2.4 Tipo de investigación

La forma de trabajo para llevar a cabo el estudio se desarrolla por tres líneas. En primera instancia por el tipo cuantitativo, en donde se recogen datos concretos a través de una medición sistemática, y se emplea un análisis estadístico. (Polit, Torre, Polit, & Bernadette, 2000). En segunda instancia por el tipo longitudinal, ya que se desarrolla en un tiempo prolongado viendo la evolución del evento bajo estudio. (Grajales, 2000). Y en tercera instancia y última, del tipo prospectivo que se relaciona mucho con la línea longitudinal, ya que se desarrolla en un tiempo prolongado y se plantea recoger una variable luego del inicio del estudio. (Hernández-Avila, Garrido-Latorre, & López-Moreno, 2000).

2.5 Sujetos de estudio

Los sujetos evaluados en nuestra investigación, son jóvenes de género masculino con una edad promedio de 21,9 años (entre 18 a 26 años), todos miembros del equipo de fútbol de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en su mayoría con experiencias en las divisiones inferiores de los clubes de la región como lo son: Everton, Santiago Wanderers, San Luis de Quillota, Unión La Calera. Este grupo entrena 5 veces por semana, con modelos de entrenamiento contemporáneos, enfocados al grupo, donde se trabaja lo físico, técnico, táctico (psicológico y reglamentario), a través de entrenamientos de intervalos, entrenamientos en circuitos, entrenamientos continuos y entrenamiento funcional, y en paralelo se trabaja la fuerza en gimnasio idealmente 3 veces por semanas, pero dándole una responsabilidad más individual en esta capacidad a los jugadores. Los objetivos declarados de este grupo son tres: 1.- Campeonato Universitario Naval, durante el primer semestre del año (Abril a Junio). 2.- Campeonato Regional Fenaude, durante la última semana de septiembre. 3.- Campeonato Nacional Fenaude, durante la 1 semana de Noviembre.

2.6 Proceso de evaluación

Para la recolección de datos, se realizan tres diferentes tipos de test, los cuales se aplican en distintos momentos de la temporada deportiva, y con tiempos de seguimiento distintos. Estos test corresponden al consumo de oxígeno (Vo_2 máx.), la variabilidad de la frecuencia cardiaca en reposo, y la composición corporal (bioimpedancia). Figura 1.

A continuación se observan los tiempos para cada evaluación, en un periodo de 16 semanas:

Test	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Variabilidad de la frecuencia cardiaca																
Consumo Máximo de oxígeno																
Medición de la composición corporal																

Figura 1. Aplicación de test durante la temporada.

Claramente se observa que tanto el consumo máximo de oxígeno y la medición de la composición corporal se realizan al comenzar la temporada, mientras que la variabilidad de la frecuencia cardiaca se desarrolla durante todo el proceso establecido.

2.6.1 Test consumo de oxígeno (ERGOESPIROMETRO):

El test de consumo de oxígeno se realizó a través del ergoespirómetro Cortex Metalyzer 3B (figura 2), durante las primeras 4 semanas del proceso, el cual se calibraba, con un kit especial de calibración (figura 3). El jugador que se debía medir, se le colocaba la banda polar H7 (figura 5), y la mascarilla con la correa sostenedora (figura 4), para posteriormente situarse en el tapiz rodante (figura 7). Se ejecutó mediante una prueba de esfuerzo incremental con un sistema de análisis del intercambio de gases respiratorios y de la ventilación pulmonar. Conforme la intensidad es mayor, el organismo responde con un mayor gasto energético, hasta una intensidad de ejercicio en que a pesar de aumentar la carga, el $\text{Vo}_2\text{máx.}$ no aumenta más.

Para realizarlo, se citó a los integrantes de la selección de fútbol de la PUCV por grupos, en distintos horarios en un rango de 2 semanas antes de empezar el periodo de entrenamientos.

Cada jugador que asistió a realizar el test, lo debía hacer con la ropa adecuada para correr (Short, polera y zapatillas adecuadas), no debía haber realizado actividad física antes de ejecutar el test, ya que se podía ver alterado el registro. Antes de empezar con el test, fue necesario que a cada jugador se evalúe la estatura y el peso (datos requeridos por el programa), y que realizaran un calentamiento de al menos 5 minutos sobre la cinta de correr o una bicicleta estática que en este caso se disponía.

2.6.2 Test de variabilidad de la frecuencia cardiaca

El test de variabilidad se realizó en un periodo de 16 semanas a los jugadores de la selección de fútbol de la PUCV; consistió en medir la FC de los sujetos en una posición de total reposo. La prueba se hizo antes de cada entrenamiento, es decir, se les pidió a los deportistas asistir media hora antes para poder realizarlo y no entorpecer la práctica deportiva. El test se realizó al medio día, teniendo en cuenta de que el sujeto no hubiese tenido un gran esfuerzo físico el día anterior, y/o hubiese bebido bebidas alcohólicas, exceso de café o bebidas energéticas. Todo esto con el fin de que los resultados no se vieran

alterados o afectados. Todos los registros se realizaron en cada jugador cada dos semanas completando un total de registros de 14 semanas.

Teniendo esto claro, se les pedía a los jugadores que se colocaran la banda “POLAR H7” a la altura del pecho (apófisis xifoides) y que se recostaran en posición decúbito supino en una colchoneta, guardando reposo absoluto. Ya recostados, se les pedía que trataran de realizar 10 respiraciones por minuto, inhalando y exhalando profundamente, con el fin de regular la FC antes de realizar la medición. Posteriormente se medía su variabilidad durante 10 minutos a través de la banda polar H7, conectada a la aplicación HRV Logger desde el teléfono móvil, o con un reloj polar vinculado a la misma banda. Se registraba el nombre y apellido de cada jugador y por defecto quedaba registrado el día, hora y duración de la medición.

2.6.3 Medición de la composición corporal

El test de la composición corporal se realizó durante las primeras 3 semanas del proceso, citando a los jugadores por grupos en un día específico, lo más temprano posible, que en este caso fue a las 8:00 am. Para la realización del test, por parte de los sujetos, se debían cumplir ciertos requisitos, que se detallan a continuación:

- El sujeto debe estar recostado en una camilla en posición decúbito supina, con los brazos levemente separados del cuerpo, al igual que las piernas (los pies deben estar descalzos).
- El sujeto deberá haber realizado un ayuno de al menos 5 horas, por eso es que se evaluaron a los sujetos a primera hora del día.
- El sujeto no debe haber realizado actividad física intensa al menos 12 horas antes.
- No tener ningún objeto de metal en su cuerpo
- No haber consumido cafeína, alcohol y/o drogas 48 horas previo a la medición.

Dadas las condiciones, se prendía la máquina, se ingresaban los datos del jugador y se procedía a colocar los electrodos en las 4 extremidades. En las extremidades superiores ponían en el dedo medio y pulgar, y en las extremidades inferiores a la altura de los maléolos lateral y medial. Luego se ejecutaba la maquina INBODY S10 (figura 5) durante

5 minutos aproximadamente. Finalmente se obtenían los datos, se le retiraban los electrodos al jugador y se guardaba el registro.

