

**PONTIIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE ENFERMERÍA**

**CARRERA DE TERAPIA FÍSICA**

**DISMINUCIÓN DE NIVELES DE ÁCIDO LÁCTICO MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DE DRENAJE LINFÁTICO MANUAL TÉCNICA  
VODDER EN CICLISTAS QUE ACUDEN AL SERVICIO DE  
REHABILITACIÓN DE FISIOMED S.A. EN EL PERIODO DE  
DICIEMBRE 2014-MARZO 2015**

**ELABORADO POR: ADRIANA FALCONÍ**

**QUITO, JUNIO 2015**

## **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación, fue determinar el efecto que tiene el Drenaje Linfático Manual Vodder como técnica que promueva la remoción de ácido láctico en sangre después del ejercicio. Para esto, se realizó un estudio cuasi experimental donde se comparó el efecto que producía la aplicación de la técnica, con el efecto conseguido por medio del reposo. Quince ciclistas de alto rendimiento se ofrecieron voluntariamente a participar en la investigación, ambas condiciones de tratamiento fueron evaluadas en cada uno, en diferentes días. Tres mediciones de ácido láctico fueron realizadas durante la evaluación de cada condición de tratamiento, éstas se realizaron mediante la utilización de un medidor de lactato. No se encontraron diferencias significativas entre el efecto conseguido con la aplicación de la técnica y el observado con el reposo. Por lo tanto, de acuerdo con los resultados de esta investigación, el Drenaje Linfático Manual Vodder, no es una técnica que consigue promover la remoción de ácido láctico después del ejercicio.

## **ABSTRACT**

The objective of the following investigation was to determine the effect of Vodder's Lymphatic Manual Drainage, as a technique that promotes blood lactate clearance after exercise. In order to accomplish this, a quasi experimental study was done, where the effects of the technique and passive recovery were compared. Fifteen high performance cyclists volunteered for this investigation. Both treatment conditions were evaluated in each one of them in different days. Three blood samples were drawn during the evaluation of each treatment condition by the use of a lactate meter. No significant differences between the effect reached by the application of the technique and the effect observed with passive recovery were found. Therefore, according to the results of this investigation, Vodder's Lymphatic Manual Drainage doesn't work as a technique that promotes lactate clearance after high intensity exercise.

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por ser incondicionales, brindarme su amor y enseñarme los valores principales que hoy son mi guía en todos los pasos que doy.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente quiero agradecer a Dios, Quien me ha brindado la fortaleza para alcanzar todas las metas propuestas en mi vida.

A mi familia y amigos, por el cariño y apoyo constante tanto en el ámbito personal como en el profesional.

Al equipo de profesionales que conforman FISIOMED S.A, especialmente a Gisela Toledo, por abrirme las puertas profesionalmente y permitirme desarrollar la presente investigación en su servicio de rehabilitación.

Al grupo de ciclistas que voluntariamente conformaron la muestra de este estudio, por el apoyo y el entusiasmo brindado durante el proceso de evaluación.

Finalmente, pero sin menos importancia, al equipo docente de la Carrera de Terapia Física de la Facultad de Enfermería de la PUCE, quienes han sido parte esencial de mi formación profesional y guías claves en la realización de esta investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I: ASPECTOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Justificación.....	7
1.3. Objetivos.....	8
1.3.1. General.....	8
1.3.2. Específicos.....	8
1.4. Metodología.....	9
1.4.1. Tipo de Estudio.....	9
1.4.2. Diseño y Tamaño de la Muestra.....	9
1.4.3. Selección de Participantes.....	9
1.4.4. Consentimiento Informado.....	10
1.4.5. Recolección de Datos en Campo, Técnicas en Instrumentos.....	10
1.4.6. Plan de Análisis de Datos.....	11
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS.....	12
2.1. Ácido Láctico.....	12
2.1.1. Concepto.....	12
2.1.2. Niveles de Ácido Láctico Normales en Sangre.....	12
2.1.3. Mecanismo de Producción.....	12
2.1.4. Consecuencias de la producción excesiva y acumulación de ácido láctico.....	19
2.1.5. Transporte de ácido láctico.....	19
2.1.6. Tiempo de remoción de ácido láctico.....	19
2.1.7. Medición de ácido láctico.....	20
2.2. Drenaje Linfático Manual Vodder.....	21

2.2.1.	Historia y Principios de la Técnica .....	21
2.2.2.	Generalidades del sistema linfático .....	22
2.2.3.	Aplicación de la técnica de DLMV en miembros inferiores.....	31
2.2.4.	Efectos de la técnica .....	37
2.2.5.	Indicaciones, precauciones y contraindicaciones de la técnica de Drenaje Linfático Manual Vodder.....	37
2.3.	Disminución de Niveles de Ácido Láctico mediante la aplicación de Drenaje Linfático Manual técnica Vodder en ciclistas que acuden al servicio de rehabilitación de Fisiomed s.a. en el periodo de diciembre 2014-marzo 2015. ....	39
2.4.	Hipótesis .....	41
2.5.	Operacionalización de Variables.....	42
3.	CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
3.1.	Caracterización de la Muestra.....	44
3.1.1.	Edad .....	44
3.1.2.	Estatura.....	46
3.1.3.	Peso.....	47
3.2.	Resultados de la Investigación por Objetivo .....	48
3.2.1.	Objetivo 1 .....	48
3.2.2.	Objetivo 2.....	54
3.2.3.	Objetivo 3.....	55
3.3.	Discusión .....	57
	CONCLUSIONES.....	62
	RECOMENDACIONES .....	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	64
	ANEXOS.....	68
	ANEXO 1: Consentimiento informado.....	68
	ANEXO 2: Hoja de recolección de datos.....	72

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Intensidad de la actividad física.....	17
Tabla 2. Matriz de Operacionalización de Variables.....	42
Tabla 3. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio en la primera y segunda sesión .....	49
Tabla 4. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo al sexo..	50
Tabla 5. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo a la edad .....	51
Tabla 6. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo a la estatura.....	52
Tabla 7. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo al peso..	53
Tabla 8. Porcentaje de disminución de ácido láctico obtenido después de una hora de reposo .....	54
Tabla 9. Porcentaje de disminución de ácido láctico obtenido después de una hora de DLMV .....	55
Tabla 10. Disminución de ácido láctico Reposo vs. DLMV .....	56

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura del Capilar Linfático.....	23
Ilustración 2. Relación de los capilares linfáticos con las células tisulares y los capilares sanguíneos.....	24
Ilustración 3. Troncos y conductos linfáticos.....	26
Ilustración 4. Componentes del Sistema Linfático .....	27
Ilustración 5. Principales vías de drenaje del Sistema Linfático .....	30
Ilustración 6. Diagrama de box plot: Edad y sexo de la muestra.....	45
Ilustración 7. Diagrama de box plot. Estatura y sexo de la muestra .....	46
Ilustración 8. Diagrama de box plot: Peso y sexo de la muestra .....	47

## LISTA DE SÍMBOLOS O ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
<b>DLMV</b>	Drenaje Linfático Manual Vodder
<b>MCT's</b> <b>(MCT1, MCT4)</b>	Proteínas transportadoras de ácidos monocarboxílicos
<b>ATP</b>	Adenosín trifosfato
<b>ADP</b>	Adenosín difosfato
<b>LDH</b>	Lactatodeshidrogenasa
<b>NAD</b>	Nicotidamina adenina dinucleótido
<b>NADH2</b>	Nicotidamina adenina dinucleótido reducido
<b>CO2</b>	Dióxido de carbono
<b>FAD</b>	Flavín adenin dinucleótido
<b>AGL</b>	Ácidos grasos libres
<b>Acetil-Co-A</b>	Acetil coenzima A
<b>FC</b>	Frecuencia cardiaca
<b>FCMax</b>	Frecuencia cardiaca máxima
<b>FCbas</b>	Frecuencia cardiaca basal
<b>% I</b>	Porcentaje de intensidad del ejercicio
<b>AL</b>	Ácido láctico
<b>Ss</b>	Sesión

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO 1:</b> Consentimiento Informado.....	68
<b>ANEXO 2:</b> Hoja de Recolección de datos.....	72

## INTRODUCCIÓN

El ácido láctico es un compuesto orgánico producido por nuestro organismo de forma natural, siendo un subproducto y a la vez combustible para la realización de ejercicio físico (Melgar, 2006). La producción excesiva de ácido láctico y su posterior disociación en lactato e iones de hidrógeno, ha sido considerada popular y científicamente como la principal causa de la fatiga metabólica, causada principalmente por una producción reducida de ATP (adenosín trifosfato) atribuida a los altos niveles de hidrógeno en el músculo; y la fatiga muscular donde el proceso de contracción muscular se ve afectado por la misma razón; expresándose ambas como dolor y disminución del rendimiento deportivo (Plowman & Smith, 2014); razón por la cual una de las prioridades del deportista es encontrar un método que promueva una mayor eliminación de ácido láctico en el menor tiempo posible.

La medición de lactato sanguíneo es utilizada como representativo de la concentración de ácido láctico presente a nivel muscular y en el resto del cuerpo, puesto que varios estudios han comprobado que la concentración de este compuesto, alcanza valores similares a la concentración de ácido láctico observada en el músculo después del ejercicio (Bosco, 2000). Por esta razón, estos dos términos son comúnmente utilizados como sinónimos y, la concentración de lactato sanguíneo, es utilizada como indicador para evaluar la variación de los niveles de ácido láctico después del ejercicio y para evaluar el efecto de distintas técnicas, enfocadas a promover su remoción, componente de gran importancia en el proceso de recuperación después del ejercicio de gran intensidad.

Existe una gran cantidad de evidencia sobre algunas de las técnicas que son practicadas en la actualidad con el fin de promover la remoción de ácido láctico después del ejercicio, como por ejemplo el masaje, el estiramiento, la crioterapia, entre otras; mostrando resultados positivos para unas y negativos para otras. Sin embargo, existe muy poca evidencia sobre el efecto que puede tener el Drenaje Linfático Manual Vodder (DLMV) en la medicina del deporte, principalmente en la remoción de ácido láctico después del ejercicio.

El DLMV es una técnica que se enfoca en el estímulo intensivo de ganglios y vasos linfáticos (Paltrinieri, 2013), con el fin de movilizar la linfa la cual, entre otras cosas, se encarga del transporte de desechos hacia el torrente sanguíneo. Se ha evidenciado que las proteínas transportadoras de ácido láctico, proteínas transportadoras de ácidos monocarboxílicos (MCT1), tienen una localización selectiva en las células reticulares del ganglio linfático (Zheng, Ishiguro-Oonuma, & Iwanaga, 2014), y que parte del ácido láctico drena a través de los vasos linfáticos (Kasseroller, 1998). Sin embargo, tras una búsqueda exhaustiva no se logró hallar un estudio que evalúe directamente el efecto del DLMV sobre la remoción de ácido láctico después del ejercicio. Por esta razón, el objetivo de la presente investigación es determinar el efecto que tiene el Drenaje Linfático Manual técnica Vodder en la remoción de de ácido láctico en sangre en ciclistas después del ejercicio.

# **1. CAPÍTULO I: ASPECTOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Planteamiento del Problema**

La práctica de actividad deportiva ha aumentado cada vez más en los últimos años, el ciclismo en la actualidad es una de las actividades más escogidas por personas de todas las edades. Esta es una actividad deportiva que demanda un esfuerzo físico elevado, los deportistas que la practican deben disponer de un acondicionamiento físico donde se destaquen características como la fuerza, potencia y resistencia muscular, puesto que deben someterse a largas e intensas horas de entrenamiento y competencia.

Dentro del campo élite de este deporte, quienes lo practican buscan combatir la fatiga muscular causada por la acumulación de ácido láctico producida durante el entrenamiento o competencia, con el fin de cuidar su cuerpo, prevenir lesiones y mantener un buen rendimiento deportivo.

El ácido láctico es un compuesto orgánico producido por nuestro organismo de forma natural, siendo un subproducto y a la vez combustible para la realización de ejercicio físico (Melgar, 2006).

Este se produce por la degradación anaeróbica de glucógeno, proceso en el cual se produce una acumulación de ácidos inorgánicos donde el ácido láctico es

cuantitativamente el más importante. Éste se disocia en lactato e iones de hidrógeno, el aumento de estos últimos disminuye el pH del músculo, factor asociado a la inhibición de la enzima fosfofrutoquinasa y la reducción de la glucólisis, afectándose negativamente el proceso de contracción muscular y siendo esta la clásica causa de la fatiga muscular esquelética. (Gómez-Campos, Cossio-Bolaños, & Brousett Minaya, 2010).

Existen diversas actividades que son realizadas en la actualidad para fomentar la disminución de ácido láctico y la fatiga muscular, podemos destacar entre estas el masaje deportivo, el estiramiento muscular y la crioterapia.

El masaje deportivo es comúnmente usado para facilitar la remoción de ácido láctico después del esfuerzo, sin embargo existe poca evidencia que demuestra su eficacia en este ámbito (Martin, Zoeller, Robertson, & Lephart, 1998).

En un estudio realizado en el 2000 por Hemmings, et al, evaluaron la eficacia del masaje a nivel fisiológico y psicológico. La intervención fue realizada a 8 boxeadores amateur, quienes después de realizar una rutina de actividad física recibieron masaje y calificaron la percepción de recuperación que sentían después de éste. También se midieron niveles de lactato y glucosa antes y después de la intervención, la cual fue comparada con el reposo. Como resultado se obtuvo que hubo una mayor percepción de recuperación después de haber recibido el masaje, comparado con el reposo; sin embargo no hubo diferencias significativas entre la disminución de niveles de lactato en sangre después de la intervención en comparación con el reposo. Esto demuestra los beneficios psicológicos del masaje, pero cuestiona su beneficio a nivel fisiológico. Sin embargo, se han comprobado los efectos positivos del masaje en la disminución del dolor muscular y del perímetro de la extremidad (Zainuddin, Newton, Sacco, & Nosaka, 2005).

En el 2014, se realizó un estudio donde se comparó la efectividad del estiramiento y la crioterapia como métodos de recuperación muscular. Participaron 16 hombres entre 21 y 27 años lo cuales realizaron ejercicios isométricos repetidos para inducir la fatiga

muscular. Durante el periodo de descanso se aplicaron cuatro tratamientos: estiramiento estático, balístico, ningún estiramiento y crioterapia. El nivel de fatiga muscular se midió electromiográficamente como una disminución de la frecuencia media de la señal electromiográfica al realizar nuevamente ejercicios de contracción isométrica. El estiramiento causó una mayor disminución de la señal electromiográfica, traduciéndose esto en mayor generación de fatiga después de su realización; la crioterapia no disminuyó esta señal después de su aplicación. Con esto se pudo concluir que el estiramiento no es beneficioso para la recuperación de la fatiga muscular y que la crioterapia es un tratamiento que puede ser más efectivo para dicha recuperación (Eguchi, Jinde, Murooka, Konno, Ohta, & Yamato, 2014).

