



# Universidad de las Américas

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela de Kinesiología.

**“Variación de umbrales sensorial y motor con corriente alterna y termoterapia superficial en sujetos sanos”; Serie de casos.**

**Felipe Concha López**

**Eduardo Franco Lepín**

**Lorena Gómez Ramírez**

**Daniel Rodríguez Vargas**

**Felipe San Martín Madariaga**

**2017**





# **Universidad de las Américas**

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela de Kinesiología.

## **“Variación de umbrales sensorial y motor con corriente alterna y termoterapia superficial en sujetos sanos”**

Seminario de Licenciatura presentado en conformidad a los requisitos para optar al grado de Licenciado en Kinesiología.

Profesor Guía: Jorge Ugarte

**Felipe Concha López**

**Eduardo Franco Lepín**

**Lorena Gómez Ramírez**

**Daniel Rodríguez Vargas**

**Felipe San Martin Madariaga**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

En nombre de todo el equipo de trabajo quisiéramos agradecer a nuestras familias por darnos el impulso para seguir nuestros sueños, a nuestros amigos y seres queridos por acompañarnos en este hermoso proceso de ser profesionales de la salud, y nuestros profesores por darnos las herramientas suficientes para saber desenvolvernos en este ámbito entregando una atención de calidad a las personas.

Y en especial a nuestro profesor guía Jorge Ugarte, por el apoyo, el compromiso, y la dedicación para con nosotros en finalizar este proceso juntos entregándonos su empatía y conocimientos.

Gracias.

**Felipe Concha López**

**Eduardo Franco Lepín**

**Lorena Gómez Ramírez**

**Daniel Rodríguez Vargas**

**Felipe San Martín Madariaga**

## **DEDICATORIAS**

“En primer lugar quiero dedicar la gran mayoría de mis logros a mis padres, que a pesar de las adversidades me inculcaron una buena educación y la capacidad de seguir mis sueños y no rendirme. A mi madre le agradezco la paciencia y el amor que dedico en educarme y cuidarme. A mi padre le agradezco su apoyo incondicional y enseñarme que la vida puede ser dura, pero siempre existirá gente que te amará y apoyará sin dudar. A mi hermosa novia Natalia que a pesar de todo me ha brindado su apoyo y comprensión en los malos momentos; y sus alegrías y cariños en los buenos, que sepa que la amaré por siempre que todo lo que logre gracias a la carrera y profesión será para compartirlo con ella, para disfrutarle y darle lo que ella merece, te amo. Por último y no menos importante a mi familia, hermanos, tíos y abuelos que han sabido entenderme cuando no he podido compartir con ellos en reuniones familiares, además de apoyarme cuando nadie más podía, que sepan que los amo a todos y que jamás olvidare lo que han hecho por mí.”

**“Eduardo Benjamín Franco Lepin”**

“Para comenzar, quisiera dedicar este trabajo a mi familia, mis padres, Marco y Lorena, que siempre me dieron el aliento, la fuerza y perseverancia para seguir este sueño dedicado a la salud, por su apoyo incondicional y amor eterno. A mis amigas, Karina, Ana y Mónica que estuvieron a mi lado tanto en los momentos buenos como los momentos malos, siempre un consejo constructivo y una sonrisa para entregar. A mi pareja Jonathan, por entregarme la mayor felicidad de compartir con él este camino, gracias por animarme en los momentos difíciles, y por entregar lo mejor en nuestros momentos más felices, por la constancia, el cariño y afecto que me das, por ser mi compañero, mi amigo y la persona que amo. A mis profesores y docentes, que gracias a ellos he aprendido lo mejor para entregar a los usuarios y personas, por darme la sabiduría de sus conocimientos, soportar mis fallas y también alentarme a dar lo mejor de mí. A Rudy Clavero, Daniela Álvarez, Cesar Flores, y Rodrigo Muñoz, por sus

enseñanzas en esta práctica, sus consejos, sus palabras de aliento y sus buenos deseos. A nuestro profesor guía, Jorge Ugarte, por darnos el apoyo en este trabajo, por entregar su tiempo y dedicación para que aprendiéramos, por soportarnos y alentarnos, y ser una persona, docente y Kinesiólogo excepcional.”

**“Lorena Alejandra Gómez Ramírez”**

“Agradezco en primer lugar a mi familia que siempre estuvo apoyándome en los altos y bajos, a mis padres Marcos y Mónica que siempre tuvieron un consejo en los momentos que más los necesité y que sin su esfuerzo no hubiese sido posible estudiar la carrera que siempre tuve en mente, a mis hermanos Diego y Nathalia que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos que fueron necesarios, además agradecer a mi abuela que siempre se preocupó de todos los pequeños detalles. Dedicar un agradecimiento a mis amigos que estuvieron a mi lado, por todas las horas de estudio, los momentos de alegrías, discusiones y paciencia que son parte de una amistad. Dar las gracias a todos los docentes que estuvieron en este proceso formativo, las herramientas necesarias para afrontar esta nueva etapa que comenzará, me enseñaron la importancia de la calidad de la atención y la influencia que se puede tener en cada persona con la que nos toparemos. También agradecer a mis profesores de la práctica clínica de las diferentes áreas, Cynthia Arriaga, Marco Rodríguez y Mijal Michelow, que además de ser unos excelentes profesionales son unas excelentes personas. Y agradecer al profesor Jorge Ugarte, que fue nuestro guía durante el último año, por la paciencia que nos tuvo y por los conocimientos que nos brindó para poder realizar este estudio.”

**“Daniel Eduardo Rodríguez Vargas”**

## RESUMEN

**Introducción:** La electroterapia se perfila como una herramienta de uso bastante frecuente en rehabilitación de lesiones músculo esqueléticas. Sus aplicaciones se emplean básicamente con fines analgésicos y excitomotrices. En ambos casos, el uso de las corrientes alternas se perfila como una aplicación ventajosa por características particulares. Las corrientes alternas, la cual es utilizada en conjunto con termoterapia superficial en la práctica clínica, se desconoce los efectos o beneficios que tienen estos agentes físicos combinados.