2.7 Extracción de datos

Para realizar la recopilación de datos, se utilizaron diferentes softwares aplicados en un notebook o teléfono móvil, estos fueron:

- 1.- HRV Logger, aplicación móvil para medir la frecuencia cardiaca, a través de, en este caso, una banda polar H7. Figura 9.
- 2.- Kubios HRV versión 2.2. Programa para extraer los datos obtenidos desde la aplicación HRV Logger, en donde se adquieren valores numéricos necesarios para la discusión, como lo son: SDNN, LF, HF, LF/HF, RMSSD y PNN50. Figura 11.
- 3.- Microsoft Excel 2013. Programa utilizado para guardar los datos de composición corporal (bioimpedancia), Vo_2 máx., y los registros de cada semana de la variabilidad de la frecuencia cardiaca a de cada jugador. Figura 10.
- 4.- Programa ergoespirometria Metasof 3B-RB Versión 1.1.6. Entrega un análisis de los gases, y el consumo máximo de oxígeno (Vo_2 máx.).Figura 8.

2.8 Materiales y herramientas

Para realizar las evaluaciones de los jugadores, se utilizaron los siguientes materiales:

-Espirómetro

Su utilización fue para evaluar el consumo máximo de oxígeno de los sujetos por medio del de gases Córtex, Metalyzer 3B.



Figura 2. Espirómetro Cortex Metalyzer 3B.

-Kit de calibración ergoespirómetro

Este implemento se utilizó cada vez que se midió a los jugadores, justo antes de utilizar el ergoespirómetro donde se calibraba el Cortex Metalyzer 3B.



Figura 3. Kit de calibración ergoespirómetro.

-Mascarilla y correa sostenedora

Su utilización fue para el test de consumo máximo de oxígeno. Cada jugador debía utilizarla para a través de ella, conectada a la maquina Cortex y al software metasoft ir registrando los datos del jugador.



Figura 4. Mascarilla y correa sostenedora.

-Banda polar H7

Utilizado para el registro de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, conectado a la aplicación HRV logger del teléfono móvil.



Figura 5. Banda Polar H7.

-Bioimpedancia portátil INBODY S10

Este instrumento se utilizó para conocer la composición corporal de los sujetos. Se utiliza una pequeña corriente eléctrica que recorre los segmentos superiores e inferiores del cuerpo, para determinar los componentes musculares, grasos, óseos, agua y residuales.

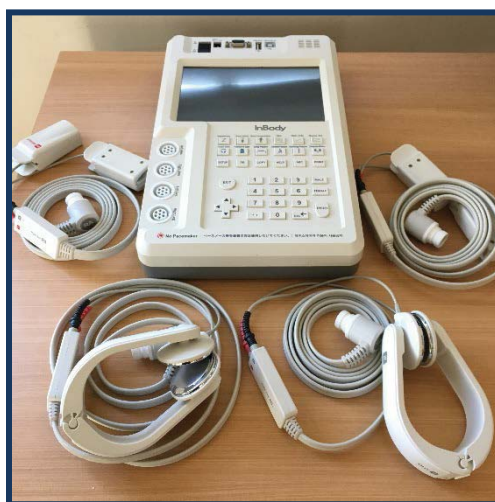


Figura 6. Bioimpedancia portátil.

-Tapiz rodante

Utilizado para el test de consumo máximo de oxígeno, en donde los jugadores eran sometidos a correr en el tapiz con un incremento de la velocidad y la pendiente paulatinamente.

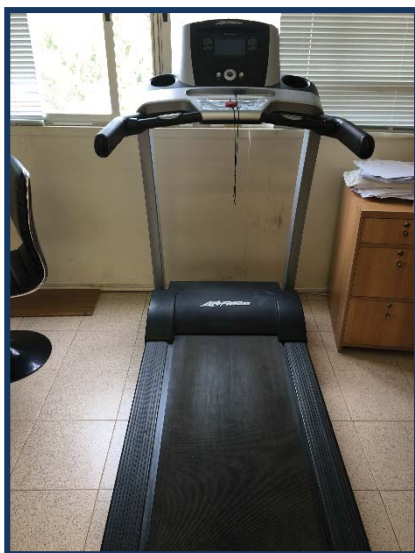


Figura 7. Tapiz rodante.

2.8.1 Softwares utilizados para recopilación de datos

- Programa de ergoespiometría Metasof 3B-RB Versión 1.1.6

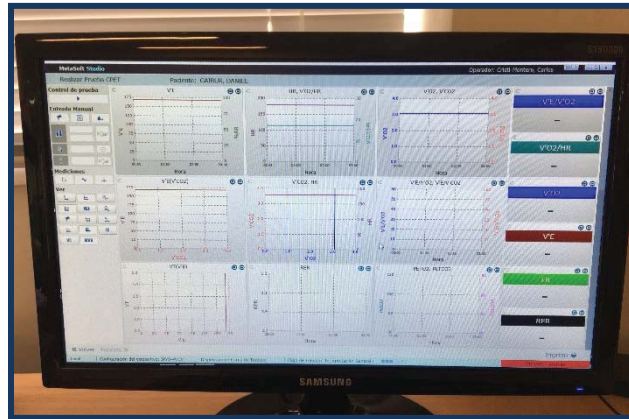


Figura 8. Programa Metasoft.

- Aplicación de teléfono móvil HRV Logger

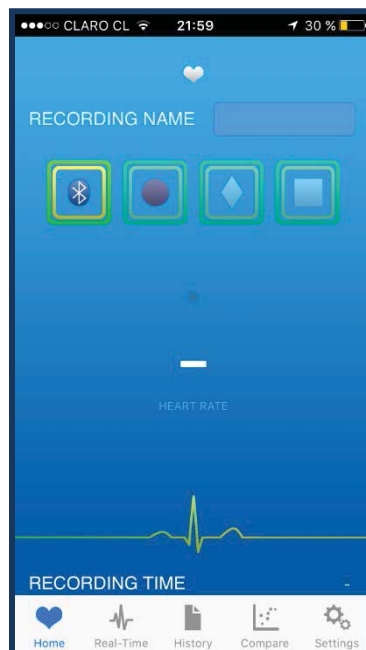


Figura 9. Aplicación HRV Logger.

-Microsoft Excel

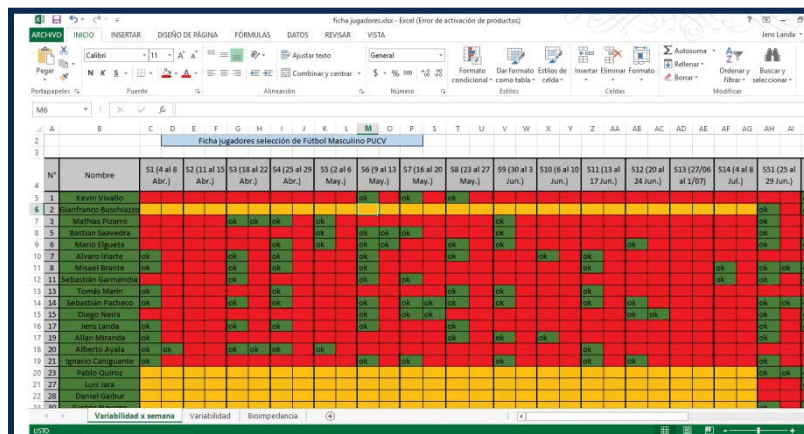


Figura 10. Microsoft Excel.

