



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SILVA HENRÍQUEZ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

CASO-ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE TEJIDO MUSCULAR, ADIPOSEO Y ÓSEO MEDIANTE MÉTODO DE LA SOCIEDAD INTERNACIONAL PARA EL AVANCE DE LA CINEANTROPOMETRIA, EN ESTUDIANTES SEDENTARIOS DE LA CARRERA DE KINESIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA SILVA HENRÍQUEZ, 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

DANIEL ANTONIO GONZALEZ COFRE  
YOLANDA ALEJANDRA CONTRERASYEUTO

PROFESOR GUÍA: BEATRIZISLER MUÑOZ. KLGA. LIC.

Santiago, Chile

2017

**Autorización para fines académicos**

SE AUTORIZA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL, CON FINES ACADEMICOS, POR CUALQUIER MEDIO O PROCEDIMIENTO, INCLUYENDO CITA BIBLIOGRAFICA DEL DOCUMENTO.

FECHA

---

DIRECCION

---

TELEFONO – EMAIL:

---

FIRMA

---



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SILVA HENRÍQUEZ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

CASO-ESTUDIO DE LA EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE TEJIDO MUSCULAR, ADIPOSO Y ÓSEO MEDIANTE MÉTODO DE LA SOCIEDAD INTERNACIONAL PARA EL AVANCE DE LA CINEANTROPOMETRIA, EN ESTUDIANTES SEDENTARIOS DE LA CARRERA DE KINESIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA SILVA HENRÍQUEZ, SOMETIDOS A OCHO SESIONES DEL PROTOCOLO DEEP WATER RUNNING MODIFICADO VERSUS SU HOMÓLOGO EN TIERRA.

SEMINARIO DE TITULO PARA OPTAR AL  
GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGIA

YOLANDA ALEJANDRA CONTRERASYEUTO  
DANIEL ANTONIO GONZALEZ COFRE

	NOTA	FIRMA
Docente Guía:Klga. Lic. Beatriz Isler Muñoz	_____	_____
Docente Corrector 1:	_____	_____
Docente Corrector 2:	_____	_____

Santiago, Chile  
2017

## **Agradecimientos**

**“Si tienes un gran sueño debes estar dispuesto a un gran esfuerzo para concretarlo, porque solo lo grande alcanza a lo grande”**

**Facundo Cabral**

Este es un momento muy especial y que he esperado por mucho, es el término de un proceso que tardo bastante en llegar, uno de los logros más esperado y que no hubiese podido lograr sin el amor de mi madre Mirtha, que ya no me acompaña en cuerpo pero sé que camina conmigo en todo momento; ella la que me guio y alentó a ser quien soy y en quien me estoy convirtiendo, inculcando valores y alentando en la lucha ya que como ella me decía, la vida es difícil tiene altos y bajos pero va hacia adelante nunca atrás así es que solo queda levantarse, seguir y cumplir tus sueños, gracias.

Dedicarle además a quienes han estado conmigo en todo momento en todos estos años de duro camino a mi “gente bella” mis personas especiales.

Primeramente dar créditos por todo esto una de mis pilares quizás uno fundamental mi hermana Paola González, por el apoyo en cada una de las metas que me propongo, por siempre confiar y creer en mí como lo hace y por tu amor incondicional.

A mis amigos que siempre están ahí alentándome a seguir cuando las cosas se ponen cuesta arriba; en especial a Lissette, Luis, Jocelyn. No podía dejar de mencionar a mis compañeros y amigos de aula, gracias por todo y apañar en tantas.

Y a quien no puedo dejar de mencionar, Francisco gracias por tanto, por tu apoyo incondicional, por levantarme del suelo cuando las fuerzas se agotaban, te amo.

A mis niños lo más lindo que tengo en la vida y por quienes hago todo, he intento ser mejor persona día a día, Antonia y Felipe mis sobrinos, siempre conmigo.

Daniel Antonio González Cofre

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a cada persona que participaron y colaboraron en la investigación, a los estudiantes quienes fueron parte del proceso, y en especial a nuestra profesora guía Beatriz Isler, quien con su paciencia, consejos y apoyo incondicional no habría sido posible su realización.

Quisiera agradecer a mi pilar fundamental en todo mi proceso como estudiante, Jonathan Sáez, mi pareja, mejor amigo, quien siempre ha estado conmigo en todo momento, con su apoyo incondicional me ha permitido pararme de momentos malos y a enseñarme de que nunca debo rendirme. Y a sus padres por su apoyo, preocupación y cariño que me han entregado estos 8 años.

A mis compañeros de clase, quienes siempre están en los buenos y malos momentos, apoyándonos del uno al otro.

A Mauricio, quien debo agradecerle enormemente por sacarme de apuros con mi computador, que presento fallas en este proceso de tesis.

Finalmente a mis padres por apoyarme cuando me cambie de universidad, por entregarme buenos valores y a guiarme por el buen camino.

Yolanda Alejandra Contreras Yeuto.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	2
Marco teórico .....	2
1.1 Sedentarismo .....	2
1.1.1 ¿Qué es sedentarismo? .....	2
1.1.2 Epidemiología del sedentarismo .....	2
1.1.3 Factores de riesgo .....	3
1.1.4 Efectos en la salud .....	3
1.2 Principios físicos del agua y efectos fisiológicos de la inmersión .....	5
1.2.1 Principios físicos .....	5
Los factores que determinan la naturaleza del medio son: .....	6
1.2.2 Efectos de la inmersión sobre el tejido adiposo, muscular y óseo .....	7
1.2.2.2 Efectos en tejido muscular .....	8
1.2.2.3 Efectos del tejido óseo .....	8
1.3 Deep Water Running .....	13
1.3.1 ¿Qué es DWR? .....	13
1.3.2 Fisiología del DWR .....	13
1.3.3 Biomecánica musculoesquelética del DWR .....	14
1.3.4 Deep Water Running modificado .....	15
1.4 HIT .....	16
1.5 Diferencias entre Deep Water Running modificado y su homólogo en tierra. ....	18
1.6 Cineantropometría según ISAK .....	19
1.6.1 Historia .....	19
1.6.2 Fraccionamiento corporal de los 5 componentes .....	20
1.6.3 ISAK .....	20
CAPÍTULO II .....	24
MARCO METODOLÓGICO .....	24
2.1 Planteamiento del problema .....	24
2.2 Pregunta de investigación .....	25
2.3 Justificación .....	25
2.4 Variables .....	26
2.4.1 Variables independientes .....	26
2.4.2 Variables dependientes .....	27
2.4.3 Variables intervinientes .....	27
2.4.4 Operacionalización de las variables .....	27
2.5 Objetivos .....	28
2.5.1 Objetivo General .....	28
2.5.2 Objetivos Específicos .....	28
Metodología .....	28

2.6 Materiales .....	28
2.7 Diseño metodológico.....	29
2.7.1 Tipo de estudio .....	29
2.7.2 Diseño de estudio.....	29
2.7.3 Área de estudio: .....	29
2.8 Muestra .....	29
2.9 Protocolos de inclusión y exclusión.....	29
2.9.1 Criterios de inclusión. ....	29
2.9.2 Criterios de exclusión. ....	29
2.10 Protocolo.....	30
2.10.1 Protocolo en agua.....	30
2.10.2 Protocolo en tierra.....	32
2.10.3 Análisis Estadístico.....	33
CAPITULO III.....	34
Resultados .....	34
CAPÍTULO IV.....	38
DISCUSIÓN .....	38
CONCLUSIÓN.....	39
CAPITULO V.....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS.....	44
ANEXO I.....	44
ANEXO II.....	48
ANEXO III.....	49
ANEXO IV.....	53
ANEXO V.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS, GRÁFICOS Y ANEXOS.

		<b>Pagina</b>
Cuadro N° 1	Adaptaciones morfológicas y funcionales	4
Ilustración N° 1	Resistencias que opone el agua a un cuerpo	8
Ilustración N° 2	Trayectorias trabeculares	9
Ilustración N°3	Efectos cardiovasculares	10
Ilustración N° 4	Efectos respiratorios en inmersión	11
Ilustración N° 5	Efectos renales en inmersión	12
Ilustración N° 6	Correcta ejecución de toma de pliegues	22
Tabla N° 1	Escala de Borg	32
Tabla N° 2	Descripción estadísticas por genero	34
Tabla N° 3	Descripción estadística según edad, talla y peso	34
Tabla N° 4	Pre-post intervención protocolo DWR	35
Tabla N° 5	Pre-post intervención protocolo en tierra	35
Tabla N° 6	Promedio en Kg, pre y post intervencion	36
Gráfico N°1	Comparación del protocolo DWR	36
Gráfico N° 2	Comparación del protocolo en tierra	37

## LISTA DE ABREVIATURAS.

DWR: Deep Water Running

DWRM: Deep Water Running modificado

ISAK: International Society for Advancement in Kinanthropometry. (La Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometria).

UCSH: Universidad Católica Silva Henríquez.

HIT: High Intensity-Interval Training. (Entrenamiento por intervalos de alta intensidad).

PNA: Péptido natriurético auricular

ADH: Hormona antidiurética

IMC: índice de masa corporal

DMT: Dolor muscular tardío

% MCT: Porcentaje de masa corporal total

## RESUMEN

**Objetivo:** Comparar las diferencias en los porcentajes de tejido adiposo, muscular y óseo, en un grupo de sedentarios, sometidos a ocho sesiones del protocolo Deep Water Running modificado, versus su homólogo en tierra.

**Metodología:** Se evaluaron medidas cineantropométricas de 8 estudiantes sedentarios, mediante método ISAK, los cuales fueron sometidos a ocho sesiones del protocolo Deep Water Running modificado (tocar fondo de la piscina y ejercicios interválicos de alta intensidad, HIT) versus su homólogo en tierra.

**Resultados:** Se encontraron diferencias cineantropométricas en tejido adiposo, tejido muscular, en ambos grupos y no se obtuvieron diferencias en el tejido óseo, siendo levemente mayores en el grupo experimental en agua.

**Conclusión:** El estudio demostró que existen diferencias en los valores de tejido adiposo y muscular después de ocho sesiones de DWR modificado, en donde disminuyó el porcentaje de grasa corporal y aumentó el porcentaje de la masa muscular. Es necesario realizar una investigación, cuyo N sea mayor, para que los resultados puedan ser extrapolados a la población.

## **ABSTRACT**

**Objective:** To compare the differences in the percentages of adipose, muscular and skeletal tissue in a group of sedentary subjects submitted to eight sessions of the modified Deep Water Running protocol versus their ground counterpart.

**METHODS:** Kinetic measurements of 8 sedentary students were assessed using the ISAK method, which were subjected to eight sessions of the modified Deep Water Running protocol (bottom pool and high intensity intervallic exercises, HIT) versus their ground counterpart.

**Results:** Kinanthropometric differences were found in adipose tissue, muscle tissue, in both groups and no differences were found in bone tissue, being slightly higher in the experimental group in water. **Conclusion:** The study showed that there are differences in adipose and muscle tissue values after eight sessions of modified DWR, where the percentage of body fat decreased and the percentage of muscle mass increased. It is necessary to carry out an investigation, whose N is greater, so that the results can be extrapolated to the population.

## INTRODUCCIÓN

La Organización mundial de la salud (2013), cataloga al sedentarismo como uno de los cuatro factores de riesgo de muerte anual, ya que en los últimos años, se ha duplicado la tasa de obesidad en el mundo, especialmente en el continente latinoamericano.

Según el programa de actividad física para la prevención y control de los factores de riesgo cardiovascular (MINSAL, 2004), los individuos sedentarios o con una mala condición física que se acondicionan físicamente tienen tasas de mortalidad menores que aquellos que permanecen sedentarios o en mala condición física.

Según la Encuesta nacional de hábitos de actividad física y deporte (2015), los indicadores de sedentarismo han mejorado, disminuyendo en casi un 2,6%, a diferencia de la medición realizada en 2012. El centro para el control y prevención de enfermedades (CDC, 2009), entregó resultados positivos, respecto a que el ejercicio físico reduce entre un 30% y 50% los riesgos de adquirir algún tipo de enfermedad no transmisible como la obesidad, diabetes e hipertensión.

Basándose en la información antes mencionada se puede inferir que durante los próximos años este porcentaje debería seguir a la baja; es precisamente, por este motivo, la importancia que tiene estimular el ejercicio físico; y la terapia acuática nos ofrece alternativas llamativas en el área, tanto físicas como psíquicas para los usuarios debido a los principios que esta tiene.

El HIT (Entrenamiento por intervalos de alta intensidad), es la mejor forma de entrenamiento con grandes beneficios para la salud y forma física, cuya ventaja principal es el poder realizarse en poco tiempo. (Borreani et al, 2016). Además puede adaptarse a cualquier tipo de persona, asimismo se puede adicionar el entrenamiento de HIT al Deep Water Running modificado.

El objetivo principal de este estudio es evaluar porcentajes de tejido adiposo, muscular y óseo, después de ocho sesiones del protocolo Deep Water Running modificado versus tierra, en sedentarios de entre 19 a 29 años alumnos de kinesiología de la UCSH.

# **CAPÍTULO I**

## **Marco teórico**

### **1.1 Sedentarismo**

#### **1.1.1 ¿Qué es sedentarismo?**

Según la Organización Mundial de la Salud 2017, define como sedentarias aquellas personas que no realizan más de 90 minutos de actividad física o ejercicios físicos a la semana. Cuando se demuestra un gasto semanal inferior a 2.000 calorías, se considera que la persona es sedentaria.

El sedentarismo se ha reconocido como el cuarto factor de riesgo más importante de la mortalidad mundial, es por esto que se considera como una epidemia que afecta tanto a países de altos ingresos como a los de bajos o medianos recursos.

Sus efectos a largo plazo no solo son dañinos para el peso corporal, sino que también puede provocar alteraciones en múltiples órganos y sistemas del cuerpo. (Soca. 2009).

#### **1.1.2 Epidemiología del sedentarismo**

En las últimas décadas en Chile, los malos hábitos alimenticios y la vida sedentaria han provocado un gran aumento de la obesidad a niveles semejantes a los Estados Unidos. (Salinas, 2010).