**Objetivo:** Observar los cambios en los umbrales sensoriales y motores con corriente alterna, pre y post uso de termoterapia superficial, específicamente compresas húmedas calientes.

**Métodos:** El siguiente estudio está estructurado como serie de casos, del tipo observacional, conformado por un grupo de 20 individuos mayores de 18 años, elegidos por estrategia de muestreo no probabilística escogidos por conveniencia. Cada sujeto fue intervenido con corriente alterna en la zona del muslo (tercio medio), se midieron umbral sensorial (UMS) y umbral motor (UMM), y posteriormente se reevaluó post CHC.

**Resultados:** No se demostró variación estadísticamente significativa. Valor  $P < 0.05$ .

**Conclusión:** El uso de termoterapia previo a estimulación eléctrica, genera cambios en los umbrales sensoriales y motores en todos los individuos, sin embargo, las variaciones no son estadísticamente objetivas debido a que, en cada sujeto de prueba, los cambios en el umbral ascendían o descendían sin un patrón claro.

**Palabras Clave:** Corriente Alterna (CA), Termoterapia Superficial, Umbral Sensorial (US), Umbral Motor (UM).

## ABSTRACT

**Introduction:** Electrotherapy is emerging as a tool of frequent use in the rehabilitation of musculoskeletal injuries. Its applications are used basically for analgesic and excitomotor purposes. In both cases, the use of alternating currents is seen as an advantageous application due to particular characteristics. Specifically, the alternate currents, which are used in conjunction with surface thermotherapy, however, the effects or benefits of these combined physical agents are unknown.

**Objective:** Observe the changes in sensory and motor thresholds with alternating current, pre- and post-use of surface thermotherapy, specifically hot moist compresses.

**Methods:** The following study is structured as a series of cases, of the observational type, conformed by a group of 20 individuals over 18 years old, chosen by non-probabilistic sampling strategy chosen for convenience. Each subject was intervened with alternating current in the thigh area (middle third), the sensory threshold (UMS) and the umbilical motor (UMM) were measured, and subsequently post-CHC was reevaluated.

**Results:** No statistically significant variation was demonstrated. P value <0.05.

**Conclusion:** The use of thermotherapy prior to electrical stimulation, generates changes in the sensory and motor thresholds in all individuals, however, the variations are not statistically objective because in each test subject, the changes in the threshold rose or fell without a clear pattern.

**Keywords:** Alternating Current (AC), Superficial Thermotherapy, Sensory Threshold (ST), Motor Threshold (MT).

# ÍNDICE

	N° de Página
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	4
<b>DEDICATORIAS</b> .....	5
<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>2. ANTECEDENTES GENERALES</b> .....	13
2.1. Identificación del estudio.....	13
2.2. Planteamiento del problema.....	13
2.3. Justificación.....	15
2.4. Objetivos.....	16
2.5. Pregunta de investigación.....	16
2.6. Alcances y limitaciones.....	17
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	19
3.1. Agentes Electromagnéticos.....	19
3.1.1. Corriente alterna.....	19
3.1.2. Aplicabilidad.....	22
3.2. Termoterapia.....	22
3.2.1. Termoterapia Superficial.....	23
3.2.2. Bolsas y Compresas Calientes.....	23
3.3. Umbral.....	25
3.3.1. Umbral Sensorial.....	25
3.3.2. Umbral Motor.....	25
3.3.3. Mediciones de umbrales.....	26
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	28
4.1. Población y muestra.....	28

4.2.Criterios.....	29
4.3.VARIABLES.....	30
4.3.1. Variables independientes.....	30
4.3.2. Variables dependientes.....	31
4.4. Descripción de Intervención.....	32
4.5.Análisis de Datos.....	33
<b>5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO.....</b>	<b>34</b>
5.1.Tabulación de la Información.....	34
5.1.1. Datos generales.....	34
5.1.2. Resultados Globales.....	34
5.1.3. Resultados específicos.....	35
5.2.Análisis e Interpretación de la Información.....	36
5.2.1. Umbral Sensorial.....	36
5.2.2. Umbral Motor.....	38
5.2.3. Radio Umbral Sensoriomotor.....	39
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>7. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>45</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Los agentes físicos son energía y materiales aplicados a los usuarios para ayudar en su rehabilitación.<sup>1</sup> Estos incluyen calor, frío, agua, presión, sonido, radiación electromagnética y corrientes eléctricas. Se pueden categorizar los agentes físicos como térmicos, mecánicos o electromagnéticos.<sup>1</sup> Esta investigación está enfocada a los agentes térmicos y electromagnéticos, específicamente a la compresa húmeda caliente (CHC) y a la corriente alterna (CA).

Los agentes térmicos como la CHC, transfieren energía al paciente para producir un aumento de la temperatura (calor).<sup>1</sup> Dependiendo del agente térmico y dependiendo de la parte donde se aplica, los cambios en la temperatura pueden ser superficiales como profundos y puede afectar a un tejido más que a otro.<sup>1</sup> Comúnmente la termoterapia es utilizada para aumentar el flujo sanguíneo, la tasa metabólica y la extensibilidad de los tejidos blandos o para disminuir el dolor.<sup>1</sup>

Los agentes electromagnéticos aplican energía en forma de radiación electromagnética o de corriente eléctrica.<sup>1</sup> La electroestimulación (EE) consiste en la utilización de corriente eléctrica para inducir una contracción muscular (EE a nivel motor) y cambios sensoriales (EE a nivel sensorial), reducir el edema o acelerar la curación.<sup>1</sup> Las corrientes eléctricas aplicadas con la suficiente intensidad y duración pueden despolarizar los nervios, causando respuestas motoras o sensoriales que pueden utilizarse para controlar el dolor o aumentar la fuerza y el control muscular.<sup>1</sup>

En suma, estos dos agentes físicos, CHC y electroterapia, específicamente la modalidad de corrientes alternas, suelen aplicarse en forma conjunta durante sesiones de tratamiento kinésico a manera de “potenciar sus efectos”, sin embargo, no existen a la fecha estudios que puedan evaluar el comportamiento de ambos agentes físicos aplicados en forma simultánea ya sea en términos de analgesia, excitabilidad motora o profundidad de penetración de la corriente.

