



UNIVERSIDAD CATÓLICA SILVA HENRÍQUEZ
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**CASO ESTUDIO DEL ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA
CARDIACA DE RESERVA EN ESTUDIANTES
SEDENTARIOS SOMETIDOS A OCHO SESIONES DEL
PROTOCOLO DEEP WATER RUNNING MODIFICADO
VERSUS SU HOMÓLOGO EN TIERRA.**

SEMINARIO DE TÍTULO PARA OPTAR AL
GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA

MARIELA INÉS ACUÑA FUENZALIDA
FABIOLA FRANCISCA NAVARRETE TAPIA

PROFESOR GUÍA: KLGA. LIC. BEATRÍZ ROMINA
ISLER MUÑOZ.

POSTÍTULO TERAPIA FÍSICA, MENCIÓN
REHABILITACIÓN BASE COMUNITARIA

Santiago, Chile

2017

Autorización para la reproducción de la tesis

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

FECHA _____

FIRMA

DIRECCIÓN

TELEFONO / E- MAIL



UNIVERSIDAD CATÓLICA SILVA HENRÍQUEZ
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**CASO ESTUDIO DEL ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA
CARDIACA DE RESERVA EN ESTUDIANTES
SEDENTARIOS SOMETIDOS A OCHO SESIONES DEL
PROTOCOLO DEEP WATER RUNNING MODIFICADO
VERSUS SU HOMÓLOGO EN TIERRA.**

SEMINARIO DE TÍTULO PARA OPTAR AL
GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA

MARIELA INÉS ACUÑA FUENZALIDA
FABIOLA FRANCISCA NAVARRETE TAPIA

| | Nota | Firma |
|--|-------------|--------------|
| Profesor Guía: Klga. Beatriz Isler. | _____ | _____ |
| Profesor Evaluador 1: Daniela Herrera. | _____ | _____ |
| Profesor Evaluador 2: Mónica Maldonado. | _____ | _____ |

Santiago, Chile

Julio, 2017

*A nuestros padres y familiares
que con su infinito apoyo
nos han acompañado en este
largo proceso.*

**Mariela Acuña Fuenzalida
Fabiola Navarrete Tapia**

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecemos a la Universidad Católica Silva Henríquez por haber aceptado ser parte de ella y entregarnos las herramientas necesarias para poder estudiar esta hermosa carrera, así como también a nuestros docentes que con su infinita paciencia, entrega y vocación nos brindaron sus conocimientos y su apoyo para lograr superarnos día a día.

Agradecemos también de todo corazón a nuestros padres, abuelos, abuelas, hermanos y hermanas quienes nos siguieron paso a paso desde el comienzo de este camino y nunca perdieron la confianza en nosotras a pesar de las adversidades que se fueron presentando, en especial a nuestras mamás quienes nos enseñaron que con esfuerzo, trabajo y constancia se logran los sueños. Gracias familia por confiar en nosotras, por el apoyo, la paciencia y sobre todo por el amor que nos entregan cada día y que nos ayuda a seguir adelante.

De igual manera, agradecemos infinitamente a nuestra profesora guía Beatriz Isler Muñoz por aceptar ser parte de nuestro proyecto, por la dedicación, tiempo y paciencia que ha puesto en nosotras, por entregarnos sus conocimientos y enseñarnos a preparar nuestra tesis de la mejor manera y con la mejor disposición.

A nuestros compañeros y amigos con los que compartimos hermosas experiencias que llevaremos en nuestros corazones y recordaremos con mucho amor cuando este proceso haya culminado, que esperamos sea de la mejor manera, gracias por estar ahí regalándonos sonrisas y palabras de apoyo que siempre nos levantaban el ánimo y nos ayudaban a seguir.

Agradecemos también a los alumnos que se ofrecieron como voluntarios para participar y ser sujetos de estudio de nuestro proyecto, gracias por su buena voluntad y disposición.

En general, gracias a todos los que fueron partícipes de este proceso, sin ustedes el camino se habría hecho mucho más difícil.

Mariela Acuña Fuenzalida.

Fabiola Navarrete Tapia.

TABLA DE CONTENIDOS

| | Páginas |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS GRÁFICOS Y ANEXOS. | ix |
| LISTA DE ABREVIATURAS. | xi |
| RESUMEN. | xii |
| ABSTRACT. | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | |
| MARCO TEÓRICO | 3 |
| 1.1 Sedentarismo | 3 |
| 1.1.1 Definición de sedentarismo y su relación con la salud. | 3 |
| 1.1.2 Epidemiología del sedentarismo en Chile. | 4 |
| 1.1.3 Causas del sedentarismo en Chile. | 6 |
| 1.1.4 Sedentarismo como factor de riesgo cardiovascular. | 7 |
| 1.2 Frecuencia Cardíaca de Entrenamiento | 9 |
| 1.2.1 Control autonómico de la Frecuencia Cardíaca Máxima de Reposo durante el ejercicio físico. | 9 |
| 1.2.2 Control endocrino de la Frecuencia Cardíaca de Reserva. | 12 |
| 1.2.3 Efectos del ejercicio aeróbico y anaeróbico en la Frecuencia Cardíaca de Reserva. | 14 |
| 1.2.4 Test de Esfuerzo y la medición de la intensidad del ejercicio físico. | 19 |
| 1.2.4.1 Test de Naveta como prueba de esfuerzo. | 20 |
| 1.2.4.2 Escala de Borg Original como control de intensidad del esfuerzo al ejercicio físico. | 22 |
| 1.3 Principios Físicos del Agua. | 23 |
| 1.3.1 Flotabilidad. | 24 |
| 1.3.2 Presión Hidrostática. | 25 |
| 1.4 Deep Water Running. | 26 |
| 1.4.1 ¿ Qué es el Deep Water Running? | 26 |
| 1.4.2 Fisiología Del Deep Water Running. | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 1.4.3 Biomecánica Del Deep Water Running Original. | 27 |
| 1.4.4 Efectos de la Frecuencia Cardiaca y Hemodinámica. | 29 |
| 1.4.5 Efectos sobre la función respiratoria. | 31 |
| 1.4.6 Deep Water Running Modificado. | 32 |
| 1.4.6.1 Hig-Interval Training (HIT). | 32 |
| 1.5 Diferencias Deep Water Running y su homólogo en tierra. | 34 |
| 1.5.1 Diferencias en la Frecuencia Cardiaca y Hemodinámica. | 35 |
| 1.5.2 Diferencias Biomecánicas. | 36 |
| CAPÍTULO II | |
| MARCO METODOLÓGICO | 37 |
| 2.1 Planteamiento del problema. | 37 |
| 2.2 Pregunta de investigación. | 38 |
| 2.3 Justificación. | 38 |
| 2.4 Variables | 39 |
| 2.4.1 Variables Independientes. | 39 |
| 2.4.2 Variables Dependientes. | 39 |
| 2.4.3 Variable Intervenientes. | 39 |
| 2.5 Objetivos. | 39 |
| 2.5.1 Objetivo General. | 39 |
| 2.5.2 Objetivos Específicos. | 39 |
| 2.6 Metodología | 40 |
| 2.6.1 Materiales. | 40 |
| 2.6.2 Diseño Metodológico. | 40 |
| 2.6.2.1 Tipo de estudio. | 40 |
| 2.6.2.2 Diseño de estudio. | 40 |
| 2.6.2.3 Área de estudio. | 40 |
| 2.6.3 Muestra. | 41 |
| 2.6.4 Protocolos de participación. | 41 |
| 2.6.4.1 Criterios para que los participantes pudieran ser parte del caso. | 41 |
| 2.6.4.2 Criterios por los cuales los participantes no pudieron ser parte del estudio. | 41 |
| 2.6.5 Operacionalización de las variables. | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6.6 Procedimientos. | 43 |
| CAPÍTULO III | |
| RESULTADOS | 44 |
| 3.1 Resumen estadísticas descriptivas de los sujetos. | 44 |
| 3.2 Resultados Descriptivos de las Frecuencias cardiacas antes de la intervención. | 45 |
| 3.3 Frecuencia Cardiacas de reposo, reserva y máxima de todos los sujetos post intervención. | 46 |
| 3.4 Frecuencia cardiaca de reserva después de la intervención. | 46 |
| CAPÍTULO IV | |
| DISCUSIÓN | 47 |
| CONCLUSIÓN | 49 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 50 |
| ANEXOS | 59 |

ÍNDICE DE FIGURAS, TRABLAS, GRÁFICOS Y ANEXOS.

CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

| <u>Figuras</u> | Página |
|---|---------------|
| Figura N° I- 1. Control autonómico de la frecuencia cardiaca de reposo y en ejercicio. | 10 |
| Figura N° I. 2. Representación del terreno a utilizar en el Test de Naveta. | 21 |
| Figura N° I- 3. Efectos de la flotabilidad en la inmersión. | 24 |
| Figura N° I- 4. Representación de la Presión Hidrostática en la inmersión. | 25 |
| Figura N° I- 5. Representación del Deep Water Running. | 26 |
| Figura N° I- 6. Biomecánica del Deep Water Running. | 28 |
| Figura N° I- 7. Efectos Cardiovasculares de la inmersión. | 29 |
| Figura N° 1-8. Efectos respiratorios de la inmersión. | 31 |

Tablas

| | |
|--|-----------|
| Tabla N° I- 1. Categorización del ejercicio en relación a la intensidad y duración. | 14 |
| Tabla N° I- 2. Escala de esfuerzo percibido de Borg. | 23 |

Gráficos

| | |
|---|-----------|
| Gráfico N° I-1. Nivel de sedentarismo en Chile año 2015. | 5 |
| Gráfico N° I- 2. Nivel de sedentarismo según sexo año 2006- 2009- 2012- 2015. | 5 |
| Gráfico N° I- 3. Nivel de sedentarismo según edad año 2012- 2015. | 6 |
| Gráfico N° I- 4. Respuesta Cardiovascular al ejercicio aeróbico de ligero a moderado. | 15 |
| Gráfico N° I-5. Respuesta Cardiovascular del ejercicio en umbral anaeróbico moderado a pesado. | 17 |

| | |
|--|-----------|
| Gráfico N° I-6. Respuesta Cardiovascular en capacidad aeróbica. | 18 |
|--|-----------|

CAPITULO III. RESULTADOS

Tablas

| | |
|---|-----------|
| Tabla N° III-1. Descripción estadística de la muestra. | 44 |
| Tabla N° III-2. Frecuencia cardiaca de reposo, reserva y máxima pre-intervención. | 45 |
| Tabla N° III-3. Frecuencia Cardiaca de reposo y reserva en todos los sujetos post- intervención. | 45 |

Gráficos

| | |
|---|-----------|
| Gráfico N° III-1. Porcentaje de Hombres y Mujeres participantes en caso estudio. | 44 |
| Gráfico N° III-2. Frecuencia Cardiaca después de la intervención. | 46 |
| Gráfico N° III-3. Frecuencia Cardiaca de reserva post- intervención. | 46 |

ANEXOS

| | |
|---|-----------|
| ANEXO N° 1: Consentimiento informado. | 59 |
| ANEXO N° 2: Hoja de registro de evaluación del Test de Naveta pre y post intervención. | 62 |
| ANEXO N° 3: Protocolo de evaluación del Test de Naveta de 20 metros. | 63 |
| ANEXO N° 4: Protocolo de entrenamiento <i>Deep Water Running</i> Modificado y protocolo en tierra. | 64 |
| ANEXO N° 5: Escala de Borg de esfuerzo percibido al entrenamiento. | 64 |

LISTA DE ABREVIATURAS

- **AF** (Actividad Física).
- **ECM** (Enfermedad cardiometabólica).
- **FR** (Factor de riesgo).
- **IMC** (Índice de masa corporal).
- **AHA** (American Heart Association).
- **FC** (Frecuencia cardiaca).
- **FCres** (Frecuencia cardiaca de reserva).
- **FCM** (frecuencia cardiaca máxima).
- **FCR** (Frecuencia cardiaca de reposo).
- **SNA** (Sistema nervioso autónomo).
- **SA** (Sinoauricular).
- **VRC** (Variabilidad ritmo cardiaco).
- **RC** (Ritmo cardiaco).
- **CA** (Catecolamina).
- **A** (Adrenalina).
- **NA** (Noradrenalina).
- **DA** (Dopamina).
- **ACSM N** (Colegio americano de medicina del deporte).
- **GC** (Gasto cardiaco).
- **Q** (Gasto cardiaco).
- **VS** (Volumen sistólico).
- **VO₂máx.** (Volumen máximo de oxígeno).
- **RV** (Retorno venoso).
- **RP** (Resistencia periférica).
- **VM** (Volumen minuto).
- **FCMT** (Frecuencia cardiaca máxima teórica).
- **PE** (Percepción de esfuerzo).
- **DWR** (Deep Water Running).
- **NO** (Oxido Nítrico).
- **PNA** (Péptido Natriurético).
- **HIT** (High Intensity-Interval Training).
- **OMS** (Organización mundial de la Salud).

RESUMEN

La siguiente investigación corresponde a un Caso Estudio de tipo experimental, longitudinal que tiene como **Objetivo** evaluar las diferencias de Frecuencia Cardíaca de Reserva, en estudiantes sedentarios, sometidos a un protocolo Deep Water Running (DWR) modificado, en comparación a su homólogo en tierra. **Metodología**, se evaluó las frecuencias cardíacas a 8 sujetos, estudiantes de kinesiología, del ramo de pediatría de la Universidad Católica Silva Henríquez, mediante un test de esfuerzo maximal pre y post intervención de las sesiones, posteriormente fueron sometidos a ocho sesiones del protocolo DWR modificado, versus un grupo control que lo realizó en tierra, incorporando ejercicios interválicos de alta intensidad (HIT). **Resultados**, la frecuencia cardíaca de reserva, aumentó en ambos grupos de entrenamiento (tierra y agua), sin embargo hubo mayores diferencias en quienes realizaron el entrenamiento en agua con un promedio de 82 lpm, en cambio los sujetos en tierra obtuvieron un promedio de 63 lpm en su frecuencia cardíaca de reserva post intervención, en la frecuencia cardíaca de reposo hubo una leve diferencia entre agua y tierra, con una brecha de 1.5 lpm. **Conclusión**, se pudo observar, que hubo mayores diferencias en quienes fueron sometidos al entrenamiento en agua con la incorporación del HIT, sin embargo, es necesario realizar una extrapolación de esta intervención, con tamaños de muestras mayores, para así poder realizar la aplicación de análisis estadísticos a una población en específico y demostrar más específicamente, lo que en este caso estudio pudo lograr en tan solo 8 sesiones de entrenamiento.

Palabras Clave: Sedentarismo, Frecuencia Cardíaca de reserva, Deep Water Running.

ABSTRACT

The following investigation corresponds to a Case Study of an experimental, longitudinal type whose objective is to evaluate the differences of Heart Rate of Reservation in sedentary students, submitted to a modified Deep Water Running (DWR) protocol, in comparison to its onshore counterpart. Methodology, cardiac frequencies were evaluated in eight subjects, kinesiology students, from the branch of pediatrics at the Silva Henríquez Catholic University, by means of a maximal stress test before and after the sessions, after which they were submitted to eight sessions of the modified DWR protocol, Versus a control group that performed it on land, incorporating high intensity intervallic exercises (HIT). Results, reserve heart rate increased in both training groups (ground and water), however there were greater differences in those who performed the training in water with an average of 82 bpm, while subjects on the ground obtained an average of 63 Lpm in their post-intervention heart rate, in the resting heart rate there was a slight difference between water and earth, with a gap of 1.5 bpm. Conclusion, it was observed that there were greater differences in those who were submitted to training in water with the incorporation of HIT, however, it is necessary to perform an extrapolation of this intervention, with larger sample sizes, in order to perform the analysis application Statistics to a specific population and demonstrate more specifically, what in this case study could achieve in only 8 training sessions.

Key Words: Sedentarism, Reserve heart rate, Deep Water Running

INTRODUCCIÓN

La palabra sedentarismo deriva de “sedente” que significa estar sentado (*Gómez, 2013*). Cuando hablamos de sedentarismo, en este caso, nos referimos a la conducta sedentaria, que es definida como "La carencia de movimiento durante las horas de vigilia a lo largo del día" (*Cristi-montero, 2015*), y es caracterizada por actividades que sobrepasan levemente el gasto energético basal, como: ver televisión, estar acostado o sentado. Entendiendo al sedentario, por otro lado, como “un sujeto que realiza menos de 30 minutos de ejercicio físico de moderada intensidad, mínimo tres veces por semana” (*MINSAL, 2015*), y que gasta menos del 10% de su consumo calórico diario, como consecuencia de una actividad física de intensidad moderada o alta (*Gómez, 2013*).

El sedentarismo es un problema que se ha expandido a escala mundial, al menos en Chile, ocho de cada 10 personas es sedentaria, es decir, el 80,1% de la población (*Alcalá, 2015*). La falta de actividad física se presenta como amenaza para la salud, una de ellas es el riesgo de padecer afecciones cardiovasculares (*Nareas, 2011*). Ahora bien y considerando esta problemática social, se ha desarrollado a nivel global, una amplia gama de alternativas dirigidas a enfrentar el sedentarismo: van desde actividades deportivas, recreativas, lúdicas, psicológicas, etc. hasta métodos de alta complejidad científica, según sean requeridas por la condición física de quienes, ya sea por opción o por prevención ante una eventual enfermedad cardiovascular, esperan dejar la inactividad (*Uribe, 2011*.; Es por esto, que enfocándonos en el campo que compete a la kinesiología, encontramos variedad de procedimientos, protocolos y metodologías fundamentadas profesionalmente, en consecuencia, surge la relevancia de esta investigación, destinada demostrar que en un corto periodo de tiempo se pueden lograr cambios a nivel cardiovascular, mediante un tipo de intervención que sea eficaz y efectiva. A raíz de esto, nace la idea de realizar un protocolo de entrenamiento físico basado en los beneficios de la terapia acuática, uno de ellos es el *Deep Water Running* o "Carrera en aguas profundas", que corresponde a un método de preparación física y de evaluación, que básicamente consiste en simular una carrera a gran profundidad dentro de una piscina (*Vilamitjana, 2013*).

Cabe mencionar que este protocolo fue modificado combinando intervalos de ejercicio de alta intensidad, más conocidos como HIT (*High intensity-interval training*), ya que existe una creciente evidencia que demuestra que el entrenamiento a intervalos de

alta intensidad (HIT) puede ser eficaz cuando se realiza de forma adecuada, combinando el ejercicio aeróbico y anaeróbico, el HIT puede considerarse como una alternativa efectiva al entrenamiento de resistencia tradicional, acelerando una serie de procesos fisiológicos, de rendimiento y relacionados con la salud cardiovascular y mejorando la aptitud cardiorrespiratoria (*Gibala, 2012*).

