

Efectos de un plan de entrenamiento basado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el máximo consumo de oxígeno y el índice de recuperación en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia¹

Effects of a training plan based on the average extended Interval method on maximal oxygen consumption and recovery rate in underwater Rugby players from the University of Antioquia

Sandra Milena Delgado Ospina

Estudiante del programa Profesional en Entrenamiento Deportivo, Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia. Correo: mile2892@hotmail.com

Juan Osvaldo Jiménez Trujillo

Docente Asesor. Licenciado en Educación Física, Especialista en Entrenamiento Deportivo, Magister en Motricidad y Desarrollo Humano. Docente Investigador, Pregrado Profesional en Entrenamiento Deportivo, Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia. Correo: jjuanosvaldo@yahoo.es

Resumen

La presente investigación, de tipo pre-experimental, expone los efectos de un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el máximo consumo de oxígeno y el índice de recuperación en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia.

Se define la resistencia, sus diferentes manifestaciones (máximo consumo de oxígeno), los métodos para el desarrollo de esta capacidad, algunos aspectos fisiológicos y bioquímicos, la frecuencia cardiaca y sus diferentes manifestaciones (índice de recuperación) y se explica el método interválico y sus diferentes clasificaciones.

La intervención se realizó con nueve integrantes del equipo femenino de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia, con edades promedio de 21 años y vida deportiva promedio de 1

¹ Investigación realizada como requisito para obtener el título de Profesional en Entrenamiento Deportivo. Universidad de Antioquia - Instituto Universitario de Educación Física

año, que cumplieran con al menos el 90% del total de las sesiones. Se desarrolló en cuatro semanas, conformadas por diez sesiones con una frecuencia semanal de tres días. Los ejercicios estructurados fueron 14x100/ 90" de recuperación, entre 160-170 p/m, con un promedio entre 74-84% de la frecuencia cardíaca máxima, para una duración de 42 minutos por sesión, ejecutados con equipo básico de buceo y controlados mediante monitores de frecuencia cardíaca marca polar FS3C. Se tomaron registros de las frecuencias cardíacas en todas las repeticiones para verificar que los sujetos se mantuvieran en el rango estimado por el método.

Se obtuvieron cambios estadísticamente significativos en el máximo consumo de oxígeno, con un promedio de mejora del 4,3%. Aunque se presentaron cambios en los índices de recuperación al 1, 3 y 5 minutos, estos no fueron estadísticamente significativos. Se concluye que el método interválico tuvo efectos positivos en el máximo consumo de oxígeno en jugadores de Rugby subacuático.

Abstract

This pre-experimental research exposes, the effects of a four weeks training plan based on the Medium Extensive Interval Method on maximal oxygen consumption, and recovery rate in Underwater Rugby players from the University of Antioquia.

Defining resistance and its different manifestations (maximum oxygen consumption), methods for the development of this capability, some physiological and biochemical aspects, heart rate and its different manifestations (recovery rate) and the Interval Method.

The intervention was conducted with nine members of the women's team of underwater Rugby at the University of Antioquia, with average ages of 21 years and average sporting life 1 year, they met at least 90% of all sessions. Within four weeks, ten sessions were conducted three times per week. Structured exercises were 14x100/90" recovery between 160-170 p/m, averaging between 74-84% of maximum heart rate, for duration of 42 minutes per session, executed with basic scuba gear and controlled by polar heart rate monitors FS3c brand. Records heart rates were taken in all instances to verify that subjects were maintained in the range estimated by the method.

Statistically significant changes were obtained in the maximum oxygen consumption, with an average improvement of 4.3%. Although changes in recovery rates at 1, 3 and 5 minutes were presented, these were not statistically significant. It concludes that Interval method had positive effects on maximal oxygen consumption in underwater Rugby players.

1. Introducción

1.1 Problema

El Rugby subacuático permite realizar movimientos y gestos técnicos utilizando las tres dimensiones (ancho, largo y profundo). Es un deporte de cooperación oposición donde las intervenciones en el juego están limitadas por la capacidad pulmonar del deportista, debido a que el juego se realiza en apnea (hipoxia). El oxígeno desempeña una función esencial pues no se cuenta con la facilidad (comparado con deportes terrestres o acuáticos) de realizar inhalaciones frecuentes o constantes. Los deportistas deben ejecutar acciones técnicas, tácticas y físicas con una inhalación previa y retención del oxígeno necesario para convertir la energía química a energía mecánica (contracciones musculares), que puede durar entre 20 a 45 segundos para realizar una nueva inhalación. Varios autores (López, 2006; Martínez, 2002; Nacleiro, 2011; Shephard, 2000; Platonov, 2001) concuerdan con la importancia de este elemento en el rendimiento deportivo y en especial en las actividades subacuáticas, pues si no se cuenta con una adecuada preparación física se corre el riesgo de sufrir un desvanecimiento o pérdida de la conciencia por falta de oxígeno, lo que puede ocasionar un accidente normal por la práctica deportiva, o la muerte, si no se atiende a tiempo.

Estos aspectos caracterizan al deporte como de alta intensidad y poca recuperación (activa y pasiva). Es entonces la recuperación de la frecuencia cardiaca un factor básico para la continuidad del juego y el normal desarrollo sin interrupciones forzadas. Los deportistas se deben recuperar rápidamente, para volver a realizar una nueva acción, con el objetivo de hacer o evitar una anotación. Diferentes autores han realizado investigaciones sobre la importancia de la frecuencia cardiaca y su recuperación, como parámetro de control del entrenamiento deportivo (Calderón et al., 1999; Sarmiento et al., 2009; Benito et al., 2005; Ries et al., 2011).

Quizás los métodos más comunes para el desarrollo de máximo consumo de oxígeno sean los métodos continuos. Sin embargo, por las características especiales de este deporte, se utilizó un Método Interválico Extensivo Medio, como un instrumento para desarrollar el máximo consumo de oxígeno y los índices de recuperación en deportistas universitarios.

1.2 Justificación

Las actividades subacuáticas en nuestro país conformadas por el Rugby subacuático han obtenidos logros significativos. En 2010, el club Orcas obtuvo el título mundial en la categoría femenina y el subcampeonato mundial en la categoría masculina. El club se ha ratificado como el mejor a nivel nacional en los diferentes campeonatos. Sin embargo no se encontraron registros sobre el volumen, intensidad y densidad que utilizan para realizar la preparación antes de una competencia nacional o internacional.

Ante la falta de investigaciones donde se planteen métodos de trabajo para las diferentes capacidades del Rugby subacuático, se hace necesaria esta investigación para demostrar con datos estadísticos reales que un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el

Método Interválico Extensivo Medio tiene efectos sobre el máximo consumo de oxígeno y el índice de recuperación en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia y poder estructurar diferentes sesiones que desarrollen estas áreas funcionales y un posible direccionamiento de los entrenamientos dirigidos a esta modalidad deportiva que brinda importantes logros.

Se considera un gran aporte para el pregrado en Entrenamiento Deportivo de la Universidad de Antioquia tener una nueva visión de los métodos adecuados y de los parámetros de carga que se deben tener en cuenta al momento de trabajar con esta modalidad deportiva; la ampliación del conocimiento académico brindará mayor oportunidad a futuros profesionales, para poder masificar el deporte que ofrece una experiencia diferente un mundo acuático en tres dimensiones.

1.3 Preguntas

El presente trabajo de investigación intentó resolver las siguientes preguntas:

¿Cuál es el efecto de un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el máximo consumo de oxígeno en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia?

¿Cuál es el efecto de un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el índice de recuperación en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia?

1.4 Objetivos

Analizar el efecto de un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el máximo consumo de oxígeno en los jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia.

Analizar el efecto de un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el índice de recuperación en los jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia.

1.5 Delimitaciones

La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad de Antioquia con deportistas universitarios que tuvieran vínculo como estudiantes con dicho establecimiento y pertenecieran al proceso de formación deportiva de actividades subacuáticas modalidad Rugby subacuático.

Para este proyecto se contó con el apoyo del entrenador que permitió la realización del plan con el equipo femenino conformado por 19 deportistas que desearan iniciar un nuevo proceso de entrenamiento deportivo específicamente en la capacidad aeróbica durante cuatro semanas, para complementar los procesos desarrollados por parte del entrenador.

1.6 Limitaciones

No se contó con los nueve carriles de la piscina olímpica de la Universidad de Antioquia, pues el espacio era compartido con el equipo de natación. La asignación de espacio para dicha intervención fue de 3 carriles, lo que obligó a realizar rotaciones entre los deportistas para lograr una adecuada ejecución de los ejercicios propuestos.

Los demás componentes del entrenamiento, como velocidad, fuerza, flexibilidad, técnica y tácticas no se pudieron controlar pues el entrenador procedía a realizar la sesión planeada después de la intervención y los días en los cuales no existió aplicación del estímulo.

Las variables intervinientes, como alimentación, horas de sueño, horas de estudio y de trabajo, son posibles factores que afectan la recuperación completa del atleta después del estímulo aplicado. Se trató de controlar esas variables mediante reportes verbales con el fin de evaluar la carga diaria.

1.7 Antecedentes

Aunque se dificultó la búsqueda de investigaciones relacionadas con actividades subacuáticas, en especial el Rugby subacuático, se hallaron publicaciones que ayudaron a orientar el presente trabajo.

Clemente (2010:17) analizó los diferentes programas para el desarrollo de la resistencia aeróbica que han sido investigados por diversos autores. Estos programas han tenido una duración temporal de 4 semanas, utilizando entrenamientos continuos e intervalados.

laia et al., (2009) investigaron el efecto de una alteración de la resistencia normal para acelerar el entrenamiento de resistencia, la capacidad oxidativa del músculo, así como el gasto de energía durante el ejercicio submáximo y su relación con las proteínas de desacoplamiento mitocondrial, en diecisiete corredores entrenados en resistencia, que fueron asignados a un entrenamiento de resistencia a la velocidad, grupo experimental de (n=9) y grupo control (n=8), para una intervención de cuatro semanas con sesiones de alta intensidad frecuentes, cada uno de 8-12-30 s en sprint de carreras separados por 3 minutos de descanso. Se encontró que la captación de oxígeno máxima y el tiempo de actuación de 10 km permaneció inalterado en ambos grupos. Se concluye que el entrenamiento de resistencia de velocidad puede mantener la capacidad oxidativa del músculo, capilarización y el rendimiento de resistencia en individuos ya formados, a pesar de la reducción significativa en la cantidad de entrenamiento.

Docherty et al. (1987) estudiaron los efectos del entrenamiento de la resistencia en la potencia aeróbica y anaeróbica de los niños pequeños. Con un programa de cuatro semanas de tipo intervalado, incorporaron la bicicleta estática, que provocó un aumento en el VO_2 máximo absoluto y relativo de un activo grupo de chicos jóvenes. La mejora en la función aeróbica era independiente de los protocolos de entrenamiento de alta velocidad-baja resistencia y baja velocidad-alta resistencia. Este programa no logró aumentar la función anaeróbica medida por pruebas de ciclo total donde la potencia se calculó en vatios y vatios por kilogramo de 0- a15s, y

15- a los periodos de trabajo de 30s. Los cambios en las funciones aeróbicas y anaeróbicas fueron independientes de la madurez fisiológica del niño.

Clemente (2010:17) examinó los efectos de diferentes combinaciones de las frecuencias de entrenamiento semanales sobre el rendimiento aeróbico, obteniendo que los mayores aumentos en el VO_2 máx se generan con frecuencias entre 2-4 o más de 4 sesiones de entrenamiento semanales.