-Kubios HRV versión 2.2

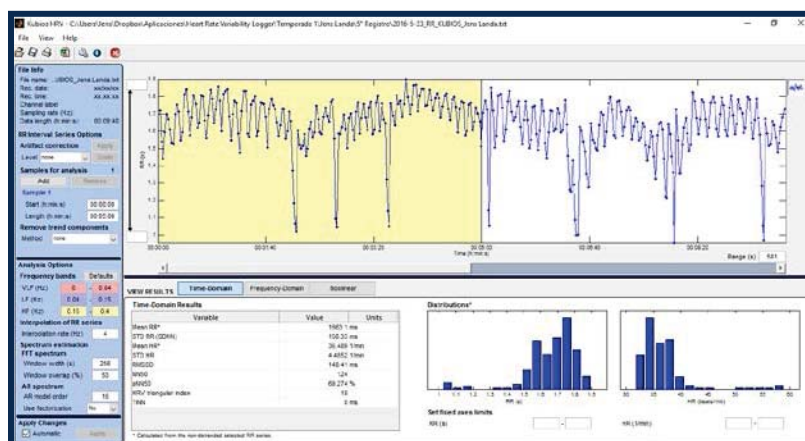


Figura 11. Kubios HRV.

2.9 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 21. Para determinar la homogeneidad de los datos se utilizó la prueba Shapiro-Wilk. Para determinar el comportamiento semana a semana en la muestra total se promediaron los registros de cada sujeto, respecto a las diversas variables de variabilidad de la frecuencia cardiaca. Para establecer la comparación en grupos respecto a la posición de juego se excluyeron a los arqueros, y se creó un z-score para poder sumar los indicadores de actividad simpática y actividad parasimpática y se creó un índice de actividad simpática, compuesto por la suma LF y LF/HF, y un índice de variabilidad parasimpática compuesto por PNN50, SDNN, RMSSD y HF. De esta manera se establecieron las variaciones a lo largo de las semanas tanto del índice simpático y parasimpático según posición de juego. El comportamiento del grupo total y por posición de juego se presentan en gráficos realizados en el programa Graphad prism 5. Los datos básicos de los sujetos son presentados en tablas con sus respectivas medias y desviación estándar, para la comparación de estas variables se utilizó una prueba t-student, estableciendo un nivel de significancia de $p < 0,05$.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1 Descripción de los resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los test de Vo_2 máx., de composición corporal, y de las variables SDNN, PNN50, HF, RMSSD del SNP, y las variables LF y LF/HF del SNS de variabilidad de la frecuencia cardiaca

3.1.1 Resultados de datos básicos y composición corporal de los jugadores

Los datos que se presentan en la tabla 1, corresponden a la media de los 19 jugadores involucrados en el proceso. Se pueden observar datos básicos como son la edad, peso, talla y Vo_2 máx., y la desviación estándar que existe. En este caso las desviaciones no son significativas, por lo que se entiende que el grupo de jugadores mantiene características muy similares en cuanto a las variables involucradas.

Tabla 1. Datos básicos de los sujetos

Variable	Promedio	D.E.
Edad	21,9	1,94
Peso	73,7	5,4
Talla	174,5	6
Vo_2 _máx.	54,3	5,9

Así mismo es que también se puede observar en la tabla 2, que la composición corporal de los sujetos en cuanto a las variables involucradas, como lo son los porcentajes de grasa, masa magra, masa libre de grasa, masa muscular, grasa corporal y el índice de masa corporal, son muy similares en términos generales de grupo, no existiendo una desviación estándar significativa en ninguna de las variables presentes. Y en cuanto a la media de cada variable involucrada, se presenta de acuerdo a las condiciones que se esperan de un grupo

de jugadores que entrenan 5 veces por semana, por ende su composición corporal está acorde al contexto.

Tabla 2. Composición corporal

Variable	Promedio	D.E.
% Grasa	12,1	3,6
% Masa magra	58,1	4
% Masa libre de grasa	61,6	4,7
% Masa Muscular	48,1	2,6
% Grasa corporal	16,3	4,5
IMC	24,2	1,7

3.1.2 Resultados del $\text{Vo}_2\text{máx.}$ según posiciones de juego

En la figura 12, se puede apreciar los promedios de $\text{Vo}_2\text{máx.}$ de los jugadores según su posición de juego. El gráfico muestra que hay una diferencia significativa entre el $\text{Vo}_2\text{máx.}$ de los volantes, que promediaron 59,4 ml/min/kg en comparación a los arquero (48,5 ml/min/kg) y los defensas (51 ml/min/kg), mientras que con los delanteros no presentan una diferencia significativa respecto al resto de las posiciones obteniendo como promedio un 53,3 ml/min/kg. También cabe mencionar que la desviación estándar de los volantes con un 6,2 fue la mayor de todas. Los delanteros tuvieron una desviación estándar del 3,6 siendo muy similar a la de los arqueros con un 3,5. Y finalmente la desviación estándar de los defensas fue de un 1,5, siendo esta, la con un menor resultado.

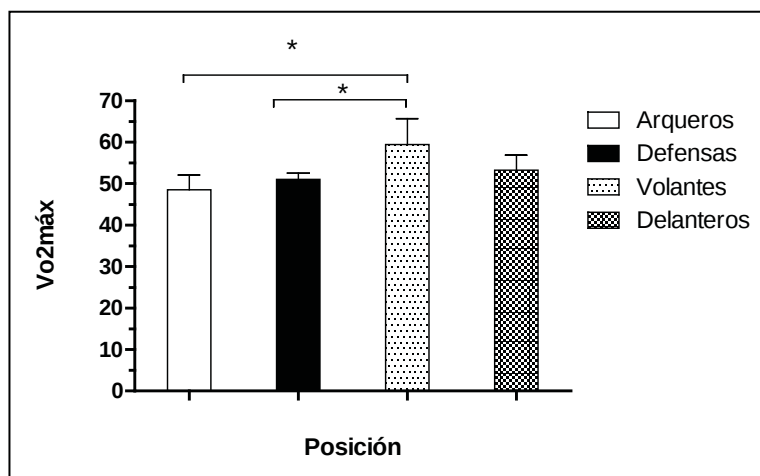


Figura 12. Vo₂máx. por posiciones de juego.

3.1.3 Resultados del comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca a lo largo de la temporada

En la figura 13, se presenta la variable SDNN, correspondiente al SNP. Se observa que inicia en 88,77ms., y durante las semanas del proceso existe una tendencia a ir aumentando su valor, llegando a su punto más alto de 100,10 ms., a pesar de algunas semanas de disminución que no nunca fueron menor que la primera semana.

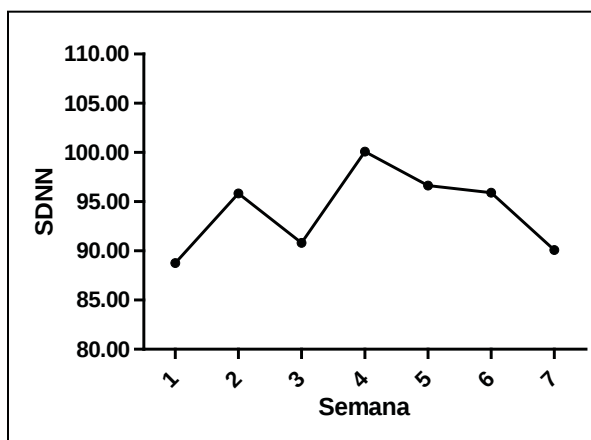


Figura 13. SDNN.