En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue evaluar las Frecuencias Cardíacas de Reserva, como medida de control de un entrenamiento físico para la salud cardiovascular (*Aristizábal, 2005*), en sujetos sedentarios, sometidos al protocolo *Deep Water Running* modificado vs. su homólogo en tierra. Para lograr esto, se utilizó el trote como base de ejercicio físico ya que en sujetos sedentarios se estima que la fuerza, coordinación y capacidad aeróbica están disminuidas por la falta de acondicionamiento al ejercicio físico, por lo que el trote es una buena opción para comenzar a mejorar el estado físico en sujetos sedentarios si se realiza a una intensidad adecuada y de manera correcta (*Aristizábal, 2005*). Ahora bien, el hecho de realizar el protocolo *Deep Water Running*, es por que se ha demostrado que realizar ejercicio físico en piscina posee diversos beneficios debido a las propiedades físicas del agua, una de las más relevantes es la presión hidrostática la cual provoca importantes efectos sobre la circulación periférica disminuyendo así el trabajo cardíaco y acelerando procesos fisiológicos (*Vilamitjana & Nelson, 2013*). A diferencia del entrenamiento en tierra, en donde la carga física y cardiovascular es mucho mayor, el aumento de la frecuencia cardíaca puede ser tres o más veces el valor basal en el ejercicio en tierra, (*Yañez, 2012*). Sabiendo esto, se puede determinar la relevancia del porqué se utilizó un entrenamiento en agua versus en tierra para poder evaluar la frecuencia cardíaca de reserva, proceso el cual puede ser acelerado si se realiza en piscina y además incorporando ejercicios de alta intensidad (HIT), para potenciar dicha aceleración (*Gibala, 2012*).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Sedentarismo

1.1.1 Definición de Sedentarismo y su relación con la salud

Etimológicamente la palabra sedentarismo deriva de “sedente” que significa estar sentado (*Gómez, 2013*). Ahora bien, la conducta sedentaria es definida como "La carencia de movimiento durante las horas de vigilia a lo largo del día" y es caracterizada por actividades que sobrepasan levemente el gasto energético basal, como: Ver televisión, estar acostado o sentado. Las actividades sedentarias son la primera categoría de un continuum de clasificación de actividad física (AF) basado en la intensidad de esta: 1) Actividades de tipo sedentaria, 2) AF ligera, 3) AF moderada y 4) AF vigorosa (*Cristi-montero, 2015*). Esto último es una característica emergente de la población chilena, la cual destina en promedio 64% del tiempo diario a actividades sedentarias, 29% a AF ligera, 4% a AF moderada y 3% a AF vigorosa. Cabe señalar que, en Chile, más del 80% de la población no es físicamente activa o realiza < 150 min. A la semana de AF de intensidad moderada a vigorosa (*Gómez, 2013*).

Es necesario, en este caso, diferenciar entre sedentarismo e inactividad física, en donde esta última se define como "El no cumplimiento de las recomendaciones mínimas internacionales de Actividad Física (AF) para la salud de la población (≥ 150 min de actividad física de intensidad moderada o vigorosa por semana, o bien, lograr un gasto energético ≥ 600 MET/min/ semana)". Personas cuya AF esté por debajo de estas recomendaciones se consideran inactivas físicamente" (*Cristi-Montero, 2015*).

Se define el “Sedentarismo en relación a la salud”, como “el nivel de inactividad física debajo del umbral de ocurrencia de efectos saludables” (*Águila, 2012*), Los profesionales del área de la salud reconocen la importante relación entre ejercicio físico y la salud, hasta el punto de manifestar que la inactividad y el sedentarismo son factores de riesgo (*Annicchiarico-Ramos, 2002*), en enfermedades cardiometabólicas (ECM) como hipertensión, hipercolesterolemia, diabetes, cáncer y enfermedades coronarias en la población de zonas urbanas, convirtiendo a la

inactividad física en “un problema tan preocupante para la salud pública como el tabaquismo, el colesterol en la sangre y la obesidad”(*Zamarripa - Rivera y cols, 2011*).

Una gran proporción de personas en el ámbito mundial, se encuentran en riesgo de padecer algún tipo de enfermedad crónica, como resultado de la disminución del gasto de energía (y consecuentemente, aumento en la grasa corporal) producto de comportamientos sedentarios y falta de actividad física (*Lavielle-Sotomayor, 2014*), la cual, es un riesgo para la salud mundial y es un problema extendido y en rápido ascenso en los países, tanto desarrollados como en los que están en vías de desarrollo. (*Álvarez, 2010*).

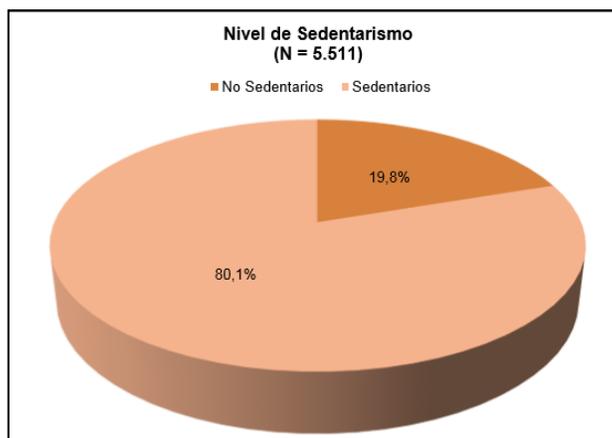
Las ECM son la principal causa de mortalidad en todo el mundo. De los 57 millones de defunciones que se produjeron en todo el mundo en 2008, 36 millones casi las dos terceras partes se debieron a enfermedades no transmisibles, principalmente enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes y enfermedades pulmonares crónicas. Las ECM se deben en gran medida a cuatro factores de riesgo: el consumo de tabaco, la mala alimentación, la inactividad física y el uso nocivo del alcohol. (*Organización mundial de la Salud, 2010*).

Aproximadamente 3,2 millones de personas mueren a causa del sedentarismo cada año. Las personas con poca actividad física corren un riesgo entre un 20% y un 30% mayor que las otras de morir por cualquier otra causa. La actividad física regular reduce el riesgo de padecer depresión, enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes y cáncer de mama o colon. (*Organización mundial de la Salud, 2010*).

1.1.2 Epidemiología del sedentarismo en Chile

En Chile, ocho de cada 10 personas es sedentaria, es decir, el 80,1% de la población, (*Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deportes en la Población Chilena de 18 años y más realizada por Alcalá, 2015*). (Gráfico N° I.1)

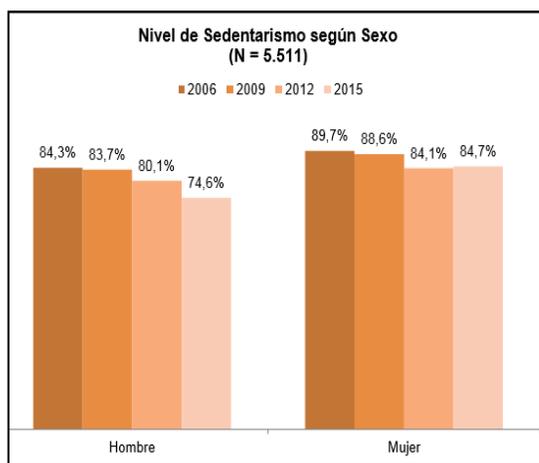
Gráfico N° I. 1. Nivel de sedentarismo en Chile. Año 2015.



Fuente: Encuesta Nacional 2015 de Hábitos de Actividad Física y Deportes en la Población Chilena de 18 años y más.

En cuanto a la relación entre hombres y mujeres, los hombres son menos sedentarios que las mujeres. En 2015 el nivel de sedentarismo de los hombres llegó a 74,7% y el de las mujeres a 84,9%, con una brecha de 10,2 puntos porcentuales, la más alta de toda la serie de mediciones realizadas con este instrumento. (Gráfico N° I.2).

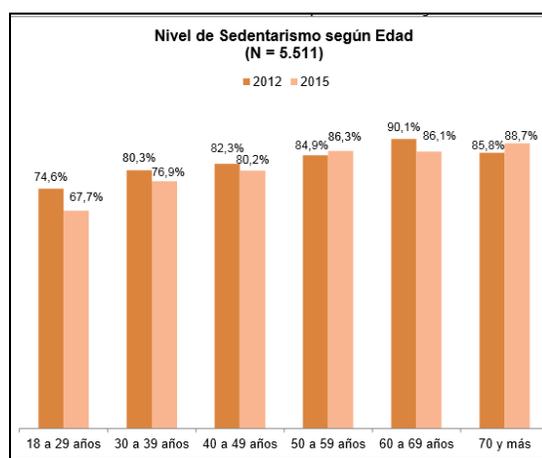
Gráfico N° I.2. Nivel de Sedentarismo según Sexo. Año 2006-2009-2012-2015.



Fuente: Encuesta Nacional 2015 de Hábitos de Actividad Física y Deportes en la Población Chilena de 18 años y más.

El nivel de sedentarismo aumenta con la edad: en 2015 el porcentaje de personas sedentarias en el tramo de 18 a 29 años es de 67,7%, mientras que en el grupo de 70 años y más es de 85,8%. Se trata de un aumento sistemático de un tramo a otro, aunque muy leve entre los tramos de 40 a 49 años (86,4%) y 50 a 59 años (86,5%). (Gráfico N° I.3).

Gráfico N° I.3. Nivel de sedentarismo según edad. Año 2012-2015.



Fuente: Encuesta Nacional 2015 de Hábitos de Actividad Física y Deportes en la Población Chilena de 18 años y más.

1.1.3 Causas del sedentarismo en Chile

Desde la década de 1980, las encuestas (efectuadas con metodologías diversas) muestran un alto nivel de sedentarismo en Chile, el cual aumenta a medida que se incrementa la obesidad en la población. El número de automóviles en el país, ha aumentado de 300.000, en 1970, a 2.200.000 en el año 2002, y cada año se introducen en el mercado nacional, unos 100.000 vehículos más. De manera similar, en Chile hay más de 2.300.000 televisores a color, distribuidos en hogares de todos los niveles socioeconómicos, lo que ha llevado a que cada persona pase, en promedio, de 2 a 3 horas diarias frente al televisor los días laborales y de 4 a 5 horas durante los fines de semana, independientemente de la edad. (*Salinas, 2003*).

Además, para los adultos, el horario laboral se ha prolongado y en Santiago de Chile, por ejemplo, se trabaja 50,6 horas semanales como promedio, es decir, más de 10 horas diarias. Si a ello se agregan el tiempo que lleva ir y venir del trabajo (1 a 2 horas diarias) y las 2 a 3 horas diarias dedicadas a ver televisión, prácticamente no queda tiempo libre para realizar actividades físicas. (*Vio, 2003*).

1.1.4 Sedentarismo como factor de riesgo cardiovascular.

El sedentarismo es un problema que se ha expandido a escala mundial: La falta de actividad física y sus funestas consecuencias para la salud en general se ha convertido en una amenaza que no respeta fronteras de sexo, nacionalidad o edad. Una de ellas es el peligro de padecer afecciones cardiovasculares, ya que es ésta una de las principales consecuencias directas a causa del estilo de vida que llevan sujetos sedentarios (*Nareas, 2011*).

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte en Chile. El que en nuestro país exista además una elevada prevalencia de factores de riesgo (FR) cardiovascular y de sus condicionantes (obesidad y sedentarismo), permiten predecir un incremento de las tasas de enfermedades cardiovasculares. Generalmente se acepta que el sedentarismo produce un incremento de estas enfermedades, especialmente infarto del miocardio y muerte súbita. Lo anterior ha llevado a incorporar la actividad física (AF) como herramienta de manejo clínico y preventivo para los FR y la enfermedad cardiovascular (*Artega, 2010*).

En las últimas décadas numerosos trabajos científicos fueron llevados a cabo con el objetivo de determinar la relación entre el sedentarismo, la actividad física y la salud cardiovascular. Dichos trabajos científicos han demostrado que las personas más activas así como aquellas con entrenamiento físico, desarrollan menos enfermedad coronaria que los individuos sedentarios, y además, cuando esta se presenta en las personas entrenadas ocurre más tardíamente y tiende a ser menos severa (*Gómez, 2013*).

El sedentarismo no es el único factor de riesgo que conduce a padecer una enfermedad cardiovascular, también va acompañado de los malos hábitos alimenticios y por sobre todo la obesidad y sobrepeso, estos van de la mano con el sedentarismo, ya que éste último provoca una disminución del gasto calórico y se acompaña de un acceso más fácil a la alimentación abundante en calorías, esto ha contribuido en forma significativa al aumento de la prevalencia e incidencia de sobrepeso y obesidad de manera sostenida en los últimos 30 años (*Durán & Megías, 2014*). El riesgo de tener un evento coronario es tres veces superior con un IMC >29 kg/ m², en comparación con aquellos que tienen un IMC < 21 . A cualquier nivel de IMC, el incremento de peso tiene una relación lineal directa con la enfermedad cardíaca, sobre todo si el aumento de peso

es mayor a 20 kg. La obesidad se asocia a un aumento del gasto cardiaco produciendo miocardiopatía y fallo cardiaco en la ausencia de diabetes, hipertensión o arteriosclerosis (*Murillo y Moreno, 2005*).

Todos los estudios epidemiológicos apuntan a que la enfermedad cardiovascular incide más en los menos activos, por lo tanto, la actividad física está directamente relacionada con el buen estado físico. Aunque no exista una medida estandarizada para medir ni una ni otra, la evidencia indica que la inactividad física y la pérdida de un buen estado físico están directamente relacionados con el incremento de la mortalidad por enfermedad cardiovascular. El ejercicio modula mecanismo biológicos que confieren cardioprotección, en sí mismos regulando la función vascular, el tono autonómico, la coagulación y la inflamación, lo que contribuye a mejorar la salud cardiovascular y la supervivencia (*Durán & Mejías, 2014*).

Distintos estudios epidemiológicos han demostrado una estrecha relación entre la obesidad y la hipertensión. Según los datos del estudio *Framingham* la obesidad justifica el 78% y el 65% de la hipertensión esencial en hombres y mujeres, respectivamente. Esta asociación varía con la edad, el sexo y las distintas etnias y es más fuerte en los sujetos jóvenes menores de 40 años, especialmente en varones. Un aumento del IMC de 1,7 kg/m² en hombres y 1,25 en mujeres o un aumento en la circunferencia abdominal de 4,5 cm en hombres y 2,5 en mujeres suponen un incremento de 1 mmHg en la presión arterial sistólica. La obesidad pone en marcha una serie de trastornos adaptativos que individualmente y sinérgicamente producen hipertensión y otras patologías cardiovasculares (*Murillo & Moreno, 2005*).

Si bien el sedentarismo no es considerado una enfermedad, este hábito se lo ha ligado a una mayor incidencia de distintas enfermedades y en lo referente a la cardiología, desde el año 1992 la *American Heart Association* (AHA) lo ha incluido en la lista de factores de riesgo (FR) mayores junto al tabaquismo, las dislipidemias, la hipertensión arterial, la diabetes y la obesidad, siendo además un factor predisponente para el desarrollo de los demás FR (*Gómez, 2013*).

1.2 Frecuencia Cardíaca de Entrenamiento

La Frecuencia Cardíaca de entrenamiento o la Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCres), la podemos definir como el establecimiento de un ritmo en pulsaciones por minuto (ppm) que el individuo debe utilizar para lograr aquella intensidad que le procure el estímulo necesario para producir la pretendida supercompensación posterior y la consecuente mejora de su rendimiento (*Zabala, 2007*).

La Frecuencia cardíaca de reserva (FCres.) Ofrece una serie de informaciones tanto a la hora de evaluar una prueba física como de prescribir un entrenamiento. Existen varias formas de control de la intensidad del ejercicio: formas simples, como la escala de percepción subjetiva del esfuerzo de Borg, o un poco más complejas, como la fórmula de Karvonen, la cual considera el porcentaje de intensidad del ejercicio, de acuerdo al VO₂máx. No obstante, la toma de FCres. Permite un cálculo más ajustado de la frecuencia cardíaca de entrenamiento, puesto que considera la frecuencia cardíaca máxima y de reposo, como se observa en la siguiente ecuación (*Aguayo y Lagos, 2012*).

$$FC\ RES = FCM - FCR$$

1.2.1 Control autonómico de la Frecuencia Cardíaca Máxima y de Reposo durante el ejercicio Físico

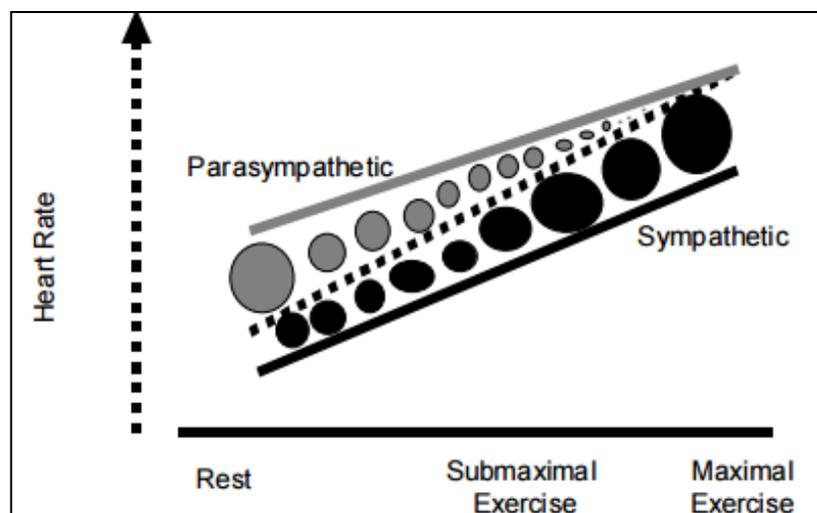
El sistema nervioso Autónomo (SNA) es el responsable de los cambios rápidos que acontecen durante el ejercicio, una de sus principales características es la rapidez y la intensidad con la que puede cambiar las funciones viscerales. Así por ejemplo, en cuestión de 3-5 segundos puede duplicar la frecuencia cardíaca y en 10-15 segundos, la presión arterial (*Iglesias & Estévez, 2008*).

El SNA se organiza en dos subsistemas (ramas), con funciones opuestas, pero complementarias: simpático y parasimpático o vagal. Ambos, por efecto cronotrópico, dromotrópico e inotrópico, actúan sobre la despolarización del músculo cardíaco y condicionan la función del nodo sinoauricular (SA) (*Rincón, 2010*). La rama simpática (noradrenalina) estresa el sistema, aumentando el ritmo cardíaco y disminuyendo la

variabilidad del ritmo cardiaco (VRC) y la parasimpática (acetilcolina) disminuye el Ritmo cardiaco (RC) y aumenta la VRC (Fisher, 2014).

Ahora bien, durante el ejercicio la Frecuencia Cardiaca se controla a través de acciones en sus ramas simpáticas y parasimpáticas sobre la autorritmicidad del nodo sinusal, especialmente la actividad vagal de reposo (parasimpática), que se inhibe progresivamente desde el inicio del ejercicio y simpática cuando la intensidad del ejercicio se incrementa más. (Fig. N° I.1). (Almeida y Araújo, 2003).

Figura N° I.1. Control autonómico de la frecuencia cardíaca en reposo y en ejercicio. El SN parasimpático disminuye cuando aumenta la intensidad del ejercicio y ocurre lo contrario con el SN simpático.



Fuente: Almeida, M.& Gil, C. (2003). Effects of aerobic training on heart rate. *Revista Brasileira Médica Esporte*, (9), (113-120).

En reposo las personas presentamos una frecuencia cardiaca baja y una variabilidad del ritmo cardiaco amplia (García, 2012). En una persona en reposo, los latidos se van produciendo con una frecuencia variable, es decir, el tiempo (msg) entre dos latidos va variando latido a latido. Esto es lo que se conoce como variabilidad del ritmo cardiaco, “Variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido en un análisis de períodos cardíacos consecutivos” (Rincón, 2010).