En la práctica clínica es muy común la utilización de la corriente alterna de media frecuencia la que es considerada como la más útil clínicamente hablando,<sup>2</sup> y dentro de los efectos más comunes es el manejo del dolor a través de analgesia, como el mecanismo de gate control y la electroestimulación neuromuscular (NMES).<sup>1-3-4</sup> Con corrientes de media frecuencia, una proporción de energía eléctrica está disponible para estimular bajo la epidermis superficial. Esto puede ser particularmente importante cuando estimulamos los nervios motores, generalmente siendo los más profundos.<sup>2</sup>

## **2. ANTECEDENTES GENERALES**

### **2.1 Identificación del Estudio**

Variación de umbrales sensorial y motor con corriente alterna y termoterapia superficial en sujetos sanos.

Enfoque de Investigación: Cuantitativa

Tipo de Investigación: Observacional

Diseño de Estudio: Serie de casos

Duración: 1 semestre.

### **2.2 Planteamiento del Problema**

La electroterapia se perfila como una herramienta de uso bastante frecuente en rehabilitación de lesiones musculo esqueléticas<sup>1</sup>. Sus aplicaciones se emplean básicamente con fines analgésicos y excitomotrices<sup>1-4</sup>. En ambos casos, el uso de las corrientes alternas se perfila como una aplicación ventajosa por características particulares. Específicamente, las corrientes alternas, por sus características electrofisiológicas poseen mayor profundidad de penetración en los tejidos cuando se compara con alguna corriente pulsada y, además, son capaces de evocar grandes torques musculares.<sup>4</sup> Ejemplo de estas técnicas son las corrientes interferenciales, destinadas principalmente para fines analgésicos; y la corriente rusa, técnica orientada al fortalecimiento muscular.<sup>4</sup>

No obstante, diversos autores afirman que la propagación de la corriente alterna en los tejidos es irregular lo que radica en dificultades en apuntar a la zona de tratamiento en corrientes analgésicas o en determinar la profundidad de penetración de estas mismas.<sup>5</sup> La profundidad de penetración de este tipo de corrientes es modulada por diversos parámetros como, por ejemplo, la frecuencia y la duración de pulso.<sup>4-5</sup> Sin embargo, se

desconoce si esta profundidad de penetración pudiese verse modificada por algún agente físico complementario como pudiese ser la termoterapia o la crioterapia.

Con todo lo anterior, la termoterapia es otra herramienta bastante utilizada en rehabilitación de lesiones musculoesqueléticas.<sup>1</sup> En este sentido, las CHC conforman la técnica de termoterapia superficial más utilizada por kinesiólogos en el tratamiento de dichas lesiones.<sup>1</sup> A modo de ejemplo, las CHC han mostrado beneficios en sujetos que padecen Síndrome de dolor lumbar modificando parámetros como intensidad de dolor y rangos de movimiento de columna lumbar.<sup>6</sup> A su vez, el calor superficial ha evidenciado ser beneficioso en neuropatías periféricas como el síndrome del túnel carpiano.<sup>7</sup> Puntualmente, el calor superficial modifica parámetros electrofisiológicos de nervios periféricos como la velocidad de conducción, latencia motora, periodos refractarios y temporalidad de apertura y cierre de canales iónicos entre otros;<sup>7</sup> esto radica en mejora de sintomatología en dichas neuropatías. Existe tal influencia de la temperatura en los tejidos que incluso la aplicación de frío o calor puede modificar resultados de exámenes como la electromiografía.<sup>7</sup>

En suma, estos dos agentes físicos, CHC y electroterapia, específicamente la modalidad de corrientes alternas, suelen aplicarse en forma conjunta durante sesiones de tratamiento kinésico a manera de “potenciar sus efectos”, sin embargo, no existen a la fecha estudios que puedan evaluar el comportamiento de ambos agentes físicos aplicados en forma simultánea ya sea en términos de analgesia, excitabilidad motora o profundidad de penetración de la corriente. En base a esto último, la profundidad de penetración de una corriente alterna puede medirse indirectamente a través de los umbrales de activación sensoriales, motores y dolorosos.<sup>2</sup> El umbral de activación sensorial (UMS), por ejemplo, se define como el valor en miliamperes que alcanza la intensidad de corriente cuando el sujeto percibe ésta en la zona del cuerpo en la cual se le aplica.<sup>2</sup> De esta forma el umbral motor (UMM) refleja el valor de la intensidad a la mínima activación muscular y el umbral doloroso a la primera sensación de dolor que un sujeto pueda percibir con la aplicación de dicho agente físico.<sup>2</sup> Ward y Robertson afirman que la diferencia entre valores de UMS y UMM radican en cuan comfortable

puede resultar una corriente alterna, siendo más placentera cuando la diferencia entre ambas es mínima.<sup>8</sup> De esta forma, una aplicación de corriente alterna puede ser más eficiente cuando sea más profunda, alcanzando determinadas masas musculares y a la vez más placentera, ya que no evocará estímulos sensoriales incómodos para el usuario, pudiendo combinarse además con un agente físico de termoterapia superficial, por citar un ejemplo, tornándose esto en una óptima aplicación clínica.