Emiliano Cé, et al (2013), realizaron un estudio donde se evaluó la influencia del masaje superficial y profundo y del estiramiento, sobre los niveles de lactato sanguíneo después del ejercicio de alta intensidad. Los resultados obtenidos indicaron que ninguna de las técnicas evaluadas alteró los niveles de lactato en comparación con la recuperación pasiva.

Un estudio realizado en el 2012, evaluó los potenciales beneficios de la inmersión en agua fría, la recuperación activa y de la recuperación pasiva, en la disminución de la concentración de lactato en sangre después del ejercicio. Como resultado se obtuvo que la inmersión en agua fría ofrece mayores beneficios con respecto a la eliminación de lactato en sangre después de ejercicios de alta intensidad en comparación con la recuperación pasiva (Bastos, et al., 2012).

Estas y otras técnicas fisioterapéuticas son utilizadas en la actualidad con el fin de disminuir la fatiga muscular en el deportista causada principalmente por los elevados niveles de ácido láctico que pueden verse acumulados en el músculo. Sin embargo, como se ha podido evidenciar con estudios científicos, no todas representan un método efectivo para la disminución de dicho compuesto.

Por otro lado, se ha evidenciado que el drenaje linfático presenta efectos benéficos durante el proceso de recuperación muscular. Un estudio realizado por Schilinger, et al (2006), evaluó el efecto del drenaje linfático en la disminución de niveles séricos de enzimas musculares posterior a la actividad deportiva intensa realizada en caminadora. Participaron catorce personas, siete en el grupo experimental que recibió drenaje linfático y las otras en el grupo de control que no recibió ningún tratamiento. Los resultados demostraron una disminución inmediata en los niveles de lactato deshidrogenasa en el grupo experimental, indicador relacionado con la existencia de daño estructural celular, llegando a la conclusión de que el drenaje linfático promueve su eliminación y por ende la recuperación del tejido muscular.

Además, el ácido láctico presente en el músculo se transporta hacia el espacio intersticial y posteriormente hacia la sangre, por medio de proteínas transportadoras de ácidos monocarboxílicos (MCT1 y MCT4). Un estudio realizado en el 2014 en Tokyo, evidenció la localización selectiva de estas proteínas en las células reticulares del ganglio linfático (Zheng, Ishiguro-Oonuma, & Iwanaga, 2014); por lo que el estímulo del mismo generado a través de la aplicación de drenaje linfático, podría promover la liberación de estas proteínas hacia el espacio intersticial, acelerando la función transportadora de ácido láctico hacia la sangre y posteriormente su eliminación. También, Kasseroller (1998) en el Compendio de Drenaje Linfático Manual del Dr. Vodder, establece que el drenaje linfático manual drena parte del ácido láctico a través de los vasos linfáticos, lo cual podría ocurrir de igual manera gracias a la acción transportadora de las MCT1 que se encuentran en la circulación linfática.

## 1.2. Justificación

Esta investigación busca proponer el DLMV como una técnica con posibles efectos benéficos respecto a la remoción de niveles de lactato en sangre debido a su efecto estimulante a nivel de la circulación linfática y de forma secundaria la circulatoria, acelerando de esta manera el proceso de transporte de ácido láctico hacia la circulación y su eliminación.

La experimentación con la técnica permitirá determinar si su aplicación promueve la disminución de lactato en sangre, viéndose beneficiados en este caso deportistas de distintos campos, en caso de ser positivos los efectos de la técnica, debido a que tendrán a su alcance un nuevo método para combatir la fatiga muscular.

Además, si los efectos de la técnica resultan positivos, dentro del ámbito de la fisioterapia se podrá ampliar el campo de aplicación del drenaje linfático hacia el ámbito deportivo, obteniendo el fisioterapeuta una herramienta más para realizar su labor de la mejor manera.

La investigación es viable, pues se dispone de los recursos necesarios para llevarla a cabo. La muestra se obtendrá mediante la participación de ciclistas elite que acuden recurrentemente al servicio de rehabilitación de FISIOMED S.A, lugar que posee los implementos de gimnasio necesarios para realizar la rutina de ejercicio planeada para los participantes. Las mediciones de ácido láctico se realizarán con la utilización de un medidor de lactato de fácil manejo para el investigador y que reduce las incomodidades para el evaluado. Finalmente, la aplicación de la técnica de DLMV será realizada por una sola persona experimentada en ésta, con el fin de evitar variaciones en la misma.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. General**

Determinar el efecto que tiene el Drenaje Linfático Manual técnica Vodder como técnica que acelere la remoción de ácido láctico en sangre después del ejercicio, en ciclistas que acuden al servicio de rehabilitación de FISIOMED S.A en el periodo de diciembre 2014-marzo 2015.

### **1.3.2. Específicos**

- Comparar los niveles de lactato medidos en sangre, antes y después de una rutina de ejercicio, para comprobar los cambios producidos y analizar los resultados según el sexo, la edad, la estatura y el peso del ciclista.
- Determinar el porcentaje de remoción de lactato conseguido después de una hora de reposo, para definir los parámetros de control con los cuales se compararán los resultados conseguidos a través de la aplicación de la técnica.
- Establecer el porcentaje de remoción de lactato conseguido después de una hora de aplicación de Drenaje Linfático Manual Vodder, para comparar con los parámetros de control y comprobar si el DLMV acelera la remoción de lactato en sangre después del ejercicio.

## **1.4. Metodología**

### **1.4.1. Tipo de Estudio**

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, pues el análisis de la información recolectada se realizará a través de datos medibles en la muestra, como lo son los niveles de ácido láctico en sangre. Mantiene un diseño experimental, que sigue las pautas de un cuasi experimento, pues se realizó una intervención, en este caso el Drenaje Linfático Manual Vodder y se midieron sus efectos enfocados a la disminución de niveles de ácido láctico después de la actividad deportiva y, la aplicación de la intervención fue comparada con la ausencia de la misma en cada individuo. La investigación es de tipo correlacional, dado que busca determinar la relación entre la aplicación de la técnica de DLMV y la remoción de ácido láctico en sangre en ciclistas después de la actividad deportiva.

### **1.4.2. Diseño y Tamaño de la Muestra**

La muestra de la presente investigación estuvo conformada por ciclistas que acuden recurrentemente al servicio de rehabilitación de FISIOMED S.A. Se trabajó con una muestra dirigida de sujetos voluntarios que estuvo comprendida por 15 individuos hombres y mujeres.

### **1.4.3. Selección de Participantes**

Los participantes que conformaron la muestra de esta investigación fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

**Criterios de inclusión:**

Ciclistas de alto rendimiento, hombres y mujeres, con una edad comprendida entre los 20 y 45 años, que practiquen ciclismo de montaña y ruta.

**Criterios de exclusión:**

Los criterios de exclusión que se tomaron en cuenta fueron que el individuo no presente ninguna lesión músculo esquelética ni afecciones cardíacas.

**1.4.4. Consentimiento Informado**

Previo al inicio de la investigación mediante un consentimiento informado, se dio a conocer a todos los participantes el propósito de la investigación, el protocolo y procedimientos a realizarse, los posibles efectos secundarios y molestias que podrían presentar debido a ciertos procedimientos ejecutados; y su derecho a retirarse o negarse a la participación. La aprobación de la participación de cada individuo en la investigación se constató a través de su firma (ANEXO 1).

**1.4.5. Recolección de Datos en Campo, Técnicas en Instrumentos**

Como instrumento de recopilación de datos se empleó una hoja de registro donde se recogieron los principales datos del paciente relacionados con las variables de la investigación. Además, se registró el horario de inicio y finalización de la actividad deportiva, de la aplicación del DLMV y del reposo realizado y los resultados de las mediciones de lactato realizadas en tiempos determinados (ANEXO 2).

Las técnicas utilizadas fueron principalmente la observación respecto al control de la realización de la actividad deportiva y de la aplicación del DLMV; y la medición en cuanto a los niveles de ácido láctico en los tiempos establecidos. Como instrumento para esto último, se utilizó el medidor de lactato Lactate Plus, el cual en un estudio realizado por Tanner, Fuller y Ross en el 2010, mostró gran confiabilidad y exactitud en sus resultados comparado con análisis de laboratorio (Tanner, Fuller, & Ross, 2010).

#### **1.4.6. Plan de Análisis de Datos**

Una vez reunidos los datos, la información se analizará mediante técnicas de estadística descriptiva donde se utilizarán medidas de tendencia central como la media; y de dispersión como la desviación estándar. Además se emplearán tablas de porcentajes y diagramas de caja que simplificarán el entendimiento de los resultados obtenidos. También se utilizará estadística inferencial y pruebas paramétricas como la Prueba “t” y el Análisis Multivariado de la Varianza (MANOVA). El análisis estará basado en las variables propuestas y se utilizarán como herramientas estadísticas Microsoft ® Office Excel ® 2007 y el programa JMP® 9.0.1 (SAS Institute, 2010).

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS**

### **2.1. Ácido Láctico**

#### **2.1.1. Concepto**

El ácido láctico es un compuesto orgánico producido por nuestro organismo de forma natural, siendo un subproducto y a la vez combustible para la realización de ejercicio físico. Se encuentra almacenado en músculos, sangre y en diversos órganos. (Melgar, 2006)

#### **2.1.2. Niveles de Ácido Láctico Normales en Sangre**

Los niveles normales de ácido láctico en sangre durante el reposo se definen entre los 4.5 a 19.8 mg/dL miligramos por decilitro que es igual a 0.5-2.2 mmol/L mili moles por litro (University of Maryland Baltimore Washington Medical Center, 2009).

#### **2.1.3. Mecanismo de Producción**

##### **2.1.3.1. Sistemas Energéticos**

La energía para la contracción muscular se obtiene mediante dos vías metabólicas anaerobia y aerobia y tres mecanismos:

- Metabolismo de los fosfágenos (anaeróbico).

- Glucólisis anaerobia con transformación de glucógeno muscular en lactato (anaeróbico).
- Fosforilación oxidativa, (aeróbico).

La elección de la vía o sistema dominante por organismo dependerá de la intensidad y duración del ejercicio. La producción de ácido láctico se da a cuando se obtiene energía a través del proceso de glucólisis anaeróbica láctica. (Chicharro & Vaquero, 2008).

### METABOLISMO DE LOS FOSFÁGENOS:

El ATP (adenosin trifosfato) y la fosfocreatina conforman el sistema de los fosfágenos de alta energía. El ATP es la fuente de energía más inmediata, su hidrólisis por acción de la enzima ATPasa, es una reacción exergónica, donde se libera energía química contenida en el enlace del tercer grupo fosfato, transformándose el ATP en ADP (adenosin difosfato). Sin embargo, las concentraciones de ATP son escasas, por lo que se requiere que éste sea resintetizado, esto se logra gracias a la transferencia de energía de la fosfocreatina al ADP para que este reincorpore a su molécula un grupo fosfato. Este proceso es catalizado por la enzima creatin kinasa. La fosfocreatina cede su grupo fosfato al ADP, formando ATP y creatina (Chicharro & Vaquero, 2008).

Las características de los fosfágenos son la inmediatez de su utilización y la gran cantidad de energía que aportan por unidad de tiempo, sin embargo, la cantidad disponible de estos es muy reducida debido a que no pueden ser almacenados, sino que se encuentran libres en el citoplasma de la célula muscular. Este sistema proporciona la energía necesaria para la contracción muscular al inicio de la actividad breve de alta intensidad. El límite de acción de este sistema es de 30seg y la duración en esfuerzos de máxima intensidad es de 6 a 8seg. (Pancorbo, 2008).

Las fibras musculares que trabajan con este sistema son las fibras blancas IIb, las cuales se caracterizan por tener una fatigabilidad rápida, debido a una escasa presencia de mitocondrias, una red capilar y actividad oxidativa reducida y altos niveles de

lactatodeshidrogenasa (LDH), especialmente de la isoenzima LDH5 la cual está asociada con la formación de ácido láctico desde piruvato. Cabe recalcar que la producción de ácido láctico en este sistema no es representativa, dado que la energía se obtiene a expensas de los fosfágenos (Bosco, 2000).

### GLUCÓLISIS ANAERÓBICA LÁCTICA:

Consiste en la ruptura del glucógeno o de la glucosa en ácido pirúvico, éste se convierte en ácido láctico por acción de la enzima M-lactato deshidrogenasa. En este punto del proceso se fosforila la glucosa o el glucógeno, convirtiéndose en glucosa fosforilada y posteriormente en ácido pirúvico, se requiere de ATP para esta fosforilación, sin embargo se produce más cantidad de ATP de la que se necesita, habiendo una ganancia neta de dos ATP por glucosa o tres por glucógeno. Durante esta reacción también se produce el nucleótido NADH<sub>2</sub> (Nicotidamina Adenina Dinucleótido reducido), el cual cede dos hidrógenos al ácido pirúvico para la producción de ácido láctico (Bernhardt & Lorenzana, 2013).

El ácido láctico cumple con distintas rutas metabólicas, entre las que se encuentran las siguientes:

#### **A nivel intracelular:**

- Neutralización: el ácido láctico es neutralizado por el bicarbonato, el fosfato y las proteínas intramusculares.
- Energía aeróbica: una cantidad de lactato entra en la mitocondria de la célula y se convierte en combustible para la cadena respiratoria. Esta hipótesis fue propuesta por G.A. Brooks en 1998, entre los hallazgos que sustentan esto estuvieron la presencia de LDH y MCT1 (Proteínas Transportadoras de Ácidos Monocarboxílicos) en la mitocondria celular.

#### **A nivel extracelular:**

El exceso de ácido láctico que no puede ser neutralizado es transportado por las MCT1 y MCT4 hacia el espacio extracelular donde cumple con los siguientes procesos:

- **Energía aeróbica:** el ácido láctico es reducido a lactato y sale al espacio intersticial donde es captado por células musculares vecinas principalmente tipo I, las cuales son capaces de metabolizarlo, convertirlo en piruvato y de esta forma entrar en el ciclo de Krebs para convertirse en fuente de energía aeróbica, disminuyendo el uso de glucosa.
- **Neutralización:** al alcanzar el lactato la sangre, este es neutralizado gracias a la capacidad buffer que tiene ésta por la presencia de bicarbonato, proteínas plasmáticas, fosfato y hemoglobina.
- **Resíntesis de Glucosa:** el lactato una vez en la sangre es captado por el hígado para entrar en la gluconeogénesis y aumentar los depósitos de glucógeno hepático, encargado de mantener los niveles de glucosa en sangre.
- **Eliminación Renal:** el lactato en el riñón tiene dos vías metabólicas. Se utiliza para la formación de energía para el funcionamiento del mismo después de haber entrado al ciclo de Krebs; y cuando las concentraciones de lactato son elevadas se eliminan a través de la orina.
- **Eliminación por Sudor:** el sudor contiene grandes cantidades de lactato, sin embargo la eliminación por esta vía es poco importante (Mazza, 2009).

El sistema de glucólisis anaeróbica láctica proporciona energía a una velocidad bastante rápida, sin embargo es considerado un sistema ineficaz pues la ganancia energética es pequeña y se produce ácido láctico cuando la célula no tiene el oxígeno y la capacidad de utilizar y transformar todo el ácido pirúvico, El ácido láctico será almacenado en el músculo, disminuyendo el pH muscular y afectándose negativamente el proceso de contracción (Bernhardt & Lorenzana, 2013).