Cuando la frecuencia cardíaca sube debido al ejercicio y se presenta una taquicardia, la VRC, es decir, la diferencia en msg. entre los latidos cardíacos, se reduce (nuestro pulso cada vez es más regular). Es decir, la VRC es un coeficiente que refleja la

regularidad de la actividad del corazón (una mayor regularidad corresponde a una variabilidad de creciente del ritmo cardíaco) (*Barrera y Gonçalves, 2009*).

En un estado de reposo predomina el estímulo vagal o sistema nervioso parasimpático (SNP) mientras que en estado de ansiedad y estrés el que predomina es el sistema nervioso simpático (SNS) (*Robertson & Strauss, 2002*). La mayor variabilidad del ritmo Cardíaco se relaciona con un predominio del Sistema Nervioso Parasimpático, indicando una mayor capacidad del individuo para relajarse y responder de forma adecuada a las necesidades de descanso y asimilación de las carga y que se inhibe gradualmente en el ejercicio máximo, debido a que en reposo lo normal es que el VRC sea alto (es decir, existe gran variabilidad entre los latidos cardiacos, los latidos rítmicos son irregulares, Predominando el SNP); pero a medida que la FC aumenta por el ejercicio, los latidos cada vez son más regulares y esta variabilidad disminuye (reduciéndose el VRC y predominando el SNS) (*Almeida & Araújo, 2003*).

Sin embargo, luego de un ejercicio extenuante en donde la frecuencia cardiaca llega a su máximo peak, aparentemente la actividad parasimpática es totalmente inhibida, causando menor o ausencia de variabilidad del ritmo cardiaco (*Fisher, 2014*). Estos cambios en la VRC se deben principalmente a la disminución de la descarga parasimpática acompañada de un aumento progresivo de la influencia simpática (*García, 2008*). Encima de esta intensidad la FC y sus oscilaciones pasan a estar prioritariamente influenciados por la actividad simpática. En estas situaciones, las oscilaciones del Ritmo Cardíaco también dependen de procesos oscilatorios que actúan como mecanismos de retroalimentación: respiración (arritmia sinorespiratoria); presión arterial (influencia barorrefleja); que a su vez se ven afectados por las características mecánicas de la actividad o bien aumento de la noradrenalina sérica o a la distensión de la mecánica auricular y, por tanto, a la distensión del nodo sinusal debido a un mayor retorno venoso, aumento de la temperatura corporal y la acidez de la sangre (*Barrera & Gonçalves, 2009*).

Los individuos con altos niveles de condición aeróbica tienen una frecuencia cardiaca de reposo menor, junto con una mayor actividad parasimpática o menor actividad simpática ya que la práctica regular de los ejercicios físicos puede, al menos, mantener el balance simpáticovagal bajo el predominio parasimpático. Mientras que en sujetos sedentarios tiende a aumentar la influencia simpática, incluso en reposo, aspecto que es significativo en la prevalencia de las enfermedades cardiovasculares (*Robertson y Strauss, 2002*).

1.2.2 Control endocrino de la Frecuencia cardiaca de reserva

El sistema endocrino (hormonas) controla muchas funciones fisiológicas de nuestro cuerpo. Los estudios han demostrado que el ejercicio ayuda a secretar y recibir hormonas de manera más eficiente, una de las principales funciones de las hormonas en el control metabólico, es participar en la autorregulación celular y asegurar una movilización extensiva de los recursos que almacena el cuerpo humano, pues de otra forma, resultaría imposible utilizar con la máxima intensidad todas las capacidades potenciales inherentes al organismo (*Gordan, Gwathmey & Xie, 2015*).

Como consecuencia de la activación simpática durante el ejercicio, se produce un aumento de la síntesis y liberación de las catecolaminas (CA) de la medula suprarrenal, observándose un aumento importante de las catecolaminas circulantes. Además, se activa el eje hipotálamo-hipofisiario, dando lugar a la respuesta endocrina al ejercicio (*Fernández Vaquero, 2006*).

Las catecolaminas, son moléculas producidas por un aminoácido, la tirosina, que actúa como una hormona o neurotransmisor. Las acciones sistémicas de las CA son mediados por la unión de estos compuestos a receptores de membrana plasmática, ampliamente distribuidos por todo el organismo y que se conocen como receptores adrenérgicos (*Gao, 2011*).

Entre las catecolaminas, encontramos la adrenalina (A), Noradrenalina (NA) y la dopamina (DA). Tanto adrenalina como noradrenalina se unen y activan el mismo tipo de receptores adrenérgicos y desencadenan la misma respuesta a nivel Cardíaco (*Brandán, 2010*).

La Adrenalina (o también epinefrina) es sintetizada y almacenada en la médula adrenal y liberada hacia la circulación sistémica por lo que aumenta la fuerza contráctil del miocardio (acción inotrópica positiva) y aumenta la frecuencia en que se contrae el miocardio (acción cronotrópica positiva), en consecuencia, durante el entrenamiento, hay un aumento de la frecuencia cardiaca de trabajo, habiendo una mayor demanda de oxígeno por el miocardio para poder contraerse. Por lo que además, indirectamente se incrementa el flujo sanguíneo hacia el corazón, llevando consigo un mayor aporte de oxígeno. (*Gordan, Gwathmey & Xie, 2015*).

Si bien la adrenalina y noradrenalina actúan sobre los receptores α y β -adrenérgicos, la noradrenalina ejerce su efecto principalmente como un neurotransmisor que se libera en la terminal nerviosa simpática (sistema nervioso simpático) y actúa en la célula efectora a través del estímulo de los receptores α -adrenérgicos (**Brandán, 2010**). La adrenalina, por el contrario, se comporta más bien como una hormona, secretada hacia la circulación sanguínea desde la médula adrenal, y actúa sobre los órganos blancos predominantemente a través de la estimulación β - adrenérgico (**Ramón, 2008**).

En síntesis, el sistema nervioso simpático y la médula adrenal conforman una unidad anatómica y fisiológica, conocida como sistema simpático-adrenal (**Laforé, 2005**). Este sistema está encargado de la síntesis, almacenamiento, y liberación de las catecolaminas, las cuales juegan un papel fundamental, junto con el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, en las respuestas al entrenamiento. De esta manera, la actividad simpática dada por el sistema nervioso y la secreción de CA de la médula adrenal están coordinadas, aunque sus acciones no siempre son simultáneas y congruentes. En muchas situaciones de estimulación simpática intensa, como es el ejercicio, la médula adrenal se va estimulando progresivamente y la adrenalina circulante refuerza los efectos fisiológicos del sistema nervioso simpático (**Gao, 2011**). Conforme el ejercicio se hace más intenso, los mecanismos reflejos aumentan la secreción de catecolaminas, la frecuencia cardíaca aumenta en mayor proporción, y la estimulación de la contractilidad miocárdica hace que el gasto cardíaco siga aumentando a pesar de reducirse el tiempo de llenado diastólico (**Del Río y cols., 2002**).

Por lo tanto, cuando la dopamina, adrenalina o noradrenalina se unen a estos receptores adrenérgicos, se produce una reacción de huida o lucha, por ende, durante el entrenamiento podemos determinar que existe influencia de este tipo de emociones a nivel de Sistema nervioso Autónomo, debido al contexto en el cuál se encuentra el sujeto, atribuyéndolo así, a un aumento de el ritmo y potencia del latido cardiaco, dilatación de las vías respiratorias y aumentando la frecuencia ventilatoria (Hiperventilación), aumento de la presión sanguínea y aumento del tono muscular, contribuyendo así a un aumento de la Frecuencia cardíaca durante el entrenamiento (**Gordan, Gwathmey & Xie, 2015**).

1.2.3 Efectos del ejercicio aeróbico y anaeróbico en la Frecuencia Cardiaca de Reserva

El Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) define el ejercicio aeróbico, como cualquier actividad que utiliza grandes grupos musculares, se puede mantener de forma continua y es rítmica en la naturaleza durante un periodo de tiempo prolongado (*Patel, 2017*).

En cambio, El ejercicio anaeróbico ha sido definido por el ACSM como actividad física intensa de muy corta duración, alimentada por las fuentes de energía dentro de los músculos que se contraen e independiente del uso de oxígeno inhalado, como fuente de energía (*Patel, 2017*).

La cantidad de oxígeno que se necesita, depende principalmente de la intensidad con que se realiza la actividad y secundariamente de la duración de la actividad (*Colberg, 2003*).

El ejercicio aeróbico requiere más energía y, por lo tanto, más oxígeno debido a la duración del ejercicio al que se encuentra sometido el sujeto (*Eijsvogels et al., 2015*), en comparación al ejercicio anaeróbico que es un ejercicio de contracción rápida, por lo que su duración es más corta, a esto se atribuye la siguiente categorización en relación a la intensidad y duración del ejercicio (Tabla N° I.1) (*Plowman & Smith, 2007*):

Tabla N° I.1: Categorización del ejercicio en relación a la intensidad y duración.

| | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Aeróbico Ligeró | 30-49% del VO ₂ máx. | Mayor a 30 min. |
| Aeróbico Moderado | 50-74% del VO ₂ máx | Mayor a 30 min. |
| Umbral anaeróbico Moderado a pesado | 60-85% del VO ₂ máx. | 10 a 40 min. |
| Capacidad Anaeróbica | 30% al 100% del VO ₂ máx | 1 a 3 min. |

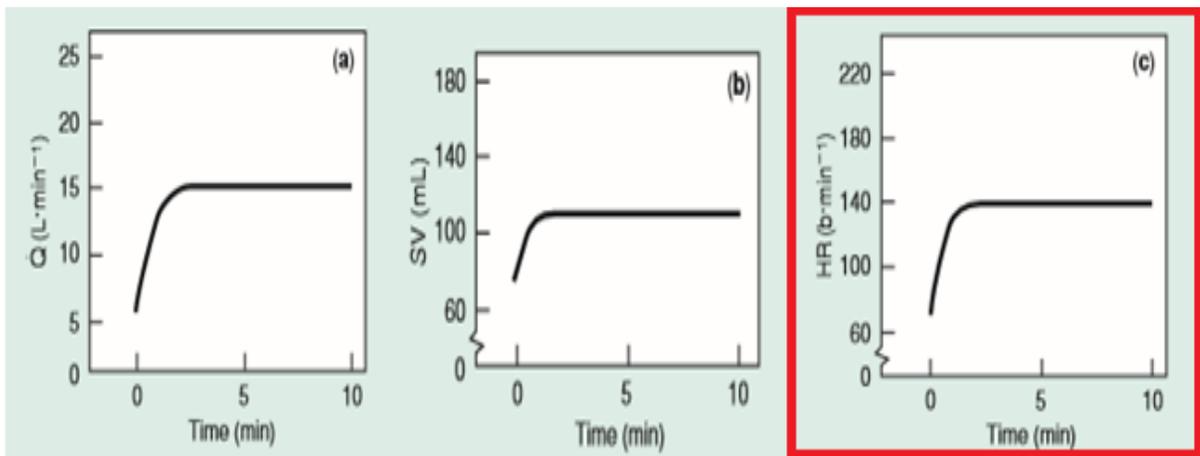
Ejercicio aeróbico Ligero a moderado:

Al inicio del ejercicio de corta duración, de intensidad leve a moderada, hay un aumento inicial del gasto cardíaco (Q) a una meseta en estado estacionario (Gráfico N° 4 a). El gasto cardíaco aumenta debido a un aumento inicial tanto del volumen sistólico (SV) (Dalleck, 2006) (Gráfico N° I.4 (b)) como de la frecuencia cardiaca (FC) (Gráfico N° I.4 c). Ambas variables se estabilizan en 2 minutos (Plowman & Smith, 2007).

Durante el ejercicio de esta intensidad el sistema cardiorrespiratorio es capaz de satisfacer las demandas metabólicas del cuerpo (Kang et al., 2006); por lo tanto la meseta evidenciada (en el Gráfico N° I.4.) indica que se ha logrado un estado estacionario por las variables cardiovasculares.

Así, un incremento en el volumen diastólico final del ventrículo izquierdo y una disminución en el volumen sistólico final del ventrículo izquierdo explican el aumento del volumen sistólico durante el ejercicio dinámico ligero a moderado. La frecuencia cardíaca aumenta inmediatamente al comienzo de la actividad como resultado de la retirada parasimpática (Billat, 2002) (Gráfico N° I.4 (c)).

Gráfico N° I.4. Respuestas cardiovasculares al ejercicio aeróbico de ligero a moderado.



Fuente: Plowman, S. & Smith, D. (2007). *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance*. Philadelphia, United States.

Umbral anaeróbico Moderado a pesado:

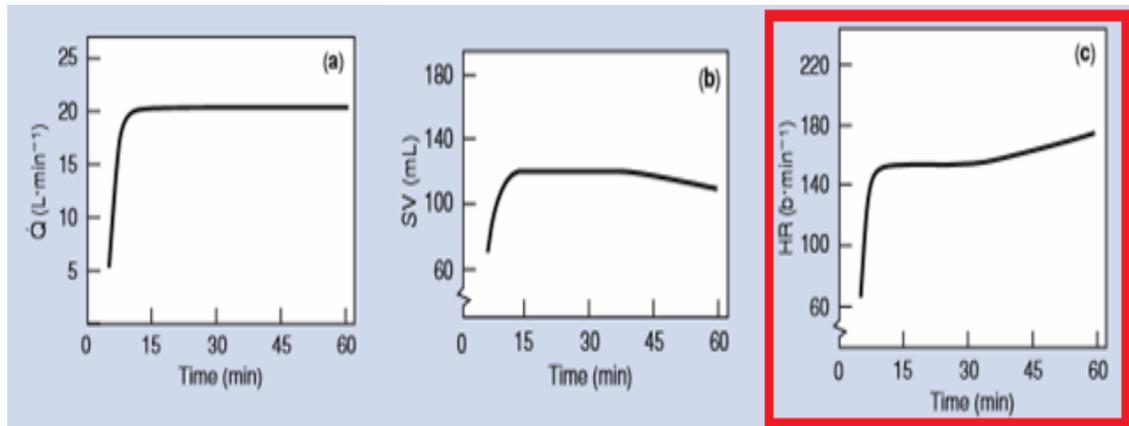
En cuanto a las cargas de trabajo ligeras a moderadas, el gasto cardíaco aumenta rápidamente durante los primeros minutos de ejercicio y luego las mesetas y en que se mantiene a un nivel relativamente constante durante el ejercicio como se observa en el gráfico N° 4 (*Plowman & Smith, 2007*). Sin embargo el rendimiento cardíaco absoluto alcanzado es mayor durante el ejercicio pesado que durante el ejercicio ligero a moderado. El aumento inicial en el gasto cardíaco se produce por un aumento tanto en el volumen sistólico como en la frecuencia cardíaca (*Billat, 2002*).

El gasto cardíaco presenta un patrón de aumento inicial, mesetas, y luego muestra una deriva negativa (hacia abajo) (Gráfico N° I.5 (a)). El volumen sistólico aumenta rápidamente durante los primeros minutos de ejercicio y las mesetas a un nivel máximo después de que se haya alcanzado una carga de trabajo de aproximadamente el 40-50% del VO₂máx. (Gráfico N° I.5 (b)) (*Plowman, Smith, 2007*). Por lo tanto, durante el trabajo que requiere más del 50% del VO₂máx, la respuesta del volumen sistólico no depende de la intensidad. El volumen de movimiento se mantiene relativamente constante durante los 30 primeros minutos de ejercicio pesado.

Sin embargo, si el ejercicio continúa más allá de aproximadamente 30 minutos, el volumen sistólico, va disminuyendo gradualmente a la baja, aunque permanece elevado por encima de los valores de reposo. El desplazamiento hacia abajo en el volumen sistólico después de aproximadamente 30 min., es más probable debido al estrés termorregulador, pérdida de plasma y una reorientación de la sangre a los vasos cutáneos en un intento de disipar el calor. Esto efectivamente, reduce el retorno venoso y, por lo tanto, provoca la reducción del volumen sistólico (*Billat, 2002*).

La frecuencia cardíaca muestra un patrón de aumento inicial, mesetas en estado estacionario, y luego muestra una deriva positiva. La frecuencia cardíaca aumenta bruscamente durante los primeros 1-2 min de ejercicio, y la magnitud del aumento depende de la intensidad del ejercicio (Gráfico N° I. 5 (c)). El aumento de la frecuencia cardíaca se produce por la retirada parasimpática y la activación del sistema nervioso simpático (*Eijsvogels et al., 2015*). Después de aproximadamente 30 minutos de ejercicio intenso, la frecuencia cardíaca comienza a desplazarse hacia arriba. El aumento de la frecuencia cardíaca es proporcional a la disminución del volumen sistólico, por lo que el gasto cardíaco se mantiene durante el ejercicio (*Plowman & Smith, 2007*).

Gráfico N° I.5. Respuestas cardiovasculares al ejercicio en umbral anaeróbico de moderado ha pesado.



Fuente: Plowman, S. & Smith, D. (2007). *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance*. Philadelphia, United States.

Capacidad Anaeróbica ejercicio incremental al máximo

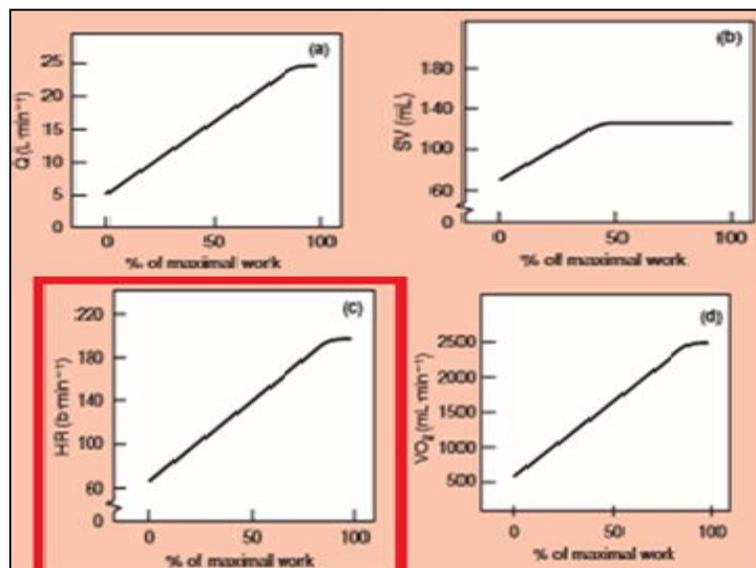
Un ejercicio progresivo hasta el máximo consiste en una serie de progresivas intensidades crecientes de trabajo que continúan hasta que el individuo no puede hacer más. La longitud de cada intensidad de trabajo (etapa) varía de 1 a 3 min. para permitir el cambio de un estado estacionario a uno progresivo, al menos en las cargas de trabajo inferiores (*Patel, 2017*).

El gasto cardíaco muestra un aumento rectilíneo y las mesetas en el ejercicio máximo (Gráfico N° I.6 (a)). El aumento inicial del gasto cardíaco refleja un aumento del volumen sistólico y de la frecuencia cardíaca; Sin embargo, en cargas de trabajo mayores de 40-50% VO₂ máx, el aumento en el gasto cardíaco se logra únicamente por un aumento en la frecuencia cardíaca (*Plowman & Smith, 2007*).