### **2.3 Justificación:**

El uso de termoterapia superficial, como lo es la CHC, junto a electroterapia, son usadas en conjunto, de manera frecuente en la clínica y en cualquier centro de atención de salud, sin embargo dicha aplicación no posee respaldos suficientes como para generar una explicación fidedigna de que el uso de estos agentes físicos combinados, genere algún tipo de cambio o beneficio al usuario al que se le aplica.

No existe evidencia científica que demuestre una potenciación de los efectos de la CA, utilizando previamente o en paralelo, la termoterapia superficial en CHC.

Escasa evidencia sobre los efectos en los umbrales sensoriales y motores en el uso combinado de ambos agentes físicos.

Si bien es cierto que existen estudios con respecto a la corriente alterna y sus resultados, no se han encontrado estudios que hablen sobre las variaciones de los umbrales sensoriomotor luego de la aplicación de termoterapia superficial como lo es la CHC.

El beneficio se enfocaría en la mejor recuperación de las injurias músculo-esqueléticas en poblaciones con ciertos criterios a convenir, los usuarios que no podrían ser favorecidos por esta terapia, serían los usuarios que tuviesen: afecciones oncológicas; infecciosas en la zona; embarazadas; usuarios con marcapaso o implantes metálicos, entre otros.

## **2.4 Objetivos**

### **- Objetivo general:**

Describir variaciones en umbrales sensorial y motor durante la aplicación de corriente alterna y termoterapia superficial en sujetos sanos.

### **- Objetivos específicos:**

- Describir variación en umbral sensorial durante la aplicación de corriente alterna y termoterapia superficial.
- Describir variación en umbral motor durante la aplicación de corriente alterna y termoterapia superficial.
- Describir el radio de umbral sensorial/motor y profundidad de penetración de la corriente alterna.

## **2.5 Pregunta de Investigación**

De esta forma surge la interrogante que se conforma en nuestra pregunta de investigación: ¿Es capaz la termoterapia superficial de modificar los umbrales sensorial y motor durante la aplicación de una corriente alterna?

## **2.6. Alcances y Limitaciones**

### **Alcances:**

El impacto de este estudio se basa en que sirve de puerta para nuevas investigaciones sobre agentes físicos combinados y sus efectos, como los son en esta investigación, la corriente alterna y la CHC, combinadas.

Proporcionará una evidencia, de los efectos que provocara el uso combinado de estos agentes físicos, desde el punto de vista de los umbrales. Así mismo se plantea la posibilidad de que a partir de este estudio, se realice mayor investigación, ya que, si bien es cierto existe información sobre corrientes alternas, es escasa en cuanto a lo específico al tema analizado, junto a la termoterapia superficial.

Evaluación de los beneficios en la práctica clínica, con un mejor abordaje al objetivo de tratamiento del usuario y del profesional a cargo.

Este estudio es de gran conveniencia para la población en general en cuanto a la modulación del dolor, de ciertas patologías o injurias musculoesqueléticas que afecten al usuario, donde son tratadas con estos agentes físicos.

### **Limitaciones:**

La principal limitante es la dificultad de coordinar la asistencia de los sujetos estudio, para los días donde se tomarían las muestras y los horarios en los cuales debían asistir, ya que, al momento de retrasar la llegada, automáticamente se retrasaban las mediciones posteriores.

Otra limitante, es la confianza de los individuos al momento de proceder con la evaluación, debido a que en algunos de ellos, el uso de corriente eléctrica terapéutica les generaría algún tipo de injuria, causando en ellos cierto miedo.

Los sujetos pueden no presentarse, a la evaluación o que al momento de la evaluación no hayan comprendido las instrucciones al momento de reportar la sensación para el UMS.

No se habla de una efectividad de intervención, al tratarse de una serie de casos, no se utiliza un grupo de control y de prueba con los cuales se puede extraer una comparación; por lo que solo se puede describir si existe o no un cambio.

Al carecer de un grupo control, el estudio esta propenso a tener resultados inesperados, y/o someterse a efectos únicos y aleatorizados debido a las diferencias entre cada individuo.

Existe una restricción de los resultados y de conclusiones debido a lo antes mencionado.

La repetitividad del estudio se verá mermada, debido a la obtención de los datos y los limitados instrumentos utilizados en la recolección de los resultados.

Estrategia de muestreo no probabilística, seleccionados por conveniencia, lo que radica en no tener un grupo de sujetos con características similares, lo cual no se tendría un grupo uniforme en el cual se pueda evidenciar de forma más objetiva los cambios en cada uno de ellos.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Agentes Electromagnéticos

Se define como electroterapia el uso, con fines terapéuticos, de la corriente eléctrica.<sup>9</sup> Esta modalidad terapéutica ha experimentado un nuevo auge en los últimos años. El desarrollo científico-técnico, de nuevas tecnologías, ha marcado un salto evolutivo en las posibilidades terapéuticas que, sin lugar a dudas, seguirán teniendo un impacto positivo en la recuperación de los pacientes. Se define como electroterapia el uso, con fines terapéuticos, de la corriente eléctrica.<sup>9</sup>

Para esta investigación los resultados obtenidos tendrán como unidad de medida los miliamperios o mA y los *Amperios* (A) se refiere al movimiento de un coulomb (C), o lo que es lo mismo  $6,25 \times 10^{18}$  electrones/s. El amperaje define el flujo de electrones y es la unidad de medida de la corriente. Se define como electroterapia el uso, con fines terapéuticos, de la corriente eléctrica,<sup>9-10</sup> mientras que el coulomb indica el número de electrones. En fisioterapia, generalmente se trabaja en el orden de los miliamperes (mA).