Rowland et al. (1991) investigaron los efectos de un programa alternativo de educación física basada en el entrenamiento de caminar y en la capacidad aeróbica de los adolescentes, predominantemente sedentarios obesos. Los sujetos entrenaron 3 días durante 11 semanas a un ritmo promedio de 3,9 kilómetros por hora y la frecuencia cardiaca de 151 latidos por minuto (79,6% del máximo). Las respuestas fisiológicas se compararon con las del control durante un periodo de 3 meses anteriores al programa. Se encontró que el peso relativo mejoró un 9,9% ($p>0,05$), mientras que el tiempo de resistencia rodante aumentó en 2 minutos 23% ($p>0,05$).

Clemente (2010:17) estudió la duración de la sesión como otro factor que influye en la mejora en el rendimiento aeróbico. Encontró estudios donde la duración era superior a 30 minutos, y este tipo de sesión provocó los mayores aumentos en el VO_2 máx en los diferentes estudios.

Otro aspecto considerado en estudios sobre la mejora del rendimiento aeróbico es la intensidad de las tareas de entrenamiento realizadas. De esta forma se puede clasificar según el nivel de la intensidad relacionado con la frecuencia cardiaca máxima. Según varias investigaciones, las intensidades más efectivas para aumentar el VO_2 máx son las superiores a l 81% de la frecuencia cardiaca máxima.

Smith et al. (1999) investigaron a cinco atletas de semifondo quienes fueron sometidos a dos sesiones semanales de entrenamiento intervalado de cuatro semanas en cinta. Utilizaron la velocidad máxima (V_{max}) como intensidad del ejercicio y entre de 60-75% del tiempo máximo (T_{max}) como la duración del ejercicio. Obtuvieron una mejora del VO_2 max del 4,9%, en la V_{max} del 4% y en el T_{max} del 33,4%. Los investigadores concluyeron que utilizando esas intensidades no solo se presentaron cambios estadísticamente significativos ($p<0,05$), sino que pudo ser extremadamente valiosa en la prescripción de programas de ejercicio para atletas.

Diversos han sido los estudios realizados para establecer la frecuencia cardiaca como un adecuado parámetro de control. Se presentan algunas investigaciones donde ésta cumple un papel fundamental en el ejercicio.

Calderón et al. (1999) compararon la respuesta de la frecuencia cardiaca (FC) durante la fase rápida de la recuperación en tres formas distintas de ejercicio intermitente (EI): aeróbico (AE), aeróbico-anaeróbico o umbral (UM) y anaeróbico (AN). En una primera fase, determinaron las intensidades (km/h) mediante una prueba máxima (protocolo con escalones de 3 minutos cada uno, elevando la velocidad 1 km/h a partir de la velocidad inicial de 10 km/h, hasta el agotamiento). En la segunda fase, los 9 sujetos efectuaron las tres formas de EI en función de los valores obtenidos en la fase anterior. El estudio de la evolución de la FC durante la

recuperación en los tres tipos de EI se efectuó mediante una prueba de paralelismo de las rectas de regresión correspondientes. Los resultados indican que no se presentaron cambios debido a que la sensibilidad del barorreflejo durante la fase rápida es independiente de la carga impuesta durante el EI y la respuesta cardiaca durante la fase lenta viene determinada por factores añadidos a los mecanismos nerviosos.

Ries et al. (2011) encontraron una mayor precisión de la frecuencia cardiaca en comparación con el VO_2 para predecir la intensidad de ejercicio en corredores entrenados en resistencia. La muestra estuvo conformada por doce corredores nacionales e internacionales de larga distancia con un máximo rendimiento personal en media maratón de 62 min 37 s \pm 1 min 22 s. Cada participante realizó cinco series de 6 min a velocidad constante y cada serie a una velocidad de carrera incrementada. La velocidad inicial fue de 3.33 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ con un incremento de 0.56 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ en cada serie posterior. Durante las carreras se midieron el VO_2 y la frecuencia cardiaca e inmediatamente después de cada carrera se evaluó el lactato en sangre. El VO_2 pico promedio y la frecuencia cardiaca pico promedio fueron, respectivamente, 76.2 \pm 9.7 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ y 181 \pm 13 $\text{latidos}\cdot\text{min}^{-1}$. Las fuertes relaciones entre la frecuencia cardiaca, la velocidad de carrera y el VO_2 hallados en este estudio muestran que, en los corredores altamente entrenados, es posible considerar la frecuencia cardiaca como un indicador preciso de la demanda de energía y de la velocidad de carrera.

Sarmiento et al. (2009) estudiaron el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), en dominio tiempo-frecuencia durante la realización de un test incremental. Se estudiaron 8 ciclistas varones (edad: 17.12 \pm 1.11 años; talla: 1.73 \pm 0.06 m; peso: 69.96 \pm 8.03 kg), practicantes de ciclismo, que realizaron una prueba en cicloergómetro siguiendo un protocolo incremental (incrementos de 5W/12s) hasta el agotamiento. El análisis de la VFC se realizó estableciendo tres zonas de esfuerzo sobre el espectrograma de la señal: la zona 1 o zona de activación, con frecuencias por debajo de 150 pulsaciones por minuto (ppm); la zona 2 o zona de transición, con frecuencias por debajo de 185 ppm; y la zona 3 o zona de crisis, por encima de 185 ppm. Este método de análisis resulta una sencilla y fiable herramienta para la localización de transiciones de fase en el comportamiento de la señal VFC durante un esfuerzo incremental. Esta herramienta, útil, barata y no invasiva, permite controlar el efecto de las cargas de entrenamiento y sirve para crear indicadores de referencia en la intensidad de trabajo.

Calderón et al. (2000) compararon la respuesta de la FC durante 4 minutos (FC recuperación rápida y lenta) en 61 atletas elite de fondo, divididos en 4 grupos (triatletas, atletas, ciclistas y nadadores). La hipótesis planteada fue que la curva de FC de recuperación en los 4 grupos no presentaría diferencias estadísticamente significativas aplicando t de Student ($p < 0.05$). Los resultados indican diferencias estadísticamente significativas entre dichos grupos.

Benito et al. (2005) realizaron un estudio cuyo objetivo principal fue comprobar la validez, fiabilidad y reproducibilidad de un test incremental. Estudiaron 10 sujetos físicamente activos a los que realizaron dos pruebas de esfuerzo en cicloergómetro. Utilizaron protocolos de rampa, que aumentaba 5 vatios cada 12 segundos. Previo a la prueba realizaron un calentamiento de 3 minutos. Como objetivo secundario se plantearon validar diferentes fórmulas de recuperación,

y la aplicación de las mismas a una nueva variable (Ventilación). Los autores concluyeron que las variables estudiadas (peso, talla, edad, FCr, CVF, VO₂ máx, VCO₂ máx, IRC) ofrecen mucha fiabilidad sobre el protocolo, fórmulas y equipos utilizados en el estudio.

Diferentes son los protocolos de evaluación en laboratorio y campo para determinar el máximo consumo de oxígeno. Léger et al. (1988) diseñaron un test máximo de carrera de ir y volver de 20 m, con etapas múltiples para determinar la potencia aeróbica máxima, en adultos saludables asistentes a clases para mejorar la aptitud física y atletas que realizaban deportes y realizan frecuentes acciones de frenado y aceleración. Los sujetos corrieron de una punta a la otra de una pista de 20 metros y debían tocar la línea de 20 m en el mismo momento en que una señal sonora se emitía a partir de una cinta grabada previamente; la frecuencia de la señal sonora se incrementaba 0,5 km.h⁻¹ cada minuto, partiendo de una velocidad de inicio de 8,5 km.h⁻¹. Cuando los sujetos no podían mantener el ritmo, se registraba el número final de la etapa anunciada, éste número se utilizaba para estimar el máximo consumo de oxígeno (VO₂máx.) (y, ml.kg⁻¹.min⁻¹) de la velocidad (x, km.h⁻¹) correspondiente a esa etapa (velocidad = 8 + 0,5.número de etapa) y a esa edad (a, años): $y=31,025 + 3,238.x -1,248.a + 0,1536.a.x$, $r=0,71$, para niños menores de 18 años.

Para obtener esta ecuación de regresión, el test fue realizado individualmente. Al finalizar el test se determinó el VO₂ con cuatro muestras de 20 s y se estimó el VO₂ máx. mediante retroextrapolación de la curva de recuperación del O₂ hasta el tiempo cero de recuperación. En los adultos, mediciones similares indicaron que podría utilizarse la misma ecuación fijando la edad en 18 años ($r=0,90$, $n=77$ varones y mujeres de 18 a 50 años de edad). Los coeficientes de confiabilidad prueba test-retest tuvieron valores de 0,89 para los niños y 0,95 para los adultos (81 varones y mujeres, de entre 20 y 45 años de edad). También se encuentran disponibles los datos normales para los niños en edad escolar y adultos y las estimaciones del VO₂ máx. fueron comparables a las de otros tests y/o poblaciones.

2. Marco referencial

En este apartado se define la resistencia, sus diferentes manifestaciones (máximo consumo de oxígeno), los métodos para el desarrollo de esta capacidad, algunos aspectos fisiológicos y bioquímicos, la frecuencia cardiaca y sus diferentes manifestaciones (índice de recuperación) y se explica el método interválico y sus diferentes clasificaciones.

2.1 La Resistencia

La existencia de diversidad de conceptos sugiere que se han requerido innumerables investigaciones para llegar hasta estas instancias, donde diversos autores han reunido los conceptos sobre la resistencia.

Para Weineck es “la capacidad del deportista para soportar la fatiga psicofísica”. (2005:131)

Según Zintl, la resistencia es igual a la capacidad de resistir psíquica y físicamente a una carga durante largo tiempo produciéndose finalmente un cansancio insuperable debido a la intensidad y la duración de la misma y recuperarse rápidamente después de esfuerzos físicos y psíquicos. (1991:31).

Hohman (2005:64) la entiende como capacidad de rendimiento ante el cansancio. En este sentido, hace posible que:

- a) Se mantenga la intensidad elegida durante el máximo tiempo posible.
- b) Perder el mínimo posible de esta intensidad.
- c) Poder estabilizar durante el máximo tiempo posible la técnica deportiva y el comportamiento táctico.

La resistencia tiene un significado directo e indirecto en el rendimiento, limitando simultáneamente el rendimiento y el entrenamiento. Un entrenamiento global e intensivo solo es posible gracias a una buena resistencia. Por eso, además, se debe tener en cuenta la función central de la resistencia como capacidad de regeneración. La resistencia (aeróbica) tiene por lo tanto también el efecto de:

- d) Recuperarse (lo mas) rápido (que sea posible) después de un esfuerzo.

Se trata de la tolerancia de esfuerzos dentro de un proceso de superación; por eso, en esfuerzos individuales aparecen marcadas diferencias entre lo que es fisiológicamente demostrable y aquello que es psicológicamente tolerable. Los procesos de recuperación en esfuerzos mayores y más cortos se hacen cada vez más importantes los procesos de estructuración en las pausas. La denominada recuperación regular depende, por un lado, de la duración de los intervalos de pausas y, por otro, de la capacidad de recuperación del deportista. (Hohman, 2005:64).

Para Platonov, la resistencia es la capacidad para realizar un ejercicio de manera eficaz, superando la fatiga que se produce. El nivel de desarrollo de esta capacidad está condicionado por el potencial energético del organismo del deportista y el grado en que se adecua a las exigencias de cada modalidad concreta; la eficacia de la técnica y la táctica; los recursos psíquicos del deportista, los cuales, además de garantizar un alto nivel de actividad muscular durante los entrenamientos y las competiciones, retardan y contrarrestan el proceso de desarrollo de la fatiga. (2001:372).

2.1.1 Tipos de resistencia

Weineck (2005:131) la clasifica en “resistencia general y local, adscrito a una modalidad deportiva (general y específica), según el suministro energético muscular (aeróbica y anaeróbica), duración temporal (corto, medio y largo plazo), formas de trabajo motor implicada (resistencia de fuerza, fuerza rápida y velocidad)”.