Las fibras musculares que trabajan con este sistema son las fibras rápidas tipo IIb y en menor cantidad las tipo IIa. Estas últimas se caracterizan por ser más resistentes a la sensación de fatiga, debido a la presencia de un mayor número de mitocondrias y una red capilar abundante. Al igual que las fibras rápidas IIb, presentan gran cantidad de LDH5,

que en el caso de este sistema está relacionado con la alta producción de ácido láctico a partir del ácido pirúvico (Bosco, 2000).

### FOSFORILACIÓN OXIDATIVA:

Esta vía metabólica tiene como sustratos los macronutrientes provenientes de la alimentación: carbohidratos, lípidos y proteínas.

En presencia de oxígeno el ácido pirúvico formado en el sarcoplasma durante la glucólisis, entra en la mitocondria y libera Acetil coenzima A y CO<sub>2</sub>, esta penúltima entra en el ciclo de Krebs donde es desorganizada para ceder iones hidrógeno y electrones para la producción de energía. Los nucleótidos NAD (Nicotidamina Adenina Dinucleótido) y FAD (Flavín Adenin Dinucleótido) son utilizados para transportar la energía al sistema de transporte de electrones. Durante el proceso de transporte se libera energía química, utilizada para combinar el ADP con el fósforo y formar ATP. La producción total de energía al utilizar glucosa es de 38ATP, y al utilizar glucógeno 39 ATP.

Los lípidos también son utilizados como fuente de energía. Almacenados en los tejidos en forma de triglicéridos, éstos se rompen en ácidos grasos libres (AGL) y glicerina por acción de la enzima lipasa. Los AGL sufren una betaoxidación donde son cambiados por Acetil- Co-A que entra en el ciclo de Krebs. Se forma más energía por cada AGL, sin embargo el proceso es más lento.

Las proteínas también pueden ser utilizadas como fuente de energía pero en menor grado. Estas se dividen en aminoácidos y entran en la glucólisis o el ciclo de Krebs, o pueden ser también utilizados para aumentar los niveles de glucemia por medio de la gluconeogénesis (Bernhardt & Lorenzana, 2013).

Las fibras musculares que trabajan con este sistema son las fibras lentas tipo I. Se caracterizan por ser muy resistentes a la fatiga, poseer un elevado número de mitocondrias, una abundante red capilar y gran cantidad de carbohidratos y lípidos (Pancorbo, 2008). Además, poseen pocas cantidades de LDH, donde predominan las isoenzimas LDH1 y LDH2 que favorecen la conversión de lactato a piruvato, por lo que no se produce acumulación de ácido láctico en este tipo de fibras (Bosco, 2000).

### 2.1.3.2. Actividad deportiva: Ciclismo

La práctica de actividad deportiva es una de las principales razones de la producción y aumento de los niveles de lactato, sobre todo cuando la actividad es realizada sobre el umbral anaeróbico del deportista. El umbral anaeróbico está definido como la intensidad del ejercicio por encima del cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre (Pancorbo, 2008).

La intensidad del ejercicio es el ritmo y nivel de esfuerzo con que se realiza la actividad. Según la clasificación de la intensidad del ejercicio dinámico de Pollock & Wilmore (1990), tomando en cuenta la frecuencia cardiaca, la actividad física pueden ser de intensidad:

**Tabla 1. Clasificación de Intensidad de la actividad física**

% Frecuencia Cardiaca Máxima	Clasificación de la intensidad
<35%	Muy leve
35-59%	Leve
60-79%	Moderado
80-89%	Fuerte
>=90%	Muy fuerte

Fuente: (Pancorbo, 2008)

Elaborado por: Adriana Falconí

Como se menciona, para conocer la intensidad con la que se está realizando la actividad deportiva, se puede tomar en cuenta los valores de la frecuencia cardiaca del deportista a través del cálculo de algunos índices, el más popular es el Índice de Karvonen el cual establece que:

**FC a un % de intensidad= (FCmáx - FCbasal) x % de Intensidad + FCbasal.**  
(Pancorbo, 2008).

Donde:

- **Frecuencia cardiaca (FC):** pulsaciones por unidad de tiempo. Normalmente se mide por segundos. Este valor nos indicará objetivamente las adaptaciones que el ejercicio nos está causando o provocando.
  
- **FC Máxima (FCmáx.):** frecuencia cardiaca máxima que es capaz de soportar una persona haciendo una actividad deportiva. Hallaremos la frecuencia cardiaca máxima a través de la siguiente fórmula:  
$$\text{FCmáx: } 220 - \text{edad (Hombres)}$$
$$\text{FCmáx: } 226 - \text{edad (Mujeres)}$$
  
- **FC basal (FCbas) o en reposo:** mide las pulsaciones del corazón en reposo. Tomar las pulsaciones en 15 segundos y multiplicar x4.
  
- **Intensidad de trabajo (I):** son los intervalos entre los que se tiene que mover el sujeto realizando el ejercicio (Prieto, 2012).

En esta investigación se ha escogido el Ciclismo como la actividad deportiva a evaluar. Este es un deporte que incluye distintas modalidades que tienen en común el uso de una bicicleta, sin embargo entre los criterios de inclusión para la muestra se consideró la participación de ciclistas que practiquen ciclismo de ruta o montaña.

De acuerdo con Pancorbo (2008), el ciclismo está clasificado como una disciplina de resistencia, con un umbral anaeróbico entre el 93-95% de la frecuencia cardiaca máxima. La práctica de ciclismo en esta zona de intensidad, produce alrededor de 3-4mmol/L de lactato, cuando ésta tiene una duración entre 10-60min.

#### **2.1.4. Consecuencias de la producción excesiva y acumulación de ácido láctico**

La degradación anaeróbica de glucógeno, es un proceso en el cual se produce una importante acumulación de ácidos inorgánicos donde el ácido láctico es cuantitativamente el más importante. Éste se disocia en lactato e iones de hidrógeno, el aumento de estos últimos disminuye el pH del músculo, factor asociado a la inhibición de la enzima fosfofrutoquinasa y la reducción de la glucólisis, afectándose negativamente el proceso de contracción muscular y siendo esta la clásica causa de la fatiga muscular esquelética. (Gómez-Campos, Cossio-Bolaños, & Brousett Minaya, 2010).

#### **2.1.5. Transporte de ácido láctico**

El ácido láctico es transportado por mecanismos de difusión en un 25%, por diferencia entre gradientes de concentración de lactato entre compartimentos; y transporte activo en un 75%, mediado por transportadores proteicos de membrana MCT1 y MCT4 (Mazza, 2009).

#### **2.1.6. Tiempo de remoción de ácido láctico**

Se ha observado que es necesaria 1 hora de recuperación para remover la mayor parte del ácido láctico acumulado. Son necesarios 25 minutos de reposo para remover el 50%, y 1h15min para remover el 95% en ejercicios maximales. Sin embargo, se ha demostrado que la remoción de ácido láctico es más rápida si se cambia la fase de reposo por un ejercicio continuo leve, del 50% al 65% para deportistas entrenados (Bompa, 2007).

### **2.1.7. Medición de ácido láctico**

La mayoría de las medidas de ácido láctico hacen uso de una muestra de sangre, aunque algunos investigadores lo han hecho tomando muestras musculares y midiendo el ácido láctico directamente en el músculo, sin embargo existe una relación muy estrecha entre el ácido láctico en sangre y el ácido láctico muscular.

La medición sanguínea puede ser realizada a través de una venopunción o con la utilización de un medidor de lactato, el cual requiere de una pequeña muestra sanguínea obtenida del lóbulo auricular o de la yema de los dedos. Para esta investigación se utilizó como instrumento el medidor de lactato Lactate Plus, el cual en un estudio realizado en el 2010, mostró gran confiabilidad y exactitud en sus resultados comparado con análisis de laboratorio (Tanner, Fuller, & Ross, 2010).

## **2.2. Drenaje Linfático Manual Vodder**

### **2.2.1. Historia y Principios de la Técnica**

Fue desarrollada por el Dr. Emil Vodder a partir de los años 30 especialmente en Francia, basándose en el desarrollo de la idea de facilitar el drenaje linfático por medio de maniobras realizadas en la superficie con una suave presión de las manos.

El Drenaje Linfático Manual Vodder, es una técnica que se enfoca en el estímulo intensivo de ganglios y vasos linfáticos, con el fin de movilizar la linfa producida por el cuerpo en distintas circunstancias. Se caracteriza por movimientos suaves, lentos, circulares y de arrastre superficial (Paltrinieri, 2013).

La linfa es un fluido de características semejantes a las del líquido intersticial, la principal diferencia radica en su ubicación, puesto que la linfa se encuentra en los capilares linfáticos y el líquido intersticial en el espacio del mismo nombre. Se caracteriza por ser un líquido pálido, amarillento y claro en casi todo su trayecto, excepto en el intestino delgado donde obtiene un aspecto lechoso y se denomina quilo (Tortora & Derrickson, 2006).

La técnica Vodder consiste en una serie de maniobras que estimulan zonas ganglionares y el trayecto de los vasos linfáticos del área que se desea tratar. Existen tres movimientos básicos que se combinan de diferentes maneras, estos son:

- Primero: movimientos circulares con los cuatro dedos tensos.
- Segundo: movimientos circulares con el pulgar.
- Tercero: movimientos de bombeo con la palma de la mano y los dedos al mismo tiempo.

Es importante realizar inicialmente un estímulo y vaciado de la zona de cuello con el fin de evitar la congestión de la cabeza y por su efecto neurovegetativo el cual estimula el sistema parasimpático; y del abdomen con el fin de aumentar la efectividad del drenaje, sin importar el lugar donde vaya a ser aplicada la técnica (Paltrinieri, 2013).

Cada maniobra de bombeo se hace un mínimo de 5 veces y un máximo de 7 veces, lo óptimo es utilizar una presión de 33mmHg para conseguir un máximo de reabsorción venosa, principio establecido por Kuncke, siguiendo siempre la dirección de la circulación linfática. El ritmo de presión-relajación del bombeo debe ser igual al ritmo del latido cardiaco, similar al ritmo de máxima contracción de los linfangiones, segmento de un colector entre dos válvulas; establecido por Mislin (Paltrinieri, 2013).

### **2.2.2. Generalidades del sistema linfático**

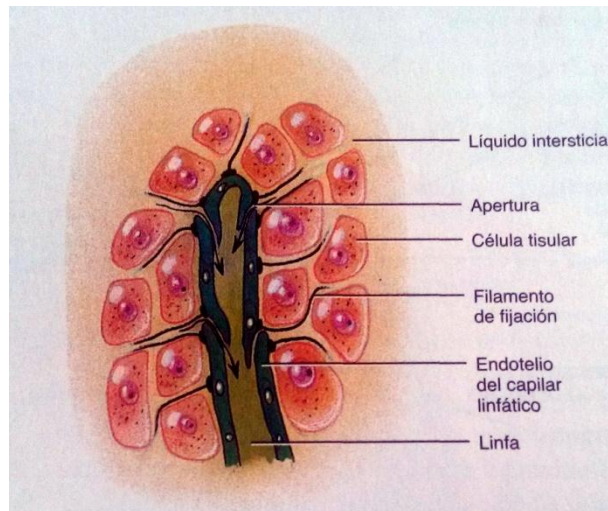
El sistema linfático está constituido por una amplia red de ganglios y vasos que se encargan del transporte de linfa a través de determinadas estructuras hasta desembocar en las venas sanguíneas, retornando de esta manera a la circulación principal (Guillén, 2011). Todas las estructuras que conforman el sistema linfático están formadas por tejido del mismo nombre, el cual es una forma especializada de tejido conectivo reticular que contiene gran cantidad de linfocitos. Además, el sistema linfático está conformado por órganos como el bazo y el timo, responsables de generar la respuesta inmunitaria; y la médula ósea roja, donde células precursoras se diferencian en distintos tipos de células sanguíneas, incluyendo los linfocitos (Tortora & Derrickson, 2006).

### 2.2.2.1. Anatomía del sistema linfático

#### Capilares linfáticos:

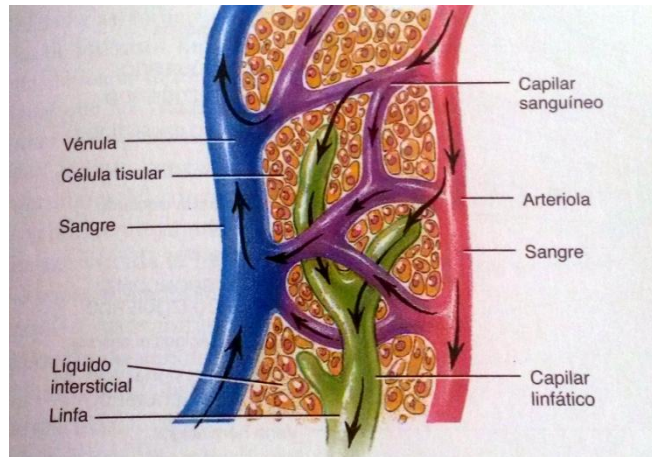
Compuestos por una sola capa de células endoteliales, están distribuidos en los espacios intercelulares de los tejidos, excepto en el sistema nervioso central. Tienen un diámetro de 15-75 micras y una longitud de 0.5 milímetros. Se encargan de absorber el exceso de líquido intersticial, llamándose linfa una vez dentro de esta estructura, impidiendo que fluya nuevamente hacia afuera gracias a la disposición de las células endoteliales, las cuales se encuentran superpuestas. Cuando la presión del líquido intersticial es mayor a la de la linfa, las células del capilar se separan ligeramente permitiendo la filtración de líquido; cuando la presión en el capilar es mayor, las células del mismo se adhieren impidiendo que la linfa regrese al líquido intersticial (Tortora & Derrickson, 2006).

**Ilustración 1. Estructura del Capilar Linfático**



Fuente: (Tortora & Derrickson, 2006)

## Ilustración 2. Relación de los capilares linfáticos con las células tisulares y los capilares sanguíneos



Fuente: (Tortora & Derrickson, 2006)

### Vasos linfáticos o colectores prenodales:

Se originan por la reunión de capilares linfáticos, se encargan de transportar la linfa hacia los ganglios linfáticos. Su pared es más estructurada, está formada por tres túnicas la adventicia, la muscular y la íntima, ésta última presenta válvulas las cuales son estructuras cuya presencia y buen funcionamiento garantizan la progresión de la linfa en sentido fisiológico (Guillén, 2011).

### Ganglios linfáticos:

Son elementos ovalados que se encuentran en su mayoría próximos a las articulaciones y algunos a lo largo del trayecto de los vasos linfáticos, se encargan de filtrar la linfa transportada por los vasos linfáticos (Ferrandez, 2006). Todo vaso linfático debe pasar por un ganglio antes de desembocar en el torrente sanguíneo. Son además el lugar de proliferación de las células T, las cuales tienen la capacidad de llevar a cabo respuestas inmunológicas al igual que las células B, debido a la presencia de proteínas específicas en sus membranas, las cuales actúan como receptores antigénicos (Tortora & Derrickson, 2006).