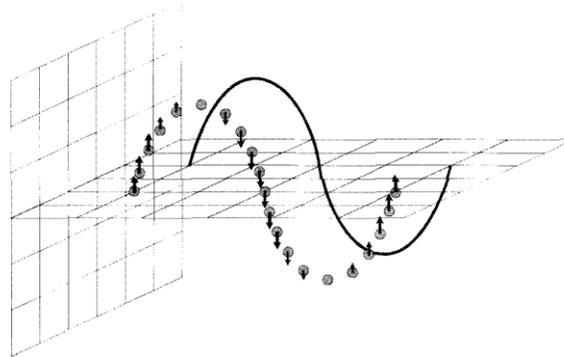
#### 3.1.1 Corriente Alterna

Es la aplicación de corriente eléctrica sin interrupciones, con alternancias rítmicas en su polaridad, en la que sus parámetros suelen ser repetitivos y homogéneos, tanto en su frecuencia, forma de onda, iguales en tiempos de duración entre las distintas ondas, sin variaciones en la intensidad.<sup>9</sup> Un circuito eléctrico de corriente alterna está definido por cuatro parámetros: intensidad, voltaje, impedancia y frecuencia de alternancia.<sup>11</sup>

El parámetro más importante de la corriente alterna es la frecuencia cuya unidad de medida son los hercios o Hz, las cuales van de 1 Hz o 1 Oscilación de onda o menos hasta millones de oscilaciones por segundo.<sup>9</sup>

La impedancia expresa la oposición del circuito al paso de la corriente cuya unidad de medida es el Ohmio.<sup>11</sup> La bioimpedancia representa la oposición de un medio biológico al paso de una corriente alterna, y tiene los componentes de resistencia y reactancia comentados previamente. La resistencia está condicionada por la resistividad de los diferentes tejidos a la conducción de la corriente eléctrica: los tejidos graso y óseo son malos conductores y la corriente circula mejor por los fluidos intra y extracelulares, que son soluciones electrolíticas.<sup>11</sup> La reactancia es debida al efecto aislante de las membranas celulares, que se comportan como condensadores que se cargan y descargan al paso de la corriente.<sup>11</sup>

Las características más importantes de las corrientes alternas es que sus electrones cambian de dirección tanto en la onda positiva como en la onda negativa cuando se cambia la polaridad de los electrodos, la siguiente grafica muestra este cambio de dirección en los electrodos.<sup>12</sup> (Fig. 1)



**Figura 1.** Alternancia de dirección de los electrones.

Anteriormente se hablaba de la frecuencia en la corriente, en lo que existe una división en las corrientes alternas, clasificadas según su cantidad de Hz existe en su aplicación, las cuales son: Baja Frecuencia <1.000 Hz, Media Frecuencia 1.000 a 500.000 Hz y Alta Frecuencia > 500.000 Hz.<sup>12</sup>

Se indagó en las corrientes de Media Frecuencia, ya que es la corriente involucrada en esta investigación, aprovechando que, al aumentar la frecuencia, los tejidos disminuyen

su impedancia (resistencia al paso de la corriente), se aplican corrientes alternas con frecuencia típica de 4000 Hz sobre dos circuitos distintos que se cruzan para obtener una frecuencia más baja.<sup>9</sup> Dicha baja frecuencia es el resultado de la diferencia entre los dos circuitos de media interferidos. Los efectos considerados y aprovechables son los determinados por la baja frecuencia.<sup>9</sup>

Las corrientes de baja frecuencia, ubicadas en la mayoría de los aparatos de electroterapia, en los dispositivos modernos se pueden hallar la corriente de 50 Hz alterna (la misma frecuencia de la red eléctrica), con efectos excito motores o para estimular el sistema nervioso periférico.<sup>9</sup>

Las corrientes de alta frecuencia, se caracteriza por sus efectos calóricos en la materia viva,<sup>9</sup> tejidos que se convierten en buenos conductores, dada la baja impedancia presentada<sup>9</sup>

Antes de realizar estimulación neuromuscular, es preciso ubicar los electrodos en la placa motora para obtener la mayor efectividad terapéutica (punto motor). Si se estimula en otra área, el umbral de dolor se encontraría rápidamente y esto no permitirá un nivel de intensidad que pueda inducir una buena contracción muscular. Entonces, la aparición de dolor durante una estimulación eléctrica neuromuscular puede ser señal de una mala ubicación de los electrodos.

Por su parte, las corrientes con objetivo analgésico se fundamentan en alcanzar y sobrepasar el umbral de sensibilidad, producir estímulos sensitivos relativamente intensos (vibración, ardor u hormigueo), que ayuden a interferir la sensación del dolor. En determinados casos de manejo de dolor crónico, es aconsejable trabajar con intensidades en niveles sub umbral doloroso o incluso dentro del umbral doloroso, para lograr alguna influencia en núcleos basales como el tálamo e inducir una respuesta eferente deseada.<sup>10</sup>

### **3.1.2 Aplicabilidad**

Hoy en la práctica clínica a nivel fisioterapéutico, la corriente más utilizada comúnmente es la corriente alterna en su modalidad llamada estimulación nerviosa transcutánea (TENS) la cual produce un efecto analgésico por la activación de las aferencias de los tejidos profundos por estimulación de las fibras aferentes primarias de gran diámetro  $A\beta$ .<sup>13</sup>

Los mecanismos de acción fisiológicos del TENS de alta y baja frecuencia son distintos, aunque ambos se producen a nivel periférico, espinal y supra espinal, y se basan primordialmente en la activación de distintos receptores opioides. La aplicación de TENS solo tiene efecto sobre la circulación periférica aplicado a una intensidad suficiente para conseguir contracciones musculares importantes; en todo caso, el efecto es local sobre la zona de aplicación.<sup>13</sup>

### **3.2 Termoterapia**

La termoterapia se define como todos los agentes físicos que son capaces de transferir energía con el fin de aumentar la temperatura de los tejidos.<sup>14-15</sup>

La termoterapia superficial se emplean agentes fisioterapéuticos que buscan un calentamiento intenso de los tejidos superficiales y un calentamiento de leve a moderado de los tejidos de mayor profundidad.<sup>18</sup>

La termoterapia, desde el punto de vista físico, funciona mediante 4 mecanismos fundamentales: conducción, convección, conversión y radiación.<sup>14-16-17</sup> La aplicación utiliza el sistema de conducción, que es un intercambio de energía interna entre objetos de diferentes temperaturas, donde la rapidez de la transferencia depende de la magnitud del delta de temperatura.