Platonov (2001:372) la divide en “resistencia general y especial, de entrenamiento y competición, local, regional y global, aeróbica y anaeróbica, muscular y vegetativa, sensorial y emocional, estática y dinámica, de velocidad y de fuerza”.

En la tabla 1 Zintl (1991) presenta la resistencia desde los criterios de varios autores, logrando dar un concepto claro y ampliando los rangos desde donde puede ser tomada esta capacidad tan importante.

Tabla 1. Estructuración de la resistencia según diferentes criterios de clasificación

Criterio	Nombre	Características	Autor
Volumen de la musculatura implicada	Resistencia local Resistencia regional Resistencia global	< 1/3 musculatura 1/3-2/3 musculatura >2/3 musculatura	Saziorski
Tipo de vía energética mayoritariamente utilizada	Resistencia aeróbica	Frente a una oferta suficiente de oxígeno	Hollmann/ Hettinger
	Resistencia anaeróbica	Sin participación del oxígeno	
Forma de trabajo de la musculatura esquelética	Resistencia dinámica Resistencia estática	Frente al cambio continuo entre contracción y relajación en contracciones prolongadas	Hollmann/ Hettinger
Duración de la carga en caso de máxima intensidad de carga posible	Resistencia de duración: Corta Media Larga I Larga II Larga III Larga IV	35 seg- 2min 2 min- 10 min 10 min-35 min 35 min-90 min 90 min – 6h Más de 6 h	Harre/Pferfer
Relación con otras capacidades de condición física o bien situaciones de la carga	Fuerza-resistencia Resistencia-fuerza explosiva Velocidad-resistencia Resistencia de sprint Resistencia de juego deportivo/lucha Resistencia polidisciplinar	80-30% % fuerza max Realización explosiva del movimiento Velocidades submax Velocidades máximas Fase de carga variable Densidad de carga elevada o bien interrelación mutua	Nett, Matwejew
Importancia para la capacidad de rendimiento específica del deporte práctico	Resistencia de base (resistencia general)	Posibilidades básicas para diferentes actividades motrices deportivas	Saziorski, Nabatnikowa, Martin
	Resistencia específica	Adaptación a la estructura de resistencia de una modalidad de resistencia	

Fuente: Zintl (1991: 33)

2.1.2 Aspectos fisiológicos de la resistencia

En los esfuerzos continuos aeróbicos, el oxígeno disponible es suficiente para cubrir por completo las necesidades energéticas mediante la obtención de energía. Una obtención de energía puramente aeróbica es posible hasta que se alcanza el umbral aeróbico. Si el esfuerzo sigue aumentando se incrementa la concentración de lactato a causa del mayor metabolismo anaeróbico. La resistencia aeróbica garantiza un suministro de energía económico y duradero, por lo que constituye la base de la capacidad de rendimiento físico. (Hunter et al., 2006:261-2).

Pshennikova (Platonov, 2001:122) plantea que el desarrollo de la adaptación del sistema aeróbico de suministro energético se manifiesta en la economía de las respuestas en condiciones de reposo y soportando cargas límites o cercanas a ellas. Por ejemplo, la disminución de un trabajo estándar está relacionada principalmente con el aumento de la capacidad de los tejidos para extraer oxígeno de la sangre que fluye por estos. La capacidad para lograr los índices de ventilación pulmonar durante cargas límites y su mantenimiento duradero se garantiza con el aumento de la potencia del aparato respiratorio externo y la capacidad elevada del centro respiratorio para conservar el nivel límite de excitación.

2.1.2.1 Sistemas energéticos

Zaldívar (s.f.:12) los clasifica en:

Área funcional regenerativa: se emplea en la recuperación del organismo, su función fundamental consiste en lograr un efecto regenerativo y restaurador a escala celular muscular, teniendo, como fuente energética fundamental, el ácido láctico residual y los ácidos grasos. Se logra mediante una actividad física continua, durante un espacio de tiempo comprendido entre los 10 y 40 minutos, a menos de un 66 % de la frecuencia cardiaca máxima. Esto se garantiza, gracias a un mejor funcionamiento cardiorrespiratorio, el cual mejora el transporte y la utilización del oxígeno, permitiendo, fundamentalmente, la remoción del lactato y los ácidos grasos por oxidación.

Área funcional subaeróbica: se considera el punto de equilibrio entre la producción y la eliminación de ácido láctico, trabajando entre un 66 y 76 % de la frecuencia cardiaca máxima. Sus fuentes energéticas fundamentales son la glucosa, el glucógeno, los ácidos grasos y el ácido láctico residual. Este tipo de trabajo preserva las reservas de glucógeno, aumenta el nivel de oxidación de los ácidos grasos y tiene una alta tasa de remoción de lactato, lo cual permite desarrollar o mantener la capacidad aeróbica.

Área funcional superaeróbica: la tasa de producción de ácido láctico es mayor que la de eliminación, en una actividad realizada entre un 76 y un 86 % de la frecuencia cardiaca máxima, utilizando fundamentalmente como fuente energética, la glucosa, el glucógeno y en menor medida los ácidos grasos. Este tipo de trabajo aumenta la capacidad de producción y remoción de ácido láctico intra y post esfuerzo, aumentando la velocidad mitocondrial, para metabolizar moléculas de ácido pirúvico, permitiendo crear una base de resistencia mayor para desarrollar el máximo consumo de oxígeno.

Área funcional de máximo consumo de oxígeno: es considerada la zona de máxima potencia aeróbica, siendo el punto de mayor aporte de oxígeno a la célula muscular, alcanzada cuando se trabaja entre un 86 y un 100 % de la frecuencia cardiaca máxima. Su fuente energética fundamental es la glucosa y el glucógeno. El entrenamiento en esta área funcional incrementa la velocidad mitocondrial para metabolizar moléculas de ácido pirúvico, mejorando la rapidez de las reacciones químicas del ciclo de krebs y la cadena respiratoria, lo cual beneficia, el potencial redox.

2.1.3 Aspectos bioquímicos de la resistencia

Si el ejercicio se prolonga más de dos o tres minutos, el sistema de resíntesis aeróbico del ATP adquiere mayor importancia. El sistema tiene por objetivo producir la oxidación completa de la glucosa y los ácidos grasos libres (provenientes de los triglicéridos) y los aminoácidos (procedentes de la degradación de las proteínas) hasta CO_2 y H_2O en presencia de oxígeno, generando ATP. El sistema aeróbico tiene dos componentes: la glicólisis, que tiene lugar en el citoplasma, y la ruta central de oxidación de combustibles, que se lleva a cabo en las mitocondrias. La mayor parte del piruvato proveniente de la lisis de las moléculas de glucosa o de glucógeno, en vez de convertirse en lactato en el citoplasma, es transportada al interior de las mitocondrias y transformado en acetilo, por acción de la enzima piruvato deshidrogenasa, considerada la ruta central de oxidación de combustibles.

En esencia, el sistema de resíntesis aeróbico del ATP a partir de la oxidación (aeróbica) de los combustibles mencionados, se basa en que las moléculas de esas sustancias tienen gran capacidad para ceder electrones (que son excelentes agentes reductores) y el oxígeno gran facultad de atraparlos (que es un potente agente oxidante). El objetivo de la ruta central de oxidación de los combustibles es permitir que los electrones fluyan controladamente, a partir de su transferencia escalonada a lo largo de una serie compleja y extensa de reacciones químicas entre los combustibles y el oxígeno. En la mayoría de los casos los electrones no se transportan solos sino acompañados de protones, en otras palabras, lo que ocurre en la oxidación de los combustibles es una transferencia de átomos de hidrógeno.

La ruta central de oxidación de los combustibles consta de dos etapas: El ciclo de Krebs. Es una vía metabólica que involucra varias reacciones y enzimas, las cuales permiten llevar a cabo la oxidación final del acetilo hasta CO_2 , con liberación de átomos de hidrógeno (con sus protones y electrones) para ser transferidos a varias coenzimas que participan en el proceso. Para el caso de los carbohidratos, como se mencionó, la glicólisis citoplasmática genera directamente los grupos acetilo a partir del piruvato. Por su parte, los ácidos grasos se transforman directamente en acetilo mediante el proceso conocido como beta oxidación y los aminoácidos también se convierten en acetilo o en otros intermediarios del ciclo de Krebs. Durante el proceso, en el interior de las mitocondrias se generan varias coenzimas en estado reducido (específicamente, se producen tres moléculas de NADH y una molécula de FADH_2 , en cada ciclo) que son los elementos receptores de los átomos de hidrógeno provenientes de los combustibles metabólicos y la cadena respiratoria o sistema de transporte de electrones, que está constituida por una serie de transportadores de electrones y protones que ceden esas partículas cargadas eléctricamente al oxígeno al final de la serie para formar agua. A los átomos

de hidrógenos liberados durante el ciclo de Krebs deben sumárseles los generados en la glicólisis citoplasmática y que son lanzados desde el citoplasma a las mitocondrias por el sistema de lanzadera de potencial redox.

Cuando los electrones fluyen por la cadena de transporte, simultáneamente ocurre un bombeo activo de protones entre la matriz mitocondrial y el espacio intermembranoso, ello genera un gradiente electroquímico que es utilizado por la mitocondria para sintetizar el ATP mediante el proceso conocido como fosforilación oxidativa (consiste en transducción de la energía potencial del gradiente electroquímico, en energía potencial de los enlaces de la molécula de ATP).

Conviene resaltar que la fosforilación oxidativa constituye un mecanismo altamente eficiente para conservar energía útil, pues le permite a la célula recuperar hasta el 60% de la energía química liberada durante la oxidación de los combustibles en forma de ATP. Se calcula que mientras el sistema anaeróbico láctico genera 64 ATP, el aeróbico sólo consigue resintetizar 36 (el primero es casi dos veces más potente), aunque a un costo sustancialmente diferente: 32 moléculas de glucosa gastadas en el primer caso, contra sólo una en el segundo. La potencia máxima se suele enunciar en el laboratorio de fisiología a través del máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx) el cual se define como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo. Ello se fundamenta en que existe una relación lineal entre el consumo de oxígeno por el organismo y la cantidad de energía suministrada al aparato contráctil por el metabolismo aeróbico. (Contreras, sf:18-26).

2.1.4 Consumo de oxígeno (VO_2)

Expresa un parámetro fisiológico que indica la cantidad de oxígeno que se consume o utiliza en el organismo por unidad de tiempo. La medición directa o estimación indirecta de este parámetro permite la cuantificación del metabolismo energético, ya que el oxígeno se utiliza en todas las combustiones que tienen lugar en las células y que permiten la transformación de la energía química (se encuentran en los enlaces químicos de los principios inmediatos nutricionales, hidratos de carbono, lípidos y proteínas), energía mecánica (contracción muscular) y trabajo celular. El oxígeno que consume un sujeto en situación fisiológica del reposo absoluto nos indica el denominado metabolismo basal y se ha calculado que corresponde aproximadamente a 3,5 ml de oxígeno por kilogramo de peso corporal y minuto (ml/kg/min). Este es el valor que equivale a un MET o unidad metabólica y que refleja el gasto energético de un organismo para mantener sus constantes vitales. A medida que se establece una mayor demanda energética, el consumo de oxígeno aumenta. (López, 2006:409).

Como se mencionó, el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) es la cantidad máxima de O_2 que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo. En realidad, el factor limitante es la capacidad de utilizar el oxígeno, ya que siempre la sangre venosa contiene oxígeno y la cantidad de oxígeno transportado es siempre superior a la cantidad de oxígeno utilizado. El oxígeno consumido en las mitocondrias equivale al oxígeno absorbido en los alvéolos. La función del sistema ventilatorio es permitir que la sangre reponga a su paso por los capilares sistémicos. El VO_2 máx se expresa normalmente en cantidades absolutas (ml/min) o en cantidades relativas al peso corporal del sujeto (ml/kg/min). Es un indicador de la

capacidad funcional de los individuos o de su potencia aeróbica. La variabilidad existente entre los diferentes sujetos es amplia y depende de diversos factores. (López, 2006:409).