Como se muestra en el Gráfico N° I.6 (b), en individuos normalmente activos, el volumen sistólico aumenta inicialmente de forma rectilínea y después se eleva a aproximadamente 40-50% de VO₂máx., puede disminuir ligeramente cerca del final del ejercicio máximo en individuos no entrenados y moderadamente entrenados. El volumen sistólico final del ventrículo izquierdo disminuye debido a la contractilidad aumentada del corazón, que expulsa más sangre del ventrículo (*Billat, 2002*).

La frecuencia cardíaca aumenta de manera rectilínea en función de la potencia del ejercicio, al igual que el consumo de oxígeno. Por lo tanto existe una relación lineal entre el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca, y ello hasta el límite máximo de la frecuencia cardíaca y del consumo de oxígeno a sus valores máximos: FCmáx. y VO₂máx., Así el débito cardiaco y la frecuencia cardíaca alcanzan una meseta al 100% del VO₂máx. (*Plowman & Smith, 2007*). (Gráfico N° I.6 (c) y (d)).

Gráfico N° I.6. Respuestas cardiovasculares Capacidad Anaeróbica ejercicio incremental al máximo.



Fuente: Plowman, S. & Smith, D. (2007). *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance*. Philadelphia, United States.

Regulación Intrínseca de la función cardíaca: Ley de Frank-Starling.

Así como el corazón puede iniciar su propio ritmo en ausencia de cualquier control nervioso u hormonal, también el miocardio puede adaptarse a las condiciones hemodinámicas cambiantes por medio de mecanismos que son intrínsecos al propio músculo cardíaco (*Del Río y cols., 2002*).

Uno de los mecanismos intrínsecos que se pueden documentar en el corazón asilado y en el estudiado in situ, es el bien conocido mecanismo de Frank-Starling el cual le permite a la función de las cámaras ventriculares expulsar la magnitud de volumen que le llegue (mecanismo autorregulatorio heterométrico) y de esta manera determinar el desempeño de la actividad miocárdica (*Herrera, 2007*). La energía de contracción del ventrículo, depende de la longitud inicial de las fibras miocárdicas, a

medida que la sangre regresa al corazón en diástole, aumenta la presión en el ventrículo y distiende las fibras miocárdicas, sometiénolas a un grado de tensión conocido como precarga, de forma que, conduce a un aumento en la fuerza de contracción (**Gagnon, 2009**). El corazón se vale de este mecanismo para adaptarse a diversos tipos de sobrecarga compensando tanto un aumento del retorno venoso (RV) como de la resistencia de los vasos sanguíneos a nivel periférico (resistencia periférica - RP). Así, durante la bradicardia, el aumento de la duración de la diástole permite un mayor llenado ventricular con el consecuente alargamiento de la fibra miocárdica, lo que implica un aumento del volumen de sangre expulsado en la sístole, de esta forma; se mantiene constante el volumen minuto (VM) y se mantiene el equilibrio entre los Gastos Cardiacos ventriculares derecho e izquierdo (**Zimmer, 2002**).

1.2.4 Test de Esfuerzo y la medición de la Intensidad del Ejercicio Físico

El Test de esfuerzo, también conocida como prueba metabólica y prueba de consumo máximo de O₂ (VO₂máx), es una herramienta importante en los programas técnicos de evaluación cardiovascular global. (**Allison & Burdiat, 2010**). Es un procedimiento diagnóstico que evalúa la respuesta del corazón a un ejercicio físico progresivo. (**Cobos & Cobos, 2010**). Es una prueba que evalúa la tolerancia al ejercicio y su respuesta cardiovascular llegando a un nivel de alta intensidad (pudiendo alcanzar 70% - 90% de la frecuencia cardiaca máxima teórica (FCMT)) (**Covarrubias & Clavería, 2015**).

La prueba se fundamenta en que, al practicar un ejercicio físico, el organismo necesita más combustible (es decir, oxígeno y glucosa) y, por tanto, el corazón debe aumentar su capacidad de bombeo (hasta 12 veces en un sujeto normal). Así, sometiendo al corazón a un trabajo adicional. (**Allison & Burdiat, 2010**). Dicha capacidad está directamente relacionada con el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) entendido como la medida, traducida en capacidad, de aportar, transportar e intercambiar oxígeno, a través del sistema cardiocirculatorio, durante un período de máximo esfuerzo (**Niño, 2010**).

En el test de esfuerzo se pretende forzar el corazón para ver cómo responde a un ejercicio creciente. Evidentemente, la intensidad del ejercicio se adaptará a la edad y la

patología del paciente (*Del Río, Ferrer, Gutiérrez Ibáñez, Roncalés & Feliu, 2002*). Para la valoración de la capacidad aeróbica existen innumerables pruebas que buscan medir o estimar el consumo de oxígeno máximo, como el parámetro más válido para identificar y analizar la eficiencia con la que trabaja el sistema cardiopulmonar. La evaluación de este atributo del movimiento requiere de test específicos que generen un estrés fisiológico que demande respuestas cardiopulmonares oportunas y eficientes (*Niño, 2010*).

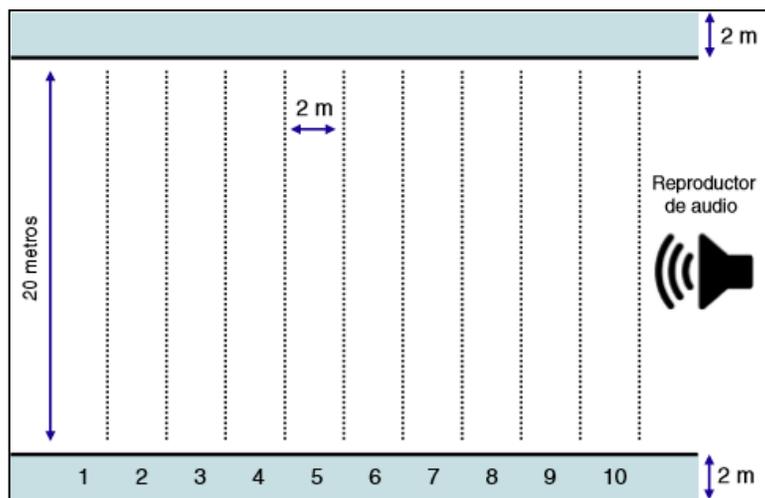
Durante el ejercicio de resistencia, el organismo utiliza la vía aeróbica del metabolismo celular, lo que implica que el aporte y la demanda de oxígeno a los tejidos deben estar en equilibrio. Si la demanda tisular de oxígeno supera a la oferta, las células recurrirán a las vías anaeróbicas para obtener la energía complementaria. Tras la activación del músculo esquelético se reduce el tono vagal, la acción de bombeo de los músculos aumenta el retorno venoso (precarga), aumenta el gasto cardíaco como regulación intrínseca del volumen sistólico, que determina la fuerza de contracción, establecida por el grado de estiramiento de las fibras miocárdicas, conocido como mecanismo de Frank-Starling (*Del Río y cols., 2002*).

1.2.4.1 Test de Naveta como prueba de esfuerzo

El test de Naveta evalúa la máxima capacidad aeróbica del sujeto basada en un protocolo incremental e indirecto. Puede estimar el consumo de oxígeno máximo (VO₂máx.) (*Covarrubias & Clavería, 2015*).

Consiste en que el sujeto se mueve en función de una señal sonora entre 2 conos separados por 20 metros y el ritmo de carrera va aumentando progresivamente según dicha señal. Los parámetros que se controlan son: FC inicial y final (máxima), SatO₂ y número de etapas alcanzadas. La detención del test ocurre cuando el sujeto no pueda mantener el ritmo entre cada etapa o se retire por fatiga. Su mayor utilidad se describe como parte de la evaluación de la condición física en niños y adolescentes sedentarios (*G. García, D. Secchi, 2014*).

Fig. N° I.2. Representación Gráfica del Terreno a utilizar en el Test de Naveta.



Fuente: García, G & Secchi. (2014). *Test coruse navette de 20 metros con etapas de un minuto: una idea original que perdura 30 años*. Apunts Med. Esport, 49, 93-103.

Los profesionales relacionados con la ciencia de la salud, optan por utilizar un test de campo predictivo del VO₂máx. Debido a su fácil aplicación, bajo costo ya que permite medir varios sujetos a la vez, entre los test de campo predictivo, el más utilizado mundialmente es el *Course Navette* de 20 metros, también conocido como test de ida y vuelta en 20 mts. (García & Secchi, 2014).

Por otro lado, Bayón (2013) afirman que a la hora de utilizar un test indirecto en campo, no solo es importante observar la relación que existe con el VO₂máx. directo, si no también verificar si el test es sensible para monitorizar cambios post-entrenamiento. Ahmaidí et al., en 1993, se realizaron mediciones directas de VO₂ máx. En el laboratorio y se compararon con los valores indirectos del VO₂máx. A través del Test de Naveta. En el grupo control no se observaron cambios, mientras que en el grupo experimental se obtuvieron mejoras en el VO₂máx. Post-entrenamiento. Estas mejoras fueron visibles con el método directo (Laboratorio), y con método indirecto (campo). No se observaron diferencias entre el laboratorio y el campo en ningún grupo. Esto demuestra que el Test de Naveta es un test válido para estimar el VO₂máx. y sensible para monitorizar los cambios producidos post-entrenamiento.

Podemos decir que a 30 años de su primera publicación, el *Course Navette de 20 mts*, sigue siendo uno de los test más utilizados para estudiar el componente cardiorrespiratorio, en ambos sexos y en un amplio rango de edades, esto se debe a (García & Secchi, 2014):

- Las correlaciones obtenidas con el VO₂máx directo.
- La estabilidad predictiva en sujetos con distintos niveles de condición física.
- La buena fiabilidad test- retets.
- La sensibilidad para monitorear cambios post entrenamiento.
- Su relación con la salud y capacidad Diagnóstica.
- La posibilidad de dosificar cargas de trabajo corrigiendo la velocidad final alcanzada.
- Principalmente la idea original de llevarlo a cabo, bajo un recorrido de ida y vuelta en 20 mts.

1.2.4.2 Escala de Borg Original como control de intensidad del esfuerzo al ejercicio físico

La percepción de esfuerzo (PE) corresponde a la valoración subjetiva causada, en parte, por los cambios metabólicos durante el ejercicio. A menudo, esta variable ha sido asociada con la percepción subjetiva de dificultad respiratoria (disnea), no obstante, la PE constituye una configuración de sensaciones que vincula de manera integrada (además de la disnea) el estrés y fatiga del sistema muscular, cardiovascular y respiratorio durante el ejercicio (*Rodríguez & Gatica, 2016*).

En la actualidad es importante el control del esfuerzo de la actividad física. Existen diferentes vías para medir la intensidad de esfuerzo a la que se someten los deportistas en sus modalidades deportivas específicas o participantes de diverso rango que siguen un programa bien sea de perfil competitivo, utilitario, educativo o terapéutico (*Castañer & Cols., 2015*).

La escala Borg de esfuerzo percibido mide la gama entera del esfuerzo que el individuo percibe al hacer ejercicio. Es una forma de determinar de manera no invasiva la intensidad del ejercicio correspondiente a la transición aeróbica- anaeróbica, durante un ejercicio de tipo incremental, y así pronosticar y dictaminar las diferentes intensidades del ejercicio en los deportes y en la rehabilitación médica (*Burkhalter, 2006*).

El concepto del esfuerzo percibido es una valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado. La escala de Borg Original posee 15 categorías numéricas (6-20) y descriptores verbales, para representar la sensación subjetiva de la cantidad de trabajo desempeñado (tabla N° I.2) (*Rodríguez, Gatica, 2016*). La escala es una herramienta valiosa dentro del ámbito del desempeño

humano, en que a menudo la consideración importante no es tanto “lo que haga el individuo ”sino“ lo que cree que hace” (*Burkhalter, 2006*).

Se puede usar la escala de Borg para cualquier persona que realice ejercicio, pero no se debe ni usar ni interpretar en el. Dice Borg: “No es una escala perfecta y se debe utilizar acompañado del sentido común y de otros datos pertinentes de tipo clínico, psicológico y fisiológico” (*Rodríguez, Zambrano, Manterola, 2016*).

Tabla N° I.2. Escala de Esfuerzo percibido de Borg.

| PUNTUACION | VALORACION DEL ESFUERZO |
|------------|-------------------------|
| 6 | Muy, muy ligero |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | Muy ligero |
| 10 | |
| 11 | Moderado |
| 12 | |
| 13 | Algo duro |
| 14 | |
| 15 | Duro |
| 16 | |
| 17 | Muy duro |
| 18 | |
| 19 | Muy, muy duro |
| 20 | Máximo. extenuante |

Fuente: Rodríguez, I.& Gatica, D. (2016). Percepción de esfuerzo durante el ejercicio: ¿Es válida su medición en la población infantil?. *Revista Chilena de enfermedades respiratorias*, 32, 25-33.

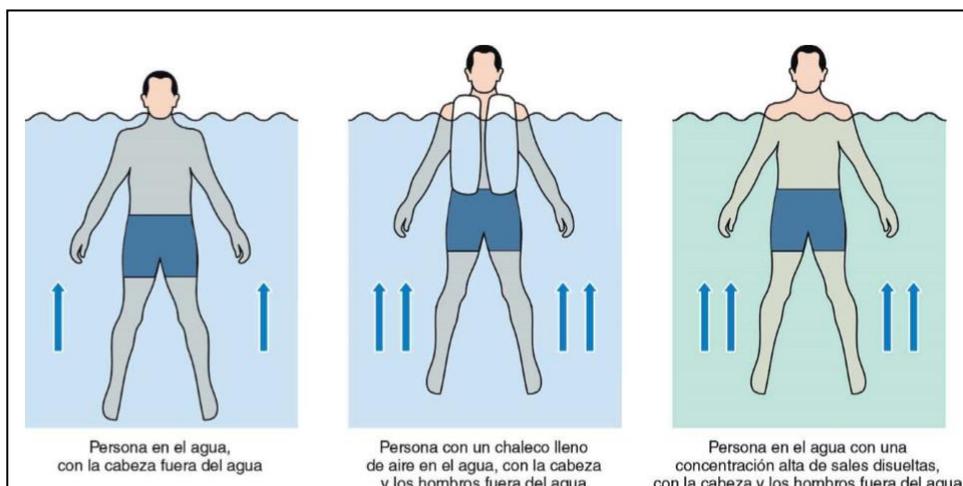
1.3 Principios Físicos del Agua

Cuando el ser humano se sumerge en el medio acuático, experimenta la acción de distintas leyes físicas, que modifican su comportamiento, siendo éstas el fundamento del uso de la terapia acuática en diversas disfunciones físicas, lo que quiere decir, que la suma de estas fuerzas inherentes a la inmersión, proporciona un medio físico apropiado, para realizar ejercicios y mejorar la aptitud cardiovascular (*Ottone et. Al., 2014*).

1.3.1 Flotabilidad

En la inmersión, una fuerza que se experimenta como un empuje hacia arriba sobre el cuerpo en sentido opuesto a la fuerza de la gravedad, esto se conoce como flotabilidad (*Cameron, 2013*). Según el principio de Arquímedes, afirma que un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido estático, será empujado con una fuerza igual al peso del volumen de fluido desplazado por dicho objeto. De este modo, cuando un cuerpo está sumergido en el fluido se genera un empuje hidrostático resultante de las presiones sobre la superficie del cuerpo, que actúa siempre hacia arriba a través del centro de gravedad del cuerpo del fluido desplazado y de valor igual al peso del fluido desplazado (*Mott, 2006*). La cantidad de líquido que desplaza depende de la densidad del cuerpo sumergido en relación con la densidad del líquido. Como la densidad del cuerpo humano es inferior a la densidad del agua, con una densidad específica de aproximadamente 0,974 comparada con la del agua, flota en la misma (*Cameron, 2013*). La inmersión de la mayor parte del cuerpo reduce el estrés y la compresión de las articulaciones que soportan carga, de los músculos y del tejido conjuntivo. La inmersión se puede utilizar también para ayudar a elevar partes debilitadas del cuerpo contra la gravedad o para ayudar al terapeuta a soportar el peso del cuerpo del paciente durante actividades terapéuticas (*Barker, 2014*) (figura N° I.3).

Fig. N° I.3: Efectos de la flotabilidad en la inmersión.



Fuente: Cameron, M. (2013). *Agentes Físicos En Rehabilitación*. Oregón: Elsevier

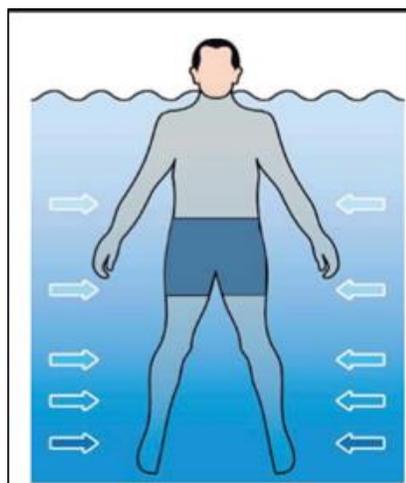
1.3.2 Presión Hidrostática

La presión hidrostática es la presión que ejerce un líquido sobre un cuerpo sumergido en dicho líquido (Fig. N° I. 4). Según la ley de Pascal, un líquido ejerce la misma presión en todas las superficies de un cuerpo en reposo a una profundidad determinada, y esta presión aumenta en proporción a la profundidad del líquido. El agua ejerce 0,73 mmHg de presión por centímetro de profundidad. Como la presión hidrostática aumenta según lo hace la profundidad de inmersión, la magnitud de la presión ejercida sobre las extremidades distales de un paciente sumergido en posición erecta es mayor que la que se ejerce sobre las partes más craneales del cuerpo (*Cameron, 2013*).

La presión Hidrostática, provoca importantes efectos sobre la circulación periférica y función cardíaca, sobretudo en inmersiones completas (a nivel de la séptima vértebra cervical), produciéndose una modificación del reparto sanguíneo, con una respuesta renal y aumento del retorno venoso, desde la periferia hacia el corazón, facilitando el trabajo del sistema cardiovascular; con un aumento del volumen plasmático, que disminuye la hemoglobina y hematocrito (*Barker et. Al., 2014*).

Por lo tanto al sumergirse en el agua, la compresión hidrostática se ejerce perpendicularmente a la superficie del cuerpo, modificando la presión transmural venosa, en el cual, la capacidad de las venas, normalmente distendidas, disminuyen, y al mismo tiempo, los espacios intersticiales son comprimidos, provocando un desplazamiento inmediato de sangre y uno más lento de líquidos intersticiales, especialmente útil en el edema transudado resultante del ortostatismo prolongado o de alteraciones vasculares (*Ottone et. Al., 2014*).

Fig. N° I. 4. Representación de la Presión Hidrostática en la inmersión

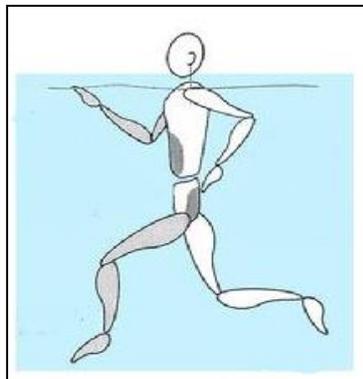


1.4 Deep Water Running Original

1.4.1 ¿Qué es el Deep Water Running Original?