La escasa actividad física ha provocado que se produzca un incremento en tasas de enfermedades en sedentarios, (Organización Mundial de la Salud, 2011) donde el 80% de las muertes por enfermedades cardiometabólicas se dan en los países de ingresos bajos y medios. Esto a causa de que en el país se ha producido un crecimiento del producto geográfico bruto, provocando un descenso en las tasas de pobreza, las familias mejoran su capacidad de compras especialmente para alimentos de alta densidad energética, sin embargo, esto no es suficiente para que puedan obtener una alimentación saludable que incluya verduras, frutas, lácteos, carnes, legumbres y huevos. (MINSAL, 2010).

Actualmente en los resultados arrojados en la Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deportes (2015), el porcentaje de los Chilenos sedentarios ha disminuido 2,6% entre las mediciones del 2012 (82,7%) y 2015 (80,1%).

Si lo comparamos entre géneros, La Encuesta Nacional de Salud (2009-2010), demostró que las mujeres lideran con un 92,9%, y los hombres un 84%.

### **1.1.3 Factores de riesgo**

Como se mencionó anteriormente, el sedentarismo puede provocar un incremento considerable en la obesidad y múltiples enfermedades cardiometabólicas. El sedentarismo y la obesidad pueden provocar a largo plazo un conjunto de factores de riesgo como, la dislipidemia aterógena, aumento en los niveles presión arterial, resistencia a la insulina con o sin hiperglicemia, aumento de grasa abdominal, estado protrombótico, riesgos de diabetes mellitus tipo 2 y enfermedades cardiovasculares, este grupo de alteraciones es conocido como síndrome metabólico. (Grajales. 2009).

El Síndrome metabólico (SM) es un conjunto de alteraciones metabólicas provocadas por la obesidad, presenta características fácilmente detectables y con relevancia pronóstica que permite reconocer a personas con alto riesgo cardiovascular. (Sánchez. 2010).

Este síndrome es considerado como un grupo de alteraciones de los más peligrosos factores de riesgo de enfermedades cardíacas, en donde se estima que del 20-25% de la población adulta en el mundo presenta el síndrome metabólico y son más propensos a morir y tener un ataque al corazón o un accidente (es ataque no accidente, porque se puede prevenir) cerebrovascular. (Federación internacional de diabetes. 2006).

Las características del síndrome metabólico son aumento de circunferencia abdominal y grasa visceral (principal factor de riesgo CV), aumento en los niveles de triglicéridos, aumento de la presión arterial y la hiperglucemia. (Zimmet. 2005)

### **1.1.4 Efectos en la salud**

Desde los años 90, en Chile se duplicó el ingreso per cápita, el cual provocó que hubiera una mayor comercialización de automóviles en el país (140.000 vehículos por año), de igual manera las poblaciones con menores ingresos

también podían adquirir autos reciclados más económicos. De este modo la población Chilena ha dejado de caminar con el paso de los años. (Cancino& Soto, 2007).

La práctica regular de actividad física produce adaptaciones morfológicas y funcionales las cuales mejoran la salud de los diferentes sistemas (Fletcher, Balady, & Amsterdam, 2001); en el aparato locomotor:

Cuadro N° 1 Adaptaciones morfológicas y funcionales.

Huesos	Estimula la osteoblastosis
	Mejora nutrición del cartílago de crecimiento
	Condensación y ordenación de trabéculas óseas
	Incremento de mineralización y densidad ósea
	Previene fracturas y otras lesiones del sistema óseo.
Articulaciones	Mejora lubricación articular
	Aumenta la movilidad articular
Músculos y ligamentos	Aumenta síntesis de colágeno
	Incrementa la resistencia tendinosa y ligamentosa
	Hipertrofia muscular general o selectiva (fibras lentas o rápidas)
	Mejora metabólica (aeróbica y anaeróbica)

(Fletcher, Balady, & Amsterdam, 2001)

Según explica Salinas et al (2010); los efectos negativos provocados por el sedentarismo:

- Riesgo de padecer síndrome metabólico.
- Mayor riesgo de padecer diabetes tipo 2.
- Riesgo de enfermedades cardiovasculares como: hipertensión arterial, accidentes cerebro vasculares y cardiopatía isquémica.
- Aumento de ansiedad y depresión.

- Disminución de la masa ósea: riesgo de osteoporosis, caídas lesiones y fracturas.
- Cáncer.

## **1.2 Principios físicos del agua y efectos fisiológicos de la inmersión**

### **1.2.1 Principios físicos**

En el agua, la inmersión de un cuerpo estará expuesta a 3 factores físicos que son:

1) Factores hidrostáticos: Se basa en el principio de Arquímedes, de flotación o de empuje y el Factor de compresión por Pascal. Cuando un cuerpo se sumerge bajo el agua, esta ejerce una fuerza vertical en dicho cuerpo trabajando sobre su centro de gravedad, produciendo la flotación. Este principio es el que provoca que el cuerpo tenga menor peso, y de esta manera sea más fácil realizar ejercicios bajo el agua. Además las personas pueden realizar ejercicios de carga con un menor peso corporal, realizándolo con mayor facilidad y disminuyendo el estrés articular, gracias a este efecto de flotación. (G. Rodríguez 2002). Según la ley de Pascal, menciona que la compresión generada por la presión hidrostática del agua, depende del peso del cuerpo y la altura absoluta del nivel del agua.

Esta compresión puede generar cambios en el sistema venoso, a las cavidades corporales y al sistema musculoesquelético, además puede provocar cambios metabólicos por un descenso en el consumo de oxígeno, que por consecuencia traduce en una relajación muscular y modulación del tono. (L. Lovatto. 2012).

2) Factores hidrodinámicos: Hacen referencia a los factores que resisten o facilitan el movimiento dentro del agua, además de proporcionarnos progresiones del ejercicio. Al momento que un cuerpo entra en el agua sufre una resistencia llamada hidrodinámica que se opone a su avance, la cual según Kemoun, (1987) es 900 veces mayor que la resistencia que opone el aire; la que a su vez depende de factores (R, resistencia hidrodinámica; K, depende del medio; S, superficie del cuerpo; alfa, ángulo de ataque y V, velocidad); (Bases físicas de la hidroterapia, 2002).

**Los factores que determinan la naturaleza del medio son:**

### **Fuerza de cohesión**

La cohesión es la fuerza de atracción entre partículas adyacentes dentro de un mismo cuerpo, mientras que la adhesión es la interacción entre las superficies de distintos cuerpos.

En el agua la fuerza de cohesión es elevada por causa de los puentes de hidrogeno que mantienen las moléculas de agua fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. (Sierra, 2003)

Cuando las moléculas del agua experimentan esta fuerza de atracción intermolecular y esas fuerzas son entre moléculas iguales entonces hablamos de fuerzas de cohesión (Olmo & Nave, 2005). Debido a que las moléculas que están más a superficie no tienen moléculas iguales sobre ellas se cohesionan más fuertemente con las vecinas formando así una película en la superficie llamado tensión superficial.

### **Tensión superficial**

Mogollon, (2005); *“plantea que la tensión superficial es la fuerza que se ejerce entre las moléculas de la superficie de un fluido, actuando así como resistencia al movimiento cuando una extremidad se sumerja parcialmente, pues la tensión superficial ha de romperse por el movimiento”*.

### **Viscosidad**

La viscosidad representa una característica de los fluidos que se encuentran en movimiento, el cual genera una oposición hacia su flujo cuando es aplicada una fuerza; según (Roberts, 1982), cuanta más resistencia opone el líquido a fluir normalmente, más viscosidad poseen. Cuando es sometida a estímulos externos sus moléculas se desplazan tan rápidamente como su tamaño lo permita; es decir, está relacionada con la velocidad que tenga el líquido, a mayor velocidad mayor fricción entre moléculas por lo tanto mayor resistencia (Sanders, 2005).

Esta resistencia se produce en contra del sentido del movimiento del cuerpo y va en aumento en proporción a la velocidad y la superficie de contacto frontal de la(s) parte(s) del cuerpo en contacto con el agua. (Roberts, 1982). El calor modifica la viscosidad de los fluidos, a medida que disminuye la viscosidad de un fluido se desplaza con más rapidez; cuanto más viscoso sea el fluido, más resistencia opondrá a su deformación.

En este sentido (Sanders, 2005) plantea, que el agua permite fortalecer los músculos en una postura funcional/erguida, especialmente la musculatura estabilizadora de tronco. Cuando realizamos ejercicios como caminar y correr; y se utiliza la resistencia del agua, esta mejora su funcionalidad; debido principalmente a que el cuerpo se estabiliza a si mismo contra esa resistencia. La auténtica ventaja del ejercicio en agua es su capacidad de ofrecer resistencia específica en una postura funcional erecta.

## **1.2.2 Efectos de la inmersión sobre el tejido adiposo, muscular y óseo.**

### **1.2.2.1 Efectos en tejido adiposo:**

El tejido adiposo es un tejido conjuntivo especializado, el cual representa la reserva energética del organismo. (Gutiérrez et al, 2001).

El efecto de fuerza de empuje o flotación en posición vertical de la persona en el ejercicio físico en piscina, provoca una disminución del peso del cuerpo, la cual, favorece el movimiento sin sobrecargar las articulaciones y por otra parte se produce un estímulo en el metabolismo de las grasa en diversas zonas del cuerpo como en los brazos, piernas, abdomen y espalda (Kaenz. 2017).

Según, (C. Molina, 2016) la mejor alternativa para obtener mayores efectos para quemar masa grasa subcutánea y abdominal es el ejercicio de intensidad por intervalos (HIT)

Según un estudio de entrenamiento en aguas profundas por intervalos (Pasetti et al, 2011) demostró que pueden haber mejoras en la salud y reducción de la concentración de adipocitos,

La obesidad y el sobrepeso tienen relación con el índice de masa corporal (IMC). Un aumento considerable del perímetro abdominal que supere 88 y 102 en mujeres y hombres obtiene mayores riesgos de desarrollar enfermedades cardíacas, hipertensión diabetes y algunos cánceres. (Borreani, 2015).

### 1.2.2.2 Efectos en tejido muscular:

En la inmersión del cuerpo, la presión hidrostática y la temperatura del agua aumentan el flujo sanguíneo muscular, provocando mejoras en el rendimiento muscular, aumento del consumo de oxígeno, aceleración de procesos de eliminación de desechos, permitiendo de esta manera un rendimiento muscular más eficiente. (Cameron, 2009).

Al momento de la inmersión, con el uso de flotadores se produce la flotabilidad, la cual favorece la reducción del peso corporal, esto facilita el movimiento en la piscina y de esta manera al realizar ejercicios se produce una contra resistencia que permite fortalecer la musculatura, como lo muestra la figura 1. (Batista et al, 2012).

La resistencia del agua es dependiente de la velocidad que esta ejerce, por consecuencia de este efecto se puede dar uso para proporcionar una fuerza contra la cual los músculos puedan trabajar para ganar o mantener fuerza, en sujetos sanos. (Gehlsen, 1984).

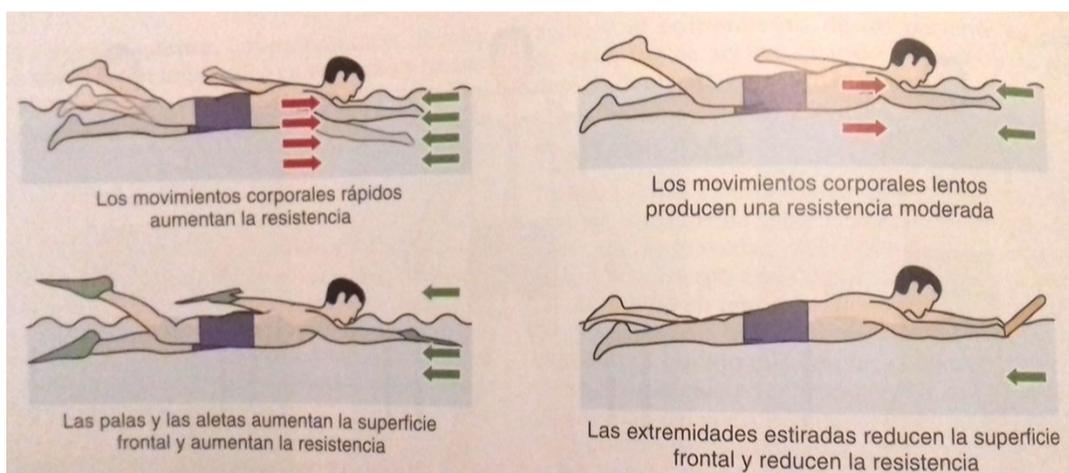


Ilustración 1: Resistencias que opone el agua a un cuerpo. (Cameron, 2009).

### 1.2.2.3 Efectos del tejido óseo:

El tejido óseo es una variedad de tejido conjuntivo cuya estructura tiene características sólidas por los minerales que contiene como el calcio. Según (Angulo Carrere & Dobao Álvarez, 2010) constituye la base histológica de los huesos que constituyen el esqueleto humano y que forman parte del aparato locomotor. Los huesos están cubiertos externamente por una capa de tejido conjuntivo muy vascularizado (periostio), recorrido por una extensa red de capilares y terminaciones nerviosas, que penetrando hacia el interior por los

orificios nutricios, nutren e inervan al tejido y a todos los componentes del hueso.

Las cargas mecánicas debido a la tensión muscular y la gravedad también promueven la remodelación ósea; ya en el siglo XIX (Julius Wolff 1836 – 1902).Anuncio su teoría respecto a «*La forma y estructura de los huesos en crecimiento y de los adultos, depende del estrés y la tensión -esfuerzos- a los que están sometidos. Alterando las líneas de tensión, la forma de los huesos puede ser cambiada*».

Luego Heuter y Volkmann, quienes en 1862 cuando Wolf establecía su primer postulado describieron el principio de que «el crecimiento de la placa epifisaria, o placa de crecimiento de los huesos de los niños, es inversamente proporcional a la compresión que se ejerza sobre ella». (Hernández Perera, 2011).