### **Vasos linfáticos o colectores postnodales:**

Salen del ganglio, llevando la linfa a un nuevo grupo de ganglios o a grandes troncos linfáticos. Su estructura es similar a la de los colectores prenodales, únicamente poseen un grosor y una luz más amplia. De igual manera posee válvulas que permiten el flujo de linfa en sentido fisiológico (Guillén, 2011).

### **Troncos linfáticos:**

Formados por la reunión de los vasos linfáticos postnodales, los principales troncos linfáticos son:

- Tronco lumbar: se encarga de recolectar la linfa que proviene de miembros inferiores, órganos de la pelvis, riñones y glándulas suprarrenales y la pared abdominal y pélvica.
- Tronco Intestinal: drena la linfa del estómago, intestinos, páncreas y parte del hígado.
- Tronco Broncomediastínico: reúne la linfa de la pared torácica, pulmones y corazón.
- Tronco Subclavio: drena la linfa de los miembros superiores.
- Tronco Yugular: Transporta la linfa proveniente de cabeza y cuello (Tortora & Derrickson, 2006).

### **Conductos linfáticos:**

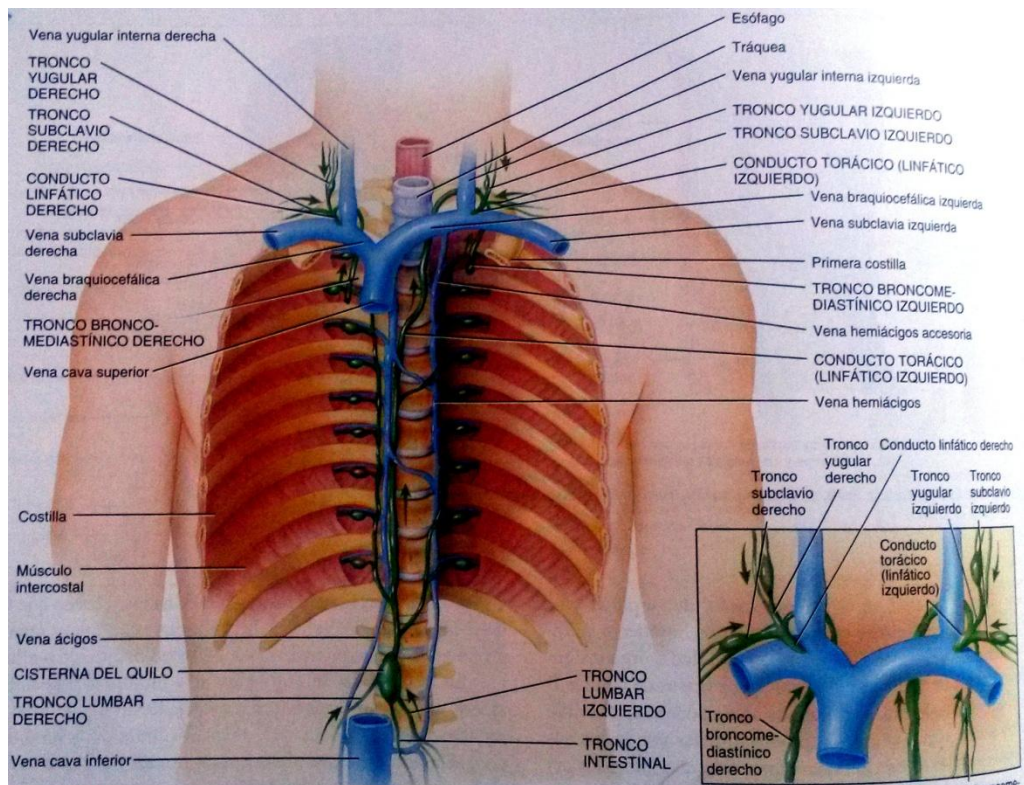
Desde los troncos linfáticos la linfa es transportada y drena en dos conductos principales:

- Conducto torácico: conocido también como conducto torácico izquierdo, representa el vaso linfático más grueso del cuerpo humano, se origina en la

cavidad abdominal a la altura de la segunda o tercera vértebra lumbar. Recibe linfa de los troncos lumbares e intestinales derecho e izquierdo, también de los conductos yugular, subclavio y broncomediastínico. Sigue su trayecto ascendente atravesando el diafragma, detrás de la aorta y el esófago y termina su camino sumergiéndose en el ángulo formado por las venas subclavia y yugular interna izquierdas.

- Conducto torácico derecho: recibe el nombre de gran vena linfática, recibe linfa de los troncos yugular, subclavio y broncomediastínico derechos. Termina su recorrido desembocando en el ángulo entre la vena yugular interna derecha y subclavia derecha (Tortora & Derrickson, 2006).

### Ilustración 3. Troncos y conductos linfáticos

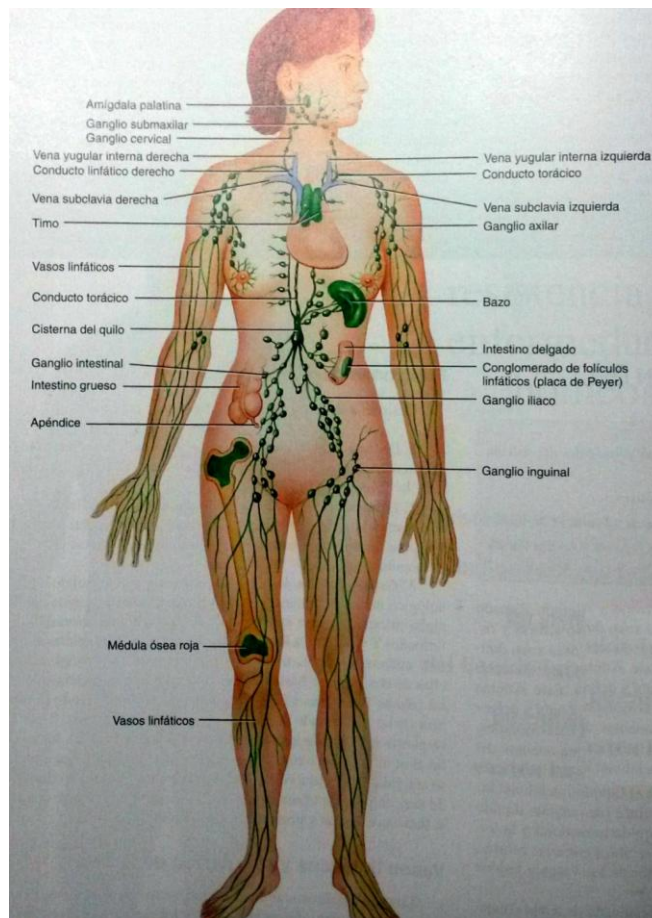


Fuente: (Tortora & Derrickson, 2006)

Tortora y Derrickson (2006), describen también como órganos linfáticos a las siguientes estructuras:

- **Timo:** Considerado junto con la médula ósea roja un órgano linfático primario, donde las células madre se dividen y se diferencian en células capaces de desencadenar una respuesta inmunitaria eficaz. En el timo se produce la maduración de células T.
- **Bazo:** Considerado un órgano linfático secundario, donde se llevan a cabo la mayor parte de las respuestas inmunitarias. En el bazo, las células b son convertidas es células plasmáticas y además, se llevan a cabo procesos de fagocitosis.

#### Ilustración 4. Componentes del Sistema Linfático



Fuente: (Tortora & Derrickson, 2006)

### **2.2.2.2. Fisiología del sistema linfático**

El sistema linfático trabaja a través de intercambios microcirculatorios, donde el capilar vascular, el linfático y el medio intersticial se conciben como un todo.

El plasma sanguíneo y sus componentes como elementos nutritivos, sales minerales y vitaminas abandonan el capilar sanguíneo para incorporarse al medio intersticial, en éste las células toman los elementos requeridos para su metabolismo y eliminan los productos de degradación celular (A.Leduc & O.Leduc, 2003).

Parte de este líquido intersticial es reabsorbido por los capilares sanguíneos, sin embargo la cantidad de líquido que se filtra hacia el espacio intersticial desde los capilares sanguíneos es mayor que la que retorna a estos por reabsorción, por lo que los capilares linfáticos son los encargados de drenar el líquido filtrado en exceso y transportar desechos y aquellas proteínas plasmáticas que no pueden atravesar nuevamente los capilares sanguíneos (Tortora & Derrickson, 2006).

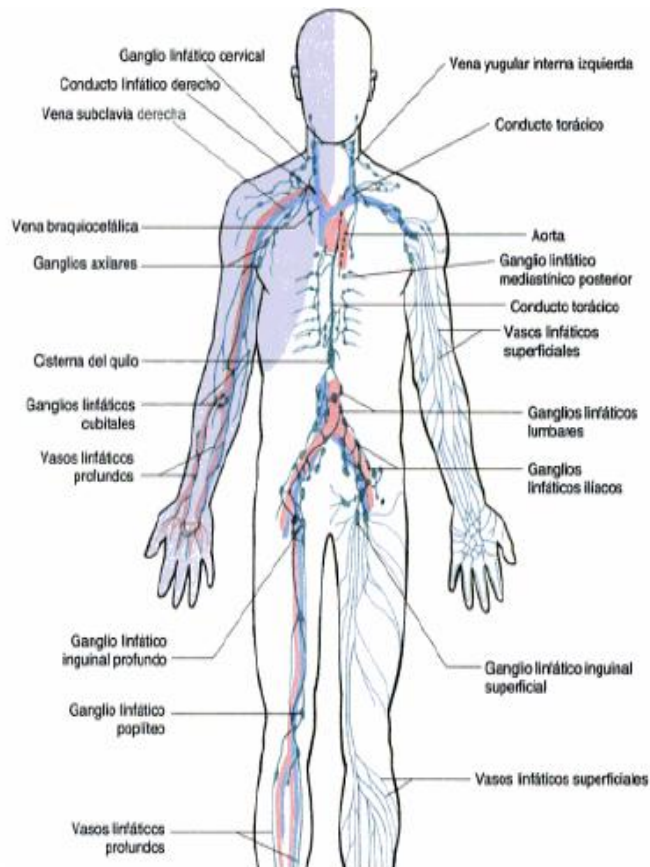
La progresión de la linfa en los capilares se ve facilitada por las presiones generadas por la contracción muscular circundante y por el pulso arterial, además de las presiones tisulares y líquidas que representan un factor de importancia para el mantenimiento de la corriente linfática.

Posteriormente, la linfa es transportada hacia los precolectores y colectores linfáticos, estructuras valvuladas. La porción de un colector situada entre dos válvulas se denomina linfangión. La porción más contráctil de los precolectores y colectores se encuentran en la parte media del linfangión. Los colectores poseen también musculatura propia que produce su contracción movilizandando la linfa, sin embargo la progresión de la linfa en estas estructuras también se ve facilitada por los mismos factores que la movilizaban en los capilares linfáticos (A.Leduc & O.Leduc, 2003).

Una vez en los colectores prenodales, la linfa es dirigida hacia los ganglios linfáticos, los cuales actúan como filtro donde las sustancias extrañas quedan atrapadas y los macrófagos eliminan algunas de ellas por fagocitosis y los linfocitos por mecanismos inmunológicos. La linfa filtrada abandona el ganglio a través de los colectores postnodales. (Tortora & Derrickson, 2006).

A través de los colectores postnodales, la linfa se dirige hacia los troncos linfáticos para posteriormente drenar en los conductos linfáticos. La circulación de linfa en el conducto torácico es favorecida por la respiración, puesto que los movimientos de inspiración y espiración producen cambios bruscos de presión (A.Leduc & O.Leduc, 2003), facilitando el transporte de linfa hasta la desembocadura venosa donde la circulación linfática se une con la circulación sanguínea.

## Ilustración 5. Principales vías de drenaje del Sistema Linfático



Fuente: (Guillén, 2011)

### 2.2.2.3. Funciones principales del sistema linfático

El sistema linfático tiene 3 funciones principales las cuales son:

- Drenaje de líquido intersticial: Los vasos linfáticos drenan el líquido intersticial excesivo producido en los tejidos, intercambiando nutrientes y desechos.
- Transporte: De vitaminas, proteínas, lípidos y macromoléculas.
- Facilitación de la respuesta inmunitaria: desencadena respuestas muy específicas contra microorganismos o células anormales (Guillén, 2011).

### **2.2.3. Aplicación de la técnica de DLMV en miembros inferiores**

En el caso del ciclismo, los músculos de miembro inferior son los que se ven sometidos a cargas intensas de ejercicio por lo que pueden llegar a fatigarse por acumulación de ácido láctico, por esta razón la técnica deberá ser aplicada en esta zona.

#### **2.2.3.1. Estructura linfática de miembros inferiores**

##### **Vasos linfáticos superficiales:**

- La mayoría de los vasos linfáticos superficiales de la cara dorsal del pie se drenan hacia el maléolo interno.
- Desde el tobillo, el trayecto de los vasos linfáticos sigue a la vena safena mayor, uniéndose en la pierna con los vasos que se originan en la región anteroexterna, externa y posterointerna de la misma. Estos vasos acompañan a la vía de la safena mayor antes de llegar a la rodilla y se agrupan detrás del cóndilo interno.
- Los vasos originarios de la parte retromaleolar externa, siguen el trayecto de la vena safena menor, la cual tiene una dirección posterior.
- Una vez en el hueco poplíteo, los vasos se introducen en los ganglios linfáticos del mismo.
- En el muslo, detrás del cóndilo interno, los vasos linfáticos de las piernas siguen su ascensión hacia el triángulo femoral bordeando la cara interna del muslo. A estos se unen los vasos de la cara anterior del muslo.
- La parte posterior del muslo está dividida por una línea media que separa los vasos los vasos linfáticos externos que cruzan la cara lateral del muslo hasta la cara anterior y, los vasos linfáticos internos que se unen a la vía de la safena mayor. Estos vasos drenan hacia los ganglios linfáticos de la ingle.

### **Vasos linfáticos profundos:**

- Presentes en los compartimentos musculares, recuperan parte del drenaje profundo de pie, siguen el trayecto de las arterias tibial posterior y peronea. Convergen hacia los ganglios linfáticos poplíteos. A partir de aquí tres o cuatro colectores siguen el trayecto de la vena femoral, los cuales son alcanzados por troncos originarios de los músculos del muslo, terminando su ascensión en los ganglios linfáticos inguinales profundos (Ferrandez, 2006).

### **2.2.3.2. Técnica de DLMV en miembros inferiores**

La técnica de DLMV deberá ser aplicada de la siguiente manera:

#### **1. Drenaje y estímulo de ganglios de cuello:**

Cada maniobra se repetirá de cinco a siete veces:

- Estímulo de la zona ganglionar de la fosa supraclavicular mediante movimientos circulares con el pulpejo de los cuatro últimos dedos. De acuerdo con la técnica, esta zona se denomina Terminus.
- Movimientos circulares simultáneos a ambos lados del cuello con la zona palmar de los cuatro últimos dedos extendidos. Esta zona se denomina Profundus, la maniobra pretende dirigir la circulación linfática de la zona hacia el Terminus.
- Movimientos circulares con una dirección cefalocaudal a nivel del occipucio y de la zona del trapecio superior con la zona palmar de los cuatro últimos dedos extendidos. Esta zona se denomina Occipitus. Repetir las maniobras a nivel del Profundus y Terminus.
- Pequeños movimientos circulares con el pulpejo de los cuatro últimos dedos debajo del mentón, dirigiendo la circulación hacia las zonas

laterales del cuello (Profundus). Repetir las maniobras a nivel del Profundus y Terminus.