Cualquier esfuerzo medianamente prolongado necesita un abastecimiento energético, tanto a nivel de musculatura esquelética como de sistema cardiovascular. La resistencia a un determinado trabajo requiere necesariamente un aporte de oxígeno a nivel pulmonar y un intercambio cardiovascular enfocado al abastecimiento de oxígeno a todos los músculos del cuerpo. Es la capacidad de aportar oxígeno, transportarlo e intercambiarlo, a través del sistema cardiocirculatorio, durante un período de máximo esfuerzo. Asimismo es la mayor cantidad de oxígeno que un individuo puede utilizar durante un trabajo físico respirando aire atmosférico. (Martínez, 2002:89).

Es un esfuerzo en progresión. Llega un momento en el que pese a incrementar la velocidad o potencia, no se incrementa el consumo de oxígeno. En niveles bajo o medio, es la variable que mejor define el desarrollo cardiorrespiratorio de una persona. Representa la habilidad de estos sistemas para producir máxima energía aeróbica por una unidad de tiempo. Aunque en algunos manuales aparece referido como capacidad aeróbica, actualmente diversos autores lo han asociado al concepto de potencia, al representar el consumo por unidad de tiempo. Mas correctamente, la verdadera potencia se representa no por un consumo, sino por la velocidad o potencia asociada al momento en que se hace meseta el VO_2 y se conoce como velocidad aeróbica máxima (VAM) o potencia aeróbica máxima (PAM). Esta sirve como referencia del entrenamiento y de las pruebas de resistencia. Se suele utilizar habitualmente la expresión relativa del mismo respecto al peso corporal (ml de $O_2/kg/min$). Así puede compararse a deportistas de distintas antropometrías.

El VO_2 máx es un factor determinante en pruebas de corta duración y como limitante en pruebas de larga duración. Es así porque en dichas pruebas influyen factores como la economía o el umbral anaeróbico. Es importante el VO_2 máx porque facilita la rápida recuperación de los esfuerzos breves e intensos. Esto parece favorecer la rápida recuperación de los esfuerzos glucolíticos en estos deportistas, si se compara con otros deportistas de potencias y con peores niveles aeróbicos. (Nacleiro, 2011:177-8).

La capacidad del organismo para transportar oxígeno desde el aire ambiental hasta los músculos que están trabajando, es uno de los determinantes más importantes del rendimiento de resistencia. En pruebas de 1 minuto de duración, hasta un 50 % de las necesidades de energía del cuerpo pueden ser satisfechas mediante el metabolismo anaeróbico, pero si se prosigue con una actividad máxima durante 5 minutos, el 80% de la energía necesaria se deriva del metabolismo aeróbico, y con un esfuerzo de 60 minutos, el 98% del metabolismo es aeróbico. (Shephard, 2000).

En los hombre no entrenados la capacidad máxima de los pulmones llega normalmente a 3-3.5 litros; la ventilación pulmonar máxima, a 80-100 l/min; la frecuencia respiratoria en reposo, 10 - 12 ciclos por minuto; la frecuencia respiratoria máxima 40-60 ciclos; la velocidad máxima del aire durante la inspiración, 0,6-0,7 l/seg y la profundidad de la respiración 2,-2,5 litros. Los volúmenes máximos del consumo de oxígeno se logran en las jóvenes a la edad de 14-16 años;

en los jóvenes, a los 18-20 años; en los hombre de 20-30 años que no practican deporte se registran volúmenes del orden de 3.300 ± 200 ml/min; en las mujeres, de $2.000 + 200$ ml/min. Los volúmenes relativos de VO_2 max en los hombres oscilan normalmente dentro de los límites de 40-50 ml/min/kg y en las mujeres 32-40 ml/min/kg. (Platonov, 2001:122).

Platonov (2001) postula una serie de valores del máximo consumo de oxígeno (tabla. 2) para diferentes modalidades deportivas. Aunque no se encontraron valores específicos para las actividades subacuáticas, en especial para Rugby subacuático, se referenciaran los valores de otros deportes como la natación y el water polo, por ser deportes que se desarrollan en un medio acuático.

Tabla 2. Valores típicos del máximo consumo de oxígeno en diferentes modalidades deportivas

Modalidades deportivas	Consumo máximo del oxígeno ml/min/kg	
	Hombres	Mujeres
Natación	60-70	55-60
Wáterpolo	55-60	48-52

Fuente: Neumann (Platonov, 2001:124)

Shephard (Platonov, 2001:124) ve la posibilidad de aumentar el nivel del VO_2 máx, un máximo del 20% por medio del entrenamiento intenso.

El área de máximo consumo de oxígeno de alto nivel aeróbico, impone elevadas exigencias a nivel oxidativo e inclusive la demanda de trabajo llega a magnitudes que cruzan la zona del umbral anaeróbico. Desde el punto de vista global, la estructura del entrenamiento se asienta sobre las siguientes normas funcionales: frecuencia cardiaca p/min > 160, frecuencia respiratoria (15s) 10-15, nivel de lactato sanguíneo (mmol/L) 6-8. (Castro, 2008:30).

La elección de la intensidad racional de trabajo con índices dados de consumo de oxígeno puede ser facilitada con el registro de los datos de la FC (ver tabla 3), puesto que, como es sabido, entre la FC y el consumo de oxígeno existe una dependencia lineal.

Tabla 3. Dependencia lineal entre la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno

Frecuencia Cardiaca (Pulsaciones)	Consumo de oxígeno (% del máximo)
110-130	40-45
130-150	50-55
150-170	60-65
170-180-	75-80
180-190	85-90
190-210	90-100

Fuente: Platonov y Bulatova (2001:296)

Según Wilmore & Costill (2004:282) “la mayoría de los científicos del deporte consideran el VO_2 máx, como el ritmo de oxígeno más elevado alcanzable durante la realización de ejercicios máximos o agotadores como el mejor indicador de la resistencia cardiorrespiratoria”.

2.1.4.1 Test en laboratorio del máximo consumo de oxígeno

El ergómetro fue un intento de simular lo mejor posible las condiciones reales que un atleta tiene cuando se entrena o compite. Permite calcular con bastante exactitud el trabajo a que se ve sometido un sujeto durante la prueba. Existen varios tipos de ergómetro que se ajustan a la mayor parte de la población deportiva: el cicloergómetro, el tapiz o cinta rodante y los específicos (remo, natación). En los laboratorios de evaluación funcional predominan los dos primeros, siendo más difícil encontrar ergómetros más específicos. Para la valoración en laboratorio de este sistema existen gran variedad de protocolos que podemos agrupar de la siguiente forma: protocolos de carga discontinua, protocolos de carga continua, protocolo de Bruce para tapiz, protocolo de Balke en tapiz, protocolos de carga única. (García et al., 1996:25-7).

2.1.4.2 Test en campo del máximo consumo de oxígeno

Test de Léger o Course Navette

Su objetivo principal es medir la potencia aeróbica máxima del sujeto. Para su ejecución, el sujeto se ubica tras una línea, de pie y en sentido del movimiento hacia otra línea, separada a 20 metros. Una vez puesto en marcha el reproductor, el sujeto deberá escuchar atentamente el sonido de la prueba, de forma que, a la primera señal sonora, se desplazará a la mayor velocidad posible hacia la línea situada a 20 metros y deberá sobrepasarla. Espera en posición de salida alta, hasta escuchar la próxima señal sonora. Se repite este ciclo tantas veces como pueda, intentando seguir el ritmo entre señales. La prueba concluye cuando el sujeto no logra llegar a tiempo a la siguiente línea, escuchando durante el recorrido la siguiente señal. Una vez concluida la prueba, se contabiliza el número de recorridos realizados, hasta el último trayecto en el que el sujeto se ha visto obligado a abandonar la prueba.

El test deberá realizarse en pista deportiva o terreno liso (interior o exterior) sobre el que habrá dos líneas pintadas, colocadas de forma paralela y separada a distancia de 20 metros. El material necesario es un magnetófono o equipo similar, preparado para este fin, con un volumen suficiente para que el sujeto pueda escuchar durante el recorrido cualquier tipo de señal incluida en la cinta magnetofónica que contenga el protocolo de evaluación. Esta prueba es utilizada generalmente para determinar la capacidad aeróbica de sujetos jóvenes con un nivel de entrenamiento medio o bajo, quedando progresivamente desestimando para atletas con alto rendimiento. A través de los resultados, se puede realizar equivalencia con el consumo máximo de oxígeno del sujeto, atendiendo a la velocidad que el individuo pudo realizar en el último palier durante la prueba. (Martínez, 2002:94).

García (1996:40) plantea que el test consiste en recorrer tramos de 20 metros a velocidad creciente cada palier (de 2 ó 1 minutos), siendo indicado el ritmo mediante señales sonoras (ver

tabla 4). El VO₂ máx se calcula a partir de la velocidad de carrera que alcanzó el sujeto en el último palier que fue capaz de soportar, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\text{VO}_2 \text{ (ml/kg/min)} = 5.857 \times \text{velocidad (k/h)} - 19.458$$

Con jóvenes de 8 a 19 años, de ambos sexos, se aplica la fórmula:

$$\text{VO}_2 \text{ (ml/kg/min)} = 31.025 + (3.238 \times V) - (3.248 \times E) + (0.1536 \times V \times E)$$

Donde V: velocidad y E: edad del sujeto.

Tabla 4. Equivalencia teórica en el test de Course Navette respecto al VO₂ máx

Tiempo	Velocidad (k/h)	VO ₂ máx.	Seg./20 metros
2´	7.58	24.5	9.693
4´	8.70	31.5	8.276
6´	9.30	35.0	7.744
8´	9.90	38.5	7.276
10´	10.49	42.0	6.862
12´	11.09	45.5	6.492
14´	12.29	52.5	5.860
18´	12.88	56.0	5.589
20´	13.48	59.5	5.341
22´	14.08	63.0	5.114
24´	14.68	66.5	4.906
26´	15.27	70.0	4.714
28´	15.87	73.5	4.537
30´	16.46	77.0	4.372
32´	17.07	80.5	4.219

Fuente: García (1996:40)

Es un test colectivo que no requiere un gran espacio para su ejecución. Su metodología consiste en realizar carrera de ida y vuelta entre dos líneas paralelas separadas entre sí 20 metros. Se puede utilizar un tabloncillo de baloncesto o de voleibol. Los examinados se desplazan simultáneamente siguiendo sonidos que emite una cinta magnetofónica, los cuales indican la partida desde cada línea. Se exige llegar a la línea contraria antes o justo con el siguiente sonido. Las etapas tienen duración de un minuto. La velocidad inicial de desplazamiento es 8.5 k/h, aumentando 0.5 km/h de una carga a otra. El test finaliza cuando los examinados se retrasan 3 veces seguidas a los sonidos. El resultado es la velocidad de la etapa en que cada evaluado se agota. El máximo consumo de oxígeno puede ser estimado por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\text{VO}_2 \text{ máx. (ml/kg/min)} = 5.86 * V_f - 19.46$$

$$\text{VO}_2 \text{ máx. (ml/kg/min)} = 24.4 + 6 * V_f$$

En la cual V_f es la velocidad de la última etapa alcanzada por cada evaluado expresada en km/h. E es la edad en años. (Alba, 2005:43-4).