En la figura 14, se presenta la variable PNN50, correspondiente al SNP. Se observa que existe una disminución paulatina en el tiempo de los valores. Se parte en 36% y se termina en 31,4%, llegando a su valor más alto en 39,24% en la semana 4.

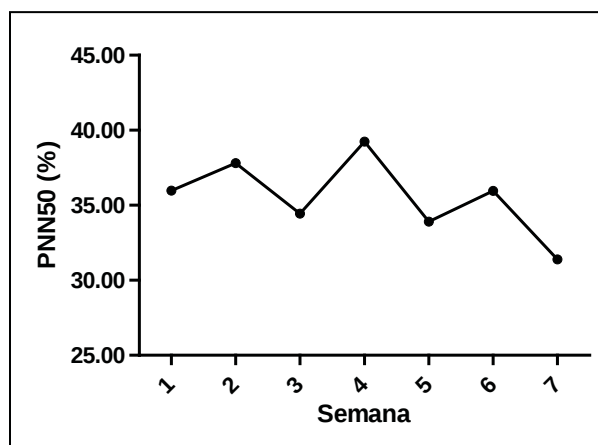


Figura 14. PNN50.

En la figura 15, se presenta la variable HF, correspondiente al SNP. Se observa que existen variaciones de aumento y disminución del valor, pero que al finalizar el proceso se llega al mismo valor de 26,3% con que se inició.

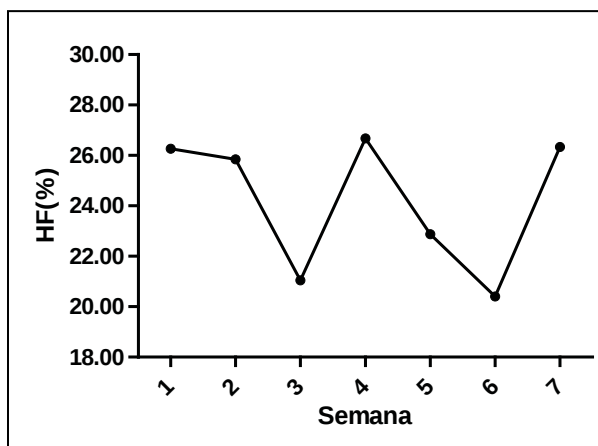


Figura 15. HF.

En la figura 16, se presenta la variable RMSSD, correspondiente al SNP. Se observa que existe un incremento paulatino en el tiempo de los valores, partiendo en 73,85ms., llegando a su punto más alto de 89,9ms., y terminando en 79,1ms.

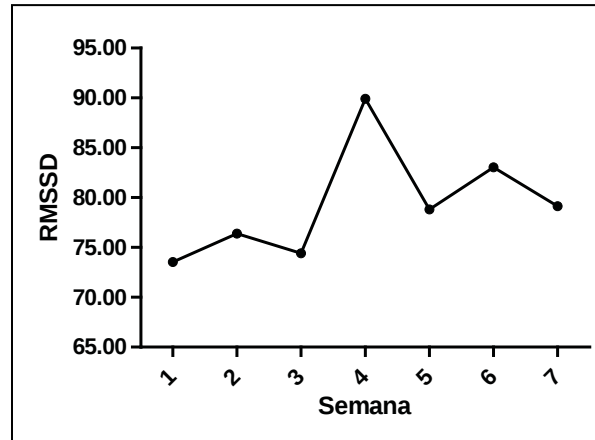


Figura 16. RMSSD.

En la figura 17, se presenta la variable LF, correspondiente al SNS. Se observa que existe una disminución drástica en los valores de las últimas dos semanas, bajando de 38,2 en la 6ta semana, a 30,8 en la 7ma semana y última. Se observa también que durante la 3era semana y la 6 existe poca variabilidad en los valores (38, 1, 37,19, 37,8 y 38,2).

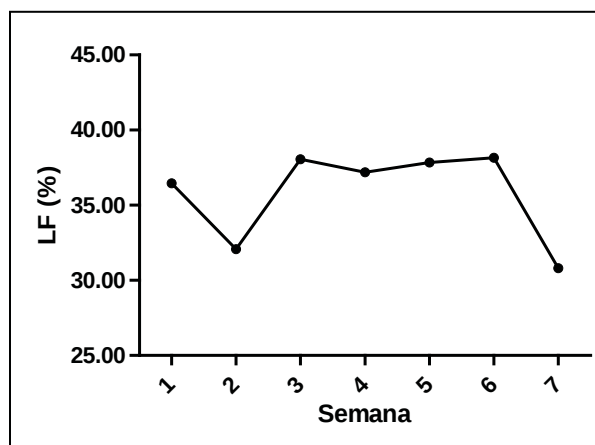


Figura 17. LF.

En la figura 18, se presenta la variable LF/HF, correspondiente al SNS. Se observa que existe un aumento significativo entre las semanas 4ta y 6ta, de 1,674% a 4,48%, y posteriormente una gran disminución desde la 7ma semana (4,48 %) a la 8va semana (1,63%). Se observa también que existe una disminución paulatina de los valores, exceptuando la 5ta semana que aumenta mucho su valor.

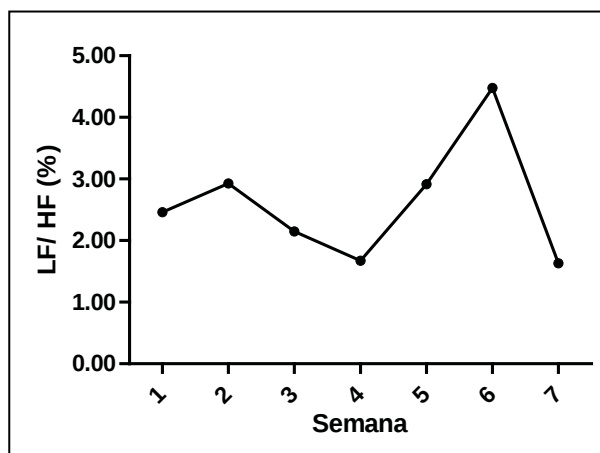


Figura 18. LF/HF.

3.1.4 Resultados básicos según posiciones de juego

La tabla 3, muestra el porcentaje de masa muscular de acuerdo a las distintas posiciones de juego. No se presentan diferencias significativas en relación al porcentaje de masa muscular según la posición de juego.

Tabla 3. Porcentaje de masa muscular de acuerdo a la posición de juego

Variable	Posición	N°	Promedio	D.E.
% Masa muscular	Arqueros	2	46,8	2,5
	Defensas	6	46,5	2,1
	Volantes	7	49,1	3,2
	Delanteros	4	49,5	0,3

La tabla 4, indica el porcentaje de masa grasa de acuerdo a la posición de juego de los futbolistas. No existen diferencias significativas respecto al porcentaje de masa grasa de acuerdo a la posición de juego.

Tabla 4. Porcentaje de masa grasa de acuerdo a la posición de juego

Variable	Posición	Nº	Promedio	D.E.
% Masa grasa	Arqueros	2	19,1	3,9
	Defensas	6	18,8	3,8
	Volantes	7	14,5	5,5
	Delanteros	4	14,3	0,5

3.1.5 Resultados de la variabilidad de la frecuencia cardiaca según posiciones de juego

En la figura 19, se presenta el índice simpático del Z-score de volantes del plantel. Se puede apreciar que los volantes sobrepasan solo en la semana 7 muy levemente la media del equipo con un valor de 0,06293 d.e. En la semana 3 llegan a la media del equipo con un valor de 0,0487. Y se aprecia que en las semanas 1, 2, 4, 5 y 6 los valores se encuentran bajo la media grupal, siendo la semana 6 la más baja con un valor de 0,634 d.e.