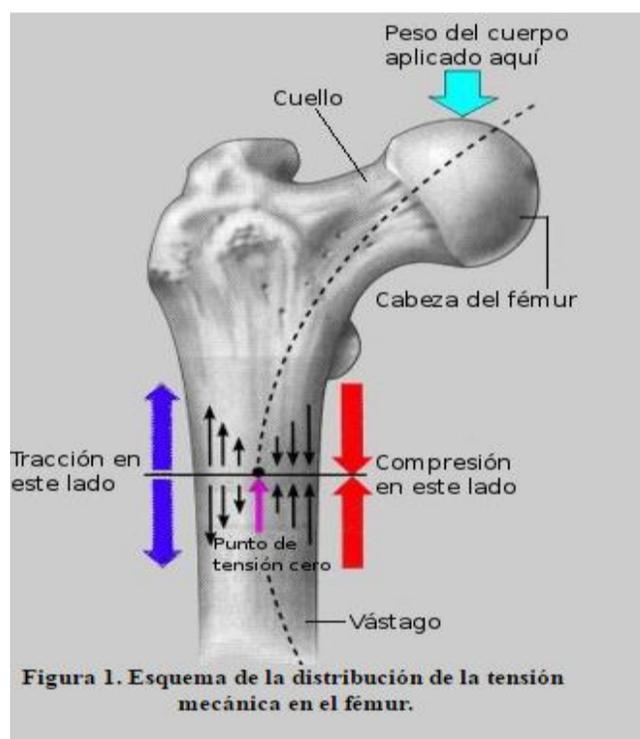


Ilustración 2: De acuerdo a la Ley de Wolff, las trayectorias trabeculares son más vulnerables a las compresiones, determinando condiciones de atrofia(Isaza, 2010).

Por otra parte; (Lusa, Arias, & Martins, 2005) mencionan que las respuestas de remodelación ósea ocurren por acción de la gravedad, además de la acción de intensa de músculos ligados al segmento óseo. Ya anteriormente (Marcus, 2001) establece que el desarrollo del esqueleto y su adquisición máxima de densidad mineral o también conocido como pico de masa ósea; influyendo sobre todo en al menos 70% los factores genéticos, así también los factores hormonales, nutricionales y mecánicos, como lo es el ejercicio.

Según (Aguilar et al, 1999) la intensidad de esfuerzo y la carga axial son los parámetros determinantes; los ejercicios con mayor carga mecánica presentan adaptaciones significativas en los depósitos minerales.

#### 1.2.2.4 Efectos cardiovasculares

En el sistema cardiovascular se producen cambios considerables a la hora de producirse la inmersión completa, independientemente si el agua de la piscina esta fría o caliente. Los efectos producidos son la presión transmural venosa, espacios intersticiales son comprimidos, lo que provoca aumento del torrente sanguíneo y disminución del movimiento de líquidos intersticiales, incremento en el rendimiento cardíaco (mayor volumen de eyección), aumento del flujo sanguíneo periférico por las resistencias periféricas (Batista et al, 2012).

En estudios previos está demostrado que la inmersión provoca un incremento en la presión venosa central hasta el tórax y continua aumentando hasta sumergir el cuerpo completo en el agua, como lo muestra la Figura 3; El volumen venoso central aumenta un 60% cuando el agua llega hasta el cuello, y el volumen cardíaco sube a un 30%, esto provoca a nivel del corazón que el volumen cardíaco origine un aumento en de la presión de la aurícula derecha de 14 a 18 mm/hg y un incremento en la fuerza de la contracción, y por lo tanto también en el volumen sistólico (Cameron. 2009).

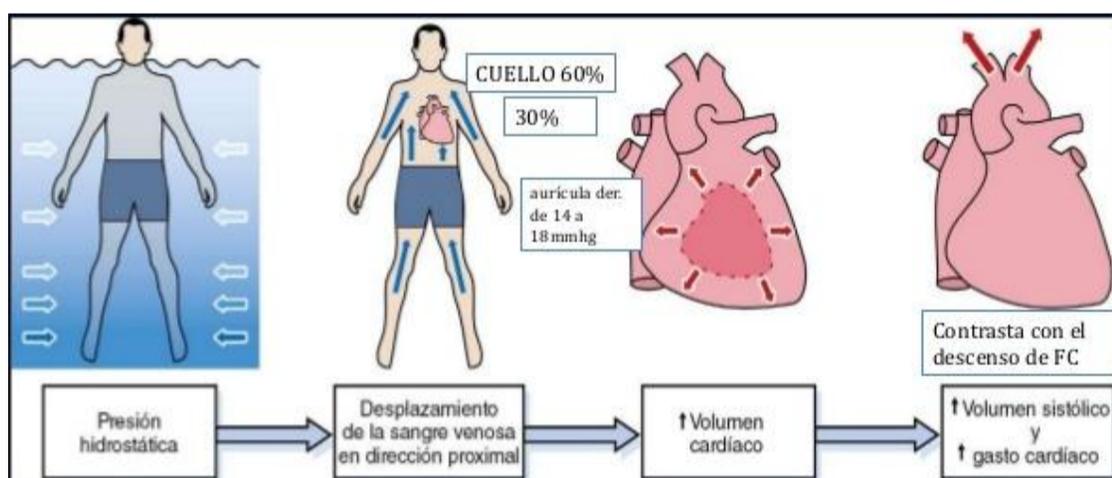


Ilustración 3: Efectos cardiovasculares de la inmersión. (Cameron, 2009).

### 1.2.2.5 Efectos respiratorios

En el aparato respiratorio se producen diferentes resistencias al momento de la inmersión, las cuales tienen mayor compresión en el abdomen que en el tórax. Por lo tanto en la inmersión completa se produce una sobre carga en los músculos inspiratorios, facilitando la espiración y dificultando la inspiración; esto provocaría un aumento la demanda de oxígeno y mayor producción de dióxido de carbono, causando un aumento en el trabajo ventilatorio y disminución del volumen de reserva espiratoria (Pazos et al, 2002).

En la ilustración 4. Muestra como la inmersión de cuerpo completo hasta el cuello se produce un incremento considerable en la ventilación respiratoria, esto producto de que la sangre venosa pasa desde la periferia a la circulación central aumentando la circulación de la cavidad del tórax, y la presión hidrostática en el tórax produce un aumento de la resistencia a la expansión pulmonar. El volumen de reserva espiratorio se reduce en un 50% aproximadamente al sumergir un cuerpo hasta el cuello, y la capacidad vital de un 6% a un 12%, cuando estos cambios se acoplan, incrementan el trabajo total de la respiración en aproximadamente un 60% (Cameron, 2009).

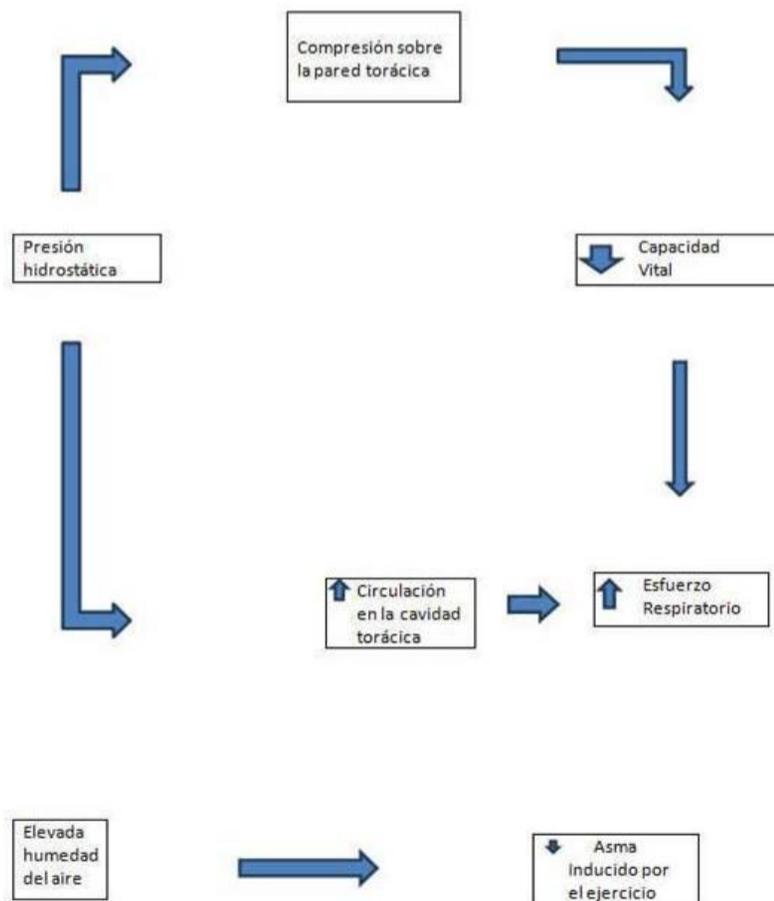


Ilustración 4: Efectos respiratorios de la inmersión (Cameron, 2009)

### 1.2.2.6 Efectos renales

El ejercicio en el agua a nivel renal produce un aumento de la producción de orina y la excreción de sodio y potasio por orina, esto se produce por una disminución de la hormona antidiurética (ADH) y de la aldosterona, que se asocia a un incremento de la liberación de sodio y potasio, favoreciendo de esta manera la disminución de la presión sanguínea y demuestra una mejora en la eliminación de los desechos metabólicos. (J.M. Pazos Rosales, A. González Represas. 2002).

Los cambios descritos anteriormente se producen por efectos de la redistribución del flujo sanguíneo y a la hipervolemia central relativa, que se produce a causa de la presión hidrostática que se ejerce sobre la periferia. (Figura 5.)(Michelle Cameron, 2009).

Además al sumergir un cuerpo completo al agua, se provoca un aumento de la diuresis producto de la liberación del péptido natriurético auricular (PNA). (Bookspan, 2009) En la inmersión y el ejercicio, aumenta el volumen de sangre en las cavidades superiores del corazón provocando que las aurículas se distiendan, y para contrarrestar este mecanismo, las células de las aurículas secretan el PNA para aumentar la diuresis, incrementando la natriuresis y estimula la liberación de diversas sustancias.

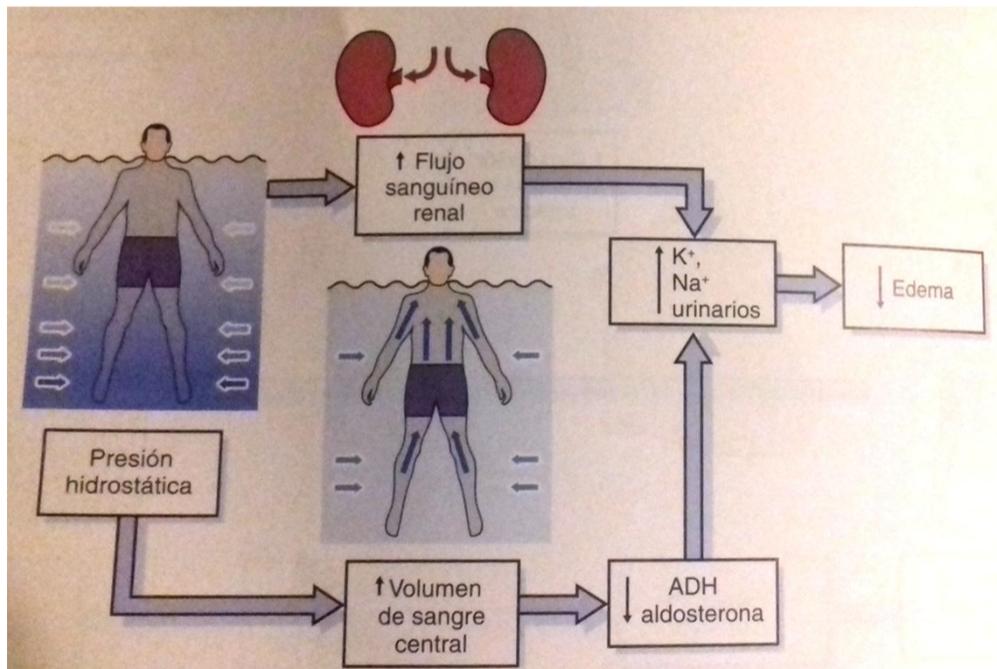


Ilustración Nº 5. Efectos renales de la inmersión. (Cameron, 2009).

## **1.3 Deep Water Running**

### **1.3.1 ¿Qué es DWR?**

El Deep Water Running (DWR) o funcionamiento en aguas profundas; es un tipo de entrenamiento que se lleva a cabo en aguas lo suficientemente profundas para que el sujeto se sumerja hasta el cuello; son utilizados ayudas externas para mantener la flotación como chalecos o cinturones por lo que no se produce contacto con el suelo durante el ejercicio. (Really et al, 2003).

El DWR se realiza a una profundidad típica, a nivel de la apófisis xifoides (Denning et al, 2012), donde los participantes pueden correr o caminar propulsándose por el agua.

El método es utilizado según (Vilamitjana & Terrence, 2013) para prevenir lesiones, la recuperación del ejercicio extenuante o la competencia, además de ser un entrenamiento complementario para mejorar la capacidad cardiovascular. (Tartaruga & Martins Kruel, 2006), menciona que la principal característica del funcionamiento en aguas profundas (DWR) es su naturaleza de bajo impacto.

### **1.3.2 Fisiología del DWR**

Las principales propiedades físicas relacionadas con las modificaciones fisiológicas son la termo-conductividad, o mayor capacidad de transferencia de calor en el medio acuático, la presión hidrostática que probablemente es responsable de modificaciones en las respuestas cardiovasculares en situación de Reposo y en ejercicio. (Tartaruga & Martins Kruel, 2006)

Además (Johnson et al, 1977) menciona que el consumo de oxígeno con frecuencia es utilizado para medir de manera más objetiva la intensidad del ejercicio. Este es el producto del gasto cardíaco y la diferencia del oxígeno arteriovenoso además de estar directamente relacionado con el gasto de energía calórica.

Los picos de FC y el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) (Tartaruga & Martins Kruel, 2006)son más bajos durante el entrenamiento en agua en comparación con su homólogo en tierra en los esfuerzos esta disminución va desde el 10% a un 27% según (Nakanishi et al, 1999). Algunas mujeres obtuvieron un VO<sub>2</sub> max.

menor que el de los hombres, ambos géneros presentaban valores más bajos en agua en comparación a su homólogo en tierra (Butts et al, 1991).

Se cree (Butts et al 1991, Nakanishi et al 1999) que la temperatura del agua, las respuestas cardiovasculares a la presión hidrostática y la actividad muscular pueden contribuir a las diferencias del VO<sub>2</sub>.