Para la evaluación por medio del test de Léger o Course-Navette se requiere:

Instalación: terreno plano con 2 líneas paralelas separadas 20 metros entre sí y margen de 1 metro por los exteriores, como mínimo. Una cinta magnetofónica con el registro de los ritmos de paso en cada periodo. Un magnetófono de suficiente potencia. Situarse detrás de una línea. Se pone en marcha el magnetófono. Al oír la señal deben desplazarse hasta pisar la línea contraria (20 metros). Así sucesivamente, siguiendo el ritmo marcado. Se trata de correr durante el máximo tiempo posible en un trazado de ida y vuelta de 20 metros, siguiendo la velocidad que se impone y que aumenta cada minuto por medio de la cinta magnetofónica. En esta cinta se producen sonidos a intervalos regulares, indicando el momento en que debe situarse el corredor pisando la línea extrema en uno y otro lado del campo. La línea debe pisarse en el mismo momento en que suena la señal, sin poder ir a la contraria hasta no haberla oído. Se trata de ejecutar un ritmo regular de carrera. La cinta anunciará el número de periodo en que se encuentra en cada ocasión. Cuando el corredor no pueda pisar la línea en dos señales sucesivas, abandonará la prueba anotándose el número del último periodo que realizó con éxito. (Eurofit, 2009:2).

2.1.5 Métodos para el desarrollo de la resistencia

2.1.5.1 Métodos continuos

Su aplicación consiste en una carga ininterrumpida y efectiva para el entrenamiento a lo largo de un tiempo prolongado. El efecto del entrenamiento se basa primordialmente en la duración relativamente lenta, durante la cual se efectúa constantemente procesos fisiológicos. Se consiguen ejecuciones más económicas del movimiento y ampliaciones funcionales de los sistemas orgánicos. Lo primero afecta más el ámbito del entrenamiento de base y lo segundo el ámbito de desarrollo. A nivel coordinativo se consigue la automatización del gesto motor, y a nivel psíquico un acostumbamiento a la monotonía de trabajo. Variantes del método continuo, método continuo constante, método continuo variable y fartlek. (Zintl, 1991).

2.1.5.2 Métodos fraccionados

Son métodos de trabajo en los que se determina la distancia sobre la que se va a trabajar el intervalo o pausa de recuperación, las repeticiones o número de veces en que se repite la distancia de trabajo y, por último, la intensidad de cada repetición. La forma en que se vaya aplicando cada uno de estos parámetros determina la orientación de la sesión de entrenamiento desarrollada. (García, 1996:330).

2.1.5.3 Métodos interválicos

Durante el descanso no se alcanza una recuperación completa. Existen pausas incompletas. La duración de los descansos puede situarse entre medio minuto y varios minutos, en función de intensidad, duración de la carga y nivel de entrenamiento. En general, con el método interválico se consigue una ampliación del ámbito funcional de los diferentes sistemas orgánicos. A nivel de la coordinación se fijan movimientos más exigentes; a nivel psíquico se consigue el acostumbamiento a nuevos esfuerzos a pesar de sensaciones desagradables. Algunas variantes del método interválico se presentan según la intensidad de la carga (método interválico extensivo y método interválico intensivo) según la duración de la carga (método interválico de intervalos cortos, método interválico de intervalos mediano y método interválico de intervalos largos). (Zintl, 1991:113).

La intensidad de la carga divide el método interválico en extensivo e intensivo y, según la duración de la carga, en interválico corto (con cargas de 15 a 60 segundos), interválico medio (cargas de 1 a 3 minutos) e interválico largo (con cargas de 3 a 15 minutos). De la combinación de estos métodos interválicos surgen distintas variantes: Método interválico extensivo largo (IEL), Método Interválico Extensivo Medio (IEM), Método interválico intensivo corto I (IIC-I), Método interválico intensivo corto II (IICC-II). (Navarro, 1998).

Método Interválico Extensivo Medio (EIM)

Se caracteriza por el empleo de cargas de una duración entre 1 y 3 minutos, con una intensidad media a sub-máxima 160-170 p/m y con un volumen elevado de trabajo, de 35 a 45 minutos, 12-16 R y descansos entre 90 segundos a 2 minutos. Debido a la duración y la intensidad de la carga aumenta la deuda de oxígeno por lo que se activan en mayor medida los procesos anaeróbicos, otro aspecto interesante en este tipo de entrenamiento es la posibilidad de incrementar la capacidad de producción de lactato de las fibras lentas (ST). Ante una presión sanguínea media menor durante este tipo de entrenamiento es menor el efecto de irrigación periférica y capilarización. Todo ello hace que la capacidad aeróbica mejore especialmente a través del factor central y se produce una mayor tolerancia al lactato, además de una hipertrofia en el miocardio. (Navarro, 1998).

2.2 Frecuencia cardiaca (f_c)

Barbany (2006:77) plantea que “Con el ejercicio físico aumenta la demanda del músculo en oxígeno y nutrientes lo que obliga a establecer adaptaciones cardiovasculares”.

Es el principal factor responsable del aumento del gasto cardíaco durante el ejercicio. La actividad vegetativa (simpática y parasimpática) sobre el nodo sinusal ejerce la regulación más importante sobre la frecuencia cardiaca. El ejercicio dinámico desencadena un aumento de la actividad simpática, así como una inhibición del control parasimpático. Durante el ejercicio dinámico, la frecuencia cardiaca aumenta de forma proporcional a la intensidad del ejercicio hasta llegar a la máxima intensidad. (López & Fernández, 2006:326).

En los ejercicios dinámicos intensos las necesidades de oxígeno y nutrientes en el músculo se multiplican hasta por 50. Aumenta el volumen de sangre impulsado por el corazón en la unidad de tiempo, la presión arterial media y la velocidad de circulación de la sangre; se modifican los flujos de sangre a los distintos territorios y las resistencias periféricas con vasoconstricción en territorios inactivos y vasodilatación en los activos. (Barbany, 2006:77).

2.2.1 Frecuencia cardiaca en reposo

La frecuencia cardiaca en reposo se reduce notablemente como consecuencia del entrenamiento de la resistencia. Los mecanismos responsables de esta reducción no se conocen del todo, pero el entrenamiento parece incrementar la actividad parasimpática en el corazón, reduciendo al mismo tiempo la actividad simpática. (Wilmore & Costill, 2004:184).

Factores que influyen en la frecuencia cardiaca de reposo

Se han encontrado diversos factores que pueden afectar la frecuencia cardiaca de reposo; algunos posiblemente puedan ser controlados y otros, de carácter fisiológico, lo impiden; estas causas se exponen a continuación.

- a) Edad, en el nacimiento la fc de reposo es de 140/min aproximadamente, esta cifra disminuye progresivamente con el paso de los años.
- b) Sexo, como promedio la fc de la mujer es de unas 5 a 10 pulsaciones/minuto superior a la del hombre.
- c) Talla, por razones de carácter hemodinámico la fc es comparativamente más elevada en individuos de talla menor.
- d) Posición espacial, respecto de la posición de decúbito los valores de la fc son superiores en un 10% en el individuo sentado y en un 20% a 30% en el sujeto en bipedestación.
- e) Temperatura ambiental, el calor aumenta la fc.
- f) Movimientos respiratorios, durante la inspiración aumenta la fc, en la espiración se enlentece.
- g) Emociones o estímulos de alarmas visuales y acústicas pueden ocasionar incrementos importantes.
- h) Digestión, la fc se encuentra aumentada en las tres horas posteriores a una comida abundante.
- i) Sueño, durante el sueño profundo puede disminuir en 10 pulsaciones/minuto. Poco antes de levantarse, en la fase de sueño superficial, se recuperan los valores basales.
- j) Ritmos circadianos, la fc varía a lo largo del día de modo que los valores máximos acostumbra a alcanzarse por la tarde. (Barbany, 2006:80).

2.2.2 Frecuencia cardiaca submáxima

Wilmore & Costill (2004, p 284) plantean que “durante la realización de ejercicios submáximos, el mayor acondicionamiento aeróbico es la consecuencia de ritmos cardíacos proporcionales menores a un ritmo de esfuerzo específico”.

2.2.3 Frecuencia cardiaca máxima

La frecuencia cardiaca máxima (FC máx) de una persona tiende a ser estable. A ritmos máximos de ejercicio, la FC máx suele permanecer relativamente invariable después del entrenamiento de resistencia. No obstante, diversos estudios han sugerido que en personas que tienen valores no entrenados de FC máx. Superiores a 180 latidos/min, el FC máx. Puede reducirse ligeramente después del entrenamiento. (Wilmore & Costill, 2004: 284).

2.2.4 Frecuencia cardiaca e índice de recuperación

Determinados estudios en los que el consumo de oxígeno del corazón han sido controlados directamente han demostrado que la frecuencia cardiaca, en reposo y durante el ejercicio, es un buen índice de la intensidad con la que está trabajando el corazón. Puesto que el musculo activo exige más oxígeno que el musculo en reposo, no es sorprendente que el consumo de oxígeno del corazón y, por lo tanto, la intensidad del esfuerzo que realiza, estén directamente relacionados con el ritmo de la contracción del corazón. (Wilmore & Costill, 2004:285).

La frecuencia cardíaca y el índice de recuperación se han considerado como un factor de control de los esfuerzos físicos, en las fuentes de referencia consultadas, no se plantean valores para 1, 3 y 5 minutos, se encontró artículos que los plantean de forma individual.

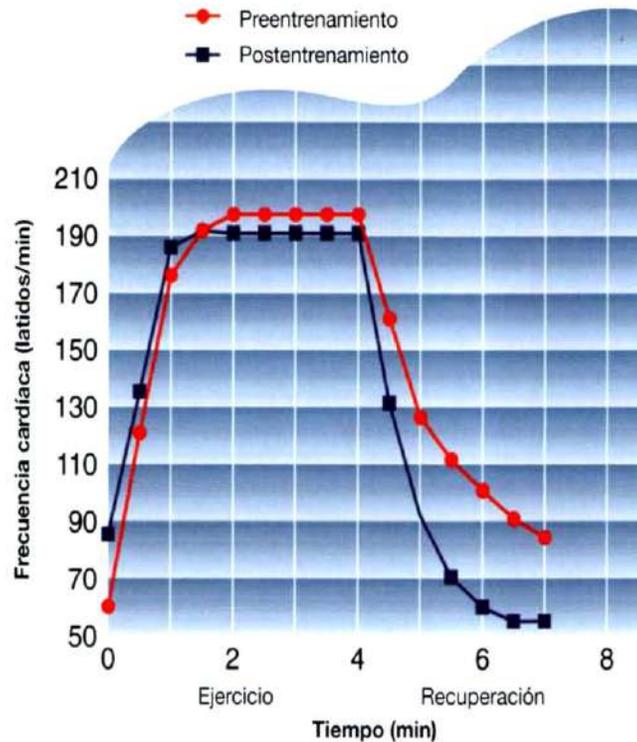
2.2.5 Recuperación de la frecuencia cardiaca

Según Calderón et al. (1999) “La forma de recuperación de la FC se caracteriza por una rápida declinación, seguida de un descenso progresivamente más lento, comportamiento similar al obtenido para el consumo de oxígeno postesfuerzo”.

El ritmo del corazón debe aumentar para satisfacer las demandas de los músculos activos, cuando la serie del ejercicio finaliza, la frecuencia cardiaca no vuelve instantáneamente a su nivel de reposo, permanece elevada durante cierto tiempo, volviendo lentamente a su ritmo de reposo, el tiempo que necesita el corazón para volver al ritmo de reposo se llama **periodo de recuperación de la frecuencia cardiaca**. Después de un periodo de entrenamiento, tal como se muestra en la figura 1, la frecuencia cardiaca vuelve a su nivel de reposo rápidamente después de ejercicios que antes del entrenamiento, esto es cierto después de ejercicios submáximos estandarizados, así como después de ejercicios máximos. El periodo de recuperación de la frecuencia cardiaca se acorta con el entrenamiento de resistencia, esta medición puede usarse como un índice del fitness cardiorrespiratorio; en general, una persona que está en mejor fitness se recupera más rápido después de un esfuerzo de intensidad estandarizada que una persona que esté en buena forma, sin embargo factores distintos al nivel del entrenamiento pueden afectar el periodo de recuperación de la frecuencia cardíaca, por ejemplo, el ejercicio en ambiente calurosos o a grande alturas puede prolongar la elevación de la frecuencia cardiaca; algunas personas experimentan una respuesta más fuerte del sistema nervioso parasimpático durante el ejercicio que otras personas, y esto puede prolongar también la elevación de la frecuencia cardiaca. La curva de recuperación de la frecuencia cardíaca es una excelente herramienta para rastrear el progreso de una persona durante un programa de

entrenamiento. Pero debido a la influencia potencial de otros factores no debe usarse para comparar un individuo con otro. (Wilmore & Costill, 2004:286).