- Movimientos circulares a nivel de la zona del temporal y del masetero con dirección cefalocaudal, utilizando la zona palmar de los cuatro últimos dedos, dirigiendo la circulación hacia el Profundus. Repetir las maniobras a nivel del Profundus y Terminus.
- Movimientos circulares a nivel del acromion en dirección a la fosa supraclavicular (Terminus) con las palmas de las manos, ambos lados simultáneamente.
- Movimientos circulares sobre el trapecio en dirección al Terminus con la zona palmar de de los cuatro últimos dedos.
- Movimientos circulares sobre la clavícula en dirección al Terminus con el pulpejo de los cuatro últimos dedos.
- Finalizar con movimientos circulares a nivel del Terminus.

## 2. Drenaje y estímulo de ganglios de abdomen.

- Movimientos ascendentes con pulgares desde el pubis hasta el esternón en cinco tiempos y posteriormente repetir la maniobra en tres tiempos.
- Drenaje de colon siguiendo su recorrido: Con una mano sobre la otra,
  - \* Se estimula inicialmente el colon descendente a nivel de la fosa iliaca izquierda, con un movimiento caudal en tres tiempos: tirar hacia inferior, girar ligeramente sin soltar, relajar. Repetir entre cinco a siete veces.

- \* El colon ascendente se estimula a nivel de la fosa iliaca derecha con un movimiento ascendente en tres tiempos: empujar hacia superior, girar, relajar. Repetir entre cinco a siete veces.
  - \* El colon transverso se estimula de derecha a izquierda en tres tiempos: empujar, girar, relajar. Repetir entre cinco a siete veces.
- Movimientos semicirculares con pulgares siguiendo el recorrido del colon ascendente y transverso.
  - Amasamiento del abdomen alrededor del ombligo con el talón de las manos.
  - Respiraciones: Pedir al paciente que inspire profundamente y espire lentamente, al terminar la espiración colocar los talones de ambas manos suavemente bajo las costillas. Pedir nuevamente una inspiración ofreciendo resistencia y levantar las manos repentinamente en el transcurso de esta.
- 3.** Estímulo con movimientos circulares ascendentes de la región ganglionar inguinal. Realizarlo de cinco a siete veces.
- 4.** Drenaje de vasos linfáticos de muslo:

Realizar movimientos circulares ascendentes desde rodilla hasta la zona inguinal de la cara anterior, interna y externa del muslo, utilizando inicialmente ambas palmas de las manos colocadas una al lado de otra, de cinco a siete repeticiones en cada zona. Realizarlo posteriormente alternado una palma a la vez y finalmente realizar una maniobra de bombeo con una palma y empuje con la otra completando el trayecto desde la rodilla hasta la zona inguinal.

## 5. Drenaje de rodilla:

Cada maniobra se repetirá de cinco a siete veces:

- Movimientos circulares en la zona interna de la rodilla con una mano sobre otra, dirigiendo la circulación hacia la zona poplíteo.
- Pequeños movimientos circulares con pulgares sobre la línea interarticular en la zona interna y externa de rodilla, dirigiendo la circulación hacia el hueco poplíteo.
- Estímulo y drenaje de ganglios poplíteos con los cuatro últimos dedos de ambas manos extendidos, simulando un movimiento de abanico de distal a proximal.
- Movimientos de bombeo de distal a proximal sobre la rótula con la zona palmar de los cuatro últimos dedos extendidos.

## 6. Drenaje de pierna:

Cada maniobra se repetirá de cinco a siete veces:

- Movimientos de bombeo con dirección ascendente siguiendo el trayecto de la tibia, colocando una mano sobre otra, sobre la cara anterior de la pierna. Posterior a esto en la misma zona se realizan movimientos de bombeo con una palma y de empuje con la otra.
- Con la pierna flexionada, se coloca una mano sobre la tibia y otra sobre los gastronemios y se realizan movimientos de bombeo de forma alternada, de distal a proximal.

**7. Drenaje de tobillo y pie:**

Cada maniobra se repetirá de cinco a siete veces:

- Movimientos circulares de bombeo utilizando los cuatro últimos dedos sobre el tendón de Aquiles de proximal a distal, dirigiendo la circulación hacia la zona maleolar.
  - Movimientos circulares con dirección ascendente en las zonas retro maleolares, con los cuatro últimos dedos extendidos.
  - Movimientos circulares con pulgar desde los dedos hacia el tobillo, en tres trayectos lineales.
  - Movimientos de bombeo sobre el dorso del pie, utilizando la palma de la mano.
  - Movimientos de bombeo sobre la planta del pie, utilizando los cuatro últimos dedos, desde los dedos de los pies hacia el talón.
- 8.** Se realizan gestos grandes con las palmas de las manos de distal a proximal dirigiendo toda la circulación hacia la zona inguinal para terminar la técnica.
- 9.** Para vaciar la cara posterior de miembro inferior, realizamos con la zona palmar de los cuatro últimos dedos extendidos, movimientos circulares en la cara interna y externa de muslo dirigiendo el fluido hacia la cara anterior y se realiza nuevamente el vaciado anterior con gestos grandes. A nivel del hueco poplíteo y de la pierna, se realizan movimientos de bombeo de distal a proximal, utilizando los cuatro últimos dedos y las palmas de las manos respectivamente (Paltrinieri, 2013).

#### **2.2.4. Efectos de la técnica**

Debido al estímulo que produce esta técnica, algunos de sus efectos sobre el cuerpo son:

- Estimulación de la circulación linfática
- Favorecimiento de la regeneración de los tejidos
- Efecto relajante sobre el sistema nervioso
- Desintoxicación
- Aceleración de procesos de cicatrización y recuperación
- Absorción de edemas (Rojas, 2010).

#### **2.2.5. Indicaciones, precauciones y contraindicaciones de la técnica de Drenaje Linfático Manual Vodder.**

##### **Indicaciones:**

El DLMV está indicado para diferentes tipos de cuadros clínicos tales como:

- Edema post ejercicio, por lesión, post quirúrgico, NO de origen central.
- Linfedema: edema acompañado de fibrosis del tejido subcutáneo.
- Estreñimiento
- Parálisis, afecciones nerviosas como ciática, lumbalgia, etc.
- Estética: Celulitis, reducción de peso.
- En caso de que no se pueda realizar otro masaje debido a la sensibilidad del tejido, por ejemplo: dolor muscular, tejidos enfermos (Rojas, 2010).

##### **Precauciones:**

- En caso de presión sanguínea baja, no se debe aplicar DLMV en la totalidad del cuerpo, pues ello supondría una mayor disminución de la presión. Se debe iniciar con tratamientos parciales y posteriormente aumentar la extensión de la zona de aplicación.

- En casos de hipertiroidismo, evitar la zona de la glándula y reducir el tiempo de tratamiento en general.
- En caso de enfermedades cardiacas, disminuir el tiempo de aplicación, pues mediante DLMV se aporta más líquido al corazón y la carga que éste debe soportar es mayor.
- En casos de tromboflebitis, realizar la técnica con una presión menor, para evitar el riesgo de una liberación embólica.
- No aplicar tratamientos sobre el abdomen durante la menstruación y tener especial cuidado durante los tres primeros meses de embarazo, debido a la acción vasotónica que puede ejercer. (Paltrinieri, 2013).

**Contraindicaciones absolutas:**

- El DLMV está totalmente contraindicado en los casos de cáncer y todas las enfermedades infecciosas agudas, incluyendo especialmente la tuberculosis. Esto se debe a que si a través del DLMV se llevan elementos nocivos a la circulación sanguínea, se podría producir su diseminación por todo el organismo.
- También está contraindicada su aplicación cuando se trata de edemas de origen central, como cardiogénico, renal y por hipertensión (Paltrinieri, 2013).

### **2.3. Disminución de Niveles de Ácido Láctico mediante la aplicación de Drenaje Linfático Manual técnica Vodder en ciclistas que acuden al Servicio de Rehabilitación de FISIOMED S.A. en el periodo de diciembre 2014-marzo 2015.**

Lo que busca esta investigación es demostrar los posibles efectos que puede presentar el Drenaje Linfático Manual técnica Vodder como herramienta para la recuperación muscular post deportiva en ciclistas, respecto a la disminución de niveles de ácido láctico en sangre.

Para esto se utilizó una muestra de quince ciclistas élite, diez hombres y cinco mujeres de entre 20 a 45 años. Con cada individuo se trabajó en dos ocasiones:

#### **Primera Sesión:**

Se realizó una actividad en bicicleta estática utilizando un protocolo de trabajo sobre el umbral anaeróbico. Para ello se realizó inicialmente un calentamiento de 5min de duración, posterior a éste se inició la actividad de esfuerzo durante 12min con resistencia progresiva cada 4min, dado que el sistema anaeróbico láctico se activa con trabajos de esfuerzo que van aumentando de forma gradual. Como se mencionó anteriormente, el umbral anaeróbico para actividades de resistencia como el ciclismo se encuentra entre el 90-95% de la frecuencia cardiaca máxima (Pancorbo, 2008), por lo que se verificó a través de un pulsómetro en todos los participantes que los 12min de esfuerzo sean realizados en este rango de intensidad. Finalmente se realizó un enfriamiento de 3min. La actividad tuvo una duración total de 20min.

Se realizaron mediciones sanguíneas de ácido láctico antes de la actividad y después de haberla finalizado. En esta primera sesión no se aplicó la técnica, pero se midieron los niveles de ácido láctico 1h después de haber finalizado la actividad física habiendo estado el paciente en reposo.

### **Segunda Sesión:**

Se realizó la misma actividad en bicicleta estática y las mediciones antes y después de la misma; y se aplicó la técnica de Drenaje Linfático Manual Vodder apenas se finalizó el trabajo deportivo, realizando la medición de igual manera 1h después de haber finalizado la actividad física y de haber finalizado la aplicación de la técnica.

Una vez recolectada la información, se realizó el análisis de los resultados mediante la comparación entre las mediciones de ácido láctico realizadas después del reposo y las realizadas después de la aplicación de la técnica de DLMV. La comparación se realizó en cada individuo con el fin de determinar qué variaciones hubo en cada uno.

## **2.4. Hipótesis**

El Drenaje Linfático Manual técnica Vodder, es una técnica que acelera la remoción de ácido láctico después del ejercicio en ciclistas.

## 2.5. Operacionalización de Variables

Tabla 2. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de un ser vivo (RAE).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niño: 5-12 años</li> <li>• Adolescente: 13-19 años</li> <li>• Jóven: 20- 35 años</li> <li>• Adulto: 35-65 años</li> <li>• Adulto mayor: 65 años en adelante.</li> </ul>	Jóvenes adultos con una edad comprendida entre 20 y 45 años.	Nominal.
Sexo	Se refiere a las características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres (OMS).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masculino</li> <li>• Femenino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masculino: Cromosomas XY</li> <li>• Femenino: Cromosomas XX.</li> </ul>	Porcentual
Estatura	Altura en metros de una persona, medida desde los pies a la cabeza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja</li> <li>• Promedio</li> <li>• Alta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M= &lt;1,50cm, H= &lt;1,60cm</li> <li>• M= &gt;1,50&lt;1,70 H= &gt;1,60&lt;1,80</li> <li>• M= &gt;1,70 H= &gt;1,80</li> </ul>	Nominal
Peso	Cantidad de masa en kilogramos que el individuo posee.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo</li> <li>• Normal</li> <li>• Alto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IMC &lt; 18,5kg/m<sup>2</sup></li> <li>• IMC &gt;18,5 &lt;24,95kg/m<sup>2</sup></li> <li>• IMC &gt; 25kg/m<sup>2</sup> (SEEDO,2000)</li> </ul>	Nominal

Niveles de ácido láctico normales en sangre en reposo	Cantidad usual presente en sangre del compuesto en reposo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normal</li> <li>• Alto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.5-2.2 mmol/L</li> <li>• &gt;2,2mmol/L</li> </ul>	Nominal
Tiempo de remoción de los niveles de ácido láctico	Cantidad de segundos, minutos u horas necesarias para la eliminación de ácido láctico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lento</li> <li>• Normal</li> <li>• Rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normal: 25 minutos de reposo para remover el 50%, y 1h15min para remover el 95%</li> </ul>	Nominal

Elaborado Por: Adriana Falconí

### **3. CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

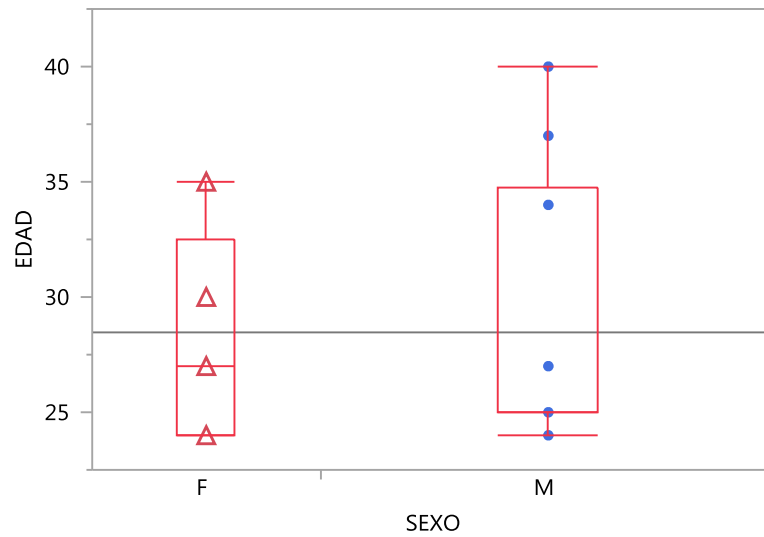
#### **3.1. Caracterización de la Muestra**

La muestra estuvo compuesta por quince individuos, diez hombres y cinco mujeres que presentaron las siguientes características:

##### **3.1.1. Edad**

La muestra de la presente investigación presentó una edad comprendida entre veinticuatro y cuarenta años, con un promedio de edad de veintiocho años y una desviación estándar de 5,4 años. El sexo femenino presentó un mínimo de edad de veinticuatro años y un máximo de treintaicinco, mientras que el sexo masculino presentó un mínimo de edad de veinticuatro años y un máximo de cuarenta (Ilustración 6).