### **1.3.3 Biomecánica musculoesquelética del DWR**

Durante el DWR existen diferentes factores biomecánicos que se ven afectados como lo son: la frecuencia de la zancada, la longitud de la zancada y el dolor además de la movilidad en poblaciones que sufren de alguna patología como por ejemplo artritis, fibromialgia, dolor lumbar; entre otras.

Según (Killgore et al, 2006; Kilding et al, 2007) la cinemática de tren inferior durante DWR es diferente a la carrera en tierra; la zancada es notoriamente menor en sus zancadas durante el DWR; además, la frecuencia de la zancada durante el protocolo DWR puede ser cercana a la mitad de lo que es su homólogo en tierra (Masuto et al, 2009).

Posteriormente (Killgore et al, 2006) examino dos estilos de DWR el de campo cruzado y el de rodilla alta y evidencio que ambos provocaron una frecuencia zancada menor, siendo el de campo cruzado el más similar a la carrera en tierra a diferencia del estilo rodilla alta. La falta de soporte en tierra y resistencia al agua aumentada durante el DWR logra explicar la diferencia entre la frecuencia del paso.

Además, la disminución de la gravedad favorece una relajación de la musculatura, ya que los husos neuromusculares están menos excitados (Sanchez, 2009), y la hipogravidez ayudará a que poblaciones con algún tipo de limitación en su movilidad, vean facilitados sus movimientos por liberación de peso y propiciarán mayor rango articular, con la pertinente mejora psicológica que estos aspectos llevarán asociados.

La técnica de DWR, la comodidad psicológica, la percepción del trabajo, los patrones de reclutamiento muscular y la cinemática en marcha son todos afectados por la física (es decir, la temperatura, la flotabilidad, Presión hidrostática, gravedad específica y arrastre) de correr en agua (Killgore, 2012). (Dowzer et al, 1998) analizaron cómo el entrenamiento aeróbico a partir de la actividad de correr en la zona profunda de la piscina es beneficioso por la disminución de las cargas compresivas que se producen sobre la columna

vertebral respecto a su equivalente terrestre. También es posible (Tartaruga & Martins Krueel, 2006), mantener la fuerza isotónica concéntrica y excéntrica de extensores y flexores de rodilla y dorso flexores y flexores plantares del tobillo, en un período de cuatro semanas para corredores.

Incluso la distensión muscular que se genera puede favorecer un mayor volumen inspiratorio. (Sanchez, 2009)

#### **1.3.4 Deep Water Running modificado**

El funcionamiento en aguas profundas (DWR) se realiza en una piscina lo suficientemente profunda para mantener la cabeza en la superficie, con la ayuda de un chaleco de flotabilidad; como también no debe incluir el contacto con el suelo (Reilly et al, 2003); en este caso la modificación que se realizó fue que existiese contacto con el suelo, esto podría explicar parcialmente por qué el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) es típicamente menor durante el funcionamiento de DW, en relación con el funcionamiento en contacto con alguna superficie (Town & Bradley, 1991).

Para realizar el DWR de manera apropiada se debe seguir cierta técnica para imitar los patrones de funcionamiento terrestre; Según (Killgore, 2012), la zancada debe ser parecida al Sprint para aumentar la especificidad y sea parecido al movimiento en tierra; es decir, la carrera debe ser lo más parecida a la carrera en tierra (Peyre-Tartaruga, 2001). Además, los efectos de la resistencia al agua (es decir, las fuerzas de arrastre) pueden aumentar el gasto energético (Gleim & Nicholas, 1989), como también disminuir las cargas mecánicas en las articulaciones de las extremidades inferiores (Barela & Duarte, 2008; Barela, Stolf, & Duarte, 2006)

También se debe tener una postura erguida de tronco la cual debe ser perpendicular a la superficie para así ser lo óptimo, de esta manera se permite la movilidad de la pelvis como también la columna lumbar (Killgore, 2012).

(Kaneda et al, 2009), menciona que las inclinaciones de tronco eran evidentes en DWR con chaleco de flotación, donde la pelvis se inclina hacia adelante.

El entrenamiento de DWR modificado se realizara con un trote en agua simulando el trote en tierra a moderada intensidad durante 7 minutos, para continuar con intervalos de HIT (rodillas al pecho) durante 3 minutos, intercalando baja intensidad durante 60 segundos a una FC de entre 50-60% y luego alta intensidad durante 15 segundos con una frecuencia de entre el 80-

90% según (Fox y Haskell); durante el entrenamiento se evaluara el esfuerzo de los sujetos mediante la escala de Borg original, la cual mide según BORG, (1982) la gama entera del esfuerzo que el individuo percibe al hacer ejercicio. Esta escala da criterios para hacerle ajustes a la intensidad de ejercicio, o sea a la carga de trabajo, y así pronosticar y dictaminar las diferentes intensidades del ejercicio en los deportes y en la rehabilitación médica.

Según (Morgan, 1973); el concepto del esfuerzo percibido es una valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado. El mismo año Morgan designa valores respecto a la intensidad de trabajo durante el ejercicio del 1 al 20, una representación subjetiva del trabajo realizado.

#### **1.4 HIT**

El HIT (High Intensity-Interval Training) se conoce como una modalidad de entrenamiento que consiste en realizar intervalos cortos y de alta intensidad, seguidos con descansos o recuperaciones activas, con la intención de una próxima repetición de alta intensidad. (Borreani et al, 2016).

El entrenamiento interválico de alta intensidad fue descrito por primera vez por Reindell y Roskamm, y fue popularizado en la década de los 50 a través de las gestas de Emil Zatopek, atleta Olímpico. Posterior a esto se comienzan a estudiar las respuesta fisiológicas que producía el entrenamiento al organismo (Fader, 2013).

Es así como (Peña et al 2013), definen la característica que los distintos formatos de sesiones HIT es la realización de repetidas series de esfuerzos de corta o larga duración, realizados a alta intensidad e intercalados por períodos de recuperación. Esto implica programar tanto la duración de los intervalos de trabajo (con duraciones muy variables según sean formatos cortos: 90% VO<sub>2</sub>max; >90-95% FCmax; >15 RPE Borg), así como la duración e intensidad de los intervalos de recuperación (aproximadamente 60-80% VO<sub>2</sub>max; 70-85% FCmax; >6 RPE Borg).

Intensidad y duración de la fase de recuperación

Estas dos variables afectan directamente a la recuperación del metabolismo muscular, que es determinante para poder realizar de la manera más eficaz posible los siguientes intervalos a la intensidad programada (Tschakert&Hofmann, 2013).

En el ejercicio moderado (60-70% FCmax) de más de 30 minutos, es la mejor forma para la oxidación de grasas, basándose únicamente en las vías metabólicas, de carácter relativo, durante la realización del ejercicio físico. (Borreani et al, 2016).

Según Gibala (2008), con realizar 6 sesiones de HIT en más de 2 semanas o realizar un ejercicio intenso con un total de aproximadamente 15 minutos, puede aumentar la capacidad oxidativa musculoesquelética y el rendimiento de la resistencia y alterar el control metabólico durante el ejercicio basado en aeróbico.

El ejercicio intenso tanto interválico, como continuo produce mayor consumo de oxígeno post-ejercicio que el ejercicio moderado. (Borreani et al, 2016).

En estudios anteriores se ha demostrado que en un entrenamiento con intervalos de alta intensidad mejora la potencia aeróbica y factores anaeróbicos, incluye en la composición corporal hacia una constitución saludable. (C. Cofre et al, 2016).

El HIT tiene grandes beneficios para la salud y en forma física en poco tiempo y puede realizarse en diversos tipos de poblaciones, pero con requerimientos especiales, por ejemplo: En enfermedades cardiovasculares, obesidad, hipertensión arterial, síndrome metabólico. (Borreani et al, 2016).

Según (Burgomaster, 2005), con realizar 6 sesiones de HIT en más de 2 semanas o realizar un ejercicio intenso con un total de aproximadamente 15 minutos, puede aumentar la capacidad oxidativa musculoesquelética y el rendimiento de la resistencia y alterar el control metabólico durante el ejercicio basado en aeróbico.

El ejercicio intenso tanto interválico, como continuo produce mayor consumo de oxígeno post-ejercicio que el ejercicio moderado.(Borreani et al, 2016).

En estudios anteriores se ha demostrado que en un entrenamiento con intervalos de alta intensidad mejora la potencia aeróbica y factores anaeróbicos, incluye en la composición corporal hacia una constitución saludable. (C. Cofre et al, 2016).

El HIT tiene grandes beneficios para la salud y en forma física en poco tiempo y puede realizarse en diversos tipos de poblaciones, pero con requerimientos especiales, por ejemplo: En enfermedades cardiovasculares, obesidad, hipertensión arterial, síndrome metabólico. (Borreani et al, 2016).

### **1.5 Diferencias entre Deep Water Running modificado y su homólogo en tierra.**

El protocolo DWR modificado puede ser una buena alternativa para que lo realicen atletas, sujetos con patologías óseas, limitaciones musculoesqueléticas y para personas que tengan alguna alteración en la movilidad. (Gayda, 2010).

En el DWR modificado se produce el efecto de flotación, el cual permite reducir las fuerzas compresivas en las articulaciones en comparación con el entrenamiento en tierra, que pueden provocar mayor impacto en las articulaciones, ocasionando lesiones o daños en los participantes sedentarios. (M. Riveros. 2012).

Según (Peyré et al, 2006), en el DWR modificado, la frecuencia cardíaca máxima (FCmax) entrega valores más bajos, provocado por una estimulación del sistema simpático en el ejercicio en piscina. Además la reducción a la actividad simpática proviene de la presión hidrostática y la activación barorrefleja, lo que establece una facilidad en el retorno venoso. Y además una disminución en el oxígeno máximo (VO<sub>2</sub> máx.) debido a que la densidad del agua es mayor que el aire.

El DWR es caracterizado por entregar múltiples efectos que favorecen el cuerpo y la relajación en comparación al mismo ejercicio en tierra, entregando una disminución de la presión sanguínea, facilitar el retorno venoso y una disminución del tono que aliviana los dolores en caso de padecerlos; además de favorecer los movimientos por ser un medio anti gravitatorio y requerir una cantidad de músculos mayor que en tierra. (Corbin, 2003)

El entrenamiento en agua a diferencia de su homólogo en tierra brinda seguridad a aquellas personas que presentan alguna patología que los limiten en la actividad física como reumatismo, EPOC, asma, esclerosis múltiple. (Herrera Rodriguez & Avella, 2015)

(Colado, 2003) menciona que con 4 semanas de entrenamiento con 3 sesiones por semana, había disminución de tejido graso pero aumenta el perímetro de brazos y cadera; de igual forma los resultados del acondicionamiento en agua dependerán de la metodología que se aplique al entrenamiento (Herrera Rodriguez & Avella, 2015).

## **1.6 Cineantropometría según ISAK**

La Antropometría o Cineantropometría, es el estudio de las funciones del organismo, la proporción, forma, tamaño y composición corporal, que tiene como objetivo describir sus características y dar un seguimiento a los cambios y efectos producidos de la actividad física. (Milián et al, 2014).

### **1.6.1 Historia**

La cineantropometría es definida por primera vez por Ross y Marfell-Jones como el conjunto de los componentes químicos y/o estructurales que interpretan la totalidad del organismo humano. (Alacid. 2011)

Esta especialidad científica es de amplia utilidad para realizar mediciones del tamaño, la forma, las proporciones, la composición, la maduración y la función de la estructura corporal de las personas. (Acosta. 2013).

El estudio antropométrico es utilizado para la detección del estado nutricional y la composición corporal en sujetos sanos como enfermos, y para comparar el impacto deportivo tanto en personas sedentarias o en deportistas en diferentes tipos de entrenamiento. (Carvajal. 2011).

Las mediciones cineantropométricas se remonta al siglo XIX, donde el primero en proponer un método científico para dichas mediciones fue J. Mantiegka en 1921; quien desarrollo una serie de fórmulas para predicción de peso de la piel, tejido subcutáneo, masa muscular, masa ósea, y los denominados remanentes como órganos, vísceras y líquidos. (Chamorro et al, 2005) Argumentando que dichos componentes guardaban relación con determinadas medidas antropométricas.

Posteriormente investigadores Belgas y Canadienses, realizaron un estudio en cadáveres humanos, el llamado estudio de Bruselas; donde los cadáveres debían estar en buen estado de conservación y no tener procesos de catabolismo pronunciado. (Fernández, 2001).

El primer día el cadáver era marcado y posteriormente medido; para luego ser pesado hidrostáticamente y fotografiado con rayos x; durante el segundo día procedía la disección anatómica en tejidos dividiéndolo en cutáneo, muscular, adiposo, óseo y residual; para finalmente el tercer día los tejidos eran pesados

en tierra e hidrostáticamente, para determinar su peso y densidad. (Chamorro et al, 2005).

Luego (Martin, 1990); demuestra que la masa libre de tejido adiposo (valorada tras la disección) no era constante en cuanto a su proporción de tejido muscular y óseo, respecto a la masa residual; mencionando que se debe a que no existe proporción fija entre ellas.

### **1.6.2 Fraccionamiento corporal de los 5 componentes**

Es un estudio antropométrico basado a través de un modelo anatómico con disección de cadáveres, siendo el único método con validación directa. (Kerr, 1988).

Es definido por Espinosa et al (1995), como el estudio de la composición corporal, que es evaluado por distintos métodos, de las diferentes fracciones corporales consideradas respecto del peso total.

Según Fernández (2001), el estudio de la composición corporal, debía ser aplicado por diferentes métodos para su determinación in vivo; como la tomografía axial computarizada, resonancia nuclear magnética, el análisis de activación neutrónica y la absorciometría de fotones de doble energía. Sin embargo estos métodos son mucho más invasivos y de mayor costo.

Para analizar la composición anatómica, el fraccionamiento corporal es el protocolo más utilizado, incluyendo los 5 componentes que son: tejido adiposo, muscular, óseo, piel y residual (Kweitel, 2003).

Los datos de estos componentes son recopilados por diámetros (cm), perímetros (cm) y pliegues cutáneos (mm). (Marrodán, 2008).