El Deep Water Running consiste en un trote simulado, en una piscina lo suficientemente profunda de no dejar que los voluntarios toquen el fondo, manteniendo la cabeza por encima del nivel de agua con la ayuda de un dispositivo flotante. El movimiento en el DWR debe ser lo más similar posible a la carrera en la tierra. El atleta puede estar quieto - en ese caso está conectado a una cuerda pegado a la punta de la piscina haciendo el movimiento sin cambiar el sitio de la actividad o puede trotar libremente, por lo general con la longitud más grande. La cuerda puede ser utilizada para aumentar la resistencia, ayudar en la postura de mantener una posición más recta y facilitar el seguimiento de ejercicio (Figura N° I.5) (*Vilamitjana, 2013*).

Fig. N° I. 5. Representación Deep Water Running



Fuente: Rosenberg, (2016). *Aquatic and Land Based Physical Therapy*.

1.4.2 Fisiología de Deep Water Running

Se ha demostrado consistentemente que los valores máximos de consumo de oxígeno y de frecuencia cardiaca del Deep Water Running (DWR) son inferiores a los encontrados durante el entrenamiento en tierra firme (*Reilly, Dowzer & Cable, 2003*). Sin embargo, la evidencia reciente revela que el DWR, es una forma comparable de ejercicio de intensidad submáxima como los regímenes de caminadora en atletas bien entrenados (*Denning, 2010*). Por otra parte, cuando los sujetos eran mujeres de edad avanzada, estas respuestas fueron más altas durante el submaximal DWR, que durante la corrida en cinta rodante (*Broman, 2006*). Los resultados mostraron una mejora de la

capacidad de trabajo submáxima (una reducción del 3% en la FC de reposo), la potencia aeróbica máxima (un aumento de 10% en VO₂) y ventilación máxima (un aumento del 14%) con los efectos transferibles a actividades terrestres (*Broman, 2006*). Por lo tanto, los individuos sedentarios se benefician más que los atletas para mejorar la absorción máxima de oxígeno (*Reilly, Dowzer, Cable, 2003*). Las respuestas a los programas de entrenamiento han confirmado la eficacia de la corrida en aguas profundas, aunque las respuestas positivas son más evidentes cuando se miden en una prueba basada en agua. El rendimiento aeróbico se mantiene con el funcionamiento en aguas profundas durante hasta 6 semanas en atletas de resistencia entrenados (*Reilly, Dowzer & Cable, 2003*). De lo contrario, existen algunas pruebas limitadas de mejoría en las medidas anaerobias y en la fuerza de la parte superior del cuerpo en individuos que se involucran en el correr en aguas profundas (*Reilly y Ekblom, 2005*).

Una consideración relevante, es que el médico o practicante de medicina deportiva se centre en la física y biomecánica subyacente de correr en el agua para producir mejor los deseados resultados metabólicos, psicológicos y fisiológicos (*Killgore, 2012*).

1.4.3 Biomecánica Del Deep Water Running Original.

La técnica de DWR, la comodidad psicológica, la percepción del trabajo, los patrones de reclutamiento muscular y la cinemática en marcha son afectados por la física (es decir, la temperatura, la flotabilidad, la presión hidrostática, la gravedad específica y el arrastre) de correr en el agua (*Vilamitjana*).

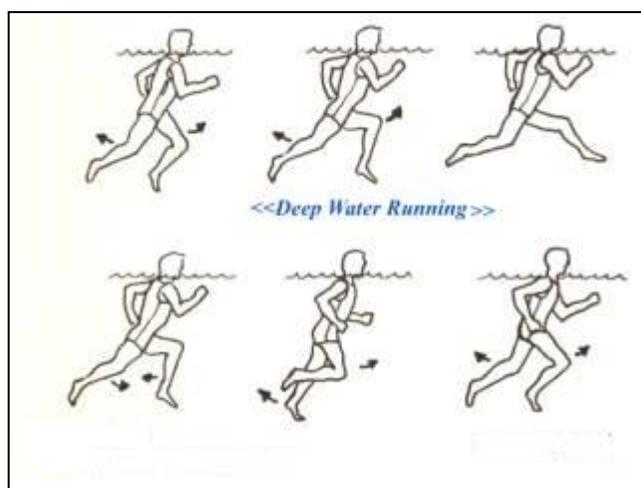
La técnica apropiada de DWR debe imitar los patrones de funcionamiento terrestre. La zancada debe ser muy similar a la del atleta con el fin de maximizar la especificidad del movimiento a correr en tierra. Una postura erguida con el tronco perpendicular a la superficie es la posición ideal de marcha, lo que permite la movilidad de la pelvis y la columna lumbar (*Killgore, 2012*).

En general, el agua está al nivel del hombro con la cabeza sostenida en una posición neutral mirando hacia adelante. El cuerpo se inclina ligeramente hacia adelante de una posición vertical. El movimiento del brazo debe ser idéntico al funcionamiento en tierra, con movimiento principalmente de la articulación del hombro. Las manos se mantienen en una posición de puño ligeramente cerrado para disminuir la probabilidad

de usar un movimiento de tipo "remada de perros". La pelvis se inclina hacia adelante. La flexión de la cadera alcanza una posición de aproximadamente 60°-90°, seguida por la extensión completa de cadera. La rodilla realiza una flexión completa, seguida de una extensión completa. El pie se mueve de aproximadamente 0° dorsiflexión en flexión completa de la cadera a aproximadamente 50°-70° de flexión plantar cuando la cadera está completamente extendida (Figura N° I.6) (*Kaneda, 2009*).

En conclusión, las actividades de nivel más alto durante el DWR se ven afectadas por un mayor movimiento de la articulación de la cadera e inclinaciones del cuerpo con una situación flotante inestable. DWR con la ayuda de un sistema de flotabilidad extra (es decir, traje con almohadillas de flotabilidad en tronco, delante y detrás) permite que la parte superior de la cabeza permanezca sobre el agua y ayuda en el mantenimiento de una posición vertical. El posicionamiento y el espesor diferente de las almohadillas de flotabilidad y de la parte posterior ayudan a sostener a una persona en la posición biomecánica correcta del cuerpo. Este es un concepto muy importante para mantener una ventilación adecuada, ya que el pecho ya está bajo una mayor tensión durante el DWR debido a la presión hidrostática del agua en la cavidad torácica (*Killgore, 2012*).

Fig. N° I.6. Biomecánica del Deep Water Running



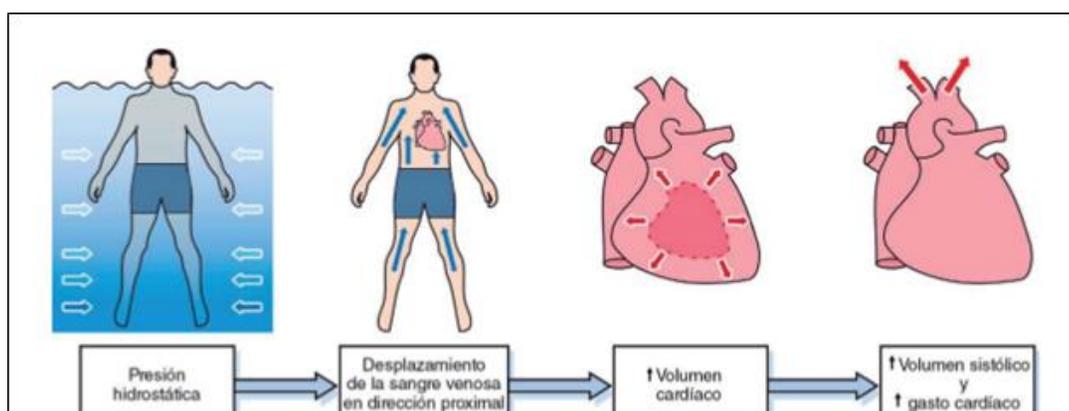
Fuente: Medeiros, N. cols . (2016). *Influence of different frequencies of deep water running on oxidative profile*. Elsevier, 2, 37-40.

1.4.4 Efectos en la frecuencia cardíaca y hemodinámica de la inmersión

El medio acuoso tiene propiedades físicas notablemente diferentes a las de tierra, y esas diferencias reflejan en diferentes respuestas fisiológicas entre los dos entornos. Las principales propiedades físicas relacionadas con los cambios fisiológicos dentro del agua son la conductibilidad termo, o más precisamente, la capacidad más grande para transferencia de calor en el medio acuático; la presión hidrostática que es probablemente responsable de los cambios en las respuestas cardiovasculares en una situación de reposo y en ejercicio y la fuerza de empuje, que actúa contra la gravedad y ayuda a la flotación del sujeto (*Vilamitjana, 2013*). La presión hidrostática, determinante de la fuerza de flotación, produce efectos importantes sobre la circulación periférica, función cardíaca y función respiratoria. Independientemente de que la aplicación hidroterápica sea fría o caliente, la inmersión completa va a provocar cambios importantes en el sistema cardiocirculatorio (*Killgore, 2012*).

El aumento del gasto cardíaco contrasta con el descenso de la frecuencia cardíaca que se produce en respuesta a la inmersión en agua (*Cameron, 2013*). Por tanto, existen bases fisiológicas para utilizar el ejercicio en el agua para el acondicionamiento y la rehabilitación cardíaca (*Ottone et. Al., 2014*). Además, una serie de estudios han demostrado que se producen efectos del entrenamiento cardiovascular, incluyendo descenso de la frecuencia cardíaca de reposo, en sujetos sanos en respuesta a programas de ejercicio en el agua (*Cameron, 2013*) (Fig. N°I.7).

Fig. N° I.7. Efectos Cardiovasculares de la Inmersión.



Fuente: Cameron, M. (2013). *Agentes Físicos En Rehabilitación*. Oregón: Elsevier

Mediante la realización del Deep Water Running podemos observar además, cambios hemodinámicos en donde se produce un notable incremento del rendimiento cardíaco, de aproximadamente el 50%. Esto implica un aumento del volumen de eyección (*Denning, 2010*). También se produce un aumento del flujo sanguíneo periférico, debido a un descenso de las resistencias periféricas, además el retorno venoso aumenta por la presión hidrostática, llevando más volumen de sangre al corazón, elevando la precarga, siendo muy beneficioso en las personas con insuficiencia cardiaca congestiva, al disminuir edemas periféricos, regular el tono simpático por el Péptido natriurético (PNA) y aumentar el volumen sistólico, se produce un descenso en la concentración de hemoglobina, el número de células y la concentración de albúmina (*Jorgic, 2012*).

Por otra parte, el ejercicio en agua genera un *shear stress*, sobre el endotelio, lo que desencadena la liberación de óxido nítrico (NO), provocando una vasodilatación, reduciendo la resistencia periférica total, favorable para las personas hipertensas, además, se estimula la diuresis (orina) y natriuresis (eliminación de sodio), potenciando aún más su disminución (*Fernández, 2009*).

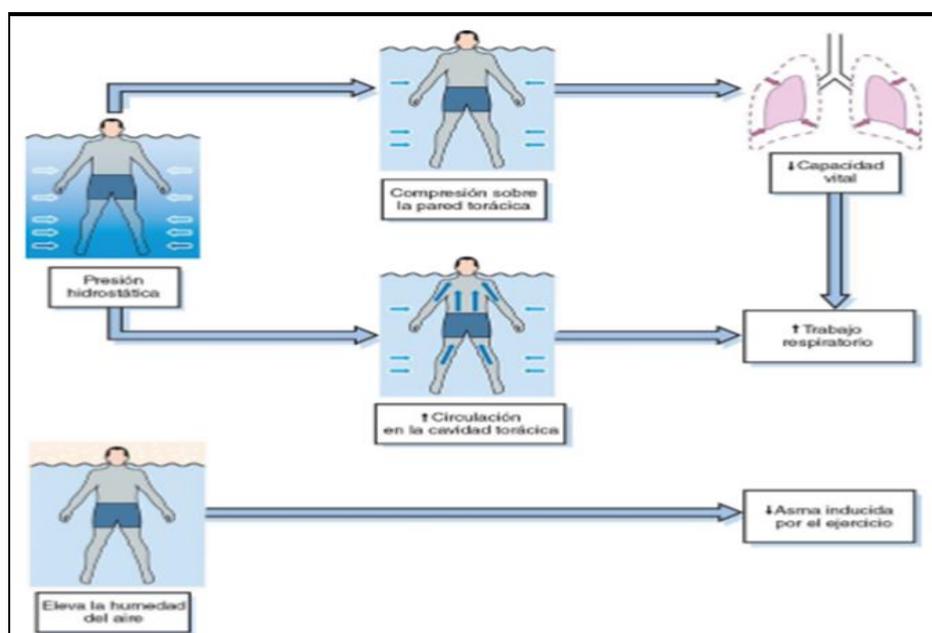
En consecuencia, la resistencia cardiovascular es mayor, al mejorar la redistribución de los fluidos plasmáticos, que permiten trabajar a más altas intensidades, sin fatigarse, porque no hay impacto articular y los movimientos son más fáciles de realizar, con menores torques (*De la Serna, 2010*).

En estudios similares podemos encontrar que quienes realizan la práctica del DWR presentan una disminución en el consumo de oxígeno, así como también presenta una frecuencia cardíaca máxima menor que quienes realizan el homólogo en tierra, porque existe una menor estimulación al sistema simpático, también se observan que se generan menores concentraciones de adrenalina (*Vilamitjana, 2013*). Por otra parte podemos mencionar que la actividad del sistema simpático es menor, por el hecho de que se deriva de diversos factores, entre ellos, la presión hidrostática y la presión barorrefleja, determinando la facilidad del retorno venoso. Además de estos factores también influye el factor termodinámico que sería el calor corporal facilitando el intercambio con el medio ambiente debido a la mayor densidad del agua (*Peyré-Tartaruga, 2006*).

1.4.5 Efectos sobre la función respiratoria

La presión hidrostática sobre el cuerpo humano, debido a las diferentes resistencias que se oponen a ella, comprime más el abdomen que el tórax (La presión ejercida por el agua hace disminuir los perímetros torácico (1 a 3,5 cm) y abdominal (entre 2,5 y 6,5 cm). El diafragma es impulsado hacia arriba y los músculos respiratorios se ven sometidos a un mayor esfuerzo. En la inmersión completa se produce una sobrecarga de los músculos inspiratorios, lo que dificulta la inspiración y facilita la espiración. Aumenta la presión intratorácica, modificando la función respiratoria y disminuye el volumen residual. (Fig. N° I.8). (Cameron, 2013).

Fig. N° I.8 Efectos respiratorios de la inmersión.



Fuente: Cameron, M. (2013). *Agentes Físicos En Rehabilitación*. Oregón: Elsevier.

1.4.6 Deep Water Running Modificado.

Al momento de hablar del DWR original nos referimos a grandes rasgos, al trote en aguas profundas, el cual se realiza con un sistema de flotación en donde los sujetos se encuentran trotando en el mismo lugar sin desplazarse a lo largo de la piscina, sin embargo para efectos de este estudio se realizó una serie de modificaciones con respecto al original, en el cual se incluyó un entrenamiento interválico de alta intensidad o HIT en combinación con el trote, así como también se incorporó tocar el suelo con los talones, lo que significa un cambio a nivel de masa ósea y por último nuestros sujetos en estudio se desplazaban a lo largo de la piscina a diferencia del DWR original.

1.4.6.1 High-intensity Interval Training (HIT).

El HIT o también conocido como entrenamiento de intervalos, implica una repetición de cortos periodos de ejercicios a una alta intensidad que pueden oscilar entre 5 segundos y 8 minutos de duración y se realizan del 80% al 95% de la frecuencia cardíaca máxima estimada de una persona o un " muy duro" a " muy, muy duro" dentro valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado según la escala de Borg Original de 0 a 20 (*Guiraud, 2012*). Este entrenamiento es intercalado con periodos de recuperación de baja o mediana intensidad, lo ideal es que no se detenga completamente (*Fader, 2013*).

El HIT se caracteriza por ser muy variable, así como también las adaptaciones fisiológicas específicas que puede inducir este tipo de entrenamiento, se determinan a través de los factores que influyen en la naturaleza precisa del estímulo del ejercicio, el cual depende del objetivo, como por ejemplo la intensidad, duración y la actividad que se realiza durante el periodo de recuperación, cuando se realiza la comparación entre la base de trabajo o el gasto de energía que se estima es equivalente, es el HIT una alternativa eficaz al entrenamiento tradicional de resistencia y mejora de aptitud cardiorrespiratoria (*Gibala, 2012*).

Se considera que es de alta intensidad cuando es desarrollado por encima de un esfuerzo percibido superior, el beneficio que se adquiere en la acumulación de mayor cantidad de un estímulo de ejercicio de alta intensidad de forma intervalada, en comparación con la situación alternativa, en la que se realiza de manera sostenida un trabajo de alta intensidad para toda la sesión del ejercicio. El HIT está asociado con un alto grado de esfuerzo físico, fatiga y malestar agudo, pero cuando se aplica de manera periódica y con los adecuados intervalos de recuperación, se demuestra que produce mejoras relativamente rápidas en el rendimiento de resistencia durante un periodo de 2-4 semanas (*Fader, 2013*).

El HIT está diseñado para optimizar las adaptaciones al entrenamiento, debido a que una de las principales barreras para la participación por parte de personas sedentarias a los programas de ejercicios es la percepción de falta de tiempo (*Salmon et al., 2003*), una de las solicitudes del entrenamiento de HIT ha sido que potencialmente representa una manera más eficiente de cumplir los objetivos adaptativos de entrenamiento de ejercicio. De hecho, *Gillen et al (2014)* han demostrado que tan sólo

tres sesiones de 10 minutos semanales, con sólo 3 x 20s de alta intensidad, podrían afectar tanto la capacidad oxidativa muscular como varios marcadores de salud cardiovascular (*Foster et al., 2015*).

Dentro de algunos beneficios anaeróbicos del HIT a nivel cardiovascular se encuentran, una mejor estructura y función vascular periférica, viéndose también favorecida la angiogénesis, además la función endotelial, evaluada mediante la dilatación mediada por flujo de la arteria braquial, se mejora en mayor medida después del HIT (*Foster et al., 2015*). Otros estudios han documentado cambios benéficos en varios componentes de la presión arterial en reposo, sin embargo, parece que este tipo de remodelación cardíaca requiere una mayor duración del entrenamiento y un mayor volumen de ejercicio que la carga necesaria para alterar la capacidad cardiorrespiratoria o la estructura y función vascular periférica (*Gibala, 2012*).

Podría ser que las breves e intensas ráfagas de actividad con HIT, incrementen el estrés vascular y periférico, mientras que efectivamente "aislan" el corazón de esas tensiones, debido a la breve duración de los episodios de ejercicio. Este aislamiento central relativo, permite que los individuos entrenen a intensidades mucho más altas sin estresar al corazón causando distorsiones de estimulación y cargas de estímulo efectivas entre los componentes centrales y periféricos del sistema cardiovascular (*Foster et al., 2015*).

Boidin (2015), Realizó un en que comparó los efectos de 12 semanas de HIT vs. un entrenamiento aeróbico intensidad moderada continua, sobre la recuperación de la frecuencia cardíaca y la variabilidad de la frecuencia cardíaca en los pacientes con síndrome coronario post-agudo, los resultados sugieren que el HIT mejora la recuperación de la frecuencia cardíaca en este tipo de pacientes y puede dar lugar a una mayor reactivación parasimpática durante el período de recuperación de 5 minutos, sin embargo no se observaron efectos de un entrenamiento aeróbico continuo de intensidad moderada sobre la regulación autonómica de la función cardiovascular. En pacientes con síndrome coronario post-agudo, el HIT parece seguro y no aumenta las arritmias ventriculares.