**Ilustración 6. Diagrama de box plot: Edad y sexo de la muestra**



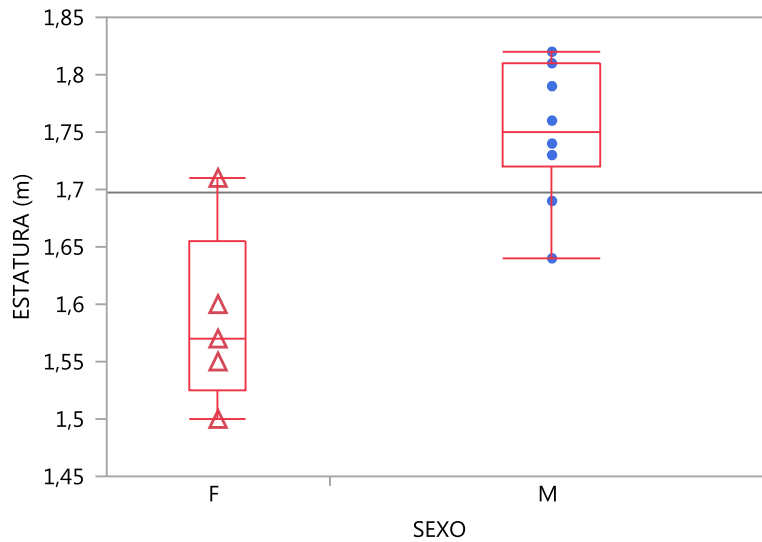
Elaborado Por: Adriana Falconí

*Nota: Los triángulos rojos representan al sexo femenino y los puntos azules el masculino.*

### 3.1.2. Estatura

La muestra presentó una estatura promedio de 1,70m con una desviación estándar de 0,103m; siendo la estatura mínima 1,50m y la máxima 1,82m. El sexo femenino presentó una estatura mínima de 1,50m y una máxima de 1,71m, con una estatura promedio de 1,58m y una desviación estándar de 0,10m; mientras que el sexo masculino presentó una estatura mínima de 1,64m y una máxima de 1,82m, con una estatura promedio de 1,70m y una desviación estándar de 0,10m de igual manera. (Ilustración 7).

**Ilustración 7. Diagrama de box plot. Estatura y sexo de la muestra**

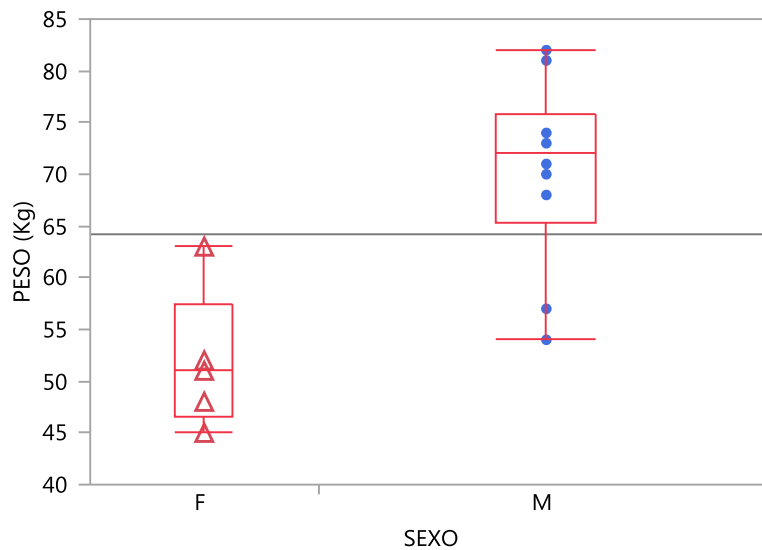


Elaborado Por: Adriana Falconí

### 3.1.3. Peso

La muestra presentó un peso promedio de 64kg con una desviación estándar de 12,17kg; siendo el peso mínimo 85kg y el máximo 82kg. El sexo femenino presentó un peso mínimo de 45kg y un máximo de 63kg, con un peso promedio de 62kg con una desviación estándar de 11,8kg; mientras que el sexo masculino presentó un peso mínimo de 54kg y un máximo de 82kg, con un peso promedio de 64kg con una desviación estándar de 12,2kg. (Ilustración 8).

**Ilustración 8. Diagrama de box plot: Peso y sexo de la muestra**



Elaborado Por: Adriana Falconí

## **3.2. Resultados de la Investigación por Objetivo**

### **3.2.1. Objetivo 1**

Comparar los niveles de lactato en sangre, antes y después de una rutina de ejercicio a través de medición sanguínea, para comprobar los cambios producidos y analizar los resultados según el sexo, la edad, la estatura y el peso del ciclista.

#### **A. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio en la primera y segunda sesión:**

En ambas sesiones de trabajo con los ciclistas, se obtuvo un aumento de ácido láctico después de la rutina de ejercicio como era esperado. La muestra estudiada se encontró dentro de los parámetros de normalidad en reposo (0.5-2.2 mmol/L), dado que presentó en promedio 1,9mmol de ácido láctico, con una desviación estándar de 1,1mmol en ambas sesiones antes de la actividad física.

El aumento de ácido láctico durante la primera sesión fue en promedio de 5,2mmol con un desviación estándar de 3,3mmol y durante la segunda sesión hubo un aumento de de 4,2mmol con una desviación estándar de 2,4mmol. (Tabla 3).

**Tabla 3. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio en la primera y segunda sesión**

	NOMBRE	1RASS. A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)	1RASS. A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)	1RASS. AUMENTO DE A.L (mmol)	2DASS. A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)	2DASS. A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)	2DASS. AUMENTO DE A.L (mmol)
1	D.E	3,4	11,4	8	2,5	12,2	9,7
2	F.T	4,5	18,8	14,3	5,3	8,9	3,6
3	V.J	3,2	6,1	2,9	2,2	9	6,8
4	J.C	0,7	8,4	7,7	1,1	6,2	5,1
5	A.M	2,1	6,6	4,5	1	3,5	2,5
6	P.H	1,7	5,4	3,7	2,1	5,2	3,1
7	J.J	1	6,9	5,9	1,8	4,4	2,6
8	A.B	2,2	3,1	0,9	1,2	3,3	2,1
9	J.C	1,2	5,7	4,5	0,8	6	5,2
10	M.V	0,6	5,6	5	1,3	5,9	4,6
11	P.J	1,5	8,7	7,2	1,7	9,6	7,9
12	D.L	2,1	5	2,9	2	6,2	4,2
13	R.C	2,7	3,9	1,2	1,4	2,4	1
14	C.D	0,9	7,7	6,8	3,3	4,8	1,5
15	X.M	0,8	4	3,2	1,2	4,8	3,6
	<b>PROMEDIO</b>	1,9	7,2	5,2	1,9	6,2	4,2

Elaborado Por: Adriana Falconí

Estadísticamente mediante la Prueba “t” y un análisis MANOVA, durante la primera sesión se encontró una diferencia significativa entre la medición en reposo y la medición después ejercicio ( $t=68.08$ ,  $GL = 14$ ,  $p = 0.0261$ ). Sin embargo, durante la segunda sesión la diferencia de ácido láctico entre la medición realizada en reposo y la medición después del ejercicio no fue significativa ( $t= 19,13$ ,  $GL= 14$ ,  $p=0,1051$ ).

**B. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo al sexo:**

En ambas sesiones de trabajo se pudo apreciar que en promedio, el hombre tiende a tener un aumento de ácido láctico mayor al de la mujer (Tabla 4). En la primera sesión, la mujer tuvo un promedio de aumento de 4,4mmol con una desviación estándar de 2,2mmol, mientras que el hombre tuvo en promedio de 5,7mmol con una desviación estándar de 3,3mmol. En la segunda sesión, la mujer tuvo un promedio de aumento de 3,9mmol con desviación estándar de 2,1mmol, mientras que el hombre tuvo 4,4mmol con una desviación estándar de 2,4mmol.

**Tabla 4. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo al sexo**

SEXO	1RASS. PROMEDIO A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)	1RASS. PROMEDIO A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)	1RASS. PROMEDIO AUMENTO A.L(mmol)	2DASS. PROMEDIO A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)	2DASS. PROMEDIO A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)	2RASS. PROMEDIO AUMENTO A.L(mmol)
F	1,8	6,2	4,4	2,0	5,9	3,9
M	2,0	7,6	5,7	1,9	6,3	4,4

Elaborado por: Adriana Falconí

*Nota: El sexo que mostró mayor aumento de AL, está coloreado de naranja.*

Sin embargo, al realizar el análisis MANOVA y mediante la prueba “t”, no hubo diferencia significativa entre el aumento de ácido láctico de hombres y el de mujeres en ninguna de las sesiones:

Primera sesión ( $t = 5.12$ ,  $GL = 14$ ,  $p = 0.5183$ ).

Segunda sesión ( $t = 0.73$ ,  $Gl = 14$ ,  $p = 0.7369$ ).

**C. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo a la edad:**

En la primera sesión se pudo apreciar un mayor aumento de ácido láctico en los sujetos con una edad comprendida entre los treinta y seis y cuarenta años, con un promedio de aumento de 7,6mmol y una desviación estándar de 4,4mmol. En la segunda sesión los sujetos con una edad comprendida entre los treintauno y treintaicinco años, presentaron el mayor aumento de ácido láctico con un promedio de 6mmol y una desviación estándar de 1,8mmol (Tabla 5).

**Tabla 5. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo a la edad**

EDAD	1RASS. PROMEDIO A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)	1RASS. PROMEDIO A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)	1RASS, PROMEDIO AUMENTO DE A.L (mmol)	2DASS. PROMEDIO A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)	2DASS. PROMEDIO A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)	2DASS. PROMEDIO AUMENTO DE A.L (mmol)
20-25	2,1	7,4	5,2	1,9	6,4	4,8
26-30	1,5	5,7	4,8	1,6	5,1	2,5
31-35	1,7	6,0	3,7	1,5	5,4	6
36-40	2,2	7,9	7,6	2,1	5,8	2,9

Elaborado por: Adriana Falconí

*Nota: El rango de edad que mostró mayor aumento de AL, está coloreado de naranja.*

Sin embargo, al realizar el análisis MANOVA y mediante la prueba “t”, no se halló diferencia significativa entre el aumento de ácido láctico de los diferentes rangos de edad en ninguna de las sesiones:

Primera sesión (t = 16.39, GL = 14, p = 0.7358).

Segunda sesión (t = 21.09, GL = 14, p = 0.3325).

**D. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo a la estatura:**

En la primera sesión de trabajo el rango de estatura que presentó un mayor aumento de ácido láctico post ejercicio, fue el rango comprendido entre 1,71m y 1,80m con un promedio de 6,8mmol y una desviación estándar de 3,5mmol; mientras que el rango de estatura que presentó un mayor aumento de ácido láctico post ejercicio en la segunda sesión fue el rango comprendido entre 1,81m y 1,90m con un promedio de 5,4mmol y una desviación estándar de 2,5mmol (Tabla 6).

**Tabla 6. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo a la estatura**

ESTATURA (m)	1RASS. PROMEDIO A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)	1RASS. PROMEDIO A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)	1RASS. PROMEDIO AUMENTO DE A.L (mmol)	2DASS. PROMEDIO A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)	2DASS. PROMEDIO A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)	2DASS. PROMEDIO AUMENTO DE A.L (mmol)
1,50-1,60	1,6	5,9	3,8	1,5	5,5	4,5
1,61-1,70	1,4	5,6	3,0	1,6	5,3	3,1
1,71-1,80	1,9	7,1	6,8	1,9	5,8	3,9
1,81-1,90	2,1	7,4	4,6	1,9	6,4	5,4

Elaborado por: Adriana Falconí

*Nota: El rango de estatura que mostró mayor aumento de AL, está coloreado de naranja.*

Sin embargo, al realizar el análisis MANOVA y mediante la prueba “t”, no se halló diferencia significativa entre el aumento de ácido láctico de los diferentes rangos de estatura en ninguna de las sesiones:

Primera sesión ( $t = 24.30$ ,  $GL = 14$ ,  $p = 0.5850$ ).

Segunda sesión ( $t = 7.05$ ,  $GL = 14$ ,  $p = 0.7932$ ).

**E. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo al peso:**

El rango de peso que presentó un mayor aumento de ácido láctico en la primera sesión fue el comprendido entre los 61kg y 70kg, con un promedio de 7,2mmol y una desviación estándar de 2,3mmol; mientras que en la segunda sesión el rango comprendido entre los 81kg y 90kg, presentó un mayor aumento de ácido láctico con un promedio de 5,4mmol y una desviación estándar de 2,5mmol (Tabla 7).

**Tabla 7. Variación de niveles de ácido láctico después del ejercicio de acuerdo al peso**

<b>PESO Kg</b>	<b>1RASS. PROMEDIO A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)</b>	<b>1RASS. PROMEDIO A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)</b>	<b>1RASS. PROMEDIO AUMENTO DE A.L (mmol)</b>	<b>2DASS. PROMEDIO A.L ANTES DEL EJERCICIO (mmol)</b>	<b>2DASS. PROMEDIO A.L DESPUÉS DEL EJERCICIO (mmol)</b>	<b>2DASS. PROMEDIO AUMENTO DE A.L (mmol)</b>
40-50	2,0	7,0	3,7	1,4	6,2	4,7
51-60	1,5	5,5	3,3	1,6	5,4	3,6
61-70	1,5	6,1	7,2	1,6	5,2	4,8
71-80	2,1	7,6	7,1	1,9	5,8	3,6
81-90	2,1	7,4	4,6	1,9	6,4	5,4

Elaborado por: Adriana Falconí

*Nota: El rango de peso que mostró mayor aumento de AL, está coloreado de naranja.*

Sin embargo, al realizar el análisis MANOVA y mediante la prueba “t”, no se halló diferencia significativa entre el aumento de ácido láctico de los diferentes rangos de peso en ninguna de las sesiones:

Primera sesión (t = 51.39, GL = 14, p = 0.36).

Segunda sesión (t = 81.97, GL = 14, p = 0.9158).

### 3.2.2. Objetivo 2

Determinar el porcentaje de remoción de lactato conseguido después de una hora de reposo, para definir los parámetros de control con los cuales se compararán los resultados conseguidos a través de la aplicación de la técnica.

El porcentaje de disminución, fue calculado a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{[(\text{RESULTADO DE LA DIFERENCIA ENTRE 3RA Y 2DA MEDICIÓN} \times 100) / \text{RESULTADO SEGUNDA MEDICIÓN}]$$

En la tabla 8, se puede observar que el promedio de disminución de ácido láctico después del reposo fue de 3,9mmol con una desviación estándar de 2,9mmol; y en porcentaje, el reposo removió en promedio el 52% del ácido láctico producido. Sin embargo, existió una gran variación en cuanto al porcentaje de remoción de cada individuo, existiendo incluso dos sujetos que en lugar de disminuir sus niveles de ácido láctico los incrementaron, representados por un signo negativo en la tabla.