### **1.6.3 ISAK**

La Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (International Society for Advancement in Kinanthropometry, ISAK) es una metodología para realizar técnicas recomendadas para evaluar la composición corporal. (K. Norton. 2014)

El objetivo de esta metodología es entregar conocimiento teórico y guiar en las normas a los evaluadores con la finalidad de realizar una correcta medición

antropométrica, y de esta manera obtener una adecuada recopilación de datos. Según (Carmenate et al, 2014); este proceso puede llegar a tener una duración de 25 minutos o 1 hora.

Se deben realizar entre dos y tres mediciones no consecutivas entre cada parámetro, la diferencia entre las mediciones no puede ser superior al 2% tanto en peso, talla, perímetros y diámetros; y de esta manera obtener una medición confiable y precisa (Cruz, 2009).

Según Cruz (2009), los materiales básicos para realizar una correcta evaluación cineantropométrica deben cumplir ciertas características:

- Bascula precisión 100 gramos
- Tallimetro precisión 1 mm
- Plicómetro precisión de 0,2 – 0,5 mm
- Segmómetro precisión 1 mm
- Cinta métrica metálica precisión 1 mm
- Lápiz demográfico, como marcador de puntos anatómicos.

El protocolo comienza con una recopilación de datos personales de los participantes en donde se debe describir el nombre, edad, medicamentos, talla y peso medidos con pesa detecto de tipo balanza, medir 6 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal abdominal, muslo medial, pantorrilla máxima), 10 perímetros (cabeza, brazo relajado, brazo flexionado en tensión, antebrazo máximo, tórax mesoesternal, cintura mínima, cadera máximo, muslo máximo, muslo medial, pantorrilla máxima) y 6 diámetros (biacromial, tórax transverso, tórax antero-posterior, bi-iliocrestídeo, humeral, femoral). (Vila et al, 2015)

#### **1.6.3.1 Tejido adiposo:**

Antes de comenzar el protocolo, se debe saber que para tener una buena medición de pliegues (Pacheco del Cerro, 2011) hay que tener en cuenta para que sea bien considerada una estimación del % de grasa corporal, se deben tomar a lo menos seis pliegues donde su localización debe ser equitativa entre extremidades y tronco; para de este modo equilibrar las variaciones individuales de distribución entre los sujetos. Los pliegues más representativos que se deben incluir son abdominal, muslo medio y subescapular.

Para el procedimiento de toma de pliegues, se debe pellizcar como doble capa de piel más el tejido adiposo subcutáneo subyacente y que se mantenga

presionado entre el pulgar y el índice como lo muestra la figura 6, teniendo precaución de no presionar el tejido muscular subyacente. Como regla, el plicómetro debe ubicarse a una profundidad no más allá de la mitad de la uña del evaluador y siempre sostenido en 90° en relación al pliegue que se está midiendo. (Carvajal et al, 2011).

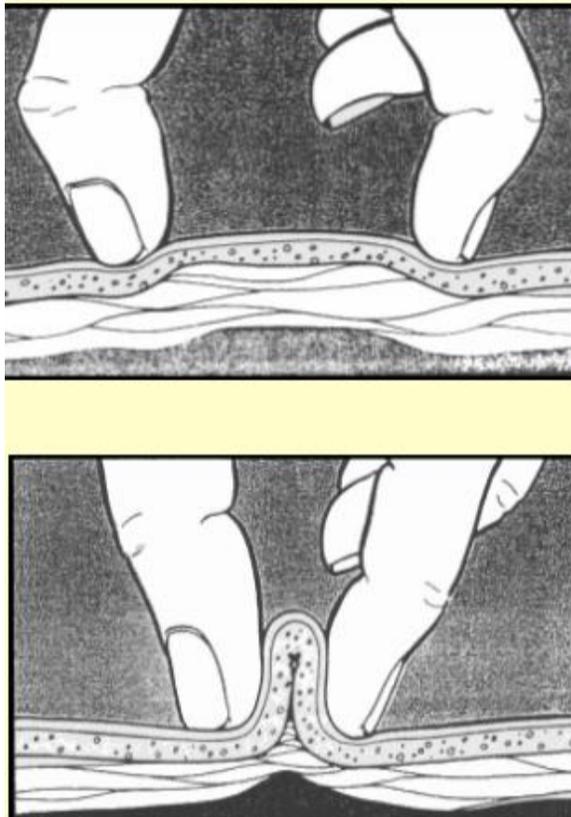


Ilustración 6: Correcta ejecución de tomada para pliegues (Carvajal et al, 2011).

### 1.6.3.2 Tejido muscular

Se realiza a través de perímetros por medio de una cinta métrica la cual se sostiene en ángulo recto respecto al segmento corporal que se está midiendo y su tensión debe ser constante, la cual se logra asegurándose que no existen huecos entre la piel y la cinta y que esta mantenga su lugar en la marca de referencia. (Norton & Whittingham, 2014).

### 1.6.3.3 Tejido óseo

Esta medición permite la medida directa de los segmentos a medir; para este caso el instrumento que se utiliza es un calibre deslizante grande o un segmómetro; la evidencia demuestra que la posibilidad de errar con el calibre

deslizante es mucho mayor versus el segmómetro que es el instrumento a utilizar en esta ocasión(Norton & Whittingham, 2014). Además es importante que el segmómetro al momento de leer los registros, este lo más próximo a los ojos del evaluador.

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Planteamiento del problema

La sociedad actual se ve cada vez más cómoda y con menos intensidad de gastar energía; la automatización de fábricas, los sistemas de transporte o la gama que existe de equipos electrónicos han reducido de manera significativa la necesidad de realizar un trabajo físico y fomentar así el sedentarismo (Marquez Rosa, Rodriguez Ordax, & De Abajo Olea, 2006)

En la actualidad, las personas ya no realizan ejercicio con habitualidad, tampoco se educa a niños para realizarlo, es así como estamos creando un país de niños y adultos obesos y sedentarios con una mala calidad de vida, es por esto que la (OMS, 2015) lo cataloga como una epidemia.

Según la Encuesta nacional de hábitos de actividad física y deporte, 2015, los indicadores de sedentarismo han mejorado, disminuyendo en casi un 2,6%, a diferencia de la medición realizada en 2012. El centro para el control y prevención de enfermedades (CDC, 2009), entregó resultados positivos, respecto a que el ejercicio físico reduce entre un 30 y 50% los riesgos de adquirir algún tipo de enfermedad no transmisible como la obesidad, diabetes e hipertensión; catalogándolo como un indicador positivo de vida saludable, y está más al alcance de los usuarios de lo que creen, por definición se considera actividad física cualquier movimiento corporal que exija un gasto energético más allá del gasto energético producido en reposo. Es precisamente por todo lo anterior mencionado lo importante que es estimular la vida saludable, la actividad física y la terapia acuática que nos ofrece alternativas mucho más llamativas dentro del área para sujetos sedentarios tanto físicas como psicológicas debido principalmente a los principios que el agua proporciona.

Se conoce que la actividad física es compleja y además constituye un campo en desarrollo, no existe duda alguna respecto a los peligros del sedentarismo y por el contrario que la actividad física trae numerosos beneficios, entre ellos la reducción del riesgo de padecer alguna enfermedad no transmisible y mejora la salud mental. (Nieman & White, 1998)

Desde el momento de la concepción en el vientre materno estamos rodeados de agua, nuestro entorno es agua nacemos desde un medio acuoso, entre el 60-70% de lo que somos es agua; en definitiva el agua es un medio conocido y cómodo para cualquiera, además de contar con propiedades que favorecen las actividades dentro de ella.

## **2.2 Pregunta de investigación**

¿Habrá diferencias cineantropométricas en los porcentajes de tejido adiposo, muscular y óseo, después de ocho sesiones del protocolo Deep Water Running modificado versus su homólogo en tierra, en alumnos sedentarios del curso de pediatría, carrera de kinesiología de la Universidad Católica Silva Henríquez?

## **2.3 Justificación**

El 80,1% de la población Chilena (Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deportes, 2015) no realiza actividad física, en la cual no está incluidos los traslados diarios como ir al trabajo, escuela o a la casa. Esto se traduce que 9 de cada 10 personas no realiza ningún tipo de actividad física y/o deporte, ni tampoco se esfuerzan para realizarlo.

Para los jóvenes en general, más aún los universitarios, tienen un notable cambio en su estilo de vida cuando dejan la escuela, lugar de confort donde estaban acostumbrados a realizar por lo menos dos horas de actividad física a la semana. Los universitarios, al estar con una responsabilidad mayor en sus actividades académicas dejan de realizar ejercicio y están más vulnerables a una mala nutrición, no desayunan, no almuerzan o prefieren alimentarse con comida rápida.

En las personas sedentarias que desean realizar actividad física optan preferentemente por correr (Según la Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deporte, 2015). Sin embargo, es posible que las personas sedentarias tengan alto riesgo de provocarse una lesión con una actividad muy intensa. Además está demostrado (Araya et al, 2006) que correr o realizar ejercicio en superficies duras es más riesgoso, ya que absorben menos el impacto. A consecuencia de lo anterior también se manifiesta el dolor muscular tardío (DMT) en donde se produce dolor después de 8-24 horas después del ejercicio intenso. Producto de este malestar que perdura 5-7 días, las personas sedentarias generalmente dejan de realizar la actividad.

Es por esto que el entrenamiento en agua es una excelente herramienta terapéutica para personas sedentaria, con este tipo de entrenamiento logramos obtener un menor estrés articular y menor riesgo de lesión; menor dolor muscular tardío (DMT) y mayor gasto calórico.

El medio acuático ayuda en menor tiempo a disminuir el estrés y la ansiedad, favorece la regulación del tono muscular, mejora la circulación sanguínea, favorece el retorno venoso, aumenta el rango de movimiento bajo el agua, se consume mayor cantidad de energía que en tierra y favorece los procesos de recuperación tras el ejercicio (Chulvi et al, 2011).

Al entrenamiento se suman intervalos de HIT, ya que al ser un entrenamiento de alta intensidad y cortos periodos; se logran ver resultados en corto tiempo.

Es por esta razón, que en las ocho sesiones se esperan ver cambios positivos en los porcentajes de tejido adiposo, muscular y óseo, a diferencia de su homólogo en tierra, en alumnos sedentarios de kinesiología entre 18 y 23 años en la UCSH.

El HIT (Gibala, Little, MacDonald, & Hawley, 2013), aparece como una alternativa eficaz al entrenamiento tradicional de resistencia generando cambios similares o superiores incluso en un rango de marcadores fisiológicos de rendimiento y salud, en sujetos sanos y enfermos.

(Burgomaster, 2005), indica que los sujetos que realizan de cuatro a seis series de trabajo separadas por aproximadamente 4 min de recuperación, durante 2-3 min de ejercicio de alta intensidad, a lo largo de una sesión de entrenamiento de 20 min de duración; en una cantidad tan reducida como seis sesiones de este tipo de entrenamiento, incrementa la capacidad oxidativa del músculo esquelético tal como lo reflejan la actividad máxima y/o el contenido de proteínas de las enzimas mitocondriales.

## **2.4 Variables**

### **2.4.1 Variables independientes.**

Protocolo Deep Water Running modificado y su homólogo en tierra

## **2.4.2 Variables dependientes.**

El tejido adiposo, tejido muscular y tejido óseo.

## **2.4.3 Variables intervinientes.**

Algún tipo de carga emocional para los sujetos, alimentación, clima, temperatura del agua, humedad, factores hormonales en caso de las mujeres y la poca adherencia por parte de los participantes al protocolo Deep Water Running; esto puede alterar los resultados finales del tejido adiposo, muscular y óseo.

## **2.4.4 Operacionalización de las variables**

### **2.4.4.1 El tejido adiposo:**

**Definición conceptual:** Es una variedad especializada de tejido conjuntivo; en la que se integra células adiposas, las que se encargan de almacenar grasa. **(Cruz, 2010).**

**Definición operacional:** Se mide a través de un plicómetro, instrumento que permite medir los pliegues cutáneos (K. Norton, 2014).

### **2.4.4.2 El tejido muscular:**

**Definición conceptual:** Es un tejido especializado constituido por células que contienen gran cantidad de proteínas contráctiles para producir el movimiento. (Montalvo, 2011).

**Definición operacional:** Se mide con una cinta métrica para obtener perímetros de la masa muscular (K. Norton, 2014).

#### **2.4.4.3 El tejido óseo:**

**Definición conceptual:** Es un tipo de tejido conectivo caracterizado porque la sustancia fundamental extracelular se encuentra calcificada (Megías, 2017).

**Definición operacional:** Se mide a través de un segmómetro, para obtener el diámetro óseo (K. Norton, 2014).

## **2.5 Objetivos**

### **2.5.1 Objetivo General.**

Evaluar los porcentajes de tejido adiposo, muscular y óseo, después de ocho sesiones del protocolo Deep Water Running modificado versus su homólogo en tierra, en sedentarios entre 18 y 23 años, de la UCSH.

### **2.5.2 Objetivos Específicos**

- Categorizar los porcentajes de tejidos adiposos, muscular y óseo de cada sujeto.
- Determinar variaciones post entrenamiento en tierra.
- Determinar variaciones post entrenamiento en agua.
- Comparar y explicar diferencias antropométricas entre ambos grupos de intervención.

## **Metodología**

### **2.6 Materiales**

Previo a la evaluación se les entrego a los participantes un consentimiento informado en donde debían leerlo y firmarlo, pauta para recopilar datos de cada participante, lápiz dermográfico, cinta métrica para medir perímetros, plicómetro para medir pliegues cutáneos, segmómetro para medir el diámetro óseo, pesa marca DETECTO tipo balanza para medir peso en kg y talla, flotadores, gorros, trajes de baño, silbato y cronometro para realizar el entrenamiento en piscina.

## **2.7 Diseño metodológico**

**2.7.1 Tipo de estudio:** Cuasiexperimental tipo longitudinal.

**2.7.2 Diseño de estudio:** Caso estudio descriptivo correlacional prospectivo.

**2.7.3 Área de estudio:** Terapia acuática, cineantropometría.

## **2.8 Muestra**

A partir del universo, conformado por los alumnos regulares de la universidad Católica Silva Henríquez en el 2017, se solicitó la participación de los alumnos sedentarios de la carrera de kinesiología; los cuales finalmente participaron de nuestro caso estudio una población de 8 sujetos.