En este caso el agente físico que utilizaremos es la CHC el cual es uno de los más utilizados en la práctica. Los efectos biológicos sobre los que se fundamentan los agentes térmicos son abundantes; éstos son: aumento de la extensibilidad de los tejidos, disminución de la rigidez articular, analgesia, disminución de espasmos musculares,

disminución de la inflamación, aumento o disminución del metabolismo y vasoconstricción o vasodilatación, entre otros.<sup>14-16-18</sup>

### **3.2.1 Termoterapia superficial**

Es la aplicación del calor superficial como agente terapéutico siendo uno de los más utilizados y a la vez uno de los que tiene más bajo costo. Los medios empleados en termoterapia superficial producen un calentamiento intenso de los tejidos superficiales esto se considera superficial cuando su capacidad de penetración es hasta 10 mm por debajo de la superficie de la piel.<sup>19</sup> En cambio pasado los 10 mm la aplicación se denomina termoterapia profunda, lograda con otros tipos de herramientas de termoterapia.

El calentamiento superficial produce un efecto analgésico, que se debe tanto a la reducción de la tensión muscular como a un efecto directo sobre las terminaciones nerviosas libres y las fibras nerviosas sensibles.<sup>19</sup>

### **3.2.2 Bolsas y Compresas Húmedo Calientes.**

Elementos utilizados muy popularmente, con múltiples variantes en confección, las cuales transfieren calor a través de conducción, aunque en menor medida se produce algo de convección.<sup>1-20</sup> Los llamados Hot-packs son los más sofisticados, los cuales consisten en bolsas de algodón rellena de bentonita u otro material hidrofílico.<sup>1</sup> Otro instrumento utilizado son los Hydrocollator que contienen silicato en forma de gel envuelto en una bolsa de algodón, calentados en un baño de agua controlada, se aplican a una temperatura de entre 71° a 79° C para luego ser envueltas en toallas para que se mantengan, la duración de la aplicación es de 15 a 20 minutos, pero a los 5 minutos se debe revisar el estado de la piel del usuario.<sup>20</sup>

Existen múltiples instrumentos de aplicación de termoterapia superficial, como son: bolsas de agua caliente, almohadillas eléctricas, compresas de Kenny, compresas químicas, baños de parafinas, entre otros, los cuales se utilizan más los Hot- Packs y los Hydrocollator.<sup>20</sup>

Se ha demostrado que el uso del calor no afecta el resultado posterior del ejercicio, en cuanto a fuerza o potencia muscular.<sup>21-22</sup>

La exposición de los nervios a temperaturas elevadas también puede acarrear efectos adversos, causando lesiones significativas. Hodkin y Katz,<sup>11</sup> realizaron estudios en los axones del calamar gigante y señalaron que el calentamiento del axón a 35- 40° C impidió la propagación de impulsos, los estudios demostraron desde entonces que el calentamiento de los nervios de los mamíferos en el rango de 42- 48° C puede producir bloqueo de conducción reversible.<sup>23</sup>

La CHC es un tipo de bolsa hecha de bentonita, un gel sílice hidrofílico cubierto con un tejido de lona. Se usa la bentonita porque retiene gran cantidad de agua para una eficaz liberación de calor.<sup>24</sup> Se almacenan en agua que se mantiene a una temperatura constante de entre 70° a 75° C dentro de un contenedor especial el cual está encendido todo el tiempo. Este tipo de bolsa necesita dos horas para calentarse y 30 minutos para volver a calentarse entre uso y uso.

La termoterapia se puede utilizar clínicamente para controlar el dolor. Este efecto terapéutico puede estar regulado por el bloqueo de la transmisión del dolor a través de la activación de los termorreceptores cutáneos o puede ser el resultado indirecto de la mejoría del proceso de cicatrización, de la disminución del espasmo muscular o de la reducción de la isquemia.<sup>1</sup>

Según revisiones sistemáticas realizadas el 2015 en dolor en pacientes con artrosis de rodilla se concluye que la CHC disminuye el dolor y es de bajo costo, produciendo efectos benéficos sobre el dolor de forma tal que potencian una intervención posterior.<sup>25</sup>

### **3.3. Umbral**

Según la definición de la lengua española de la Real Academia Española, “Valor mínimo de una magnitud a partir del cual se produce un efecto determinado,<sup>26</sup> donde se representa en muchas células del cuerpo humano, donde son constantemente estimuladas eléctricamente, por el SNC.

Se entiende que un estímulo sub máximo es sub umbral para algunas fibras no activadas por el potencial eléctrico evocado y umbral y/o supraumbral para las fibras de los nervios activados.<sup>25</sup>

#### **3.3.1 Umbral Sensorial:**

Se define como el valor en miliamperes (mA) que alcanza la intensidad de corriente cuando el sujeto percibe ésta en la zona del cuerpo en la cual se le aplica,<sup>8</sup> si bien el umbral sensorial se puede cuantificar según la intensidad a la que se encontró el umbral, todo depende de la respuesta del usuario en cuanto el registra sentir la corriente.