Figura 1. Cambios en la recuperación de la frecuencia cardíaca con el entrenamiento de resistencia



Fuente: Wilmore & Costill, (2004:286)

2.2.6 Frecuencia cardíaca y transición del reposo al ejercicio

Según Billat (2002:83), “Al inicio de un ejercicio se produce un aumento rápido de la frecuencia cardíaca, del volumen de eyección sistólico y del débito cardíaco. Se ha mostrado que la frecuencia cardíaca y el débito cardíaco empezaban a aumentar en los primeros segundos de ejercicio”.

2.2.7 Frecuencia cardíaca en el ejercicio

Inicialmente se registra una etapa de adaptación con *aumento gradual y sostenido* y de duración variable según la potencia del ejercicio y el nivel de entrenamiento. A esa primera etapa sigue otra de *estabilización* indicativa de la condición de “estado estacionario”, en la que la fc permanece constante, salvo pequeñas oscilaciones, siempre que no se modifique la potencia del esfuerzo y que se trate de un ejercicio de corta duración. Al acabar el ejercicio y durante la etapa de recuperación, la fc *disminuye progresivamente* hasta llegar nuevamente a

los valores de reposo, primero de forma rápida y brusca (fase de *recuperación rápida*), luego de forma más lenta y paulatina (fase de *recuperación lenta*). El tiempo preciso para alcanzar las cifras de reposo varía según la intensidad y duración del ejercicio. (Barbany, 2006:81)

2.2.8 Frecuencia cardiaca post ejercicio

Las velocidades de recuperación varían de un individuo a otro y dependen del nivel de entrenamiento de resistencia. La pendiente de la disminución de la frecuencia cardiaca post ejercicio es la misma, cualquiera que sea el nivel de entrenamiento, la diferencia reside en el hecho de que para una misma potencia absoluta de ejercicio, el deportista entrenado tiene una frecuencia cardiaca inferior a la del no entrenado, por lo tanto, recupera más rápidamente un valor de 100 lat/ min. (Barbany, 2006:82).

2.2.9 Frecuencia cardiaca y ejercicios intermitentes

Si el ejercicio es discontinuo (mediante “interval training”, entrenamiento que se desarrolla por la alternancia de intensidades altas y bajas), la disminución de la frecuencia depende de la condición física del sujeto. De la relación entre la duración de las repeticiones a altas y bajas intensidades dependerá de la evolución de la frecuencia cardíaca. (Barbany, 2006:84).

2.2.10 Estimación de la aptitud física por medio de la frecuencia cardiaca

La frecuencia cardíaca es fácilmente valorable por palpación, por técnicas electrocardiográficas o utilizando pulsómetros; para estimar la aptitud física aerobia y el seguimiento del nivel de entrenamiento, se utilizan procedimientos de medida de la frecuencia, durante la ejecución de un determinado trabajo físico y en el periodo de recuperación. La valoración de la frecuencia cardíaca durante la fase de recuperación posterior a un esfuerzo adecuadamente protocolarizado, es un procedimiento clásico que merecería una cierta reutilización en aplicación a colectivos numerosos, la recuperación es tanto más rápida y eficaz cuanto mayor sea la aptitud física del deportista o su nivel de entrenamiento, una recuperación lenta de la frecuencia cardiaca de reposo es indicativa de entrenamiento insuficiente, inadecuado o de sobreentrenamiento. (Barbany, 2006:85).

3 Metodología

3.1 Alcance

La presente investigación fue de alcance explicativo, pues el problema de investigación pretende revelar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, según la clasificación de Hernández et al. (2006). Hasta la fecha de la ejecución de este proyecto sobre el Rugby subacuático, las variables han sido abordadas muy poco en la literatura académica, se han realizado estudios donde han utilizados las variables propuestas (VO_2 máx e índices de recuperación) en otras modalidades deportivas ajenas a las actividades subacuáticas, y

diferentes métodos para el desarrollo del máximo consumo de oxígeno (continuos e interválicos cortos).

3.2 Diseño

Se utilizó un diseño pre-experimental, pues no se contó con un grupo control; la muestra fue seleccionada intencionalmente, donde se realizaron mediciones antes y después (pre-postest) de la aplicación de un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el máximo consumo de oxígeno y el índice de recuperación en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia. Es un proyecto de investigación cuantitativa. El diseño se representa: $1 \quad 0_1 \quad X_1 \quad 0_2$

3.3 Población y muestra

La población estuvo constituida por 19 jugadoras de Rugby subacuático de sexo femenino de la Universidad de Antioquia, que integraran el equipo formativo de Rugby subacuático.

La muestra estuvo conformada por 9 jugadoras de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia con edades promedio de 21 años, con experiencia deportiva promedio de 12 meses, las cuales firmaron un consentimiento informado el cual explico el objetivo de la investigación. (Ver apéndice 1).

3.4 Variables

Tabla 5. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Operacionalización
Plan de entrenamiento EIM (Variable independiente).	Pausas incompletas en función de la intensidad (Zintl, 1991).	14*100/90s 160-170 p/m
Máximo consumo de oxígeno VO ₂ máx.	Indica la cantidad de oxígeno que se consume por unidad de tiempo. (López, 2006).	VO ₂ (ml/kg/min)= 5.857 * velocidad (k/h) – 19.458 (García, 1996).
Índices de recuperación 1, 3 y 5 minutos	La FC aumenta para satisfacer las demandas energéticas, vuelve lentamente a su ritmo de reposo (Wilmore & Costill, 2004).	IRC = (fc máx – fc (x))/ (fc máx – fcrp) * 100 (Calderón, 2001).

3.4.1 Variable independiente

El plan de entrenamiento de resistencia fue estructurado con base en el Método Interválico Extensivo Medio planteado por Navarro. (Ver apéndice 2)

3.4.1.1 Plan de entrenamiento

El plan de entrenamiento se desarrolló en la piscina olímpica de la Universidad de Antioquia, con espacio disponible de 6 a 7 de la noche los días lunes, miércoles y viernes con tres carriles para la ejecución de las sesiones pues el espacio restante fue utilizado por los deportistas de natación. Para mayor control de los metros nadados por los sujetos se realizó una estandarización de las 10 sesiones desarrolladas de la siguiente manera (ver apéndice 3), el calentamiento fue 200 metros en libre completo sin aletas, 200 metros en libre con aletas, la serie principal fue ejecutada con equipo básico de buceo (aletas, carrea y snorkel), la parte final conformada por la vuelta a la calma o afloje se realizó sin equipo, 200 metros en pecho y libre suave. Después de esto el entrenador procedía a realizar ejercicios de apnea y 30 minutos de juego continuo.

La parte principal de la intervención se llevó a cabo en tres grupos conformados por tres personas cada uno, los grupos salían con una diferencia de 10" el uno del otro, esto debido al espacio asignado lo que obligó a realizar rotaciones entre los deportistas para evitar posibles interrupciones, los tiempos de ejecución en promedio de 1'30", y una recuperación de 90", lo que permitía llevar un adecuado control de la frecuencia cardíaca gracias a la utilización de pulsómetros marca Polar FS3C, que indicaron las pulsaciones por minutos en la que estuvieron trabajando las deportistas, se registraron los valores mediante planillas con el nombre de cada sujeto (ver apéndice 4), un auxiliar de investigación era el encargado de registrar las pulsaciones de cada sujeto después de las repeticiones, se realizaba en el periodo de recuperación con el fin de orientar a los sujetos para que se mantuvieran en los rangos establecidos por el método. En total se realizaron 20 kilómetros en las 10 sesiones ejecutadas, con 1.4 km por sesión de la aplicación del estímulo un total de 14 kilómetros en las cuatro semanas, un tiempo por sesión de ejecución 1'30"+ 90" de recuperación = 3' x 14 repeticiones = 42 minutos, para 420 minutos de estímulo en las diez sesiones.

3.4.2 Variables dependientes

3.4.2.1 Máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx)

Test de Léger

Las evaluaciones (pretest y postest) se realizaron en las placas deportivas de la Universidad de Antioquia ubicadas debajo del viaducto del metro de Medellín, en horas de la tarde 6 p.m., las mediciones de la zona de evaluación se efectuaron con una cinta métrica de 50 metros marca uyustools y se delimitaron las líneas gracias a la utilización de conos, la grabación fue reproducida en un computador marca Apple (macbook) y el sonido amplificado por parlantes sin embargo no fue lo suficientemente fuerte, lo que hizo necesario reproducirlo por un

asistente familiarizado con el test con la utilización de un silbato, los pailer's se registraron en una planilla (ver apéndice 5), antes de la evaluación de máximo consumo de oxígeno se registró la frecuencia cardiaca de reposo, se realizó el calentamiento compuesto por 5 minutos de movimiento articular, 5 minutos de estiramiento pasivo y 5 de familiarización con el terreno, en la ejecución del test se motivó verbalmente a los sujetos para que la ejecución fuera máxima, se daba por terminada la evaluación cuando el sujeto se retirara voluntariamente o no alcanzara a realizar el recorrido en tres ocasiones consecutivas .

El VO_2 máx, se calculó a partir de la velocidad de carrera, (ver tabla 6), que alcanzó el sujeto en el último palier que fue capaz de soportar, aplicando la ecuación propuesta por García et al. (1996), VO_2 (ml/kg)min) = 5.857 x velocidad (k/h) – 19.458.

Tabla 6. Programa de cargas del test progresivo Course Navette de carrera de ida y vuelta sobre 20 metros (L.Léger)

Etapas	Velocidad (Km/h).	Tiempo Acumulado(min)	Tiempo por cada 20m. (entre sonidos)(seg)	Cantidad de sonidos	Distancia Acumulada (m)
1	8.5	1	8.47	7	140
2	9.0	2	8.00	7	280
3	9.5	3	7.58	8	440
4	10.0	4	7.20	8	600
5	10.5	5	6.86	8	760
6	11.0	6	6.54	9	940
7	11.5	7	6.26	9	1120
8	12.0	8	6.00	10	1320
9	12.5	9	5.76	10	1520
10	13.0	10	5.54	11	1740
11	13.5	11	5.33	11	1960
12	14.0	12	5.14	11	2180
13	14.5	13	4.96	12	2420
14	15.0	14	4.80	12	2660
15	15.5	15	4.64	13	2920
16	16.0	16	4.50	13	3180
17	16.5	17	4.36	14	3460
18	17.0	18	4.23	14	3740
19	17.5	19	4.11	14	4020
20	18.0	20	4.00	15	4320

Fuente: (Alba, 2005:44)

3.4.2.2 Índice de recuperación

Previo a los registros de la frecuencia cardiaca, los sujetos recibieron instrucciones por parte del investigador para el correcto uso de los monitores de frecuencia cardíaca compuestos por un monitor y un receptor marca polar FS3C, se explicó qué son, cuál es la función, cómo se ubica, en que parte, cómo se inicia el receptor, cómo se lee y cuál es el significado de las variaciones que arrojaba el receptor en las diferentes fases de medición de la frecuencia cardíaca, con el fin de controlar los datos y evitar irregularidades al final de las evaluaciones.