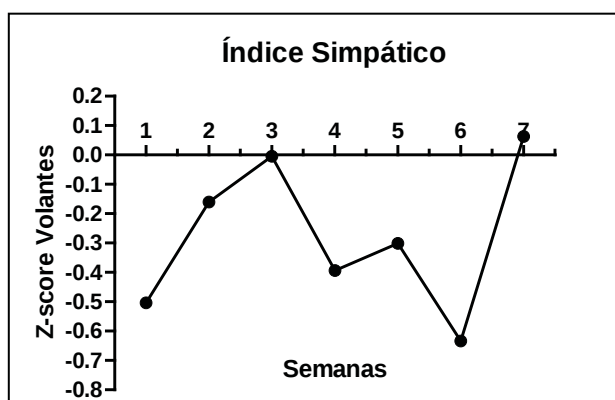


Figura 19. Índice SNS del Z-score volantes.

En la figura 20, se presenta el índice parasimpático del Z-score de defensas del plantel. Se aprecia que existe una pequeña disminución entre la semana 1 con un valor de 0,67735 y la semana 7 con un valor de 0,38937.

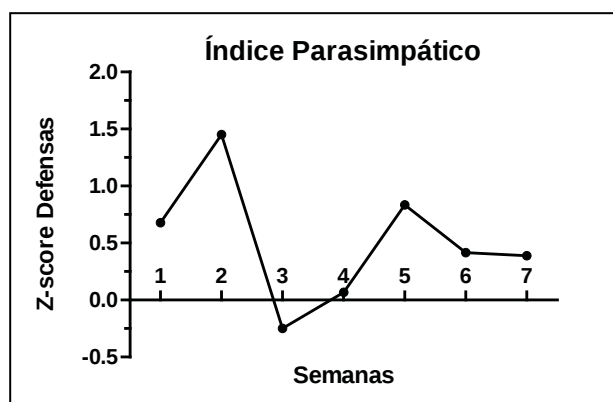


Figura 20. Índice SNP del Z-score defensas.

En la figura 21, se presenta el índice parasimpático del Z-score de delanteros del plantel. Se observa que la semana 1 con un valor de 0,224 d.e, y la semana 7 con 0,153d.e, son las que en valores más bajos se encuentran. Se aprecia también que en la semana 5 es donde se alcanza el valor más alto con 2,091.

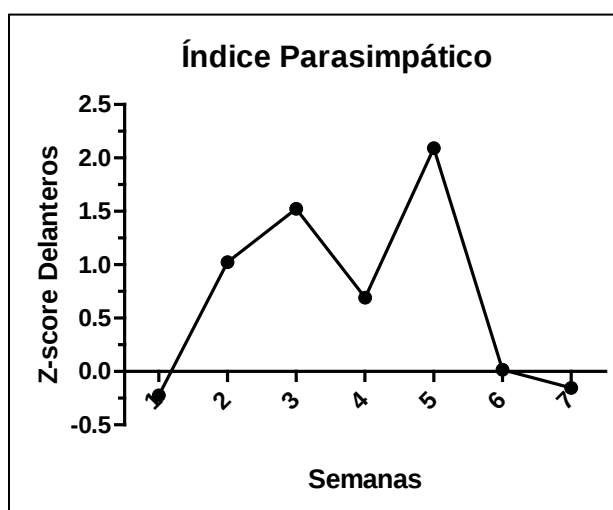


Figura 21. Índice SNP del Z-score delanteros.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente trabajo tenía como objetivo determinar los cambios en la VFC de futbolistas universitarios a lo largo de una temporada de competencia deportiva y establecer el comportamiento de acuerdo al consumo de oxígeno y posición de juego. En primer lugar se evidencia que los volantes presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) en el consumo de oxígeno respecto a los arqueros y defensas. Respecto a las variables de composición corporal, en las variables de porcentaje de grasa y masa muscular, la muestra no presenta diferencias significativas de acuerdo a la posición de juego.

Ahora bien, si hablamos de las variables parasimpáticas de la VFC analizadas, en general podemos afirmar que existe una tendencia a aumentar por parte de los sujetos, durante el transcurso de las semanas de la temporada. Los resultados de la variable SDNN nos dicen que a pesar de algunas oscilaciones con tendencia a descender durante el periodo analizado, el resultado final es de un aumento de 88,77 ms a más de 90 ms al final de los registros, con un punto más alto de 100,10 ms. Altos niveles de SDNN promueven una frecuencia deprimida del ritmo cardiaco, con un predominio de la actividad vagal del SNA, por lo tanto un mayor funcionamiento parasimpático. Los resultados de la variable PNN50 nos revelan que existe una leve disminución de los datos obtenidos, ya que se parte de 36% y se termina en 31,4 %. Caso similar ocurre en la variable HF, que a pesar de tener oscilaciones durante los registros, finalmente se llega al mismo valor de 26,3%, por lo que no son variables significativas para un análisis. Con todo, en los datos obtenidos con respecto a la última variable parasimpática analizada, RMSSD, podemos observar un aumento importante en sus datos partiendo de 73,85 ms y finalizando en 79,1 ms, teniendo su valor más alto en 89,9 ms., lo que nos revela un avance en la actividad parasimpática por parte de los sujetos a lo largo de la temporada. Moreno, Parrado y Capdevila (2013) encontraron en un grupo de futbolistas, luego de un análisis de la VFC, niveles bajos de los parámetros simpáticos, como también un aumento en los niveles de HF, el cual refleja un predominio de la actividad parasimpática. Todo esto nos indica que los sujetos analizados poseen una buena adaptación al entrenamiento durante la temporada de competencia.

Los resultados de las variables simpáticas (LF y LF/HF) nos indican en general que, a pesar de algunas oscilaciones en ciertos periodos de los registros, la tendencia muestra

que los parámetros finales disminuyen con respecto a los iniciales. Moreno et al. (2013) en el mismo estudio de los futbolistas, se encuentra con una disminución de los parámetros LF y el cociente LF/HF en los sujetos analizados, lo que indica una menor activación simpática.

Como ya mencionamos anteriormente en los resultados, los promedios de $\text{Vo}_2\text{máx.}$ de los jugadores según la posición, se encuentran entre 48,5 ml/kg/min (arqueros) y 59,4 ml/kg/min (volantes). Los valores de $\text{Vo}_2\text{máx.}$ de futbolistas a nivel internacional fluctúan entre 50 a 70 ml/kg/min (Thoden, 1991). Se han reportado distintos niveles de $\text{Vo}_2\text{máx.}$ en diversos grupos de futbolistas. Un grupo de adultos entre 20 a 30 años de edad que practican fútbol regularmente de manera recreativa, arrojó como resultado 45–50 ml/kg/min (Ekblom, 1986). Futbolistas profesionales norteamericanos marcaron 58,9 ml/kg/min, los alemanes 65 ml/kg/min y 67 ml/kg/min en los futbolistas suecos (Raven et al., 1971). Según estos datos y considerando que nosotros medimos futbolistas universitarios con un promedio de 21,9 años, los sujetos investigados están acorde respecto al $\text{Vo}_2\text{máx.}$ requerido para el deporte, encontrándose por debajo de la capacidad de los futbolistas profesionales europeos.