Es importante saber cómo comenzar un entrenamiento HIT en sujetos sedentarios, las personas que han estado viviendo estilos de vida más sedentarios o períodos de inactividad física pueden tener un mayor riesgo de enfermedad coronaria al

ejercicio de alta intensidad. Antecedentes familiares, tabaquismo, hipertensión, diabetes (o pre-diabetes), niveles anormales de colesterol y obesidad aumentarán este riesgo (*Kravitz, 2014*).

El modelo más común empleado en los estudios de HIT de bajo volumen ha sido la prueba "*Wingate*", que consiste en un esfuerzo de 30s con una carga de trabajo supra-máxima. Los sujetos realizan, 4 segundos de recuperación, por un total de 2-3 minutos de intensidad. Sin embargo, el HIT basado en *Wingate* es extremadamente exigente y puede no ser seguro, tolerable o atractivo para algunos individuos sedentarios. Para ello, se piensa diseñar un modelo práctico de HIT de bajo volumen que es eficiente en el tiempo y que también tiene una aplicación más amplia a diferentes poblaciones, en especial personas poco activas (*Gibala, 2012*).

La relación entre el trabajo y el intervalo de recuperación es importante. Muchos estudios usan una relación específica de ejercicio a recuperación para mejorar los diferentes sistemas energéticos del cuerpo. Por ejemplo, una proporción de 1: 1 podría ser una pelea de 3 minutos de trabajo duro (o de alta intensidad) seguida de una recuperación de 3 minutos (o de baja intensidad) (*Foster, 2015*). Otro protocolo de entrenamiento HIIT popular se llama el "Método del entrenamiento del intervalo de Sprint". Con este tipo de programa, el ejercitador realiza unos 30 segundos de "Sprint o esfuerzo casi completo", seguidos de 4 a 5 minutos de recuperación. Esta combinación de ejercicio se puede repetir de 3 a 5 veces. Estos esfuerzos de trabajo de mayor intensidad suelen ser períodos más breves. De esta forma logramos trabajar el HIT de forma segura, independientemente de la edad, sexo y si su nivel de condición física es muy bajo (*Kravitz, 2014*).

1.5 Diferencias del Deep Water Running y su Homólogo en tierra

A diferencia del protocolo Deep Water Running (DWR), el que fue descrito anteriormente y el cuál fue utilizado para este proyecto, la aplicación de su homólogo en tierra posee diversas características que los diferencian el uno con el otro, tanto a nivel cardiovascular como biomecánico.

1.5.1 Diferencias en la frecuencia cardíaca y Hemodinámicas

Los cambios que experimenta constantemente nuestro sistema cardiovascular se hacen más potentes durante el ejercicio en tierra, situación de gran demanda metabólica por parte, especialmente, del tejido muscular y cardiorrespiratorio (*Fernández Vaquero, 2006*) a diferencia del hecho de someterse a un entrenamiento en piscina, por los efectos fisiológicos que produce la inmersión anteriormente descritos.

Cuando se comienza a realizar ejercicio, la frecuencia cardíaca aumenta directamente en proporción al incremento de la intensidad del ejercicio hasta llegar a un punto cercano al agotamiento, en cambio en agua, las frecuencias cardíacas máximas no se alcanzan, producto del aumento del volumen sistólico, debido al aumento del retorno venoso por la presión hidrostática (*Vizcaino, 2013*).

Para conseguir el objetivo, la función cardíaca durante el ejercicio experimenta una serie de cambios fundamentales que podemos concretar en un aumento del gasto cardíaco, el cual es uno de los primeros factores que responde al entrenamiento en tierra (*Fernández Vaquero, 2006*), que depende del aumento de la frecuencia cardíaca que puede ser tres o más veces el valor basal en el ejercicio en tierra, y del volumen expulsivo sistólico, que puede alcanzar hasta el doble de su nivel en reposo, con un aumento inicial del volumen de fin de diástole en función de un incremento del retorno venoso (*Yañez, 2012*).

Un factor de suma importancia en los cambios hemodinámicos está implicado en la producción del óxido nítrico el cual actúa a nivel de la función endotelial de los vasos, tanto aguda como crónica en la vasodilatación dependiente del endotelio en las arterias periféricas, la cual es altamente sensible a la naturaleza del estrés mecánico, el cual se modula por las propias características del trabajo realizado, involucrando la modalidad, intensidad, duración del esfuerzo y el entrenamiento, siendo el Óxido Nítrico (NO) un mediador metabólico entre la circulación sanguínea y la masa muscular, permitiendo la entrega de sustratos energéticos a los músculos implicados en el trabajo y así explicando el incremento de la vasodilatación periférica inducida por el ejercicio (*Fernández, 2009*).

Por otra parte, el Péptido natriurético (PNA) actúan activando al NO, el cual cumple una función de vasodilatar a través de la relajación de la musculatura lisa, además generan acciones diuréticas y vasodilatadoras el PNA modula el SNS

sensibilizando las terminaciones nerviosas de los eferentes de los barorreceptores arteriales y cardíacos, inhibiendo la transmisión simpática ganglionar y por acción sobre el SNC, También participan en la regulación del tamaño miocárdico, es decir actúan inhibiendo la hipertrofia y la fibrosis. El PNA inhibe la hipertrofia de los miocitos cardíacos (*De la Serna, 2010*).

1.5. 2 Diferencias Biomecánicas

Cuando se realiza una comparación biomecánica entre el DWR y un entrenamiento en tierra, existen autores como *Reilly, (2003)*, quienes establecen que las leyes fundamentales de la física pueden aplicarse a cualquier ejercicio realizado en agua; mientras que la gravedad actúa como un factor prominente durante el rendimiento en tierra, la flotabilidad puede hacer que el cuerpo se mueva hacia la superficie y resiste a un cuerpo que se aleja de la superficie del agua, por lo tanto esto puede dar lugar a las variaciones mecánicas durante los dos modos de entrenamiento, por lo que además la resistencia que está otorgando el agua al cuerpo durante la locomoción acuática es mucho mayor que en tierra. (*Killgore, 2012*). (*Jorgic, 2012*).

Diversos estudios hablan sobre la biomecánica del DWR y como este influye en el proceso de rehabilitación de sujetos que hayan sufrido una lesión principalmente a nivel inferior, debido a que en un entrenamiento normal o cualquier actividad que sea en tierra somete a una compresión que es inevitable, destacando que los pies harán un contacto con el suelo de 600 a 1200 veces por kilómetro, lo que provoca fuerzas de reacción del suelo de dos a tres veces la masa corporal (*Jorgic, 2012*). Muchos entrenadores apoyan el uso del DWR para reducir el riesgo de lesiones, por lo que han descubierto que ofrece más millas, menos riesgos y grandes recompensas. (*Killgore, 2012*).

La evidencia experimental demuestra que el DWR reduce la carga espinal y la probabilidad de que existan dolores a nivel de la espalda baja, se sometieron sujetos a estudio entre DWR y un trabajo en tierra, los resultados apoyaron el hallazgo de que el DWR reducía la compresión de la columna vertebral. (*Jorgic, 2012*).

Los autores *Moening, et al. (1993)* encontraron grandes diferencias en el rango de movimiento en las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo, en los cuales se demostró que existía un aumento en el movimiento en la cadera, así como también de velocidad durante la marcha en tierra, a diferencia del DWR en donde hubo una

disminución del rango de movimiento en la cadera. Al momento de comparar otros autores (*Kruel, Peyre-Tartaruga, Larronda, Loss y Tartaruga, 2002*) encontraron que la frecuencia y la longitud de zancada son más cortos en el DWR que en una marcha en tierra, encontrando que en agua la actividad del soleo y de gastrocnemio era menor, este factor atribuye al DWR una significativa y muy probable alteración en la coordinación y por lo tanto un cambio en los patrones de activación muscular que típicamente se experimentan durante una marcha en tierra (*Killgore, 2012*).

CAPITULO II

MARCO METODOLOGICO

2.1 Planteamiento del problema

La población sedentaria en Chile cada año ha ido aumentando, debido a los estilos modernos de vida que se consideran como la epidemiología del siglo XXI en donde el porcentaje que realiza actividad física está muy bajo, en cuanto a la cantidad en número de población, hace referencia que quienes nunca han practicado ejercicio durante su vida, tendrán una menor capacidad de esfuerzo a la hora de la práctica deportiva (*Roldán, 2013*). Se ha demostrado que estar mucho tiempo en ausencia de actividad física, reducirá la salud metabólica, asociado a una anomalía en el metabolismo de la glucosa, como al síndrome metabólico (*Cristi-Montero, 2014*).

La OMS en el año 2010, estimó que 3,2 millones de muertes son resultado de la inactividad física, por lo cual se convierte en el cuarto factor de riesgo más importante, convirtiéndose en un potente predictor a enfermedades cardiometabólicas. (*Cristi-Montero, 2014*).

Según la Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deportes en la Población de 18 años y más, realizada en el 2015 por el gobierno de Chile, existe un 68,1% que no realiza actividad física y/o deporte, de los cuales un 80,2% realiza actividad física y/o deporte menos de tres veces a la semana, por un tiempo menor a treinta minutos, desde ese porcentaje solo el 12% realiza alguna actividad dos o menos días a la semana, siendo el 68,2% quienes se encuentran inactivos y no realizan ninguna actividad, dentro de los cuales un 35,1% realizaba anteriormente ejercicio y un 33,1% nunca han practicado ejercicio.

La OMS, con respecto a la actividad física y a la salud, afirma que la actividad física se vincula con la salud y calidad de vida, como una estrategia o intervención

efectiva que permite mejorar la autopercepción, los niveles de satisfacción de los individuos aumentan, existen reconocidos beneficios desde lo biológico, psicosocial y cognitivo, generando énfasis en el factor protector que se desarrolla cuando un sujeto lleva una vida sana, evitando así de esta manera la instauración de enfermedades cardiometabólicas (*Claros, 2011*).

2.2 Pregunta de investigación

¿Habrá diferencias en la Frecuencia Cardiaca de Reserva después de ocho sesiones del protocolo Deep Water Running modificado versus tierra, en sedentarios entre 18 y 23 años de la Universidad Católica Silva Henríquez?

2.3 Justificación

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), una gran proporción de personas en el ámbito mundial, se encuentran en riesgo de padecer algún tipo de enfermedades cardiometabólicas; como resultado de la disminución del gasto de energía y consecuentemente aumento en la grasa corporal, producto de comportamientos sedentarios y falta de actividad física. (*Lavielle-Sotomayor, 2015*).

Se realiza a través de ejercicio aeróbico, el cual busca durante un periodo, mantener de forma continua y rítmica una actividad, por lo cual éste, requiere más energía, y por ende, más oxígeno debido a la duración a la que se encuentra sometido el sujeto, debido a ser sedentario por la falta de condicionamiento al ejercicio, presenta pérdida de coordinación, balance y pérdida de la capacidad cardiopulmonar, es por esto, por lo cual se consideró el trote como una buena opción para comenzar a someter al sujeto a entrenamiento (*Patel, 2017*).

Se consideró el HIT por estar asociado con un alto grado de esfuerzo físico, fatiga y malestar agudo, pero cuando se aplica de manera periódica y con los adecuados intervalos de recuperación se demuestra que se producen mejoras en el rendimiento de resistencia durante un periodo de dos a cuatro semanas (*Fader, 2013*).

La idea de comparar en agua, es por el hecho de los múltiples beneficios que esta nos entrega debido a las propiedades que posee, uno de estos es la presión hidrostática, la cual provoca efectos sobre la circulación periférica, disminuyendo el gasto cardiaco y acelerando procesos fisiológicos (*Vilamitjana & Nelson, 2013*).

Se estima que los cambios serán positivos en ambos protocolos, pero que será más evidente en quienes lo realicen en agua, debido a que la literatura, afirma el concepto acerca de los cambios fisiológicos, haciendo énfasis en los valores máximos de consumo de oxígeno y de la frecuencia cardiaca, los cuales serán inferiores a quienes realizaron el entrenamiento en tierra, el ejercicio en agua produce efectos positivos debido a las características físicas de la inmersión en agua, tales como la flotabilidad, presión hidrostática, viscosidad y a temperaturas específicas del agua por lo que los sujetos no alcanzaran sus frecuencias cardiacas máximas, por el hecho de que aumenta el volumen sistólico, generando que exista mayor eyección de sangre y haga su recorrido más rápido. Es por esto que se estima que el consumo de energía sea mayor para quienes realizan trabajo en agua, independiente de la frecuencia debido a la resistencia que esta otorga, las investigaciones postulan que el DWR es un medio eficaz para producir cambios a nivel cardiorrespiratorios. Se demostró que realizar ejercicio al 60% del consumo máximo de oxígeno en tierra equivale al 85% del consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio en aguas profundas (*Jorgic, 2012*).

2.4 Variables

2.4.1 Variable independiente: Deep Water Running y su homólogo en tierra.

2.4.2 Variable dependiente: Frecuencia cardiaca de reserva.

2.4.3 Variable interviniente: Clima, temperatura, humedad, ambiente, genero, IMC, consumo de tabaco.

2.5 Objetivos

2.5.1 Objetivo General

Evaluar la Frecuencia Cardiaca de Reserva en estudiantes sedentarios entre 18 y 23 años, sometidos a ocho sesiones del protocolo Deep Water Running versus su homólogo en tierra.

2.5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la frecuencia cardiaca máxima, de reposo y reserva antes de la intervención.

- Evaluar la frecuencia cardiaca máxima, de reposo y de reserva después de la intervención.
- Comparar y explicar las diferencias en la frecuencia cardiaca de reposo después de la intervención de los sujetos sometidos al protocolo en agua y en tierra.
- Comparar y explicar las diferencias en la frecuencia cardiaca de reserva después de la intervención de los sujetos sometidos al protocolo en agua y tierra.

2.6 Metodología

2.6.1 Materiales

- Cancha plana y libre de obstáculos.
- Piscina de la Universidad Católica Silva Henríquez.
- Flotadores.
- Silbato.
- Planilla de evaluación del test de naveta
- Oxímetro de pulso.

2.6.2 Diseño metodológico

2.6.2.1 Tipo de estudio: Es experimental, porque existe una manipulación intencional de la variable independiente, hay medición de la variable dependiente, se realiza una comparación entre dos grupos, y los participantes han sido asignados al azar, y el longitudinal porque se realiza durante un periodo de tiempo (*Hernández, 2014*).

2.6.2.2 Diseño de estudio: Caso estudio, descriptivo-prospectivo-correlacional.

2.6.2.3 Área de estudio: Terapia acuática, fisiología del ejercicio.

2.6.3 Muestra

El caso estudio se conforma mediante 8 sujetos que participaron de la investigación, los cuales fueron informados en primera instancia, a través del consentimiento informado, luego de esto, realizaron un protocolo de evaluación, para tomar un registro de sus capacidades máximas, y por consiguiente poder separar la muestra, se dividió en 4, en donde una mitad realizó un protocolo de entrenamiento en tierra conformado por tres mujeres y un hombre y el otro en agua con la misma distribución, los cuales fueron observados por los tesisistas durante 8 sesiones .

2.6.4 Protocolos de participación

2.6.4.1 Criterios para que los participantes pudieran ser parte del caso

- Ser estudiante regular de la UCSH.
- Ambos géneros con rango de edad entre 18-23 años.
- Ser sedentario (no realizar ejercicio físico más de 90 min. a la semana).
- Cumplir con la realización del Test de Naveta.
- Estar cursando el segundo o tercer año de la carrera de kinesiología.
- Estar cursando el ramo de pediatría al momento de realizado el estudio.
- Adherencia al estudio de acuerdo al consentimiento informado.

2.6.4.2 Criterios por los cuales los participantes no pudieron ser parte del estudio

- Realizar actividad física más de dos veces por semana o más de 90 min. a la semana.
- Estudiantes que fueran mayores de 23 años.
- Estudiantes que presentaran una patología cardiovascular.
- Presencia de heridas abiertas para el grupo de piscina
- Estudiantes que faltaran a una sesión de intervención tanto en agua como en tierra.
- Realización de actividad física en las 12 horas previas a la ejecución de la prueba.
- Consumo de alcohol, tabaco, café y/o drogas de cualquier tipo 24 horas previas a la realización de la prueba del test de esfuerzo.

2.6.5 Operacionalización de las variables.

Variables Independientes (Deep Water Running y su Homólogo en Tierra):

Deep Water Running el cual, traducido al español, significa "Carrera en aguas profundas", que corresponde a un método de preparación física y de evaluación, que básicamente consiste en simular una carrera a gran profundidad dentro de una piscina (*Killgore, 2012*).

El DWR consiste en un trote simulado, en una piscina lo suficientemente profunda de no dejar que los voluntarios toquen el fondo, manteniendo la cabeza por encima del nivel de agua con la ayuda de un dispositivo flotante (chaleco o cinturón). El movimiento en el DWR debe ser lo más similar posible a la carrera en la tierra (*Killgore, 2012*).

El atleta puede estar quieto en ese caso está conectado a una cuerda pegado a la punta de la piscina haciendo el movimiento sin cambiar el sitio de la actividad o puede trotar libremente, por lo general con la longitud más grande. La cuerda puede ser utilizada para aumentar la resistencia, ayudar en la postura de mantener una posición más recta y facilitar el seguimiento de ejercicio (*Vilamitjana, 2013*).

Variable dependiente (Frecuencia Cardíaca de Reserva):

La Frecuencia Cardíaca de entrenamiento o la Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCres), la podemos definir como el establecimiento de un ritmo en pulsaciones por minuto (ppm) que el individuo debe utilizar para lograr aquella intensidad que le procure el estímulo necesario para producir la pretendida supercompensación posterior y la consecuente mejora de su rendimiento (*Zabala, 2007*). Para poder obtener el resultado de la FCres se realiza mediante la fórmula que es $FCR - FC_{m\acute{a}x}$. (*Aguayo y Lagos, 2012*).

La Frecuencia cardíaca de reserva será evaluada mediante la realización de un test de esfuerzo de naveta, la cual podrá permitir lograr obtener las frecuencias cardíacas máximas reales de cada sujeto, esto después se va a restar con las frecuencias cardíacas de reposo.

2.6.6 Procedimientos

Para clasificar los estudiantes se privilegió que fueran sedentarios y/o que no realizaran actividades deportivas por lo menos hace tres meses, que estuvieran cursando el ramo de pediatría en la UCSH y además estuvieran en los rangos de edad de 18 y 23 años, se les solicitó una reunión para explicar cómo serían los procesos que se llevarían a cabo durante el caso estudio y por consiguiente la entrega y posterior firma del consentimiento informado (ANEXO N° 1) en una segunda reunión, se realiza la toma de las primeras evaluaciones en las cuales se registraron datos personales y sus frecuencias cardíacas (ANEXO N° 2) esto se realizó aplicando el Test de Naveta para todos los estudiantes interesados.

En la realización del protocolo del test de naveta se tomaron los registros en distancia e intensidad de manera individual (ANEXO N°3) al finalizar el test se volvieron a registrar los valores de su frecuencia cardíaca, a los 3 minutos y a los 5 minutos de finalizado el test.

Luego se solicitó un horario fijo para las sesiones de piscina y en tierra, las cuales fueron dos días a la semana martes y jueves en el horario de almuerzo, en donde se llevaron a cabo ambos protocolos de intervención tanto el protocolo de Deep Water Running modificado y su homólogo en tierra (ANEXO N° 4), las intensidades se trabajaron a través de la percepción de esfuerzo de manera individual para cada sujeto.