La toma de la frecuencia cardiaca de reposo (pretest y postest) se realizó en las placas debajo del viaducto del Metro de Medellín antes de la ejecución del test de Léger, los sujetos se acostaron en el suelo en posición supino con el respectivo monitor de frecuencia cardíaca que indicaba el descenso de la misma, esto se realizó durante 10 minutos y se registraban temporalmente los descenso, se contó con la colaboración de 5 asistentes de evaluación que estuvieron pendientes de las variaciones de las frecuencias cardiacas de los sujetos y procedían a reportar el dato en las planillas elaboradas (ver apéndice 5), al final se escogió el dato más bajo.

Al momento de la evaluación que se efectuó con grupos de tres sujetos, el registro de la frecuencia cardiaca se realizó cada dos palier's completos con el fin de obtener la frecuencia cardiaca máxima, algunos de los asistentes de evaluación que colaboraron con la toma de datos de la frecuencia cardiaca en reposo realizaron reportes de la frecuencia en el transcurso del test y después de este en la tomas de la frecuencia para los índices de recuperación al minuto 1, minuto 3 y minuto 5, para esto se contó con cronómetros para cada asistente, se ejecutó los mismos parámetros para cada grupo hasta concluir el test.

La evaluación finalizaba cuando los sujetos se retiraron voluntariamente y cuando no llegaran en tres veces consecutivas a las líneas (20metros) establecidas por la grabación, se procedía al registro del palier's en que llegaron cada una y a la toma de la frecuencia cardiaca al 1, 3 y a los 5 minutos.

3.4.3 Variables intervinientes

Motivación: factor que fue fundamental para la investigación favoreciendo la asistencia para las sesiones de entrenamiento y la ejecución de las series estructuradas, en las diez sesiones los sujetos se notaron comprometidos con el proceso que se estaba realizando pues, el entrenador tuvo en cuenta los sujetos que participaron en las intervenciones para constituir el equipo representativo que compitió en el torneo nacional de Rugby subacuático categoría elite que se realizó la primera semana del mes de noviembre de 2013 en la ciudad de Cali, Valle.

Descanso: las sesiones se realizaron buscando una compensación completa para el organismo, sin embargo no fue posible registrar las actividades realizadas los días de recuperación debido a que el entrenador planeo y realizó diferentes actividades con ellos.

Alimentación: aunque no fue determinante en esta investigación se trató de dar algunas recomendaciones para evitar posibles interrupciones en la ejecución de los ejercicios.

3.5 Procedimiento de la investigación

Se utilizaron distancias de 100 metros (14x100/90") 1.400 metro por sesión (1.4km), 14.000 metros en total (14 km), 140 repeticiones en la piscina olímpica de la Universidad de Antioquia, con una duración de 42 minutos por sesión y una duración total de 420 minutos, 7 horas. Las intensidades establecidas por el método fueron con base en la frecuencia cardiaca, para mayor exactitud, se crearon intensidades apoyadas en la frecuencia cardiaca y en la fórmula de Karvonen ($FC_1 = FC_r + 1/100 (FC_m - FC_r)$), la cual consiste en el cálculo de las pulsaciones a un porcentaje de carga de trabajo determino, esto se realizó de manera individual para los nueve sujetos que trabajaron en promedio al 75-85% de la frecuencia cardiaca máxima.

La fecha de inicio fue la primera semana de septiembre de 2013, el día 9 de septiembre de 2013 se realizó el pretest con el test de Léger, después se procedió a efectuar un plan de entrenamiento que tuvo una duración total de 4 semanas, en las que se efectuaron 10 sesiones de entrenamiento, divididas así: los días lunes, miércoles y viernes aplicación del estímulo de entrenamiento y los días martes, jueves, sábado y domingo las deportistas descansaron.

El estudio terminó la segunda semana del mes de Octubre de 2013 en la que se realizó el postest con el test de Léger, el día lunes 7 de octubre se evaluó el primer grupo de deportistas que terminaron el plan en el tiempo estimado y con las sesiones completas, el día 9 de octubre se evaluó el segundo grupo al cual se le compensaron dos sesiones que debían con relación al primer grupo.

3.6 Análisis estadístico

Las mediciones se pasaron al programa SPSS PASW Statistics Editor de Datos (Versión 18.0) se ingresaron los datos de las evaluaciones del máximo consumo de oxígeno y el índice de recuperación en pretest y postest, se utilizaron estadísticos descriptivos (media, desviación típica, máximo y mínimo), para analizar los porcentajes de mejora entre el pretest y el postest, los niveles de significancia se manejaron con los estadísticos de contraste de Wilcoxon, prueba no paramétrica para muestras relacionadas para determinar si los cambios fueron significativos entre el pretest y el postest, el nivel de significancia establecido fue el de ($p < 0,05$).

3.7 Hipótesis

Nula

H₀1. Un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio, no tiene efectos estadísticamente significativos sobre el máximo consumo de oxígeno en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia.

H₀2. Un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio, no tiene efectos estadísticamente significativos sobre el índice de recuperación en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia.

Alternativa

H₁1. Un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio, tiene efectos estadísticamente significativos sobre el máximo consumo de oxígeno en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia.

H₁2. Un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio, tiene efectos estadísticamente significativos sobre el índice de recuperación en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia.

4 Resultados

Los resultados estadísticos descriptivos de los nueve sujetos que participaron en la investigación se presentan en la tabla 7, donde se observan los valores del máximo consumo de oxígeno del pretest con un promedio de 44,3 ml/kg/min y una desviación típica de 5,4 lo que sugiere que los datos están agrupados cerca de la media, los valores mínimos son de 36,20 ml/kg/min y el máximo de 53,80 ml/kg/min, en posttest arrojo un promedio de 46,2 ml/kg/min, con una desviación típica de 5,5 que indica que los sujetos se mantuvieron muy homogéneos.

Los estadísticos de contraste de Wilcoxon para la variable del máximo consumo de oxígeno en pretest y posttest se explican en la tabla 8, se observa que se presentaron mejoras equivalentes al 4,3% en los sujetos que participaron en la intervención, cambios estadísticamente significativos entre las dos evaluaciones antes del plan de entrenamiento y después de la aplicación del mismo tomando el nivel de significancia $p > 0,05$ donde el nivel de significancia obtenido fue de 0,024.

Aunque las mejoras ocurrieron en seis de los nueve sujetos (tabla 7), correspondiente a 3 unidades (ml/kg/min) lo que equivale al 7% de mejora, los otros tres sujetos se lograron mantener con los niveles obtenidos en el pretest es posible que el test en tierra para un deporte de subacuático haya influido en los resultados del posttest de estos sujetos. No se presentaron disminuciones en esta variable.

Tabla 7. Valores del máximo consumo de oxígeno para cada sujeto

Sujeto	Pretest	Postest
1	42,0	45,0
2	42,0	42,0
3	<u>36,2</u>	<u>39,1</u>
4	<u>53,8</u>	<u>56,7</u>
5	42,0	45,0
6	50,8	50,8
7	47,9	50,8
8	42,0	42,0
9	42,0	45,0

Tabla 8. Estadísticos descriptivos y de contraste de Wilcoxon del máximo consumo de oxígeno

VO ₂ máx	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Pretest	9	44,30	5,45	36,20	53,80
Postest		46,27	5,51	39,10	56,70
Significancia				VO ₂ máx. Pretest- Postest	
				0,024	

Nota. N: número de sujetos. Significancia $p < 0,05$.

Los estadísticos descriptivos que se muestran en la tabla 9, exponen los índices de recuperación al minuto en el pretest en promedio 26,89% y en postest de 29,33% considerado buena la recuperación al minuto con un promedio de mejora del 8,3%, al minuto 3 se obtuvo un promedio de 50,89% en pretest y el postest de 52,33% considerado una recuperación regular aunque se obtuvo un promedio de mejora del 2,7% y al minuto 5 un promedio de 61,44% en pretest considerado una recuperación regular y el postest de 57,67% considerado una recuperación mala y un promedio de reducción (desmejora) 6,5% con relación al inicio, las desviaciones típicas indican que en el pretest el grupo fue homogéneo y logro volverse muy homogéneo en el postest.

Aunque en el Rugby subacuático la recuperación adquiere más importancia al primer minuto pues las jugadas están limitadas por la apnea de cada jugador y la recuperación para intervenir varias veces antes de relevarse.

Los estadísticos de contraste de los índices de recuperación se observan en la tabla 9, se puede analizar que aunque este plan de entrenamiento genero cambios no son estadísticamente significativos (0,362, 0,594 y 1,000) tomando el nivel de significancia en $p > 0,05$.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos y de contraste de Wilcoxon del índice de recuperación a los minutos 1, 3 y 5

Índice de recuperación	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Significancia	
1'	Pretest	26,89	13,75	7	57	,362
	Posttest	29,33	8,45	21	47	
3'	Pretest	50,89	14,32	31	73	,594
	Posttest	52,33	5,33	45	62	
5'	Pretest	61,44	18,29	40	104	1,000
	Posttest	57,67	6,52	49	70	

Nota. Significancia $p < 0,05$.

5 Discusión

Con esta investigación se pretende dar a conocer a la comunidad deportiva y académica, información sobre dos variables de las cuales no se encontró literatura científica sobre esta modalidad deportiva; analizar los efectos de este plan de entrenamiento sobre el máximo consumo de oxígeno y los índices de recuperación, las implicaciones que trajo este para el deporte y los deportistas, un enfoque práctico sobre este deporte.

5.1 Consumo máximo de oxígeno

Esta área funcional tiene gran importancia en este deporte debido a que las acciones de juego se realizan en hipoxia, aunque no se encontraron valores específicos en el Rugby subacuático o en otras modalidades que pertenezcan a las actividades subacuáticas, se hallaron valores en natación y waterpolo que si bien no son deportes similares si se puede realizar un comparación cuantitativa de los valores encontrados en estos deportes, Neumann citado por Platonov

(2001) establece que para waterpolo los niveles de VO_2 máx de las mujeres deben estar entre 48-52 ml/kg/min, el promedio del postest fue de 46,27 ml/kg/min valor que puede ser considerado como aceptable para deportistas que llevan en promedio 12 meses de estar entrenado Rugby subacuático de carácter formativo a nivel Universitario.

Se encontraron cambios estadísticamente significativos en esta área funcional, lo que indica que la distribución de 3 sesiones semanales, durante 4 semanas, con una duración de 42 minutos y una intensidad de 160-170 pulsaciones por minuto entre 75-85% de la frecuencia cardiaca máxima equivalente al 60-65 % del consumo de oxígeno, fueron las adecuadas para este tipo de población y bajo las condiciones en las que se realizaron las sesiones.

Muchas eran las inquietudes a la hora de escoger el método en el cual se iba a basar la investigación, en el sentido en que comúnmente se utilizan métodos continuos para el aumento o desarrollo del VO_2 máx, sin embargo como reto académico se decidió plantear un método interválico para satisfacer curiosidades profesionales, en las revisiones literarias y de artículos de investigación se encontraron que diferentes autores Smith et al. (1999) y Hopkins et al. (1999), utilizaron los métodos interválicos con el objetivo de aumentar los niveles del VO_2 máx encontraron cambios estadísticamente significativos en las modalidades deportivas que fueron aplicados.

Las evaluaciones para esta área funcional se debieron realizar en el medio acuático, pues muchas de los sujetos no estaban acostumbrados a correr como lo plantea el test de Léger afortunadamente se desarrollaron sin inconvenientes.

Las sesiones de entrenamiento generaron un impacto psicológico positivo que se reflejó en seguridad, comodidad y confianza manifestada en los juegos desarrollados por el entrenador, además del torneo en el que compitieron en la ciudad de Cali, esta variable se registró por la percepción del investigador, debido a que no estaba considerado como variable interviniente.

5.2 Índices de recuperación

Es un factor fundamental para esta modalidad deportiva que depende de la rápida recuperación cardiaca de los deportistas para la continuidad en el juego, aunque no se encontraron investigaciones específicas para el Rugby subacuático, algunos autores realizaron investigaciones en otras modalidades deportivas (Calderón et al. 2000; Benito et al. 2005) coinciden en que la frecuencia cardiaca es un parámetro básico y necesario para el control de las sesiones de entrenamiento y fundamental en deportes de metabolismos mixtos o intermitentes.