Un estudio que midió a futbolistas profesionales de la primera división de Costa Rica mostró que los arqueros fueron quienes presentaron un menor $\text{Vo}_2\text{máx.}$ con un promedio de 55,94 ml/kg/min, mientras que los volantes presentaron el promedio más alto con 58,38 ml/kg/min. Los defensas obtuvieron 57,2 ml/kg/min y los delanteros 57,8 ml/kg/min (Ureña et al., 2009). Comparando estos resultados con los nuestros se puede apreciar que coincide que los arqueros tienen el promedio más bajo y los volantes el promedio más alto. Por otra parte, a diferencia de nuestro estudio, no se presentan diferencias significativas entre los promedios del $\text{Vo}_2\text{máx.}$ según la posición de juego. En nuestro estudio los volantes si presentaron una diferencia significativa respecto a los arqueros y defensas.

Ahora bien, y enfocándonos más en el primer objetivo específico de nuestra investigación, determinaremos el comportamiento de la VFC de acuerdo a la posición de juego de los sujetos. Si hablamos de las variables simpáticas, un dato relevante que podemos señalar es que existe un predominio bajo de la actividad simpática de los volantes

con respecto a los defensas y delanteros, ya que estos nunca sobrepasan el promedio de todo el equipo. García, Suárez, Boubeta y Lago (2007) señalan que en la FC de los futbolistas existen variaciones relevantes, ya que los centrocampistas la mayoría de las veces mantienen más tiempo los valores de FC constantes, es decir, presentan menos oscilaciones que los valores de FC de los delanteros y defensas. Por esto, podemos afirmar que los centrocampistas al tener pocas variaciones en su FC, poseen una baja actividad simpática, lo que resultaría en un desempeño físico destacado y adecuado para con el equipo. Por otro lado, una de las acciones que más demandan valores altos de la FC es la posesión del balón. Como los centrocampistas son los que poseen mayor posesión con respecto a sus compañeros, se corroboraría la idea de que un perfil adecuado de centrocampista coincide con un jugador que presenta un incremento acusado en sus valores de FC en la competición, es decir, que existe una alta carga fisiológica (García et al., 2007).

Con respecto a los parámetros parasimpáticos, podemos observar que los defensas son los que presentan una mayor tendencia a disminuir estas variables, a pesar de haber registrado pequeñas oscilaciones positivas. Los defensas en general son los que poseen un juego más estático que sus compañeros, además de ser también los que presentan valores de FC media más bajos en el partido (García et al., 2007).

Por otra parte, en relación a los delanteros, pudimos extraer como conclusión que estas variables se mantienen casi el 100% del tiempo por encima del promedio grupal (mayor a 0.0). Sin embargo, a pesar de esto, podemos observar que se comportan de una forma muy irregular, ya que tiene muchas oscilaciones que se expresan con números altos y bajos (los parámetros van desde los -0.25 hasta los 2.5) durante todo el registro. Esto se puede deber a que ciertos jugadores, en situaciones muy puntuales, hacen que la media de los resultados baje considerablemente durante las semanas 4 y 6. Pudiendo ser por motivos de estrés, como académicos o situaciones personales, o por motivos físicos como la falta de entrenamientos, el sobreentrenamiento y/o lesiones. En gran medida, esto nos dice que el nivel parasimpático es positivo, y nos demuestra que la tendencia de los jugadores por lo general, es que se encuentran bien capacitados y adaptados para soportar la fatiga, teniendo una recuperación y una regulación interna destacables hacia las cargas físicas y los entrenamientos, tal como nos explica Buchheit: *“En los últimos años está tomando mucho interés el control de la respuesta del entrenamiento mediante la actividad cardíaca y el sistema nervioso autónomo (SNA), a través del estudio de la VFC. El sistema autónomo*

parasimpático (SNP) se encarga de las funciones de recuperación y restablecimiento de esa homeostasis interna” (Buchheit, 2014).

Además en este estudio obtuvimos los porcentajes de la masa muscular y masa grasa de los futbolistas, cabe mencionar que estos datos fueron obtenidos utilizando el método de biomedancia. No hay diferencias significativas respecto al porcentaje de la masa muscular de acuerdo a las posiciones de juego de los futbolistas. Un estudio midió el porcentaje de masa muscular de los jugadores de primera división de la provincia de Mendoza (Argentina), que competían en el torneo Nacional “B”, promediando los porcentajes de grasa según la posición de juego. Tanto los arqueros como los defensas obtuvieron un promedio de 42.52%, los volantes obtuvieron un 42,58% y los delanteros un 44.52%. (Aquila, 1998). En los dos estudios se puede apreciar que los sujetos tienen un porcentaje de masa muscular entre el 40% y el 50%. Aparte se presenta la coincidencia de que en ambos estudios los delanteros fueron los promedios más alto respecto a las otras posiciones de juego, seguido por los volantes. Los arqueros y defensas se mantienen con porcentajes menores en relación a las otras posiciones. Cabe mencionar que en ninguno de los dos estudios las diferencias son significativas entre los sujetos.

Una investigación midió el porcentaje de masa grasa de los futbolistas profesionales de la primera división de la liga de Costa Rica. Los resultados de este estudio fueron los siguientes: Los arqueros obtuvieron un promedio de 11,1%, los defensas 9.84%, los volantes 9,78% y los delanteros 9,03% (Ureña et al., 2011). Al comparar estos resultados con los nuestros podemos apreciar que los futbolistas de Costa Rica tienen menos porcentaje de masa grasa en todas las posiciones de juego en comparación a nuestros sujetos de estudios, esto se puede deber a que ellos son futbolistas profesionales y tienen equipos multidisciplinarios que ayudan a controlar los porcentajes de grasa. También se puede mencionar que en ambas investigaciones los arqueros obtuvieron un porcentaje mayor de grasa en comparación a las otras posiciones, seguido por los defensas, luego los volantes y finalmente los delanteros, con el menor porcentaje de grasa respecto a las otras posiciones. Sin embargo, estas diferencias no son significativas en ninguno de los estudios.

Finalmente y para responder al objetivo de relacionar los cambios de la VFC con el $\text{Vo}_2\text{máx.}$, podemos señalar que un dato importante que corrobora esta asociación entre las

variables, es el bajo valor en la actividad simpática de los centrocampistas, seguido de un aumento considerable de esta durante las últimas semanas, concordante con los valores altos que registraron en el $\text{Vo}_2\text{máx.}$ Un ejemplo de ello es lo que plantea López (2009), quien indica que un incremento de la actividad simpática está de acuerdo con el aumento de la intensidad del ejercicio, lo que estaría dado principalmente por una inhibición de la actividad parasimpática a intensidades menores del 50% del $\text{Vo}_2\text{máx.}$, mientras que frente a intensidades superiores a la mencionada el cambio en el balance autonómico estaría dado por un aumento considerable de la descarga simpática. Esto se fundamenta en el hecho de que conforme va transcurriendo la temporada, lógicamente la carga de entrenamiento va aumentando, por lo que la fatiga hacia el final de la temporada siempre va a mostrar una tendencia a aumentar.