#### **3.3.2 Umbral Motor:**

Se define como la mínima intensidad que se necesita para provocar una contracción muscular.<sup>27</sup> La musculatura se encuentra en un estado de reposo electro de unos -60 mV a -70 mV en donde llega el impulso eléctrico a la placa motora, la cual esta envía la conducción eléctrica hacia las fibras musculares realizando una reacción química en cadena. El impulso nervioso (potencial de acción), al llegar a la placa terminal motora, causa la apertura de los canales de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) las cuales penetran en el axón causando la liberación de acetilcolina (ACh) la cual se junta en la membrana post sináptica, provocando el intercambio de  $\text{K}^+$  saliendo de la célula y  $\text{Na}^+$  entrando en ella, los canales de sodio son abiertos ya que son dependiente de voltaje, iniciando la

despolarización del musculo, en lo que las fibrillas contráctiles por acción de  $\text{Ca}^+$  haciendo que la musculatura se contraiga.<sup>28</sup>

La respuesta a un estímulo eléctrico se observa gráficamente como ondas que permiten evidenciar una despolarización en la que se disminuye la diferencia o gradiente de cargas del exterior y el interior celular seguida de una repolarización en la que se invierte este proceso y se recuperan los gradientes electroquímicos de las membranas nerviosas de cada neurona que compone este nervio y se logra alcanzar igualmente su potencial de reposo. En tal sentido la excitabilidad de un nervio y sus neuronas (o de cualquier órgano con células excitables) dependerá de la proximidad entre el potencial de reposo y los correspondientes umbrales de cada fibra individual.<sup>28</sup>

### **3.3.3 Mediciones de Umbrales**

Mediciones más exactas y fiables existen a través de la electromiografía o electromiograma (EMG) propiamente dicho consiste en el registro de las variaciones de voltaje que se producen en las fibras musculares, como expresión de la despolarización de sus membranas durante la contracción espontánea o voluntaria siendo un examen que consta de 3 pasos básicos:

1. La observación de la actividad pos inserciones y espontánea durante el reposo que evalúa indemnidad de sensaciones.
2. El análisis de los potenciales de unidad motora individuales durante la contracción muscular ligera involuntaria.
3. El análisis del registro de la actividad contráctil durante el máximo esfuerzo voluntario.

La contracción de cada fibra muscular individual genera un potencial de acción. La suma de los potenciales de todas las fibras que componen una unidad motora (UM) constituye el potencial de unidad motora (PUM). Las técnicas de EMG convencional

con agujas concéntricas no registran potenciales de acción de una sola fibra muscular, sino aquellos generados por la despolarización simultánea de muchas fibras musculares cercanas al electrodo en una o varias unidades motoras (UMs). Existen agujas especiales (fibra simple) para el registro del potencial de acción de una sola fibra muscular.<sup>29</sup>

Ya siendo un examen en el cual se necesita un grado importante de experiencia, en conjunto de la utilización de otro tipo de máquinas que no se disponían, lo que no hacía del proyecto viable, se prefirió la CA, ya que nuestro objetivo era utilizar el agente físico más común a nivel clínico, para poder describir el comportamiento con la CHC a través de los umbrales sensorial y motor.

## 4. METODOLOGÍA

Enfoque de la Investigación: Cuantitativo.

Tipo de Investigación: Observacional.

Diseño del Estudio: Serie de casos.

Duración del Estudio: 6 meses.

### 4.1 Población y Muestra

Los sujetos seleccionados fueron estudiantes sin antecedentes de patologías musculoesqueléticas de la Universidad de Las Américas de sede Santiago, campus La Florida.

En total fueron 20 individuos mayores de 18 años, los cuales fueron medidos y pesados. A estos se informó y se les consultó por su participación en el estudio, dejando coordinado el día de evaluación, que se realizaría en los laboratorios de Kinesiología de UDLA Campus La Florida.

Los sujetos de estudio se escogieron bajo estrategia de muestreo no probabilística, seleccionados por conveniencia, a los cuales se les entregó un consentimiento informado en donde se da a conocer el porqué del estudio y lo que se realizaría en cada persona de muestra, que estaría a cargo del Kinesiólogo Jorge Ugarte.

El día de la evaluación se llenó la ficha de datos personales, para tener un registro de cada sujeto. Realizada esta etapa, se procedió a efectuar las evaluaciones correspondientes.

## 4.2 Criterios

### Criterios de Inclusión:

- Sujetos sanos.
- Sujetos mayores de 18 años.
- Sujetos que acepten participar de forma voluntaria para el estudio
- Sujetos que acepten y firmen el consentimiento informado

### Criterios de Exclusión:

Los criterios de exclusión están basados en factores que puedan influir en la sensibilidad de la zona del muslo, ya sean estos, afectando al sistema nervioso, sistema conectivo y sistema musculo esquelético o patologías que puedan afectar la salud de los sujetos, además de alterar los resultados de dicho estudio. Para asegurarnos de esto, se entregó una ficha que debieron completar antes de realizar las evaluaciones.

Estos criterios son:

- Sujetos que presenten lesiones neuromusculares en la zona del cuádriceps.
- Sujetos que presenten heridas en la zona del cuádriceps.
- Sujetos que presenten cicatriz reciente en la zona del muslo.
- Sujetos que presenten hipersensibilidad al calor.
- Sujetos que tengan presencia de placas metálicas en la zona del muslo.
- Sujetos que presenten lunares sin estudios previos en la zona
- Cáncer
- Lesión en la columna vertebral.
- Marcapasos.

## **4.3 Variables**

### **4.3.1 Variables Independientes:**

#### **Corriente Alterna. Definición Conceptual:**

Es un flujo bidireccional continuo de partículas cargadas. En cada dirección tiene el mismo flujo de iones y en los tejidos no queda nada de carga. Se aplica más frecuentemente como onda sinusoidal. Cuando la frecuencia aumenta, se reduce la duración de ciclo, y cuando se reduce la frecuencia, aumenta la duración de ciclo.<sup>1</sup>

#### **Corriente Alterna. Definición Operacional:**

Se trazará una línea desde la espina iliaca antero-superior hasta el borde superior de la patela, la cual se dividirá en tres partes, en el borde superior se limpiará con alcohol la zona y se ubicará el primer electrodo (cátodo), y en el borde inferior el segundo electrodo (ánodo), representando el recorrido del nervio femoral, posteriormente se aplicará la electroterapia; el objetivo de esta estimulación eléctrica es encontrar los umbrales sensoriales y motores de cada sujeto, con sus respectivos valores.