La intensidad del ejercicio percibida por los sujetos, se controló mediante la escala de Borg original, en donde se les mostraba las diferentes caras de cansancio que se presentaban en la tabla, en donde ellos debían tener la misma sensación de cansancio que allí salían, según el nivel de intensidad que se les pedía en las sesiones de entrenamiento (ANEXO N° 5).

Finalmente se estudiaron y analizaron las variables en cuestión en base a las herramientas estadísticas descritas en el Capítulo de Resultados, para el análisis de las variables se realizaron histogramas a través del programa Excel 2015 y descripciones estadísticas básicas, las cuales nos entregaba la media, la mínima y la máxima, en el programa Minitab.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1 Resumen Estadísticas Descriptivas de los sujetos.

De la muestra intervenida en el caso estudio, el 25% corresponde a hombres y el 75% a mujeres (Gráfico N° III.1), todos en condición sedentaria, pertenecientes como alumnos de la Universidad Católica Silva Henríquez, cuya media de edad fue de 21,3 en peso la media fue de 66,15 kgr de masa corporal, su talla media fue de 161 cm y la media del IMC fue de 25,09.

Gráfico N° III. 1. Porcentaje de hombres y mujeres participantes en el caso estudio.

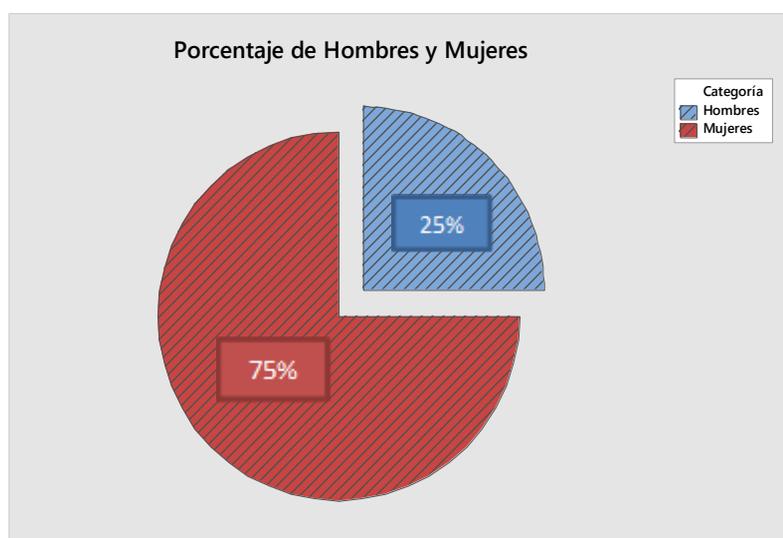


Tabla N° III.1. Descripción estadística de la muestra.

| Variable | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo |
|--------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| EDAD (años) | 21,303 | 1,471 | 18,000 | 22,000 | 23,427 |
| PESO (kgr) | 66,15 | 17,03 | 50,70 | 58,00 | 96,00 |
| TALLA (mts) | 1,61 | 55,7 | 1,53 | 1,66 | 1,69 |
| IMC (kg/m2) | 25,09 | 5,42 | 19,26 | 23,64 | 34,84 |

3.2 Resultados Descriptivos de las frecuencias cardiacas antes de la intervención

En este estudio se realizó una toma de datos entre las frecuencias cardiacas máximas, de reposo y reserva, pre y post intervención, observando en ellas, que se presentó luego de la intervención una disminución en la frecuencia cardiaca de reposo y aumento de la FC de reserva en comparación a la anterior, a continuación en la tabla N° III.2, se detallan los datos mencionados anteriormente, en los cuales se expresa la media de cada una de ellas antes de la intervención.

Tabla N° III.2. Frecuencia Cardiaca de reposo, reserva y máxima pre intervención.

| Variable | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo |
|--------------------------------|-------|-----------|--------|---------|--------|
| FC reposo (Lat/min) | 80,63 | 8,93 | 67,00 | 82,50 | 94,00 |
| FC de reserva (Lat/min) | 63,9 | 30,5 | 24,0 | 70,0 | 108,0 |
| FC máxima (Lat/min) | 144,5 | 32,1 | 105,0 | 156,5 | 190,0 |

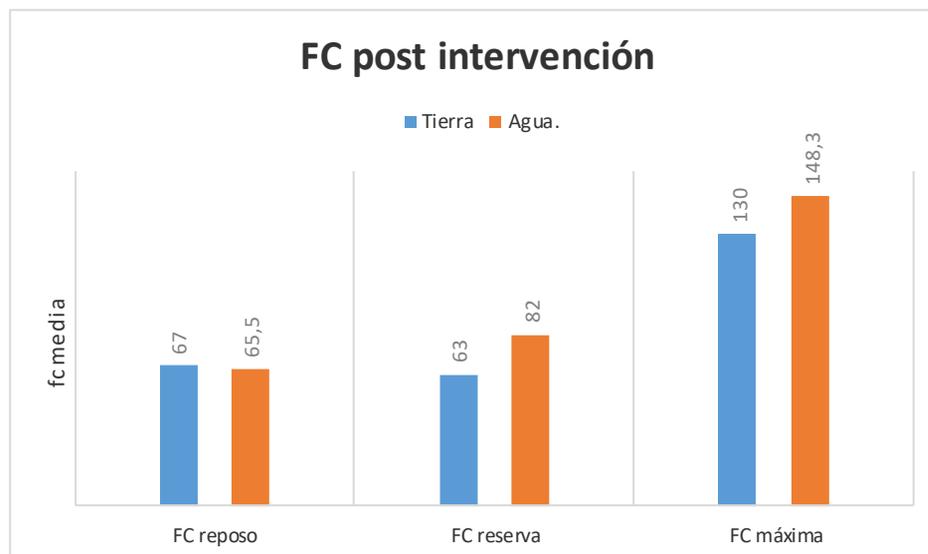
3.3 Frecuencia Cardiaca de reposo, reserva y máxima en todos los sujetos post intervención.

Con respecto a la descripción estadística tanto de la frecuencia cardiaca de reposo como también la de reserva en el total de los sujetos, se puede analizar a través de la media, que en relación a la descripción presentada en la tabla N° III.3, hubo una disminución en relación a la frecuencia cardiaca de reposo, pero se generó un aumento de la media en la frecuencia cardiaca de reserva.

Tabla N° III.3. Frecuencia Cardiaca de reposo y reserva en todos los sujetos post intervención.

| Variable | Tierra | Agua. |
|-----------------------------|--------|-------|
| FC reposo (Lat/min) | 67,0 | 65,5 |
| FC reserva (Lat/min) | 63 | 82 |
| FC máxima (Lat/min) | 130 | 148,3 |

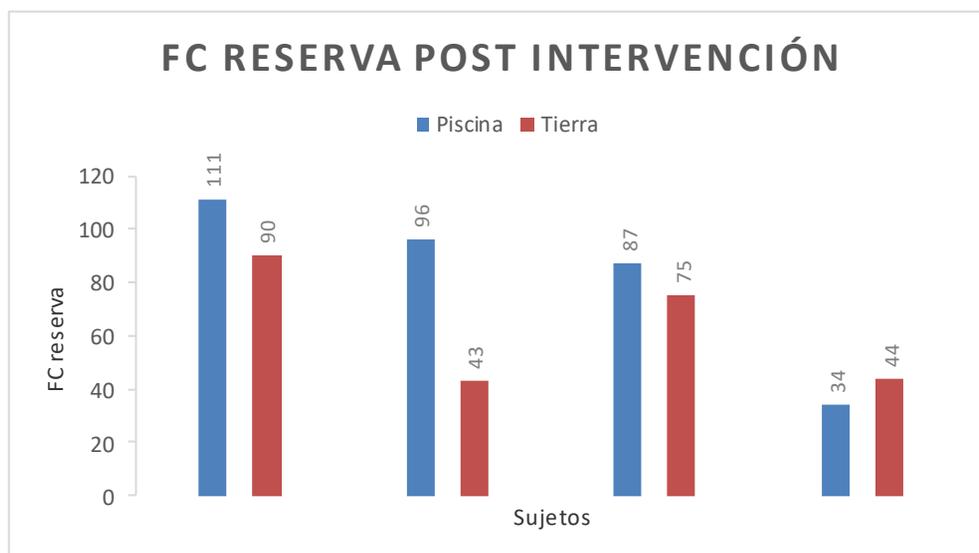
Grafico N° III. 2. Frecuencia Cardiaca después de la intervención



3.4 Frecuencias cardiacas de reserva después de la intervención

Las frecuencias cardiacas de reserva después de la intervención presentan un cambio en ambos grupos, tanto en quienes fueron sometidos al entrenamiento del Deep Water Running modificado en agua y quienes participaron en el protocolo en tierra, siendo mayor en agua. (Gráfico N° III. 3).

Grafico N° III 3. Frecuencia cardiaca de reserva post intervención



CAPITULO IV

DISCUSIÓN

El objetivo del estudio, fue evaluar la frecuencia cardíaca de reserva en estudiantes sedentarios, que realizaron el protocolo de Deep Water Running modificado y su homólogo en tierra, durante 8 sesiones, con la finalidad de explicar las variaciones de dicha frecuencia, como parámetro que refleja el resultado de la intervención en agua y otra en tierra.

La evaluación de las frecuencias cardíacas es un parámetro que sirve para ver la comparación de lo que se realizó, y si realmente fue efectivo, así es como se puede observar que hubo un aumento de la frecuencia cardíaca de reserva y una disminución en la frecuencia cardíaca de reposo, en ambos grupos, pero quienes fueron sometidos al protocolo de agua presentaron una mejor respuesta (**Zabala, 2007**).

El hecho de que la respuesta de quienes fueron sometidos al protocolo de agua, es mayor a los de tierra, es debido a las propiedades que esta posee, por lo cual el DWR otorga una mejora por el efecto de la inmersión, la cual aumenta la presión hidrostática, favoreciendo que haya un mejor retorno venoso, además entrega un menor estrés a las articulaciones, logrando en éstas un mejor rango de movimiento (**Vizcaino, 2013**).

También se puede comparar que hubo una variación de las frecuencias cardíacas máximas, esto es algo que no debiese presentar variabilidad, en este caso queda en juego si realmente los sujetos llegaron a su máximo esfuerzo durante la realización del test, pero la literatura refuta en que, quienes realizan trabajos en agua no alcanzan sus frecuencias cardíacas máximas por las propiedades que esta posee, existe relación con el punto de la inmersión, la cual favorece que haya un mejor retorno venoso, que exista un aumento del volumen sistólico, generando un mayor flujo, y aumentando los valores de consumo de oxígeno, por lo cual los sujetos pueden trabajar a una mayor intensidad del ejercicio sin fatigarse (**Vizcaino, 2013**).

La frecuencia cardíaca de reserva, después de la intervención, presento una variabilidad, la cual genero mayores cambios en los sujetos sometidos al protocolo en agua, esto se debe a que, la realización de ejercicio en agua, ha demostrado que los valores máximos de consumo de oxígeno y de frecuencia cardíaca son inferiores a los encontrados en un entrenamiento en tierra, por lo tanto los individuos sedentarios se benefician por la absorción máxima de oxígeno, además el rendimiento aeróbico se mantiene hasta 6 semanas (**Reilly y Ekblom, 2005**). Por otra parte la realización del

ejercicio genera un shear stress, sobre el endotelio, lo que provoca la liberación de óxido nítrico, y a su vez, éste actúa reduciendo la resistencia periférica total (*Fernandez, 2009*). Por lo que se planteaba que al entrenamiento de un mes, éstos mejorarían su rendimiento cardiorrespiratorio, mejorando la producción del estímulo necesario para producir la consecuente mejora del rendimiento físico, aeróbico y anaeróbico. (*Zabala, 2007*). Otro factor influyente, fue la modificación del DWR con la incorporación del HIT, por la razón de que éste, se considera por ser muy variable, así como también por adaptaciones específicas, las cuales sirven para optimizar el entrenamiento, debido a que una de las principales barreras para la participación por parte de personas sedentarias a los programas de ejercicios es la percepción de falta de tiempo, y este entrenamiento está evidenciado que produce mejoras relativamente rápidas en el rendimiento de resistencia durante periodos de 2 a 4 semanas (*Fader, 2013*).

CONCLUSIÓN

En el presente estudio, los resultados demostraron, una respuesta al sistema cardiovascular, por lo cual se cumple lo que se esperaba, que era la variación de las frecuencias cardiacas, tanto de reposo como de reserva, entre los sujetos sometidos al protocolo de agua y de tierra, pero además de eso, si se pudo observar, que hubieron mayores diferencias en quienes fueron sometidos al entrenamiento en agua con la incorporación del HIT, el cual está demostrado que genera respuestas rápidas en al menos 4 semanas, pero aún así, es necesario realizar una extrapolación de esta intervención, con tamaños de muestras mayores, para así poder realizar la aplicación de análisis estadísticos a una población en específico y demostrar más específicamente, lo que en este caso estudio pudo lograr en 8 sesiones de entrenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguayo, A. Lagos, A. (2012). Guía clínica de control de signos vitales. Universidad Pedro de Valdivia, 7, 1-17.
2. Águila, A., (2012, Diciembre). Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en un programa de intervención en sujetos activos y sedentarios. Universidad autónoma de nueva León, (3), (1-97).
3. Alfano, M. (1993). Desde la India, el secreto de la salud. Sport y Medicina, 24, 7-10.
4. Allison, T. & Burdiat, G. (2010, Mayo 21). Validez de criterio de las escalas de medición de esfuerzo percibido en niños sanos: una revisión sistemática y metaanálisis. Arch Argent Pediatr, 25, 17-27.
5. Almeida, M. & Gil, C. (2003, Marzo 3). Effects of aerobic training on heart rate. Revista Brasileira Medica Esporte, 9, 113-120.
6. Almenar, L. & Martinez-Dolz, L. (2006). Péptidos natriuréticos en insuficiencia cardiaca. Rev.Esp cardiol.supl. 6, 15-26.
7. Andrade, F. J.; Previnaire, J. G. y Sturbois, X. (1990). Crecimiento y ejercicio físico. Archivos de Medicina del Deporte, 7, 27, 285-293.
8. Arteaga, A., Bustos, P., Soto, R. Velasco, N., Amigo, H. (2010). Actividad física y su asociación con factores de riesgo cardiovascular. Un estudio en adultos jóvenes. Rev. Med. Chile., 139, (1209-1216).
9. Azevedo L, Lambert M, Zogaib P, Barros Neto T. Maximal and submaximal physiological responses to adaptation to deep water running. J Sports Sci. 2010 Feb; 28(4):407-14.
10. Barker, A., et al. (2014, Agosto 13). Effectiveness of aquatic exercise for musculoskeletal conditions: A meta-analysis. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 14, 1-12.

11. Barrera,R., & Gonçalves, K. (2009, Diciembre 4). Comportamiento de la Frecuencia Cardiaca en Test progresivos; algunas variables a considerar. *Revista de educacion fisica*, 26, 63-69.
12. Bayon, J. (2013, Octubre 7). El test de 20 metros ida y vuelta. Revisión sistemática de su aplicación en personas con discapacidad intelectual. *Arch Med Deporte*, 30, 365-372.
13. Bazán, N. & Colacilli. M. (2007). *Adaptaciones cardiovasculares al ejercicio*. Cali, Colombia: Planeta.
14. Boidin, M. et al. (2015). Effect of High intensity interval training on heart rate recovery, heart rate variability and arrhythmias in patient's post-acute coronary syndrome. *Canadian Journal of Cardiology*, 31, 208-209.
15. Brandan, N. et al. (2010). *Hormonas Catecolamínicas Adrenales*. Universidad Nacional del Nordeste, 8, 1-11.
16. Broman G, Quintana M, Engardt M, Gullstrand L, Jansson E, Kaijser L. Older women's cardiovascular responses to deep-water running. *J Aging Phys Act*. 2006 Jan; 14(1):29-40.
17. Broman G, Quintana M, Lindberg T, Jansson E, Kaijser L. High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. *Eur J Appl Physiol*. 2006 Sep; 98(2):117-23.
18. Burkhalter, N. (2006, diciembre). Evaluación de la escala Borg de Esfuerzo Percibido aplicada a la rehabilitación cardiaca. *Rev. latino-am.enfermagem*, 4, 65-73.
19. Cameron, M. (2013). *Agentes Fisicos En Rehabilitacion*. Oregon: Elsevier.
20. Carroza, M., (2006). Factores de riesgo cardiovascular en una población laboral de Cadiz. *Ciencias de la vida*, 124, (pp.95-110).
21. Cristi, C, Rodríguez. (2014.). Paradoja: “Activo físicamente pero sedentario, sedentario pero activo físicamente”. Nuevos antecedentes, implicaciones en la salud y recomendaciones. *Rev. Med. Chile*, 142, 72-78.

22. Chicharro, J. L., & Mulas, A. L. (2006). Fundamentos de fisiología del ejercicio. Ediciones pedagógicas.
23. Cristi-Montero, C. y cols. (2015). Sedentarismo e inactividad física no son lo mismo: una actualización de conceptos orientada a la prescripción del ejercicio físico para la salud. *Revista Medica de Chile*, (143), (1089-1090).
24. Cobos, M. & Cobos, B. (2009). libro de la salud cardiovascular del Hospital clínico San Carlos y la Fundación bbva. Bilbao, España: Narea S.A.
25. Colber, S. et al. (2003, Abril 4). Use of Heart Rate Reserve and Rating of Perceived Exertion to Prescribe Exercise Intensity in Diabetic Autonomic Neuropathy. *Diabetes Care*, 26, 986-990.
26. Covarrubias, E. & Clavería, C. (2015, Noviembre 28). Evaluación física y rehabilitación cardiovascular en niños con patología cardíaca. *Revista Chilena de Cardiología*, 34, 222-229.
27. Dalleck, L. & Kravitz, L. (2006, Diciembre 15). Relationship between % heart rate reserve and % vo₂ reserve during elliptical crosstrainer exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 662-671.
28. De la Serna, F. (2010). Péptidos Natriuréticos. Adrenomedulina. Vasopresina. En *Insuficiencia Cardíaca Crónica* (89-113). Argentina: Editorial Federación Argentina de Cardiología.
29. Del Río, A., Ferrer M., Gutierrez I., Roncalés & Feliú, A. (2002). Las pruebas de esfuerzo. *Clin. Invest. Arterioscl*, 14, 41-50.
30. DeMaere, J., Ruby, B., Effects of deep water and treadmill running on oxygen uptake and energy expenditure in seasonally trained cross country runners. *J Sports Med Phys Fitness*. 1997 Sep; 37(3):175-81.
31. Denning, W., (2010). The Effects of Aquatic Exercise on Physiological and Biomechanical Responses. *Health and Human Movement*, 1, 1-88.