Dichos sujetos estuvieron de acuerdo en participar y firmaron el consentimiento entregado con anterioridad (Anexo N° 1). Se procedió a realizar una toma de muestras solicitando datos personales y mediciones cineantropométricas de los sujetos y seleccionándolos según los siguientes criterios:

## **2.9 Protocolos de inclusión y exclusión.**

### **2.9.1 Criterios de inclusión.**

- Ser estudiante regular de la UCSH,
- Ambos géneros, estudiantes entre 18 y 23 años
- Sedentario (no realizar ejercicio físico más de 90 min a la semana)
- Cursando segundo o tercer año de la carrera de kinesiología
- Estar cursando en el ramo de pediatría al momento de realizado el estudio.
- Adherencia al estudio de acuerdo al consentimiento informado.

### **2.9.2 Criterios de exclusión.**

- Realizar actividad física más de dos veces por semana o más de 90 minutos a la semana
- Sujetos con patologías o impedimentos cardiorespiratorio- metabólico y/o osteoneuromuscular.
- Heridas abiertas (solo para el grupo en piscina)

- Realización de actividad física en las 12 horas previas a la ejecución de la prueba.
- Consumo de alcohol y/o drogas de cualquier tipo 24 horas antes de la realización de la prueba.
- Inasistencia a las sesiones de los protocolos.

## 2.10 Protocolo

### 2.10.1 Protocolo en agua

Dicho protocolo tendrá una duración de 50 minutos y debe seguir una secuencia, para homogenizar la muestra además de evitar compensaciones y lesiones en los sujetos de prueba; se comenzara con un calentamiento previo a la actividad principal, luego en el entrenamiento propiamente tal se incluirán intervalos de HIT y finalmente ejercicios para volver a la calma o estado basal. Siguiendo con lo señalado anteriormente se hace mención a cada una de las fases.

**Fase I Calentamiento:** La primera fase de calentamiento busca prepara al sujeto para el entrenamiento y de esta manera buscar su máximo rendimiento y reducir al mínimo la posibilidad de sufrir algún tipo de lesión durante el ejercicio; durante esta fase realizaremos ejercicios de elongaciones dinámicas durante 30 segundos por grupos musculares y aeróbicos para aumentar el metabolismo del sistema.

- a. Actividades de estiramiento muscular: Busca la activación específica de los grupos musculares y de las articulaciones implicadas de forma más importante en la actividad principal (C. Zalazar, 2007). Estiramientos dinámicos con una duración de 30 segundos por grupo muscular. esta fase tendrá una duración de 5 min.
- b. Calentamiento general: Incrementa la temperatura, amplitud de movimiento y la actividad en los diferentes sistemas. En esta parte del calentamiento buscamos imitar el gesto de trabajo (Platonov 1991), en este caso del trote, a una intensidad leve para ir en un aumento progresivo, duración de 5 min.

**Fase II Actividad Principal:** La segunda fase es del entrenamiento como tal el cual busca básicamente, realizar mediciones cineantropométricas post entrenamiento buscando diferencias en los sujetos de estudio; dicha comparación se realizara con los sujetos que realizaran el mismo entrenamiento en tierra; primeramente se comenzara con trote en agua simulando el trote en tierra a moderada intensidad durante 7 minutos, para continuar con intervalos de HIIT (rodillas al pecho) durante 3 minutos, intercalando baja intensidad durante 60 segundos a una FC de entre 50-60% y luego alta intensidad durante 15 segundos con una frecuencia de entre el 80-90% según (Fox y Haskell); estos dos pasos descritos se realizaran hasta cumplir con los 50 minutos que dura el entrenamiento

Durante el entrenamiento se evaluara el esfuerzo de los sujetos mediante la escala de Borg original, la cual mide según BORG, (1982) menciona que mide la gama entera del esfuerzo que el individuo percibe al hacer ejercicio. Esta escala da criterios para hacerle ajustes a la intensidad de ejercicio, o sea a la carga de trabajo, y así pronosticar y dictaminar las diferentes intensidades del ejercicio en los deportes y en la rehabilitación médica.

Según (Morgan, 1973); el concepto del esfuerzo percibido es una valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado. El mismo año Morgan designa valores respecto a la intensidad de trabajo durante el ejercicio del 1 al 20, una representación subjetiva del trabajo realizado.

Son precisamente estos valores los que debe asignarle cada sujeto de prueba de acuerdo a su percepción de trabajo, a continuación se adjunta la tabla en donde se indica la valoración de esfuerzo según la ponderación que del sujeto.

Tabla N° 1: Escala Borg de esfuerzo percibido.

PUNTUACION	VALORACIÓN 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

(Borg, 1982)

**Fase III de vuelta a la calma:** La última fase de vuelta a la calma o al estado basal, busca pasar de un estado de actividad física a una baja actividad, además de la normalidad fisiológica, para así facilitar la integración a actividades más cotidianas y de bajo gasto energético. Para lograrlo se realizarán actividades suaves y de forma progresiva durante 10 minutos; como, movilización articular acompañado de una marcha lenta y ejercicios de respiración suave, para finalizar con elongaciones estáticas de grandes grupos musculares.

#### 2.10.2 Protocolo en tierra

El protocolo en tierra tendrá una duración de 51 minutos, y debe seguir una secuencia para homogenizar la muestra; además de evitar compensaciones y lesiones en los sujetos de prueba.

**Fase I:** Se comienza con estiramientos musculares con una duración de 5 minutos y calentamiento en general, imitando el gesto de trabajo con una duración de 5 minutos.

**Fase II:** En la actividad principal, se comienza con trote de intensidad moderada por 10 minutos y se incluirán intervalos de HIT por 1 minuto, llevando las rodillas al pecho.

**Fase III:** Finalmente se realizan ejercicios para volver a la calma o estado basal, el cual tiene una duración de 5 minutos.

### **2.10.3 Análisis Estadístico**

Para realizar una estadística descriptiva, se utilizó el programa SPSS, donde se obtuvo la media, la mediana, moda, desviación estándar, el mínimo y máximo, respecto a la edad, el peso y la talla corporal de los sujetos.

No se realizó un análisis estadístico, ya que este proyecto es un caso estudio, siendo un N muy pequeño.

## CAPITULO III

### Resultados

El N total correspondió a 8 sujetos sedentarios, todos alumnos regulares de la universidad Católica Silva Henríquez, divididos en dos grupos iguales, entre ellos 6 de género femenino correspondiente al 75%, y 2 hombres que corresponde al 25% restante por cada grupo, esto se realizó para homogenizar la muestra. (Tabla.Nº2)

Tabla Nº 2: Descripción estadística de género.

	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje valido</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>Masculino</b>	2	25,0	25,0	25,0
<b>Femenino</b>	6	75,0	75,0	100,0
<b>Total</b>	8	100,0	100,0	

En la siguiente tabla 3. Se muestran datos estadísticos de los sujetos estudio como, edad, peso y talla corporal.

Tabla Nº 3: Descripción estadística según edad, peso y talla corporal.

	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Edad</b>	21,13	21,50	22	1,553	18	23
<b>Peso</b>	66,3500	58,0000	50,70 <sup>a</sup>	17,19394	50,70	96,00
<b>Talla Corporal</b>	161,8125	162,6000	153,00 <sup>a</sup>	6,15756	153,00	169,20

Los resultados por cada medición cineantropométrica, fueron incluidos en las tablas Nº 4 y Nº 5 pre-intervención y post-intervención de cada sujeto:

Tabla N° 4. Pre y Post-intervención del protocolo DWR modificado.

	Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto 3		Sujeto 4	
	Kg Pre/Post	% MCT Pre/Post						
Masa adiposa	24,4/21,9	44,0/41,5	19,6/18,4	32,7/31,1	26,8/23,3	53,4/47,6	23,0/22,9	41,1/40,6
Masa muscular	14,4/15,3	26,0/28,9	23,2/23,5	38,6/39,9	10,0/10,9	20,0/22,3	16,4/18,4	29,4/32,7
Masa ósea	6,3/7,4	11,4/12,0	5,9/6,5	9,9/10,0	5,9/5,7	10,8/11,5	6,6/5,8	11,8/10,3
Peso total	55,5 / 53,7		60 / 59,6		50,7 / 49,0		56,0 / 56,3	

% MCT: Porcentaje de masa corporal total.

En la tabla N° 4 se muestran las diferencias obtenidas en los tejidos muscular, adiposo y óseo pre- y post-intervención en los sujetos que se sometieron al protocolo de DWR modificado.

Tabla N° 5. Pre y Post-intervención del protocolo en tierra.

	Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto 3		Sujeto 4	
	Kg Pre/Post	% MCT Pre/Post						
Masa adiposa	21,9/19,7	32,4/30,0	43,8/41,8	45,6/44,5	42,2/40,4	46,2/44,3	27,2/26,0	49,1/47,4
Masa muscular	22,6/23,3	33,5/35,5	29,8/30,2	31,1/32,2	27,9/28,5	30,5/31,2	12,2/14,1	22,0/23,3
Masa ósea	9,2/9,2	13,7/14,0	9,4/10,7	9,7/9,9	7,4/8,7	8,0/9,5	6,0/6,6	10,8/12,1
Peso total	67,5 / 65,7		96,0 / 95,3		91,5 / 91,3		55,3 / 54,8	

% MCT: Porcentaje de masa corporal total.

En la tabla N° 5 muestra las diferencias obtenidas en el tejido muscular, adiposo y óseo pre- y post-intervención en los sujetos que se sometieron al protocolo en tierra.

La tabla N° 6 Muestra el promedio de cada sujeto en relación a la masa adiposa, muscular y ósea, diferenciándola de pre-intervención y post-intervención entre el grupo del protocolo de Deep Water Running modificado y el de protocolo en tierra. Los resultados obtenidos demuestran que tanto en el DWR modificado como en el protocolo en tierra hay una disminución en la masa adiposa. No obstante, en la masa muscular, muestra un incremento en el DWR

modificado, y en el protocolo en tierra. En ambos grupos los resultados de la masa ósea se mantienen similares.

Tabla N° 6. Promedio en Kg, comparado en pre y post-intervención de ambos protocolos.

Promedio (Kg.)				
	DWR modificado		Tierra	
	Pre	Post	Pre	Post
<b>Masa adiposa</b>	23,5	21,6	33,8	32,0
<b>Masa muscular</b>	16	17	23,1	24,0
<b>Masa ósea</b>	6,2	6,4	8	8,8

Finalmente en la gráfica N° 1, se muestran las diferencias del promedio post-intervención entre el protocolo de Deep Water Running modificado y el protocolo en tierra.

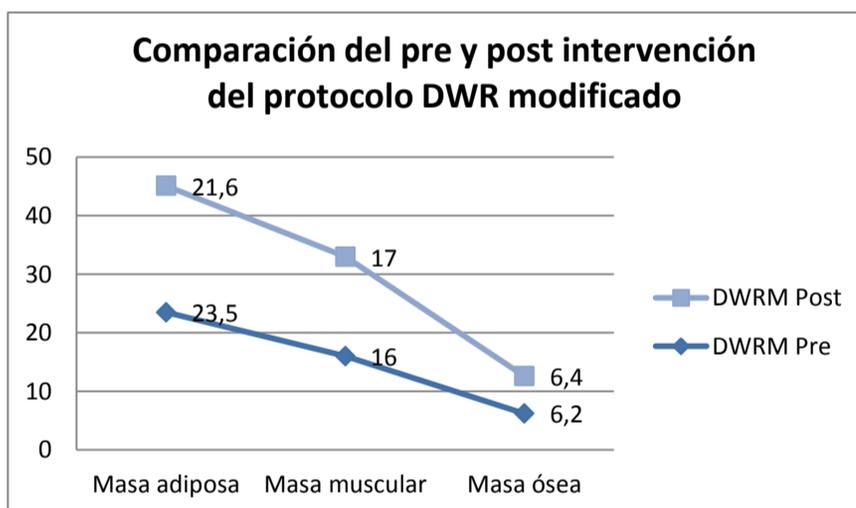


Gráfico N°1: Comparación del protocolo DWR pre y post intervención.

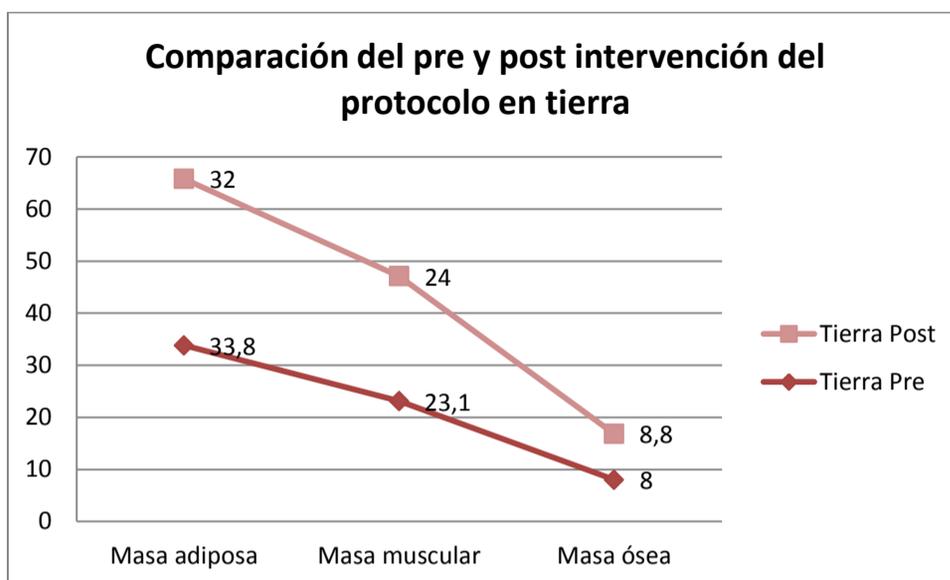


Gráfico N°1: Comparación del protocolo DWR pre y post intervención

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN

En un estudio de 30 individuos previamente no entrenados, DWR demostró ser superior a otros métodos considerados para reducir el dolor muscular y restaurar la fuerza al músculo, después del estiramiento posterior a un régimen de acortamiento (SSR) (Reilly, Cable, & Dowzer, 2002).

Los resultados en ambos grupos mostraron que hubo una disminución en el tejido adiposo, esto causado porque al realizar ejercicios en piscina, provocan el efecto de flotación del cuerpo permitiendo que el movimiento sea más fluido, sin sobrecarga en las articulaciones por la disminución del peso, y por otra parte se produce un estímulo del metabolismo de las grasas en brazos, piernas, abdomen y espalda. (Molina, 2006).