Algunos aspectos a considerar para haber profundizado mejor estos datos, es que hubiese sido de buena manera el poder depender en su totalidad con todo el plantel, y todos quienes se hayan comprometido a seguir el protocolo de las distintas evaluaciones a seguir, sin embargo y como ya sabíamos que el depender de terceras personas en cierta medida podría ser perjudicial ya que algunos durante el transcurso de la evaluaciones, fueron dando un paso al costado en el sentido del proceso como seleccionado, como también en alguna oportunidad las lesiones fueron motivo de dejar de asistir a los entrenamientos (en consecuencia a las evaluaciones previas de VFC), no obstante aquello se siguió con los sujetos de estudio comprometidos en su totalidad lo que permitió llegar a los registros que se requerían en dicho estudio.

Un segundo aspecto a señalar el bajo control que se tuvo de las condiciones óptimas para la evaluación, en donde en un inicio se estableció con parámetros idóneos para el cumplimiento de este tipo de evaluación, es decir horas de descanso, buena alimentación, etc. La dificultad radica en lo complejo que es disponer de sus sujetos debido a sus altas cargas académicas y su ausentismo a algunos entrenamientos o retraso a los entrenamientos, pudiendo afectar el estado de su sistema nervioso autónomo. Ante esto, consideramos esto en el análisis y tomamos desde el minuto 4 al minuto 9, esto porque en un principio de la medición el sujeto se podía presentar una alta actividad simpática debido al estrés del trayecto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

En este estudio se logró determinar los cambios de la variabilidad de la frecuencia cardiaca del equipo masculino de fútbol a la PUCV, lo cual es una gran herramienta para planificar entrenamientos e ir verificando la adaptabilidad que tienen los jugadores al entrenamiento.

Se pudo apreciar una tendencia de aumento de la actividad del SNP en los sujetos de estudio a lo largo de la investigación. Esto se puede relacionar con una adaptación positiva al entrenamiento por parte de los futbolistas durante la temporada. Por otra parte, los valores de las actividades del SNS a pesar de las oscilaciones durante la temporada, mostraron una tendencia a disminuir, lo que es coherente respecto a cómo se comportó el SNP.

A la hora de centrarnos en las diferencias que se presentan respecto a la VFC según la posición de juego pudimos apreciar que los volantes tienen un bajo predominio de la actividad simpática en comparación a las otras posiciones, mientras que los defensores son los que presentan valores más bajos de la actividad parasimpática. Los delanteros por su parte, presentaron muchas oscilaciones durante el estudio, alcanzando valores altos y bajos.

Respecto al $Vo_2máx$, los volantes presentan diferencias significativas en comparación a los defensas y los arqueros, mientras tanto los delanteros no presentaron ninguna diferencia significativa respecto a las otras posiciones. También nos percatamos que el promedio de $Vo_2máx$ de los jugadores de la PUCV nos señala que son aptos para el desarrollo del fútbol competitivo, encontrándose al mismo nivel que futbolistas profesionales de Costa Rica, pero aún así se encuentran bajo el nivel profesional Europeo.

Acerca de la composición corporal (porcentaje de masa grasa y masa muscular) no se encontraron diferencias significativas entre los promedios según la posición de juego. El porcentaje de masa muscular está acorde al de los futbolistas profesionales. Mientras tanto, el porcentaje de masa grasa es un poco mayor a la de los futbolistas profesionales, esto tiene relación directa con las diferentes exigencias en las que se desarrollan los futbolistas profesionales y en los que se desarrollan los futbolistas universitarios.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, J., Calahorro, F., & Moral, J. (2009). La condición física y el entrenamiento: objetivos y principios. *TRANCES Revista de Transmisión del Conocimiento Educativo y de la Salud*.(España), 1(5), 222-233.
- Aquila F (1998). *Aspectos antropométricos, fisiológicos y químicos de futbolistas de primera división que compiten en el Torneo Nacional B*. Trabajo Final Lic. En ed. Física, Fac. Cs de la Salud. U.N.Ca
- Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med* 2003; 33: 889–919
- Barnerat, T., Crevoisier, J., Houllier, G., Pekerman, J. L., Rutemöller, E., Scolari, L. F., Venzl, R. (2008). “FIFA Coaching”. *La formación y la preparación física*. Zollikerberg, Suiza: DruckereiFeldegg.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5.
- Calahorro, F., Torres-Luque, G., Lara, A. J., &Zagalaz, M. L. (2011). Parámetros relacionados con la preparación física del futbolista de competición. *Journal of Sport and HealthResearch*, 3(2), 113-128.
- Cancino, J. (2011). Variabilidad del ritmo cardiaco:¿ Por qué el caos puede ser saludable?. *PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 9(1), 22-32.
- Capdevila L, Niñerola J. Evaluación psicológica en deportistas. En: E.Garcés (Ed). *Deporte y Psicología*. Murcia 2006;145-76.

- Carrasco Fernández, J. C., Lara-Sánchez, A. J., & Torres-Luque, G. (2014). Efectos de un Programa de Entrenamiento de Fútbol sobre la Condición Física en Jugadores Jóvenes. *Kronos*, 13(1).
- Chamari, K.; Hachana, Y.; Kaouech, F.; Jeddi, R.; Moussa-Chamari, I., & Wisløff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 39(1), 24–28.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschann, H., Calderon Montero, F., Bachl, N., Pigozzi, F. (2007). Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal Sports Medicine*. 28 (3), 222- 227
- EKBLÖM, B.: «Applied Physiology of Soccer». *Sports Med.* 1986; 3: 50-60.
- Esquivel, A. G., de la Cruz Torres, B., Salazar, M. G., Corrales, M. M., & Orellana, J. N. (2009). Variabilidad de la frecuencia cardiaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton de máximo nivel.
- Freeman R. Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clin Neurophysiol* 2006; 117: 716-730.
- Gall B, Parkhouse W, Goodman D. Heart rate variability of recently concussed athletes at rest and exercise. *Medicine & science in sports & exercise*. 2004;36(8);1269–74.
- García, Ó. G., Suárez, T. A., Boubeta, A. R., & Lago, E. D. (2007). ¿Es diferente el comportamiento de la frecuencia cardiaca del futbolista profesional en competición según la posición táctica del jugador en el campo? *Apunts. Educación física y deportes*, 4(90), 42-50.
- García, O., Ardá, T., Boubeta, A. R., & Domínguez, E. (2007). El comportamiento de la frecuencia cardiaca del futbolista profesional en competición: ¿es posible

explicarlo a partir del contexto de las situaciones de juego? *European Journal of Human Movement*, (19), 37-59.

- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. *Revista de Educación on*.
- Gómez-López, M (2005). Características fisiológicas de jugadoras españolas de fútbol femenino. *revista kronos*, 7, 26-32
- Hernández-Avila, M., Garrido-Latorre, F., & López-Moreno, S. (2000). Diseño de estudios epidemiológicos. *Salud pública de México*, 42(2), 144-154.
- Hautala AJ, Makikallio TH, Kiviniemi AM, Laukkanen RT, Nissilä S, Huikuri HV, Tulppo MP. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *Am J Physiol* 2003; 285: H1747–H1752
- Kleiger R, Stein P, Thomas Bigger Jr J. Heart rate variability: Measurement and clinical utility. *A. N. E.* 2005;10(1):88–101.
- Kohan, A. (2006). *Entrenamiento intermitente*. Buenos Aires: APEFFA.
- Konzag, I., Döbler, H., & Herzog, H. (1995). Fútbol. *Entrenarse jugando. Barcelona: Paidotribo*.
- Lago, C. (2000). La acción motriz en los deportes de equipo de espacio común y participación simultánea. Tesis Doctoral no publicada. INEF Galicia, Universidad de A Coruña.
- López Fuenzalida, A. E. (2009). *Análisis espectro-temporal de la variabilidad del ritmo cardíaco y su relación con el umbral ventilatorio en un ejercicio incremental maximal*. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.