**Tabla 8. Porcentaje de disminución de ácido láctico obtenido después de una hora de reposo**

	<b>NOMBRE</b>	<b>RESULTADO SEGUNDA MEDICIÓN (2M)(mmol)</b>	<b>RESULTADO TERCERA MEDICIÓN (3M)(mmol)</b>	<b>DISMINUCIÓN ÁCIDO LÁCTICO (3M-2M) (mmol):</b>	<b>% DISMINUCIÓN DE A.L DESPUES DEL REPOSO</b>
1	D.E	11,4	2,6	8,8	77%
2	F.T	18,8	10,9	7,9	42%
3	V.J	6,1	3,7	2,4	39%
4	J.C	8,4	1,8	6,6	79%
5	A.M	6,6	1,4	5,2	79%
6	P.H	5,4	0,9	4,5	83%
7	J.J	6,9	3,2	3,7	54%
8	A.B	3,1	1,8	1,3	42%
9	J.C	5,7	1,2	4,5	79%
10	M.V	5,6	5,7	-0,1	-2%
11	P.J	8,7	2,4	6,3	72%
12	D.L	5	1,7	3,3	66%
13	R.C	3,9	5,8	-1,9	-49%
14	C.D	7,7	4,2	3,5	45%
15	X.M	4	1,2	2,8	70%
			<b>PROMEDIO</b>	<b>3,9</b>	<b>52%</b>

Elaborado por: Adriana Falconí

### 3.2.3. Objetivo 3

Establecer el porcentaje de remoción de lactato conseguido después de una hora de aplicación de Drenaje Linfático Manual Vodder, para comparar con los parámetros de control y comprobar si el DLMV acelera la remoción de lactato en sangre después del ejercicio.

En la tabla 9, se puede observar que el promedio de disminución de ácido láctico después del DLMV fue de 3,4mmol con una desviación estándar de 2,3mmol; y en porcentaje, el reposo removió en promedio el 50% del ácido láctico producido. De igual manera, existió una gran variación en cuanto al porcentaje de remoción de cada individuo, existiendo en esta ocasión únicamente un sujeto que incrementó sus niveles de ácido láctico.

**Tabla 9. Porcentaje de disminución de ácido láctico obtenido después de una hora de DLMV**

	<b>NOMBRE</b>	<b>RESULTADO SEGUNDA MEDICIÓN (mmol)</b>	<b>RESULTADO TERCERA MEDICIÓN (mmol)</b>	<b>DISMINUCIÓN ÁCIDO LÁCTICO (3M-2M) (mmol):</b>	<b>% DISMINUCIÓN DE A.L DESPUES DEL DLMV</b>
1	D.E	12,2	5,5	6,7	55%
2	F.T	8,9	4,1	4,8	54%
3	V.J	9	4,6	4,4	49%
4	J.C	6,2	1,9	4,3	69%
5	A.M	3,5	1,8	1,7	49%
6	P.H	5,2	0,9	4,3	83%
7	J.J	4,4	3,2	1,2	27%
8	A.B	3,3	1,2	2,1	64%
9	J.C	6	1,5	4,5	75%
10	M.V	5,9	3,9	2	34%
11	P.J	9,6	2,2	7,4	77%
12	D.L	6,2	2	4,2	68%
13	R.C	2,4	3,6	-1,2	-50%
14	C.D	4,8	3,8	1	21%
15	X.M	4,8	1,1	3,7	77%
			<b>PROMEDIO</b>	<b>3,4</b>	<b>50%</b>

Elaborado por: Adriana Falconí

En la tabla 10, se puede apreciar el porcentaje de disminución de ácido láctico después de una hora de reposo frente al porcentaje de disminución después de una hora de DLMV. Fueron siete los sujetos que presentaron una mayor disminución de ácido láctico a través de la aplicación de la técnica, lo cual representa el 47% de la muestra total. Tomando en cuenta el sexo, el 60% de las mujeres y el 40% de los hombres presentaron una mayor disminución de ácido láctico con el DLMV. El reposo consiguió un promedio de remoción de 52% (0,36 desviación estándar), mientras que el DLMV consiguió en promedio un 50% de remoción (0,33 desviación estándar).

**Tabla 10. Disminución de ácido láctico Reposo vs. DLMV**

	<b>NOMBRE</b>	<b>% DISMINUCIÓN DE A.L DESPUÉS DEL REPOSO (3M-2M)</b>	<b>% DISMINUCIÓN DE A.L DESPUÉS DEL DLMV (3M-2M)</b>
1	D.E	77%	55%
2	F.T	42%	54%
3	V.J	39%	49%
4	J.C	79%	69%
5	A.M	79%	49%
6	P.H	83%	83%
7	J.J	54%	27%
8	A.B	42%	64%
9	J.C	79%	75%
10	M.V	-2%	34%
11	P.J	72%	77%
12	D.L	66%	68%
13	R.C	-49%	-50%
14	C.D	45%	21%
15	X.M	70%	77%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>52%</b>	<b>50%</b>

Elaborado por: Adriana Falconí

*Nota: Los individuos que mostraron una mayor remoción con el DLMV bibliografía, están coloreados de lila.*

Al realizar el análisis MANOVA y mediante la prueba “t”, se halló diferencia significativa entre la disminución de ácido láctico lograda mediante el reposo y mediante la aplicación de DLMV, favorable para el reposo, obteniéndose un mayor porcentaje de remoción con el mismo en un 2% del promedio: ( $t = 6.05$ ,  $GL = 14$ ,  $p < 0.001$ ).

### 3.3. Discusión

La presente investigación fue realizada con el fin de evaluar y determinar el efecto que tiene el Drenaje Linfático Manual Vodder, como técnica útil en la aceleración de la remoción de ácido láctico concentrados en sangre después del ejercicio.

Como se ha mencionado a lo largo de la investigación, el ácido láctico es un compuesto orgánico producido de forma natural por la degradación del glucógeno, el cual actúa como un subproducto y a la vez combustible para la realización de ejercicio físico (Melgar, 2006). Su disociación en lactato e iones de hidrógeno disminuye el pH muscular, lo que desencadena procesos que afectan negativamente la contracción muscular, siendo esta la clásica causa de la fatiga musculo esquelética (Gómez-Campos, Cossio-Bolaños, & Brousett Minaya, 2010).

En la actualidad se practican diversas actividades para fomentar la disminución de ácido láctico y la fatiga muscular, entre las cuales se pueden destacar el masaje deportivo, el estiramiento muscular y la crioterapia. Sin embargo, ninguna de éstas ha demostrado tener un efecto significativo como técnica para disminuir la concentración de ácido láctico después del ejercicio, como lo han comprobado algunos autores en sus estudios (Cè, Limontaa, Maggionia, Rampichinia, Veicsteinasab, & Esposito, 2013), (Zainuddin, Newton, Sacco, & Nosaka, 2005), (Bastos, et al., 2012).

Por otro lado, un estudio realizado por Schilinger et al (2006), evidenció el efecto del drenaje linfático en el proceso de recuperación muscular, enfocado a la disminución

de niveles séricos de enzimas musculares, obteniendo resultados positivos en cuanto a la disminución inmediata en los niveles de lactato deshidrogenasa, indicador relacionado con la existencia de daño estructural celular.

Además, se conoce que las proteínas transportadoras de ácido láctico (MCT1), tienen una localización selectiva en las células reticulares del ganglio linfático (Zheng, Ishiguro-Oonuma, & Iwanaga, 2014); por lo que el estímulo del mismo generado a través de la aplicación de drenaje linfático, podría promover la liberación de estas proteínas hacia el espacio intersticial, acelerando la función transportadora de ácido láctico hacia la sangre y posteriormente su eliminación. También, en el Compendio de Drenaje Linfático Manual del Dr. Vodder, establece que el drenaje linfático manual drena parte del ácido láctico a través de los vasos linfáticos, lo cual podría ocurrir de igual manera gracias a la acción transportadora de las MCT1 que se encuentran en la circulación linfática (Kasseroller, 1998).

En esta investigación, se buscó inicialmente analizar el aumento de ácido láctico producido después de la rutina de ejercicio ejecutada de acuerdo al sexo, la edad, estatura y peso del ciclista. La actividad realizada cumplió con un protocolo de trabajo sobre el umbral anaeróbico, el cual en el caso del ciclismo se encuentra entre el 93%-95% de la frecuencia cardíaca máxima y produce alrededor de 3-4mmol/L de lactato, cuando ésta tiene una duración entre 10-60min (Pancorbo, 2008).

De acuerdo con los resultados obtenidos, de manera general en ambas sesiones de trabajo con los ciclistas, se obtuvo un aumento de ácido láctico después de la rutina de ejercicio dentro de los rangos esperados. El aumento durante la primera sesión fue en promedio de 5,2mmol con un desviación estándar de 3,3mmol y durante la segunda sesión hubo un aumento de de 4,2mmol con una desviación estándar de 2,4mmol, siendo muy cercanos los valores a lo establecido por Pancorbo (2008).

Al analizar estos mismos resultados de acuerdo al sexo del ciclista, la prueba “t” y el análisis MANOVA realizados, determinaron que no hubo diferencia significativa entre el sexo y el aumento de ácido láctico después de la rutina de ejercicio. Este resultado pudo deberse a que el tamaño de la muestra no era representativo. Sin embargo, en promedio, se pudo observar que en ambas sesiones de ejercicio el hombre tuvo un aumento de ácido láctico mayor al de la mujer.

De acuerdo con la bibliografía, los niveles de lactato en sangre durante el reposo son los mismos tanto para hombres como para mujeres, pero los valores de lactato después de ejercicios maximales o de alta intensidad, son mayores en hombres por aproximadamente 0,5-2.0mmol. Esto se debe a que el hombre posee una mejor capacidad anaeróbica y la carga de trabajo que debe realizar para alcanzar el umbral anaeróbico es mayor a la que debe realizar la mujer quien posee una capacidad anaeróbica inferior (Plowman & Smith, 2014).

De acuerdo a la edad del paciente, el análisis estadístico realizado no mostró una diferencia significativa entre los rangos de edad y el aumento de ácido láctico después del ejercicio. Sin embargo, se pudo observar que los rangos de edad mayores tuvieron tendencia a un mayor aumento de ácido láctico. Plowman y Smith (2014), establecen que existe un aumento lineal de los valores de ácido láctico post ejercicio con la edad desde la niñez hasta la adultez, observándose picos de mayor acumulación entre los dieciséis y treintainueve años, y un descenso gradual a partir de esta edad.

Esto se debe a que durante la niñez, las capacidades anaeróbicas están muy poco desarrolladas, existen algunas teorías que tratan de explicarlo enfocándose en las características musculares del niño, la actividad enzimática, la maduración sexual y la regulación neurohormonal. Por otro lado, durante las edades más avanzadas, la pérdida de masa muscular hace que disminuya la capacidad glucolítica en el músculo, por ende la capacidad anaeróbica también (Donatelli, 2007).

En cuanto al peso y la talla del individuo, no se observó una diferencia significativa entre estas variables y el aumento de ácido láctico, ni una tendencia de aumento hacia ninguno de los rangos de peso o talla.

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación, no apoyaron la hipótesis del DLMV como una técnica que promueva la remoción de ácido láctico después del ejercicio. Muy pocos estudios han sido realizados para evaluar el efecto del drenaje linfático en la medicina del deporte, y tras una búsqueda exhaustiva no se logró encontrar uno que evalúe las mismas variables que esta investigación. Sin embargo, se han realizado varios estudios que evalúan el efecto del masaje como técnica para promover la remoción de ácido láctico y, tomando en cuenta al DLMV como una técnica de masaje, los resultados obtenidos en esta investigación apoyan los resultados de estudios anteriores donde se demuestra que ninguna técnica de masaje, superficial o profundo, es efectiva para remover ácido láctico después del ejercicio en comparación con la recuperación pasiva o reposo (Cè, Limontaa, Maggionia, Rampichinia, Veicsteinasab, & Esposito, 2013), (Hemmings, Smith, Graydon, & Dyson, 2000), (Martin, Zoeller, Robertson, & Lephart, 1998).

Esto se debe a que el aumento en la circulación a nivel muscular que generan los distintos tipos de masaje, está sobreestimado y no es suficiente para estimular de manera significativa la remoción de ácido láctico a nivel de la sangre (Martin, Zoeller, Robertson, & Lephart, 1998).

Los resultados de esta investigación presentaron gran variación en cuanto a los porcentajes de remoción de ácido láctico de los individuos de la muestra. De acuerdo con la bibliografía, esto pudo deberse a distintos factores, destacándose dos. El primero se relaciona con la cantidad de ácido láctico producido durante el ejercicio, Plowman & Smith (2014) mencionan que la remoción de ácido láctico sigue la ley de acción de masas, la cual menciona que la velocidad de una reacción es directamente proporcional a la concentración del reactivo (Peña & al, 2004). Esto quiere decir que mientras más cantidad de ácido láctico esté presente en la sangre, más rápida será la velocidad de remoción.

El segundo factor está relacionado con la cantidad de MCTs (Proteínas transportadoras de ácidos monocarboxílicos) que tiene el deportista en su organismo, sobre todo de MCT1 y MCT4 las cuales son transportadoras de ácido láctico. En una revisión realizada por Martín, González y Llop (2007), se recopilan resultados de estudios que demuestran que el entrenamiento continuo aumenta el porcentaje de MCTs a nivel muscular, por lo tanto el transporte de ácido láctico en individuos con un mayor nivel de entrenamiento es más eficiente.

A pesar de que los resultados de esta investigación no apoyaron la idea de la eficacia del DLMV como técnica para promover la remoción de ácido láctico post ejercicio, deberían realizarse investigaciones más profundas en esta área para determinar efecto que puede llegar a tener el DLMV en la medicina del deporte. El tamaño de la muestra y los tiempos de toma de la muestra de ácido láctico durante el periodo recuperativo, son consideraciones que se deberían tomar en cuenta para estudios futuros.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación confirmaron que después de una rutina de bicicleta estática sobre el umbral anaeróbico del deportista (93%-95% FCMax), se produce un aumento de ácido láctico en el músculo y en la sangre de alrededor de 3-4mmol/L de lactato.

No fue posible determinar la existencia de una diferencia significativa del aumento de ácido láctico post ejercicio de acuerdo al sexo, edad, talla y peso del ciclista, esto pudo haberse debido principalmente a que el tamaño de la muestra utilizado en esta investigación no fue lo suficientemente grande.

De acuerdo con los resultados de esta investigación, el Drenaje Linfático Manual Vodder, no presenta un efecto promovedor de la disminución de ácido láctico en sangre, debido principalmente a que al ser una técnica de masaje, el estímulo sanguíneo que produce a nivel de tejidos y sistémicamente, no es suficiente para producir una disminución de ácido láctico superior a la producida durante el reposo, a pesar de que el sistema linfático entre sus funciones se encarga de la eliminación de desechos de los tejidos y se ha podido identificar la localización de MCTs a nivel de los ganglios linfáticos. Sin embargo, se recomienda realizar el mismo experimento utilizando una muestra más grande para determinar si existe o no una diferencia significativa entre el efecto del reposo y del DLMV.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el mismo experimento con una muestra de mayor tamaño y con la misma proporción de hombres y mujeres, con el fin de determinar si existe o no una diferencia significativa entre las variables medidas en esta investigación, como lo fueron la diferencia entre el aumento de ácido láctico durante el ejercicio de acuerdo al sexo, edad, peso y talla; y la diferencia entre la disminución de ácido láctico conseguida con el reposo y con la aplicación de DLMV.

Se recomienda también, realizar un mayor número de mediciones de ácido láctico durante la fase de recuperación en reposo y con la aplicación de la técnica, principalmente una medición a los 25min donde, según la bibliografía, en reposo se debería haber removido alrededor del 50% del ácido láctico producido, con el fin de evaluar si existe alguna diferencia entre la remoción de ácido láctico conseguida con el reposo y con la aplicación del DLMV durante este fase del tiempo de recuperación y no únicamente al final de la misma.