Respecto a los resultados de la masa muscular, ambos grupos aumentaron sus valores post-intervención, en el caso del DWR esto sería provocado por el efecto de la presión hidrostática y la temperatura del agua en la inmersión, generando un aumento del consumo de oxígeno, aumento del flujo sanguíneo y aceleración de los productos de desecho, produciendo mayor rendimiento muscular y al realizar el ejercicio en posición vertical aumenta más la resistencia del agua, induciendo mayor ganancia en la fuerza muscular (Cameron, 2009) . Cabe destacar que el entrenamiento en agua, tiene diversos beneficios que destaca la posibilidad de establecer un tono muscular más idóneo orientado a la mejora de la postura corporal, un aporte de tolerancia al dolor o a los esfuerzos moderados a nivel muscular y un importante aporte al desarrollo de la fuerza y de la masa muscular (Sanders, 2001).

El DWR mantiene e incluso mejora los niveles de Velocidad Aeróbica Máxima, como también representar un programa de entrenamiento de hipertrofia muscular válido para complementar y/o sustituir los entrenamientos de carrera terrestre. (Tenorio, 2006).

En los resultados de la masa ósea, se mantuvieron similares en los dos grupos. Cabe destacar que en el protocolo en tierra, se obtuvieron valores más altos, ya que los sujetos presentaban mayor peso (Kg), en comparación con los de DWR modificado.

## CONCLUSIÓN

El estudio cumple con el objetivo de evaluar las medidas cineantropométricas para tejido adiposo, tejido muscular y tejido óseo, en los ocho alumnos de la UCSH posterior a un entrenamiento de DWR modificado; además de responder a nuestra pregunta de investigación respecto a que si hay diferencias en la cineantropometría de los tejidos adiposo, tejido muscular y óseo.

El estudio demostró que existen diferencias en el tejido adiposo de ambos grupos, en donde estos valores disminuyeron en todos los sujetos post-entrenamiento en agua y en tierra, siendo más evidente en el grupo del protocolo DWR modificado.

También se demostraron cambios en el tejido muscular, obteniendo valores aumentados en el protocolo de DWR modificado y en el protocolo en tierra.

A través del estudio es posible afirmar, que el protocolo DWR modificado junto con los ejercicios interválicos de alta intensidad (HIT), son una buena opción para usuarios sedentarios, quienes quieren comenzar a realizar actividad física, y de esta manera producto del efecto de flotabilidad en el agua, reduce las fuerzas compresivas en las articulaciones, evitando de esta manera que las personas se lesionen. Además cabe destacar que, el ejercicio en piscina es una excelente alternativa para sujetos que tengan afecciones musculoesqueléticas, brindando una disminución en la presión sanguínea, facilita el retorno venoso y disminuye el tono muscular, aliviando los dolores en caso de padecerlos.

Es necesario realizar un estudio en donde podría tener un N mayor, en el cual se mantenga la adherencia a la intervención y mucho más exhaustivo para que se puedan proyectar los resultados a la población.

## CAPITULO V

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta D, García O. (2013). *La cineantropometría aplicada al deporte de alta competición*. Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís; Vol.8, Núm. 3.

Alvarez I, (2013). *El entrenamiento interválico de alta intensidad para el rendimiento deportivo*.

Alacid F, Muyor J, López P. (2011). *Perfil Antropometrico del canoísta joven de aguas tranquilas*. Int. Morphol. Vol. 29, n° 3.

Alvero J, Cabañas M, Herrero de lucas A, Martinez L, Moreno C, Porta J, Sillero M, Sirvent J. (2009). *Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico – deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometria de la federación española de Medicina del deporte*. Archivos de Medicina del deporte. Vol. XXVI, N° 131, p.p 166-179.

Arcila J, Cardona D. (2010). *Biomecánica de la adaptación*. Md. Esp. En Gerencia en Servicios de salud.

Atalah E. (2012). *Epidemiología de la obesidad en Chile*. Rev. Med. Clin. Condes, 23(2) 117-123.

Borreani S, Burdiel E. (2016). *Guía de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIT)*. Entrenarme body life balance.

Bookspan J. (2009). *La diuresis por inmersión*. Alert Diver.

Barela, A.M., & Duarte, M. (2008). Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. *Journal of Electromyography and Kinesiology*.

Barela, A.M., Stolf, S.F., & Duarte, M. (2006). Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. *Journal of Electromyography and Kinesiology*.

Batista M, Mottillo E, Panasiuk A. *Hidroterapia*. Cap 12.

Carmenate L, Mondaca F, Borjas E. (2014). *Manual de medidas antropométricas*. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas Informes Técnicos IRET; n° 19.

- Carvajal W, Deturnell Y, Echevarría I, Martínez M, Castillo M. (2011). *Protocolo de valoración de la composición corporal para el control cineantropométrico del entrenamiento deportivo. Documento de consenso del departamento de cineantropometría del instituto de medicina del deporte de cuba*. Rev. Cub. Dep. & Cul. Fís; Vol 5, Num 3.
- Cancino R, Soto V. (2007). *Obesidad infantil un problema de salud pública*. Tendencias en la Salud Pública: Salud Familiar y Comunitaria y Promoción. Osorno.
- Cameron, M. (2009). *Agentes físicos en rehabilitación*. ELSEVIER SAUNDERS.
- Denning, W. M., Bressel, E., & Dolny, D. (2012). A Review of Biophysical Differences. *International Journal of Aquatic Research and Education*.
- Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deporte en la Población de 18 años y más. (2016). MINSAL.
- Encuesta Nacional de Salud ENS Chile. (2009-2010). MINSAL. Tomo I.
- Fader, F. (2013). Entrenamiento de Intervalos de Alta Intensidad (HIIT) en Corredores: Consideraciones Generales. PubliCE Standard.
- Fernandez J. (2001). *Validación por disección de cadáveres de 7 métodos antropométricos para estimar la masa muscular humana*. Rev. Cubana Aliment Nutr; 15(2):115-20
- Fletcher, G., Balady, G., & Amsterdam, E. (2001). Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Pubmed*.
- Gibala, M., Little, J., MacDonald, M., & Hawley, J. (2013). Adaptaciones Fisiológicas al Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad y Bajo Volumen en la Salud y la Enfermedad. *Publize Premium*.
- Gleim, G.W., & Nicholas, J.A. (1989). Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. *American Journal of Sports Medicine*.
- Herrera Rodriguez, M., & Avella, R. (2015). Benefits of the development of strength and resistance in the middle water. *Actividad Física y Deporte*.
- Henrique P. (2009). *El síndrome metabólico: un alto riesgo para individuos sedentarios*. ACIMED v.20 n.2 Ciudad de La Habana.
- Isaza, J. (2010). Biomecánica de la adaptación. *efdeportes*.
- Killgore G. *Deep-water running: a practical review of the literature with an emphasis on biomechanics*. PhysSportsmed. 2012

López M, Sosa M, Labrousse N. (2007). *Síndrome metabólico*. Revista de posgrado de la VI cátedra de Medicina. N° 174.

Marquez Rosa, S., Rodriguez Ordax, J., & De Abajo Olea, S. (2006). Sedentarismo y salud: Efectos beneficios de la actividad física. *Apunts Educacion fisica y deportes*.

Marrodan M. (2008). *Ecuaciones para la determinación antropométrica*. Antropometría aplicada a la nutrición.

Megías M, Molist P, Pombal M. (2017). *Tejido conectivo óseo*. Facultad de Biología, Universidad de Vlgo.

Montalvo C, Cruz T, Hernandez R. (2010). *Tejido adiposo*. Biología Celular e Histología Médica.

Montalvo C, Cruz T, Hernandez R. (2011). *Sistema Locomotor*. Biología Celular e Histología Médica.

Nieman, D., & White, J. (1998). The exercise health connection. *Public Health*.

Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C, Merfell M. (2014). *Técnicas de medición en antropometría*. Capítulo 2.

Pasetti S, Gongavez, Padovani C. (2012). *Continuous training versus interval training in deep water running: health effects for obese women* Revista Andaluza de Medicina del deporte.

Peña G., Heredia J.R., Segarra V., Mata F., Isidro F., Martín F., Edir Da Silva, M. (2013). Generalidades del "HIT" aplicado a esfuerzos cardiovasculares en los programas de salud y fitness. *EFDeportes*. Año 18, N°183.

Reilly, T, Cable, N, Dowzer, C. *The efficacy of deep-water running*. In P. T. McCabe (Ed.), *Contemporary ergonomics 2002* (pp.162 – 166). London: Taylor & Francis. Reilly T, Dowzer C, Cable N. *The physiology of deep-water running*. *J Sports Sci*. 2003

Salinas F, Cocca A, Mohamed K, Ramírez J. (2010). *Actividad Física y sedentarismo: Repercusiones sobre la salud y calidad de vida de las personas mayores*. *Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*. pp. 126-129.

Sillero M. (2005). *La evolución de la Antropometría a lo largo de la historia*. Facultad de ciencias de la actividad física y del deporte, Universidad Politécnica De Madrid.

Tartaruga, L. A., & Martins Krueel, L. (2006). Corrida em piscina funda: limites e possibilidades para o alto desempenho. *Scielo*.

Tschakert, G., Hofmann, P. (2013). High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 600-10.

Varo Cenarruzabeitia J, Martínez Hernández J, Martínez González M. (2003). *Beneficios de la actividad física y riesgos del sedentarismo*. *Med. Clin*; 121(17);665-72

Vila M, Manchado C, Ferragut C. (2015). *Antropometría, composición corporal y somatotipo de las patinadoras de Elite en patinaje artístico sobre ruedas: Analisis por disciplinas*. *Int. J. Morphol.* 33(3):1130-1135.

Vilamitjana, J., & Terrence, N. (2013). Deep-water running: a practical review of the literature. *Medical Congress*

Zimmet P, MM George, Serrano M. (2005). *Una nueva definición mundial del síndrome metabólico propuesta por la Federación Internacional de Diabetes: fundamento y resultados*. *Rev. Esp. Cardiol*;58:1371-6 – Vol. 58.

## ANEXOS

### ANEXO I.

#### Consentimiento informado para los participantes



#### **CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.**

Escuela de Kinesiología Santiago, 2017.

Facultad de Ciencias de la Salud

**TITULO: “Caso-estudio de la evaluación del porcentaje de tejido muscular, adiposo y óseo mediante método ISAK, en estudiantes sedentarios de la carrera de kinesiología de la Universidad Católica Silva Henríquez, sometidos a ocho sesiones del protocolo Deep Water Running modificado versus su homólogo en tierra”**

**ALUMNOS:** Yolanda Contreras Yeuto  
Daniel González Cofre

**PROFESORA GUIA:** Klg. 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 los porcentajes de tejido adiposo, muscular y óseo, después de ocho sesiones del protocolo Deep Water

Running versus su homólogo en tierra, en sedentarios entre 18 y 23 años, de la UCSH.

### **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 cineantropometría previo al protocolo de entrenamiento, posteriormente se explicara de manera más general el protocolo y se realizara una cita para el día siguiente y 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 dependencia de la UCSH, gimnasio terapéutico, piscina y cancha en fechas y horas estipuladas con anterioridad y entregada a cada uno de los sujeto 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. 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:**

Si usted tiene alguna pregunta o dudas, puede hacerlas ahora mismo e incluso después de que haya empezado el estudio, me puede contactar en cualquier momento:

- Daniel González Cofre (973002696) [danny.gonzac@gmail.com](mailto:danny.gonzac@gmail.com)
- Yolanda Contreras Yeuto (984212549) [yolanda.cy19@gmail.com](mailto:yolanda.cy19@gmail.com)

**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 **“Evaluación del porcentaje de tejido muscular, adiposo y óseo mediante método ISAK, en estudiantes sedentarios de la carrera de kinesiología de la Universidad Católica Silva Henríquez, sometidos a ocho sesiones del protocolo DeepWaterRunning versus su 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.

Acepto no recibir beneficio alguno, pues 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 Daniel González y Yolanda Contreras, tesistas perteneciente a la Universidad Católica Silva Henríquez, asesorados por la Klga. Beatriz Isler, profesora guía del proyecto, perteneciente a la Universidad Católica Silva Henríquez.

Se les agradece cordialmente su participación en este estudio.

\_\_\_\_\_  
Firma Sujeto

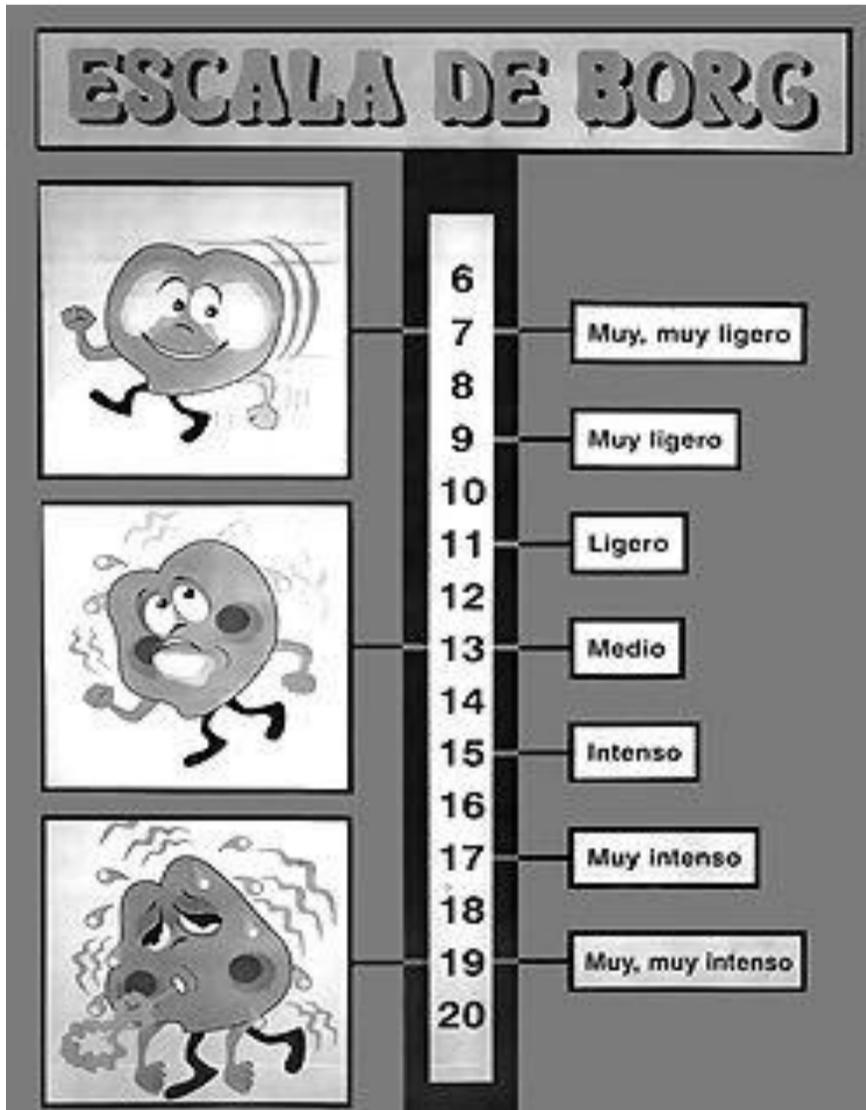
\_\_\_\_\_  
Firma Tesistas  
Yolanda Contreras  
  
Daniel González

\_\_\_\_\_  
Firma Profesora Guía  
  
Klga. Beatriz Isler

Santiago, \_\_\_\_\_ de 2017

## ANEXO II.

Escala de Borg de esfuerzo percibido en el entrenamiento.