En el desarrollo del juego es importante el índice de recuperación al minuto 1 más que en el minuto 3 y 5, debido a la duración de las intervenciones en el juego de 20 a 45 segundos y del juego como tal de 2 tiempos de 15 minutos; los deportistas que se recuperan más rápido de cierta manera adquieren conciencia sobre el juego, es decir, piensan en el relevo que está ejecutando la posición que debe salir a respirar y a recuperarse, logran pensar y establecer cuál es el momento ideal para ingresar a una jugada y que acciones va a ejecutar debajo del agua pues este deporte se desenvuelve debajo y no en la superficie respirando.

Aunque este plan de entrenamiento no logro mejoras estadísticamente significativas, quizás por la duración de la totalidad de los estímulos, la intensidad y la densidad se lograron leves aumentos al minuto 1 y 3 en varios sujetos de la muestra.

6 Conclusiones

El análisis de los datos arrojados en las pruebas realizadas del máximo consumo de oxígeno e índices de recuperación se recolectaron por medio de análisis estadísticos los cuales han permitido realizar una analogía entre las hipótesis planteadas con el fin de aceptarlas o rechazarlas, se obtiene que este plan de entrenamiento basado en el Método Interválico Extensivo Medio generó cambios estadísticamente significativos por lo tanto se rechaza la hipótesis nula 1. Además, este plan de entrenamiento basado en el Método Interválico Extensivo Medio no generó cambios estadísticos significativos por lo tanto se acepta la hipótesis nula 2.

7 Recomendaciones

La presente investigación fue respaldada por una amplia búsqueda de registros investigativos en otras áreas y deportes, porque es limitada o casi nula la información sobre los deportes subacuáticos, en especial de esta modalidad deportiva, libros encontrados de natación con aletas en otros idiomas como el italiano dan cuenta que se está iniciando una ruta hacia la expansión de estos deportes.

Se recomienda un mayor control en aspectos como; la frecuencia cardiaca por 50 metros con el fin de controlar los rangos en los cuales se deben ejecutar las repeticiones, la recuperación de la frecuencia cardiaca entre repeticiones con el fin de establecer las ondulaciones que esta presenta a medida que avanzan las sesiones, control individual de los tiempos de ejecución para realizar un análisis de la mejora del VO_2 máx para determinar si está influenciado por una mejora en el tiempo de ejecución de las repeticiones, la técnica de natación del estilo libre es muy importante pues determina el gasto cardiaco.

Se sugiere realizar esta investigación con una muestra mayor (cantidad de datos) con el fin de confirmar los resultados obtenidos en las variables postuladas, además de realizar las evaluaciones de pretest y postest con pruebas confiables y verídicas aplicadas en el medio acuático, evaluar otras variables que adquieren importancia en este deporte como lo es la apnea estática y dinámica, además de aumentar la duración total del plan de entrenamiento o de sesiones, para analizar si se generan cambios estadísticamente significativos en los índices de recuperación.

Se invita a futuros investigadores de las actividades subacuáticas en especial del Rugby subacuático a tener dentro de los antecedentes esta investigación con una duración de cuatro semanas y una frecuencia de tres veces por semana, la cual dio luces sobre los posibles métodos aplicados para el desarrollo del máximo consumo de oxígeno, y que generó mejoras estadísticamente significativas.

Referencias

- Alba A (2005). *Test funcionales cineantropometría y preinscripción de entrenamiento en el deporte y la actividad física*, 2ª Ed. Armenia, Colombia: Kinesis.
- Barbany JR (2006). *Fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento*, 2ª Ed. Baladona, España: Paidotribo.
- Benito P, Calderón F, García A, Peinado A (2005). Validez, fiabilidad y reproducibilidad de un test incremental en rampa en personas físicamente activas. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 1(1), 46-63.
- Billat V (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Calderón F, González C, Machota V (1999). Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: aeróbico, umbral y anaeróbico. *Apunts Educación Física y Deporte*, 55, 14-19.
- Calderón F, Cruz E, Montoya J (2000). Estudio comparado de la recuperación de la frecuencia cardiaca en deportistas de fondo: triatletas, atletas, ciclistas y nadadores. Área de fisiología del ejercicio- Rendimiento Deportivo 261. *I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte*.
- Castro WA (2008). *Entrenamiento de alto rendimiento en natación carreras, club huracanes liga de natación de Antioquia* (Tesis de grado). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Contreras LE (sf). *Sistemas de aporte de energía*. Medellín, Colombia: El Autor.
- Clemente J (2010). *Efectos de la distribución y secuencia en la organización de distintas tareas de entrenamiento para la mejora de la resistencia aeróbica* (Tesis doctoral). España: Universidad de Castilla - La Mancha.
- Docherty D, Wenger H, Collins ML (1987). The effect of resistance training on aerobic and anaerobic power of young boys. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 19(4), 389-92.
- EUROFIT (2009). *Batería de tests para la valoración de la condición física. Test de Léger*. Consultada en: <http://www.cpraviles.com/materiales/jjEducaFis/aplicaciones/tic/fitcalculadora/protocolosEUROFIT.pdf>.

- García JM, Navarro M, Ruiz J (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz, evaluación de la condición física*. Madrid, España: Gymnos.
- Hernández R, Fernández C, Baptista L (2006). *Metodología de la investigación, 4ª Ed.* Iztapalapa, México: Mc Graw-Hill.
- Hohman A, Lames M, Letzeier M (2005). *Introducción a la ciencia del entrenamiento*. Baladona, España: Paidotribo.
- Hutter B, Schewe H, Heipertz W (2006). *Fisiología y teoría del entrenamiento*. Baladona, España: Paidotribo.
- Iaia M, Hellsten Y, Nielsen JJ, Fernstrom M, Sahlin K, Bangsbo J (2009). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *Journal of Applied Physiology*, 106, 73-80.
- Léger L, Mercier D, Gadoury C (1988). The multistage 20 meter run shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6, 93-101.
- López J, Fernández A (2006). *Fisiología del ejercicio*, 3ª Ed. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
- Martínez E (2002). *Pruebas de aptitud física*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Nacleiro F (2011). *Entrenamiento deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Madrid, España: Médica Panamericana.
- Navarro F (1998). *La resistencia*. Madrid, España: Gymnos.
- Neumann G (1988). *Special performance capacity. The olympic book of sports medicine*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Platonov VN (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Platonov V, Bulatova M (2001). *La preparación física, 4ª Ed.* Baladona, España: Paidotribo.
- Pshennikova MG (1986). *Adaptación a las cargas físicas. Fisiología de los procesos de adaptación*. Moscú: Nauka.
- Ries V, Van den Tillaar R, Marques M (2011). Higher Precision of Heart Rate Compared with VO₂ to Predict Exercise Intensity in Endurance-Trained Runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 164-8.
- Rowland TW, Varzeas MR, Walsh A (1991). Aerobic responses to walking training in sedentary adolescents. *Journal of Adolescents Health*, 12 (1), 30-4.

- Sarmiento S, García JM, Martín JM, Medina G, Calderón F, Rodríguez D (2009). Análisis tiempo-frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) durante la aplicación de un esfuerzo incremental en ciclistas. *Vector Plus: Miscelánea Científico-Cultural*, 33, 71-82.
- Shephard RJ, Åstrand O (2000). *La resistencia en el deporte*, 2ª Ed. Barcelona, España: Paidotribo.
- Smith T, McNaughton L, Marshall K (1999). Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO₂max and performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(6), 892-6.
- Weineck J (2005). *Entrenamiento total*. España: Paidotribo.
- Wilmore J, Costill D (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*, 5ª Ed. Barcelona, España: Paidotribo.
- Zaldívar IR (sf). *Natación, entrenamiento y competición. Relación entre los tiempos de las diferentes distancias, estrategias de ritmos de nado para la competición, intensidades de trabajo para las diferentes distancias y área funcionales*. Documento inédito.
- Zintl F (1991). *Entrenamiento de la resistencia, fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento*. España: Martínez Roca SA.

Anexos

Anexo 1. Consentimiento Informado jugadores de Rugby subacuático Universidad de Antioquia.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN FÍSICA

Consentimiento informado para participantes de investigación

El objetivo del estudio es analizar el efecto de un plan de entrenamiento de cuatro semanas basado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el máximo consumo de oxígeno y el índice de recuperación en los jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia.

Si usted accede a participar en este estudio debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

La presente investigación es de corte cuantitativo y se utilizará un diseño pre-experimental, la muestra será seleccionada intencionalmente, donde se harán mediciones antes y después (pre-postest) de la aplicación de un plan de entrenamiento.

Las mediciones se realizarán con la aplicación de un test de campo (test de Léger o course-Navette) que consiste en una carrera progresiva de ida y vuelta en una distancia de 20 metros siguiendo una grabación que indicará los minutos y las velocidades de carrera, al finalizar el test se procederá a registrar los índices de recuperación al minuto 1, 3 y 5.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Los datos registrados en las evaluaciones serán codificados y por lo tanto, serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma.

Agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación y he sido informado (a) del objetivo de este estudio.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido.

Investigador: Sandra Milena Delgado Ospina

Asesor: Juan Osvaldo Jiménez

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

Anexo 2. Cronograma de intervención

MES	SEPTIEMBRE						OCTUBRE							
Semanas	1	2		3		4		5		6		7		
Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
	V	W	V	L	W	V	L	W	V	L	W	V	L	W
	6	11	13	16	18	20	23	25	27	30	2	4	7	9
Pre-test	x													
Volumen km	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	
Volumen total km	14													
Tiempo interv-min	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
Tiempo total min	420													
Parámetros control fc%	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	160-170	
Pos-test											x			x
Compensación sesiones												x	x	

Nota. Sem: Semana; volumen km: volumen en kilómetros; tiempo interv-min: tiempo de intervención en minutos; parámetros control fc%: parámetros de control % de la frecuencia cardiaca.

Anexo 3. Ejercicios desarrollados para la capacidad de VO₂ máx y el índice de recuperación basado en el método interválico extensivo medio

SEPTIEMBRE				
V/6	W/11	V/13	L/16	W/18
Pretest	14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec
1.400 metros (1.4 km) por sesión, 5.600 metros (5.6km) y 56 repeticiones para este microciclo.				
SEPTIEMBRE				
V/20	L/23	W/25	V/27	L/30
14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec
1.400 metros (1.4 km) por sesión, 7.000 metros (7 km) y 70 repeticiones para este microciclo				
OCTUBRE				
W/2	V/4	L/7	W/9	
14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec	14rep*100mts/90"rec	Postest segundo grupo (6 sujetos)	
1.400 metros (1.4 km) y 14 repeticiones por sesión. Los días 4/7 fueron sesiones compensatorias		Postest primer grupo (3 sujetos)		
Finaliza primer grupo (3 sujetos)	Compensación de sesiones	Postest primer grupo (3 sujetos)		

Nota. V:viernes, W: miércoles, L: lunes, rep: repeticiones, mts: metros, rec: recuperación

Anexo 4. Planilla para el control de la frecuencia cardiaca

SESIÓN 1.

Nº	Nombres	Apellidos	Asistencia	14x100/90" 160-170 <u>fc</u>													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	

Anexo 5. Planilla evaluación test de Léger, y frecuencia cardiaca de reposo, máxima e índices de recuperación

Nº	Nombres	Apellidos	Frecuencia cardiaca reposo (pm)	Palier	Frecuencia cardiaca máxima (pm)	Frecuencia cardiaca de recuperación (fc)		
						1'	3'	5'

Anexo 6. Planilla de control de asistencia de las 10 sesiones (4 semanas de intervención)

INTERVENCIÓN												
Nº	Nombres	Apellidos	14x100/90" 160-170 FC									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												