Por último, se recomienda realizar un estudio similar utilizando una muestra de deportistas amateur o de personas que no realicen deporte continuamente, con el fin de comparar con los resultados de la presente investigación y determinar si existen diferencias significativas en cuanto al aumento de ácido láctico y al tiempo que lleva la remoción del mismo, entre individuos acondicionados físicamente y aquellos que no lo están. También, se podría evaluar si el DLMV facilita la remoción de ácido láctico en éstos últimos.

## BIBLIOGRAFÍA

A.Leduc, & O.Leduc. (2003). *Drenaje Linfático, Teoría y Práctica*. Barcelona: MASSON.

Bastos, Vanderlei, Nakamura, Bertollo, Godoy, Hoshi, et al. (2012). Effects of cold water immersion and active recovery on post-exercise heart rate variability. *International Journal of Sports Medicine*, 33 (11), 873-879.

Bernhardt, D., & Lorenzana, C. (2013). *Fisioterapia del Deporte*. Barcelona: Monsa.

Bompa, T. (2007). *Periodización, Teoría y Metodología del Entrenamiento*. Barcelona: Hispano Europea.

Bosco, C. (2000). *La Fuerza Muscular. Aspectos metodológicos*. Barcelona: Inde.

Cè, Limontaa, Maggionia, Rampichinia, Veicsteinasab, & Esposito. (2013). Stretching and deep and superficial massage do not influence blood lactate levels after heavy-intensity cycle exercise. *Journal of Sports Sciences*, 31 (8), 856-866.

Chávez, E. (2010). Fisiología del Ejercicio. *Cátedra de Fisiología del Ejercicio ESPE*, (pág. 7). Quito.

Chicharro, L., & Vaquero, F. (2008). *Fisiología del Ejercicio*. Buenos Aires: Panamericana.

- Delextrat, Calleja, Hippocrate, & Clarke. (2012). Effects of sports massage and intermittent cold-water immersion on recovery from matches by basketball players. *Journal of Sports Medicine*, 31 (1), 9-11.
- Devlin J, P. B. (2014). Blood lactate clearance after maximal exercise depends on active recovery intensity. *Journal of Sports Medicine, Physiology and Fitness*, 54 (3), 271-278.
- Donatelli, R. (2007). *Sports Specific Rehabilitation*. Missouri: El Sevier.
- Eguchi, J., Jinde, M., Murooka, K., Konno, Y., Ohta, M., & Yamato, H. (2014). Stretching versus transitory icing: which is the more effective treatment for attenuating muscle fatigue after repeated manual labor? *European Journal of Applied Physiology*, 114 (12), 17-23.
- Ferrandez, J.-C. (2006). *El Sistema Linfático, historia, iconografía e implicaciones fisioterapéuticas*. Madrid: Medica Panamericana.
- Gómez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., & Brousett Minaya, M. y.-F. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 10 (40), 537-555.
- Guillén, M. d. (31 de 09 de 2011). *TDR. Tesis Doctorales en Red*. Recuperado el 12 de 09 de 2014, de <http://www.tdx.cat/bitstream/10803/117855/1/TMPGP.pdf>
- Hemmings, Smith, Graydon, & Dyson. (2000). Effect of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34 (2), 109-114.
- Kasseroller, R. (1998). *Compendium of Dr. Vodder's Manual Lymph Drainage*. Heidelberg-Canada: HAUG.

Martín, González, & Llop. (2007). Presente y futuro del Ácido Láctico. *Archivos de Medicina del Deporte* , 24 (120), 270-284.

Martin, Zoeller, Robertson, & Lephart. (1998). The Comparative Effects of Sports Massage, Active Recovery, and Rest in Promoting Blood Lactate Clearance After Supramaximal Leg Exercise. *Journal of Athletic Training* , 33 (1), 30-35.

Mazza, J. (14 de 05 de 2009). *Federación Colombiana de Natación*. Recuperado el 12 de 09 de 2014, de <http://www.fecna.com/wp-content/uploads/2011/08/9-Acido-Lactico-ejercicio-y-procesos-de-recuperaci%C3%B2n.pdf>

Melgar, A. (2006). ÁCIDO LÁCTICO Y RENDIMIENTO FÍSICO. *Spin Cero* , 21-25.

Menzies, & al, e. (2010). Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *Journal of Sports Science* , 28 (9), 975-982.

Paltrinieri, E. (2013). Drenaje Linfático Manual según el método de Emil Vodder. *Curso práctico de DLM*. Quito.

Pancorbo, A. (2008). *Medicina y Ciencias del Deporte y Actividad Física*. Madrid: Ergon.

Peña, A. (2004). *Bioquímica*. Mexico DF: Limusa.

Plowman, & Smith. (2014). *Exercise Physiology*. Baltimore: Wolter Kluwer.

Prieto, J. (4 de 10 de 2012). *Foro de Atletismo*. Recuperado el 20 de 09 de 2014, de <http://www.foroatletismo.com/entrenamiento/entrenas-de-manera-eficaz-tu-corazon-te-lo-dice/>

Rojas, G. (24 de 01 de 2010). *Guadalupe's Rojas Blog*. Recuperado el 12 de 09 de 2014, de <http://guadaluperojas.wordpress.com/2010/01/24/guia-practica-de-drenaje-linfatico-tecnica-vodder/>

SAS Institute. (2010). *JMP* . Recuperado el 16 de 05 de 2015, de <http://www.jmp.com>

Schillinger, Koenig, Haefele, Vogt, Heinrich, Aust, et al. (2006). Effect of Manual Lymph Drainage on the Course of Serum Levels of Muscle Enzymes After Treadmill Exercise. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* , 85 (6), 516-520.

Tanner, Fuller, & Ross. (2010). Evaluación of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology* , 109 (3), 551-559.

Tortora, & Derrickson. (2006). *Principios de Anatomía y Fisiología*. Mexico DF: Médica Panamericana.

*University of Maryland Baltimore Washington Medical Center*. (07 de 05 de 2009). Recuperado el 19 de 09 de 2014, de <http://www.mybwmc.org/library/5/003507>

Zainuddin, Z., Newton, M., Sacco, P., & Nosaka, K. (2005). Effects of Massage on Delayed-Onset Muscle Soreness, Swelling, and Recovery of Muscle Function. *Journal of Athletic Training* , 40 (3), 174-180.

Zheng, Ishiguro-Oonuma, & Iwanaga. (2014). Expression of a monocarboxylate transporter in reticular cells of the mouse lymph node and its involvement in the uptake of exogenous particles. *Biomedical Research Tokyo* , 35 (1), 85-90.

# ANEXOS

## ANEXO 1: Consentimiento informado

### Consentimiento Informado

Este Formulario de Consentimiento Informado se dirige a hombres y mujeres que son atendidos en el servicio de Rehabilitación de FISIOMED S.A y que se les invita a participar en la investigación sobre Disminución de niveles de ácido láctico mediante la aplicación de Drenaje Linfático Manual técnica Vodder en ciclistas.

### Introducción

Soy Adriana Falconí, estudiante de la carrera de Terapia Física en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Estoy realizando un proyecto de investigación sobre la aplicación del drenaje linfático en la disminución de ácido láctico en ciclistas. Se le propiciará información e invitará a participar de esta investigación.

### Propósito

Esta investigación busca demostrar el efecto que puede presentar el Drenaje Linfático Manual Vodder dentro del proceso de recuperación muscular en el ciclismo, enfocado a la disminución de niveles de ácido láctico, y de esta manera proponer al deportista una nueva técnica efectiva, asequible e indolora que podrá practicar cuando se presente fatiga y dolor muscular que disminuyan su desempeño deportivo. Además se le brindará al fisioterapeuta una herramienta más para realizar su labor de la mejor manera.

### Tipo de Intervención de investigación

Este proyecto de investigación incluirá dos sesiones de trabajo con el paciente. En la primera se realizará una rutina de ejercicio similar a un test de esfuerzo y 3 mediciones de ácido láctico, antes del ejercicio, después de éste y una hora después de haber finalizado la actividad, con el paciente en reposo. En la segunda sesión se seguirá el mismo protocolo, sin embargo, se aplicará la técnica de Drenaje Linfático Vodder durante la hora que el paciente estuvo en reposo en la primera sesión y, se realizará la tercera medición al haber finalizado la misma.

## **Selección de participantes**

Se ha invitado a participar en esta investigación a ciclistas alto rendimiento, hombres y mujeres, tomándose en cuenta para esto el número de entrenamientos por semana (de cuatro a cinco veces) y número de competencias al año (más de diez), además de ciertos títulos obtenidos a lo largo de su vida deportiva; con una edad comprendida entre los 20 y 45 años, que practiquen ciclismo de montaña o ruta. El único criterio de exclusión que se utilizará será que el individuo no presente ninguna lesión musculoesquelética ni afecciones cardíacas.

## **Participación Voluntaria**

Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria. Usted puede elegir participar o no hacerlo. Tanto si elige participar o no, continuarán todos los servicios que reciba en el centro de rehabilitación FISIOMED S.A y nada cambiará. Usted puede cambiar de idea más tarde y dejar de participar aun cuando haya aceptado antes.

## **Procedimientos y Protocolo**

Como se ha mencionado antes, en la primera sesión se realizará una actividad en bicicleta estática utilizando el protocolo de un Test de Esfuerzo que implica realizar una actividad de muy alta intensidad (80%-100%). Para ello se realizará inicialmente un calentamiento de intensidad progresiva de 5min posterior a éste se iniciará el test que tendrá una duración de 12min y finalmente 3min de enfriamiento. La actividad tendrá una duración total de 20min. Se realizarán mediciones sanguíneas de ácido láctico antes de la actividad y después de haberla finalizado. En esta primera sesión no se aplicará la técnica pero se medirán los niveles de ácido láctico 1h después de haber finalizado la actividad física habiendo estado el paciente en reposo. Para realizar las mediciones de ácido láctico se utilizará un medidor de ácido láctico, el cual requiere de una muestra sanguínea la cual se obtendrá mediante una punción digital con una lanceta esterilizada.

En la segunda sesión se realizará la misma actividad física y las mediciones antes y después de la misma; y se aplicará la técnica de Drenaje Linfático Manual Vodder apenas se finalice el trabajo deportivo, realizando la medición de igual manera 1h después de haber finalizado la actividad física y de haber finalizado la aplicación de la técnica. El Drenaje Linfático Manual Vodder, es una técnica que se enfoca en el estímulo intensivo de ganglios y vasos linfáticos, con el fin de movilizar la linfa producida por el cuerpo en distintas circunstancias. Se caracteriza por movimientos suaves, lentos, circulares y de arrastre superficial, con grandes efectos circulatorios.

Posteriormente a haber recolectado la información, se realizará una comparación de los datos obtenidos de cada individuo, con el fin de determinar qué variaciones hubo entre las mediciones de ácido láctico realizadas durante el proceso de recuperación sin aplicar la técnica y con la técnica de Drenaje Linfático Manual Vodder.

## **Duración**

El proyecto de investigación durará alrededor de un mes desde febrero a marzo del 2015. Durante este tiempo, será necesario que acuda al Servicio de Rehabilitación de FISIOMED S.A en dos ocasiones, por 90 a 120 minutos en cada ocasión.

## **Efectos Secundarios**

Puede que la ejecución del test de esfuerzo produzca cansancio físico o dolor muscular ligero posteriormente. No hay efectos secundarios provocados por la medición de ácido láctico, pues se tomarán medidas de bioseguridad y el material utilizado es nuevo y esterilizado; ni a causa del drenaje linfático.

## **Molestias**

Al participar en esta investigación es posible que experimente molestias durante la toma de la muestra de sangre debido al pinchazo ejecutado con la lanceta esterilizada.

## **Beneficios**

Si usted participa en esta investigación, podrá conocer sus niveles de ácido láctico pre y post ejercicio, datos de importancia para conocer su acondicionamiento físico y nivel de fatiga muscular.

## **Confidencialidad**

Nosotros no compartiremos la identidad de aquellos que participen en la investigación. La información acerca de usted que se recogerá durante la investigación será expuesta a usted y a los investigadores que tendrán acceso ella.

## **Compartiendo los Resultados**

El conocimiento que obtengamos al realizar esta investigación se compartirá con usted antes de que se haga disponible al público. No se compartirá información confidencial. Se publicarán los resultados para que otras personas interesadas puedan aprender de nuestra investigación y una copia al finalizar el proyecto de investigación lo tendrá la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

## **Derecho a negarse o retirarse**

Usted no tiene por qué tomar parte en esta investigación si no desea hacerlo. Puede dejar de participar en la investigación en cualquier momento que quiera. Es su elección y todos sus derechos como paciente serán respetados en el servicio de rehabilitación de FISIOMED S.A.

## **A Quién Contactar**

Si tiene cualquier pregunta puede hacerlas ahora o más tarde, incluso después de haberse iniciado el estudio. Si desea hacer preguntas más tarde, puede contactar cualquiera de las siguientes personas:

- Kinesióloga Fisiatra Gisela Toledo
- Investigadoras a cargo Adriana Falconí

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera mi cuidado médico.

Nombre del Participante \_\_\_\_\_

Firma del Participante \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

## ANEXO 2: Hoja de recolección de datos

<b>NOMBRE:</b>				
<b>EDAD:</b>				
<b>SEXO:</b>				
<b>ESTATURA:</b>				
<b>PESO:</b>				
<b>PRIMERA SESIÓN:</b>			<b>SEGUNDA SESIÓN:</b>	
	<b>FECHA:</b>			<b>FECHA:</b>
	<b>HORA DE TOMA DE LA PRIMERA MUESTRA:</b>			<b>HORA DE TOMA DE LA PRIMERA MUESTRA:</b>
	<b>RESULTADO:</b>			<b>RESULTADO:</b>
	<b>ACTIVIDAD DEPORTIVA:</b>			<b>ACTIVIDAD DEPORTIVA:</b>
	<b>HORA DE INICIO:</b>			<b>HORA DE INICIO:</b>
	<b>HORA DE FINALIZACIÓN:</b>			<b>HORA DE FINALIZACIÓN:</b>
	<b>HORA DE TOMA DE LA SEGUNDA MUESTRA:</b>			<b>HORA DE TOMA DE LA SEGUNDA MUESTRA:</b>
	<b>RESULTADO:</b>			<b>RESULTADO:</b>
	<b>HORA DE TOMA DE LA TERCERA MUESTRA:</b>			<b>DRENAJE LINFÁTICO:</b>
	<b>RESULTADO:</b>			<b>HORA DE INICIO:</b>
				<b>HORA DE FINALIZACIÓN:</b>
	<b>PORCENTAJE DE DIFERENCIA ENTRE LA TERCERA Y SEGUNDA MUESTRA:</b>			<b>HORA DE TOMA DE LA TERCERA MUESTRA:</b>
				<b>RESULTADO:</b>
				<b>PORCENTAJE DE DIFERENCIA ENTRE LA TERCERA Y SEGUNDA MUESTRA:</b>