**ANEXO III.**

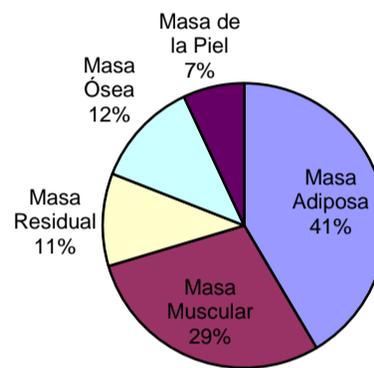
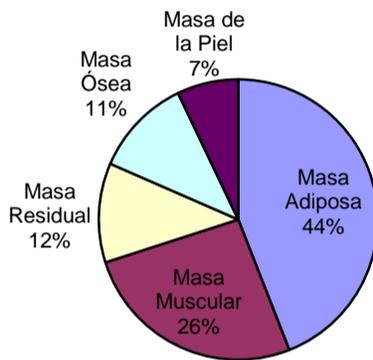
**Tabla de datos cineantropométricos.**

<b>Nombre:</b>		Depo/Recrea (D/R):			
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha de Nac.</b>			
<b>Variable</b>	serie 1	serie 2	serie 3	serie 4	serie 5
<b>DATOS BÁSICOS</b>					
<b>Peso Bruto (Kg)</b>					
<b>Talla Corporal (cm)</b>					
<b>Talla Sentado (cm)</b>					
<b>DIÁMETROS (cm)</b>					
<b>Biacromial</b>					
<b>Tórax Transverso</b>					
<b>Tórax Antero-posterior</b>					
<b>Bi-iliocrestídeo</b>					
<b>Humeral (biepicondilar)</b>					
<b>Femoral (biepicondilar)</b>					
<b>PERÍMETROS (cm)</b>					
<b>Cabeza</b>					
<b>Brazo Relajado</b>					
<b>Brazo Flexionado en Tensión</b>					
<b>Antebrazo Máximo</b>					
<b>Tórax Mesoesternal</b>					
<b>Cintura (mínima)</b>					
<b>Cadera (máximo)</b>					
<b>Muslo (máximo)</b>					
<b>Muslo (medial)</b>					
<b>Pantorrilla (máxima)</b>					
<b>PLIEGUES CUTÁNEOS (mm)</b>					
<b>Tríceps</b>					
<b>Subescapular</b>					
<b>Supraespinal</b>					
<b>Abdominal</b>					
<b>Muslo Medial</b>					
<b>Pantorrilla (máxima)</b>					

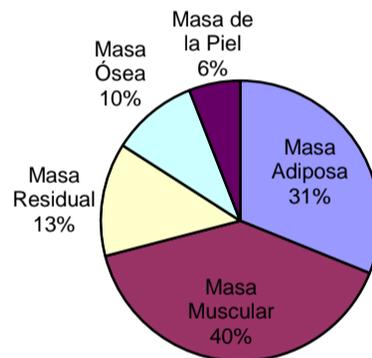
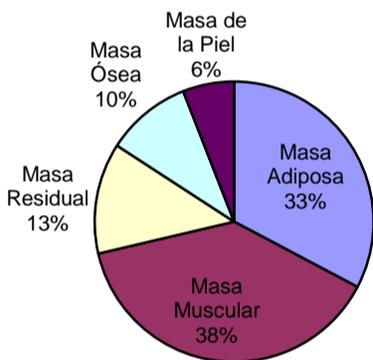
**ANEXO IV. Gráficos de porcentajes cineantropométricos de protocolo DWR modificado y su homologo en tierra de cada sujeto.**

Gráficos protocolo DWR modificado

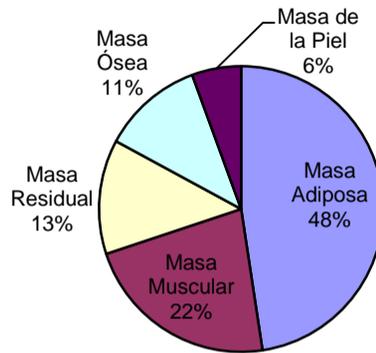
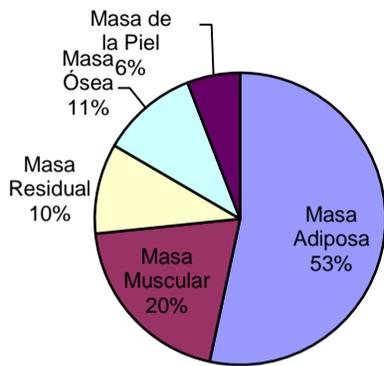
Sujeto 1



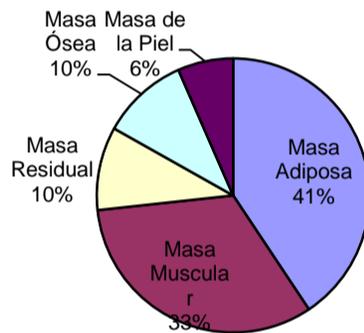
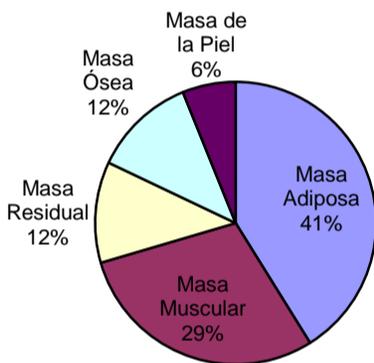
Sujeto 2



Sujeto 3

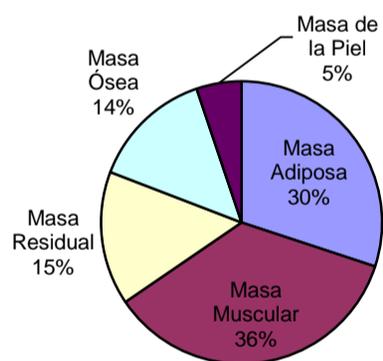
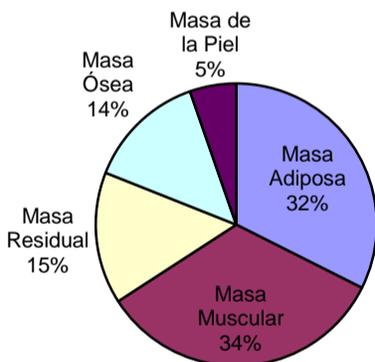


Sujeto 4

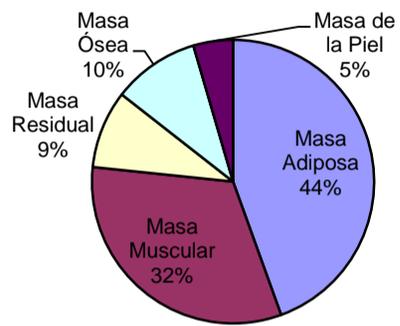
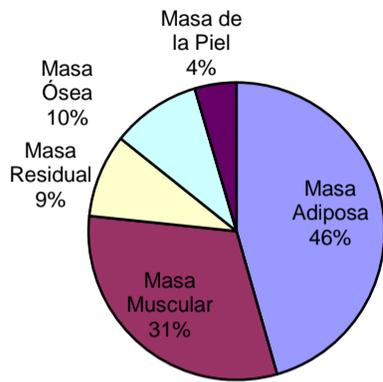


Gráficos protocolo en tierra:

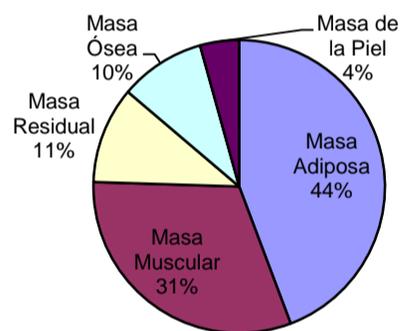
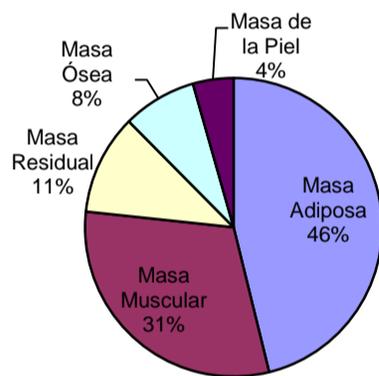
Sujeto 1



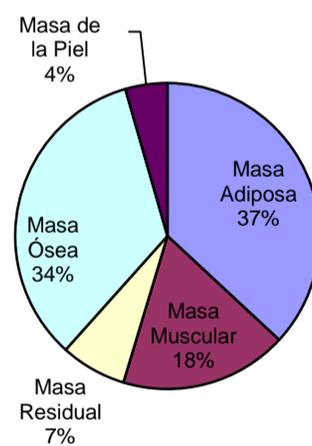
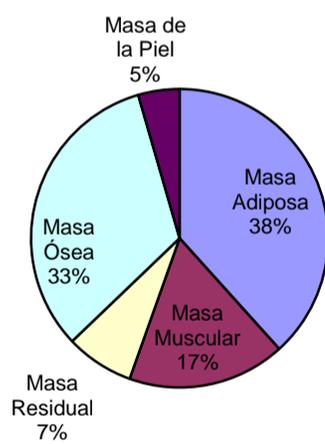
## Sujeto 2



## Sujeto 3



## Sujeto 4



## ANEXO IV

Datos cineantropométricos pre y post intervención, de cada sujeto de grupo protocolo DWR modificado y el protocolo en tierra.

Tabla de datos cineantropométricos del protocolo DWR modificado de cada sujeto, pre y post-intervención.

Sujeto 1	Porcentaje	KG	Porcentaje	KG
Masa adiposa	44,03	24,435	41,47	21,871
Masa muscular	26,02	14,443	28,93	15,257
Masa ósea	11,38	6,316	12,08	7,411
Masa total	100,00	55,500	100,00	53,782

Sujeto 2	Porcentaje	KG	Porcentaje	KG
Masa adiposa	32,71	19,624	31,09	18,361
Masa muscular	38,64	23,182	39,86	23,539
Masa ósea	9,91	5,949	10,02	6,463
Masa total	100,00	60,000	100,00	59,595

Sujeto 3	Porcentaje	KG	Porcentaje	KG
Masa adiposa	53,37	26,775	47,60	23,322
Masa muscular	20,01	10,039	22,32	10,936
Masa ósea	10,75	5,914	11,53	5,650
Masa total	100,00	50,695	100,00	49,000

Sujeto 4	Porcentaje	KG	Porcentaje	KG
Masa adiposa	41,11	23,023	40,62	22,867
Masa muscular	29,35	16,439	32,67	18,394
Masa ósea	11,84	6,631	10,31	5,802
Masa total	100,00	56,000	100,00	56,300

Tabla de datos cineantropométricos del protocolo en tierra de cada sujeto, pre y post-intervención.

Sujeto 1	Porcentaje	KG	Porcentaje	KG
Masa adiposa	32,38	21,854	30,04	19,735
Masa muscular	33,50	22,614	35,45	23,292
Masa ósea	13,66	9,221	14,00	9,199
Masa total	100,00	67,500	100,00	65,700

Sujeto 2	Porcentaje	KG	Porcentaje	KG
Masa adiposa	45,58	43,755	44,46	41,768
Masa muscular	31,06	29,818	32,18	30,226
Masa ósea	9,74	9,353	9,93	10,674
Masa total	100,00	96,000	100,00	95,283

Sujeto 3	Porcentaje	KG	Porcentaje	KG
Masa adiposa	46,15	42,224	44,25	40,397
Masa muscular	30,53	27,936	31,24	28,524
Masa ósea	8,04	7,355	9,49	8,665
Masa total	100,00	91,500	100,00	91,300

Sujeto 4	Porcentaje	KG	Porcentaje	KG
Masa adiposa	49,10	27,152	47,36	25,955
Masa muscular	22,02	12,2	23,3	14,1
Masa ósea	10,84	5,994	12,08	6,620
Masa total	100,00	55,300	100,00	54,800

## ANEXO V.

### Esquema de protocolo de entrenamiento DWR modificado

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

### Esquema de protocolo de entrenamiento en tierra

Protocolo de entrenamiento en tierra

FASE I CALENTAMIENTO		FASE II ACTIVIDAD PRINCIPAL									FASE III DE VUELTA A LA CALMA
3 min	7 min	10 min	1 min	5 min	1 min	5 min	1 min	7 min	1 min	5 min	5 min
Estiramiento muscular	Calentamiento general: Imitar el gesto de trabajo	Trote intensidad moderada	HIT (rodillas al pecho)	Recuperación trote intensidad baja	HIT (rodillas al pecho)	Recuperación trote intensidad baja	HIT (rodillas al pecho)	Trote intensidad moderada	HIT (rodillas al pecho)	Recuperación trote intensidad baja	De vuelta a la calma