- Manso, J. M. G., Ortiz, M. V., Valdivielso, F. N., & Arce, J. C. L. (2006). La resistencia desde la optica de las ciencias aplicadas al entrenamiento deportivo\ cJuan Manuel Garcia Manso, Fernando Navarro Valdivieso, Julio Cesar Legido Arce, Manuel Vitoria Ortiz. Grada sport books.
- Méndez, A.; Valero, A., & Casey, A. (2010). What are we being told about how to teach games A three-dimensional analysis of comparative search into different instructional studies in Physical Education and School Sports. RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte, 6(18), 37-56
- Mohr, M., Krstrup, P., Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*. 21, 519-528
- Moreno, J., Parrado, E., Capdevila, L. Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento. Revista de Psicología del Deporte 2013, Universitat de les Illes Balears, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Navarro, X. (2002). Fisiología del sistema nervioso autónomo. *Rev Neurol*, 35(6), 553-62.
- Neuman G, Pfützer A, Hottenrott K. Alles unter kontrolle. Ausdauertraining. 2000. Aachen Meyer & Meyer.
- Polit, D. F., Torre, G., Polit, D. F. H., & Bernadette, P. (2000). Investigación científica en ciencias de la salud: principios y métodos. McGraw-Hill,.
- Pumpirla J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *International Journal of Cardiology*. 2002;84:1–14.

- RAVEN, P.B., GETTMAN, L.R., POLOCK, M.L., COOPER, K.H.: «A physiological evaluation of professional soccer players». *British Journal of Sports Medicine* 1976; 10: 209-216.
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J., & Ortís, L. C. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (123), 41-48.
- R. S. Oliveira, A. S. Leicht, D. Bishop, J. C. Barbero-Álvarez, F. Y. Nakamura. (2012) Seasonal Changes in Physical Performance and Heart Rate Variability in High Level Futsal Players. SportsMed, Georg Thieme, Verlag KG Stuttgart, New York.
- Salinero, J. J., González-Millán, C., Ruiz-Vicente, D., AbiánVicén, J., García-Aparicio, A., Rodríguez-Cabrero, M., & Cruz, A. ORIGINAL VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA Y TÉCNICA EN FÚTBOLISTAS JÓVENES PHYSICAL FITNESS AND TECHNIQUE EVALUATION IN YOUNG SOCCER PLAYERS.
- Sánchez Ureña, B., Ureña Bonilla, P., Salas Cabrera, J., Blanco Romero, L., & Araya Ramírez, F. (2011). Perfil Antropométrico y fisiológico en futbolistas de élite costarricenses según posición de juego. *PubliCE Standard*.
- Sánchez-Sánchez, J., Yagüe, J. M., Fernández, R. C., & Petisco, C. (2014). Efectos de un entrenamiento con juegos reducidos sobre la técnica y la condición física de jóvenes futbolistas. [Effects of small-sided games training on technique and physical condition of young footballers]. RICYDE. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 10(37), 221-234.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: Standards of

measurement, physiological interpretation, and clinic use. *European Heart Journal*, 17, 354 – 381.

- Terjung, R. L., Clarkson, P., Eichner, E. R., Greenhaff, P. L., Hespel, P. J., Israel, R. G., ... & Wagenmakers, A. J. (2000). American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(3), 706-717.
- THODEN, J., S. «Testing Aerobic Power». In: MacDougall, J.D., Wenger, J.A., Green, H.J. Eds. *Physiological Testing of the Elite Athlete*. 2nd Ed. Canada, Mutual Press. 1991; 107-173.
- Ureña, B. S., & Cabrera, J. S. (2009). Determinación del consumo máximo de oxígeno del futbolista costarricense de primera división en pretemporada 2008. *MHSALUD: Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 6(2).
- Villegas, J. A. G., Farbiarz, J. F., & Montoya, D. L. Á. (1999). Análisis espectral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. *Iatreia*, 12(2), 94-104.
- Viru, A., & Viru, M. (2001). *Biochemical monitoring of sportstraining*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- YUING F.T.A.; PACHECO L.R.A.; GAJARDO F.R.L. & SAZO V.Y.A. Determinación de los Parámetros Espectrales y Temporales de la Variabilidad del Ritmo Cardíaco en Sujetos con Síndrome de Down *Mot. Hum.*, 12(1): 27-33, 2011.

ANEXOS



CONSENTIMIENTO INFORMADO Y DE COMPROMISO

Estimado docente y entrenador:

Acudimos a usted en pos de solicitar su participación del equipo en nuestro trabajo de título, para obtener el grado de Licenciados en Educación Física de la PUCV, a base de la realización de nuestra investigación titulada **“Adaptación autonómica cardiaca y su relación con el Consumo máximo de Oxígeno y Composición Corporal en Futbolistas Universitarios de la PUCV”**. La importancia de su participación en este proyecto es que nos vemos en la necesidad de aplicar protocolos de medición necesarios para respaldar nuestro trabajo, con los jugadores de la selección de fútbol que usted lidera.

Su participación en esta investigación consistirá en:

- a) Permitir al equipo de investigación obtener de forma directa datos relacionados con:
 - La composición corporal de los jugadores.
 - Que sean sometidos a un test de esfuerzo de consumo de oxígeno.
 - Medición de la variabilidad previo de los entrenamientos (2 días a la semana a cada jugador).

La información obtenida a través de este estudio será mantenida bajo estricta confidencialidad y su nombre no se dará a conocer. El estudio no conlleva riesgo alguno y recibirá como beneficio la entrega de una copia de los resultados de su evaluación y la explicación de tal.

Yo, _____ R.U.T., _____, he leído el procedimiento descrito anteriormente. He comprendido de qué se trata el estudio y voluntariamente doy mi consentimiento para participar en el estudio.

Agradecemos su participación y colaboración.

.....

Firma

Fecha ____/____/____



FECHA ____/____/____

CONSENTIMIENTO PARTICIPACIÓN

TRABAJO TÍTULO

Yo..... (Nombre y apellido)

RUT..... - Me comprometo a participar y colaborar de este estudio que se denomina **“Adaptación autonómica cardiaca y su relación con el Consumo máximo de Oxígeno y Composición Corporal en Futbolistas Universitarios de la PUCV”**, a cargo del Profesor Patricio Solís y los estudiantes Jens Landa, Diego Neira, Pablo Pacheco, Daniel Fischer y Sebastián Garmendia, pertenecientes a la Escuela de Educación Física de la PUCV.

Tengo conocimiento de que mi participación en esta investigación consistirá en:

- Evaluaciones de la composición corporal.
- Realización de test cardiopulmonares máximos de oxígeno.
- Evaluación del balance autonómico cardiaco.

Confirmando que se me ha informado sobre las características del estudio, en qué consiste cada test y prueba a realizar. Además:

- He podido hacer consultas sobre el estudio a los responsables.
- Comprendo que la participación es voluntaria.
- Poseo una salud compatible con las características del estudio.
- Mis datos no serán publicados y serán confidenciales si así lo deseo.

.....

(FIRMA)