32. Di Pampero, P. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J SportsMed* 1986; 7:55–72.
33. Dowzer, C, Reilly, T, Cable, N. Effects of deep and shallow water running on spinalshrinkage. *British Journal of Sports Medicine*, 1998, 32, 44 – 48.
34. Dowzer, C, Reilly T, Cable N, Nevill A. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. *Ergonomics*. 1999 Feb; 42(2):275-81.
35. Durán Martínez, M., & Monereo Megías, M., (2014). "Sedentarismo y enfermedad cardiovascular". *Revista argentina de cardiología*, 26, 1-14.
36. Eijsvogels, T., et al. (2015, Noviembre 25). Are there Deleterious Cardiac Effects of Acute and Chronic Endurance Exercise. *Physiol. Rev.* 96, 99-125.
37. Einsingbach, T. – Klumper, A. – Biedermann, L. *Fisioterapia y Rehabilitación en el Deporte*. Ediciones Scriba S.A. Barcelona 1988.
38. Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deportes en la Población Chilena de 18 años y más realizada por Alcalá, 2015.
39. Fader, F. (2013). Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad (HIIT) en. *PubliCE Standard*.
40. Fernández, J, & Fuentes-Jiménez, J. (2009, Junio 2). Función endotelial y ejercicio físico. *Rev. Andal. Med. Deporte*, 2, 61-69.
41. Fisher, J.,(2013,Julio 12). Autonomic control of the heart during exercise in humans: role of skeletal muscle afferents. *The Physiological Society*, 99, 300-305.
42. Foster, C., Farland, C. V., Guidotti, F., Harbin, M., Roberts, B., Schuette, J., Porcari, J. P. (2015). The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(4), 747–755.

43. Gao, Z. et al. (2011, Junio 1). Catecholamine-Independent Heart Rate Increases Require CaMKII. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 4, 379-387.
44. Gagnon, D. (2009, Julio 29). The Frank–Starling mechanism and thermal stress: fundamentals applied. *Journal Physiology*, 17, 4147–4148.
45. García, G & Secchi. (2014, Junio 16). Test coruse navette de 20 metros con etapas de un minuto: una idea original que perdura 30 años. *Apunts Med. Esport*, 49, 93-103.
46. García, J., (2012, Diciembre 26). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca al control del entrenamiento deportivo: análisis en modo frecuencia. *Arch. Med. Deporte*, 30, 43-51.
47. Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(Pt 5), 1077–1084.
48. Gillen, J.B., Percival, M.E., Skelly, S.E., Martin, B.J., Tan, R.B., Tarnopolsky, M.A. and Gibala, M.J. (2010) Three minutes of all out intermittent exercise per week increases skeletal muscle oxidative capacity and improves cardiometabolic health.
49. Gómez, A. (2013). Como Tratar el Sedentarismo (Factor de Riesgo Coronario Mayor) en la Prevención Primaria y Secundaria de la Enfermedad Cardiovascular, Revisión del Consenso Nacional de Prevención del Comité de Cardiología del Ejercicio y Rehabilitación Cardíaca de la Federación Argentina de Cardiología. *Prevención y rehabilitación cardiovascular*, (147), (1-8).
50. González, J. (20013). Hacia una fisiología del sedentarismo. *Arch Med Deporte*, 2, 74-74.
51. Gordan, R., Gwathmey, J., Xie L. (2015, Abril 26). Autonomic and endocrine control of cardiovascular function. *World Journal of Cardiology*, 7, 204-214.
52. Guiraud, T. et al. (2012). High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Sports Med*, 42, 587-605.

53. Herrera, E. (2007). La autorregulación homeométrica. El efecto Anrep. Su posible importancia en la patofisiología en los aumentos de la postcarga del ventrículo derecho. Archivos de cardiología México, 77, 330-348.
54. Iglesias, J.& Estevez,M. (2008,Abril 13). Regulación del Sistema Cardiovascular por el Sistema Nervioso Autónomo. Instituto de Endocrinología y Enfermedades Metabólicas, 1, 1-36.
55. Jorgic,B. (Diciembre 20, 2012). Influence of attacking efficiency on the outcome of handball matches in the preliminary round of men's olimpic games 2008. Sport Science, 5, 7-12.
56. Kang, S. et al. (2016). Effects of aerobic exercise on the resting heart rate, physical fitness, and arterial stiffness of female patients with metabolic syndrome. The Journal of Physical Therapy Science, 28, 1764-1768.
57. Killgore, G. (2012, Febrero). Deep Water Running: A practical Review of the Literature with an Emphasis on Biomechanics. The Physician and sportsmedicine, 40, 116-126.
58. Kravitz, L. (2014). High-intensity interval training. American College of Sports Medicine. 8, 1-2.
59. Lavielle, P., Pineda, V., (2014). Actividad física y sedentarismo: Determinantes sociodemográficos, familiares y su impacto en la salud del adolescente. Rev. salud pública. , (2), (161- 172).
60. Lloret, M. y Violán, M. (1991). Actividades Acuáticas y Salud. En Actas del 2º Congreso de Actividades Acuáticas (29-50). Barcelona: SEAE.
61. Marban . Fracturas, Tratamiento y Rehabilitación. Madrid 2001.
62. Martínez, J. (2001). Comisión de sedentarismo. Revista argentina de cardiología, (69), (1-11).
63. Martin, J., Gibala, Jonathan P. Little, Maureen J. MacDonald y John A Hawley (2013).

64. Medeiros, N. & cols. (2016, junio). Influence of different frequencies of deep water running on oxidative profile and insulin resistance in obese women. Elsevier, 2, 37-40.
65. Moreno, J. A. y Rodríguez, P. L. (1996). Diseño de programas de salud en actividades acuáticas. En F. Santonja e I. Martínez (Eds.), Deporte y Salud: Natación y Vela (121-133). Murcia: Universidad de Murcia.
66. Murillo, A. & Moreno, B. (2005). Obesidad como factor de riesgo cardiovascular. Hipertensión, 1, 32-36.
67. Niño, C. (2010, Noviembre 30). Evaluación de la aptitud cardiorrespiratoria. Mov. Cient, 4, 68-72.
68. Ottone, V. et al., (2014, Diciembre 1). The Effect of Different Water Immersion Temperatures on Post-Exercise Parasympathetic Reactivation. Journal Pone, 9, 1-20.
69. Organización mundial de la Salud, Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles (2010). Resumen de Orientación.
70. Pagán, M. (1996). Efectos beneficiosos de la natación sobre el organismo. En F. Santonja e I. Martínez (Eds.), Deporte y Salud: Natación y Vela (pp. 1-8). Murcia: Universidad de Murcia.
71. Patel, H. et al. (2017, Febrero 26). Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. World Journal of Cardiology, 9, 134-138.
72. Pazos, M, González, A., Técnicas de hidroterapia. Hidrocinesiterapia. Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología. Septiembre 2002. 24 - Mong.2 p. 34 – 42.
73. Peña, A. (2003). Efectos del ejercicio sobre la masa ósea y la osteoporosis. Servicio de Rehabilitación. Hospital Ramón y Cajal. Madrid., 6, 339-353.
74. Peyré-Tartaruga,L. (2006). Deep water running: limits and possibilities for high performance. Rev Bras Med Esporte, 12, 257-261.

75. Plowman, S. & Smith, D. (2007). *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance*. Philadelphia, United States: Reprint.
76. Ramón, G. (2008, Mayo 8). Sistema Neuroendocrino y Actividad física. *Conocimiento Corporal*, 2, 4-8.
77. Reilly, T. & Ekblom, B. (2005, Junio 4). The use of recovery methods post-exercise. *Journal of Sports Sciences*, 23, 619-627.
78. Rincón, M. (2010, Junio 30). Almeida, M. & Gil, C. (2003, Marzo 3). Effects of aerobic training on heart rate. *Revista Brasileira Medica Esporte*, 9, 113-120.
79. Rodríguez, I. & Gatica, D. (2016). Percepción de esfuerzo durante el ejercicio: ¿Es válida su medición en la población infantil? *Revista Chilena de enfermedades respiratorias*, 32, 25-33.
80. Salech, F., (2012). Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. *Rev. médica Clínica las Condes*, (1), (19-29).
81. Salina, J., & Vio, F., (2003). Promoción de salud y actividad física en Chile: política prioritaria. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, (14), (281-288).
82. Salmon, J., Owen, N., Crawford, D. Bauman, A. and Sallis, J.F. (2003) Physical activity and sedentary behavior: A population-based study of barriers, enjoyment and preference. *Health Psychology* 22, 178-188.
83. Santi, R., (2003). Riesgo cardiovascular global de una población en un programa de prevención primaria. *Rev Fed Arg Cardiol*; 32: 358-367.
84. Stokes, M. Colección de Fisioterapia. *Rehabilitación Neurológica*. Editorial Harcourt Brace. Londres 1997.
85. Vaquero AF. Respuestas cardiacas al ejercicio. En: Chicharro JL, Vaquero AF. *Fisiología del ejercicio*. 3.ª ed. Madrid. Ed Panamericana. 2006.
86. Varo, J., (2003). Benefits of physical activity and harms of inactivity. *Medicina Clínica*, (121), (665-672).

87. Vilamitjana, J, & Terrence, N. (2015, Mayo 31). Deep-water running: a practical review of the literature. National Centre of High Performance Athletics, 3, 1-4.
88. Vilamitjana, J., Nelson, T., (2013). Deep-water running: a practical review of the literature. Medical Congress, (45), (1-5).
89. Wilmore & Costill. (2007). Control cardiovascular durante el ejercicio. En Fisiología del esfuerzo y del deporte (210-222). España: Paidotribo.
90. Yañez, F. (2012). Síndrome corazón de atleta: historia, manifestaciones morfológicas e implicancias clínicas. Rev. Chilena de cardiol., 31, 212- 225.
91. Zamarripa, J., Juan, F. R., Walle, J. M. L., & Salazar, M. A. G. (2011). Motivación en la actividad física de la población mayor de 15 años de Monterrey (México). Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación (19), (5-9).
92. Zimmer, H-G. (2002). Who Discovered the Frank-Starling Mechanismo. News Physiol Sci, 17, 181-184.

ANEXOS

ANEXO N° 1: Consentimiento Informado.



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

Escuela de Kinesiología.

Santiago, 2017.

Facultad de Ciencias de la Salud.

TITULO: “Análisis de la frecuencia cardiaca de reserva en estudiantes sedentarios sometidos a ocho sesiones del protocolo Deep Water Running versus su homólogo en tierra”

ALUMNOS: Mariela Acuña Fuenzalida (Cel. +56 9 8690 7411).

Fabiola Navarrete Tapia (Cel. +56 9 8471 5536).

PROFESORA GUIA: Klga. Beatriz Isler Muñoz.

I. INTRODUCCION

Usted ha sido invitado a participar en un estudio de investigación, pero antes de que decida participar en este proyecto, por favor lea este consentimiento cuidadosamente, haga todas las preguntas y consultas que usted tenga, para asegurarse de que entiende todos los procedimientos del estudio.

II. PROPÓSITO DEL ESTUDIO:

El objetivo general del presente estudio es Evaluar la Frecuencia Cardiaca de Reserva en estudiantes sedentarios entre 19 y 25 años, sometidos a ocho sesiones (2 veces por semana) del protocolo *Deep Water Running* versus su homólogo en tierra, más dos evaluaciones pre y post intervención, una de cineantropometría y otra de test de esfuerzo, dando un total de 12 sesiones.

III. PROCEDIMIENTOS:

Ud. participará de ocho sesiones, donde la primera consistirá en la entrega y explicación del presente consentimiento informado, donde al finalizar deberá firmar si está interesado en participar. Luego, solo si acepta; continuar con un cuestionario sencillo de datos personales y la primera medición acerca de su condición cardiovascular mediante un test de esfuerzo llamado "Test de Navetta" previo al protocolo de entrenamiento, posteriormente se explicara de manera más general el protocolo y se realizara una cita dentro de la misma semana para comenzar con él. Durante la sesión se

evaluara dos protocolos de manera simultánea DWR y su homólogo en tierra. Todo esto lo realizaremos en las dependencias de la UCSH, gimnasio terapéutico, piscina y cancha en fechas y horas estipuladas con anterioridad y entregada a cada uno de los sujetos en estudio.

IV. PARTICIPACIÓN:

La decisión de participar en este estudio es totalmente voluntaria, puede desistir en su decisión más tarde y dejar de participar, aun cuando haya aceptado previamente, no resultará en ninguna penalidad. Además, de ser necesario, su colaboración en este estudio puede ser detenida en cualquier momento por los investigadores del proyecto, sin su previo consentimiento.

V. RIESGOS O INCOMODIDADES:

Durante la realización de los test, en ningún momento correrá algún riesgo de sufrir daño físico, ya que las pruebas son sencillas y de fácil aplicación, además se contará con la supervisión permanente de la Klga. y Docente Beatriz Isler

VI. BENEFICIOS:

Si usted accede a participar en nuestra investigación, aportará información y conocimientos importantes acerca de los beneficios del ejercicio en piscina. No existirá ningún tipo de remuneración a cambio.

VII. CONFIDENCIALIDAD:

La información que recolectaremos en esta investigación, se mantendrá confidencial y solo los investigadores podrán verla.

Una vez que se recolecten y analicen los datos que obtendremos de este estudio, se compartirá con usted antes de que se haga ampliamente disponible al público. Después, la investigación puede ser publicada y los datos obtenidos podrán ser utilizados por otros investigadores.

VIII. A QUIEN CONTACTAR:

En caso de dudas o consultas, puede hacerlas desde ya, después de empezado el estudio e incluso una vez finalizado.

Puede comunicarse con nosotras en los siguientes contactos:

- Mariela Acuña Fuenzalida.

Cel. +56 9 8690 7411.

- Fabiola Navarrete Tapia.

Cel. +56 9 8471 5536.

IX. CONSENTIMIENTO:

Yo _____ Rut _____,

He leído la información de esta hoja de consentimiento, o se me ha leído de manera adecuada, todas mis preguntas sobre el estudio y mi participación han sido atendidas y acepto ser parte del estudio **“Análisis de la frecuencia cardiaca de reserva en estudiantes sedentarios sometidos a ocho sesiones del protocolo Deep Water Running versus si homólogo en tierra”**, permitiendo ser sujeto de prueba para éste, consciente de todos los detalles expuestos claramente por los investigadores, respecto de las condiciones del estudio y posibles riesgos que este, excepcionalmente, pudiese tener.

Participaré de manera voluntaria, como también permitiré que los datos obtenidos en el proyecto en forma confidencial y resguardando mi identidad, puedan ser utilizados en futuras investigaciones y/o con fines académicos.

Todo lo anterior está a cargo y fue expuesto por Mariela Acuña Fuenzalida y Fabiola Navarrete Tapia, tesistas perteneciente a la Universidad Católica Silva Henríquez, y por el asesoramiento de la Klga Beatriz Isler, profesora guía del proyecto.

La Universidad Católica Silva Henríquez ha aprobado el desarrollo del proyecto en su comisión de ética.

Se les agradece cordialmente su participación en este estudio.

Firma Sujeto

Firma Alumna Tesista
Mariela Acuña F.

Firma Alumna Tesista
Fabiola Navarrete T.

Firma Profesora Guía
Klga. Beatriz Isler

Santiago, _____ de 2017.

ANEXO N° 2: Hoja de registro de evaluación del Test de Naveta pre y post intervención

| Nombre | Edad | Sexo | FC inicio | FC final | FR inicio | FR Final | FC 3 min post-test | FC 5 min post-test |
|---------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |

ANEXO N° 3: Protocolo de evaluación Test de Naveta 20 metros, desglosado en una planilla de medición.

| Etapa | Vel | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 8,5 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | | | | | | | | |
| 2 | 9 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | | | | | | | |
| 3 | 9,5 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | | | | | | | |
| 4 | 10 | 480 | 500 | 520 | 540 | 560 | 580 | 600 | 620 | | | | | | | |
| 5 | 10,5 | 640 | 660 | 680 | 700 | 720 | 740 | 760 | 780 | 800 | | | | | | |
| 6 | 11 | 820 | 840 | 860 | 880 | 900 | 920 | 940 | 960 | 980 | | | | | | |
| 7 | 11,5 | 1000 | 1020 | 1040 | 1060 | 1080 | 1100 | 1120 | 1140 | 1160 | 1180 | | | | | |
| 8 | 12 | 1200 | 1220 | 1240 | 1260 | 1280 | 1300 | 1320 | 1340 | 1360 | 1380 | | | | | |
| 9 | 12,5 | 1400 | 1420 | 1440 | 1460 | 1480 | 1500 | 1520 | 1540 | 1560 | 1580 | | | | | |
| 10 | 13 | 1600 | 1620 | 1640 | 1660 | 1680 | 1700 | 1720 | 1740 | 1760 | 1780 | 1800 | | | | |
| 11 | 13,5 | 1820 | 1840 | 1860 | 1880 | 1900 | 1920 | 1940 | 1960 | 1980 | 2000 | 2020 | | | | |
| 12 | 14 | 2040 | 2060 | 2080 | 2100 | 2120 | 2140 | 2160 | 2180 | 2200 | 2220 | 2240 | 2260 | | | |
| 13 | 14,5 | 2280 | 2300 | 2320 | 2340 | 2360 | 2380 | 2400 | 2420 | 2440 | 2460 | 2480 | 2500 | | | |
| 14 | 15 | 2520 | 2540 | 2560 | 2580 | 2600 | 2620 | 2640 | 2660 | 2680 | 2700 | 2720 | 2740 | 2760 | | |
| 15 | 15,5 | 2780 | 2800 | 2820 | 2840 | 2860 | 2880 | 2900 | 2920 | 2940 | 2960 | 2980 | 3000 | 3020 | | |
| 16 | 16 | 3040 | 3060 | 3080 | 3100 | 3120 | 3140 | 3160 | 3180 | 3200 | 3220 | 3240 | 3260 | 3280 | | |
| 17 | 16,5 | 3300 | 3320 | 3340 | 3360 | 3380 | 3400 | 3420 | 3440 | 3460 | 3480 | 3500 | 3520 | 3540 | 3560 | |
| 18 | 17 | 3580 | 3600 | 3620 | 3640 | 3660 | 3680 | 3700 | 3720 | 3740 | 3760 | 3780 | 3800 | 3820 | 3840 | |
| 19 | 17,5 | 3860 | 3880 | 3900 | 3920 | 3940 | 3960 | 3980 | 4000 | 4020 | 4040 | 4060 | 4080 | 4100 | 4120 | 4140 |
| 20 | 18 | 4160 | 4180 | 4200 | 4220 | 4240 | 4260 | 4280 | 4300 | 4320 | 4340 | 4360 | 4380 | 4400 | 4420 | 4440 |

García, G & Secchi. (2014). *Test Coruse Navette de 20 metros con etapas de un minuto: Una idea original que perdura 30 años*. Apunts Med. Esport, 49, 93-103.

ANEXO N° 4: Protocolo de entrenamiento *Deep Water Running* Modificado y protocolo en tierra

Protocolo de entrenamiento *Deep Water Running* Modificado

| FASE I CALENTAMIENTO | | FASE II ACTIVIDAD PRINCIPAL | | | | | | | | FASE III DE VUELTA A LA CALMA |
|-------------------------|---|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 5 min | 5 min | 7 min | 3 min | 7 min | 3 min | 7 min | 3 min | 7 min | 3 min | 5 min |
| Estiramiento muscular | Calentamiento general: Imitar el gesto de trabajo | Trote intensidad moderada | HIT (rodillas al pecho) | Trote intensidad moderada | HIT (rodillas al pecho) | Trote intensidad moderada | HIT (rodillas al pecho) | Trote intensidad moderada | HIT (rodillas al pecho) | De vuelta a la calma |

ANEXO N° 5: Escala de Borg de esfuerzo percibido al entrenamiento.