#### **Compresa Húmedo-Caliente. Definición Conceptual:**

Es un tipo de bolsa hecha de bentonita, un gel sílice hidrofílico cubierto con un tejido de lona. Se usa la bentonita porque retiene gran cantidad de agua para una eficaz liberación de calor. Se almacenan en agua que se mantiene a una temperatura constante de entre 70° a 75° C dentro de un contenedor especial el cual esta encendido todo el tiempo. Este tipo de bolsa necesita dos horas para calentarse y 30 minutos para volver a calentarse entre uso y uso.<sup>1</sup>

#### **Compresa Húmedo-Caliente. Definición Operacional:**

Se aplicará sobre el tercio medio (ya medido anteriormente) del cuádriceps durante 20 minutos envuelto en una toalla. Una vez transcurrido el tiempo de aplicación se retirará la CHC para realizar la aplicación de CA y ver si hubo variación en los umbrales sensorial y motor.

#### **4.3.2 Variables Dependiente:**

##### **Umbral Sensorial. Definición Conceptual:**

Se define como el valor en miliamperes que alcanza la intensidad de corriente cuando el sujeto percibe ésta en la zona del cuerpo en la cual se le aplica.<sup>2</sup>

##### **Umbral Sensorial. Definición Operacional:**

Se le pedirá al sujeto que haga saber al sentir la mínima sensación de parestesia u hormigueo. Y registrar el Amperaje donde se obtiene la reacción.

##### **Umbral Motor. Definición Conceptual:**

El umbral motor refleja el valor de la intensidad a la mínima activación muscular.<sup>2</sup>

##### **Umbral Motor. Definición Operacional:**

En conjunto con el sujeto notaremos la mínima contracción visible del músculo. Registrando a que amperaje se observa el espasmo muscular.

##### **Radio Umbral Sensorial/Motor. Definición Conceptual:**

Cociente estimativo entre valores de umbrales sensorial y motor; refleja cuán comfortable puede resultar una corriente alterna, siendo más placentera cuando la diferencia entre ambos valores es mínima además de indicar la profundidad de la corriente.<sup>10</sup>

### **Radio Umbral Sensorial/Motor. Definición Operacional:**

A través de ejercicios matemáticos se realizara una división entre el Umbral Sensorial y Motor el cual nos dará un resultado en decimal, este será interpretado como: el valor mientras más cercano sea a 1, mayor penetración de la corriente.

Ej.: Sujeto 1 Umbral Sensorial 10 mA y Umbral Motor 12 mA,  $10/12= 0.83\text{mA}$ . Sujeto 2 Umbral Sensorial 10 mA y Umbral Motor 15 mA,  $10/15= 0.6\text{mA}$ . El sujeto 1 obtuvo una mejor penetración de la corriente debido a que los valores entre ambos umbrales fueron cercanos entre sí.

### **4.4 Descripción de la Intervención:**

En una primera instancia, se procede al reclutamiento de los sujetos. En esta etapa se les informa del motivo de este estudio, una vez mostrado el interés de estos en participar, se aplican los criterios de inclusión y asignando una fecha para la realización de las muestras en los laboratorios de UDLA sede La Florida.

En el día de las evaluaciones se les informa el procedimiento a seguir para facilitar la intervención de los evaluadores, para así lograr optimizar el tiempo y evitar errores al momento de conseguir los resultados.

Antes de proceder a la toma de muestras, los sujetos debieron leer y firmar un consentimiento informado, donde se daba a conocer el porqué del estudio y el procedimiento que se realizara en cada uno de ellos.

Para proceder a la toma de muestras, cada individuo se posiciono en decúbito supino en posición de Trendelemburg  $45^\circ$  de flexión, rodilla en “Loose – Packed”, se trazó una línea desde la espina iliaca anterosuperior hasta el borde superior de la patela ipsilateral, dividiendo la medición en tres porciones, utilizando las delimitaciones del tercio medio como guía de donde irán los electrodos (recorrido del nervio femoral). Esta porción se procedió a esterilizar con alcohol al 90%, posteriormente el equipo de

evaluadores comenzó a ubicar los electrodos, situando el cátodo hacia proximal (límite superior) y el ánodo (límite inferior).

Posterior al posicionamiento del sujeto y la preparación de la zona de intervención, se procedió a aplicar la CA, a través de la maquina Sonopuls StatUs, con electrodos rectangulares de 2 x 4 centímetros, con almohadillas de esponjas previamente humedecidas. Se registra el “umbral sensorial” cuando el sujeto relate la primera sensación de corriente, “umbral motor” cuando se divise una contracción involuntaria del recto femoral en mili ampere (mA), al momento de realizar el registro de dichos parámetros se procedió a retirar los electrodos de dicha zona.

Una vez registrada la aplicación de CA, se aplicó CHC (25x45cm), envueltas en toallas de baño con un grosor aproximado de 1 a 2 milímetros, esperando que el sujeto de prueba sintiera calor franco, durante 20 minutos, ubicadas en el tercio medio antes descrito, se revisó la zona de aplicación de las CHC para constatar el buen estado de la piel y que el calor sea el adecuado, sin que llegue a lastimar al sujeto de estudio.

Para finalizar la intervención, se repite el procedimiento de la CA con los electrodos en la misma ubicación, registrando los nuevos valores de umbral sensorial, umbral motor.

#### **4.5 Análisis de datos**

Una vez realizadas las mediciones y recopilados los datos, se tabularon en una planilla Excel, para luego ser introducidos en el software estadístico IBM SPSS Statistics 10 para Windows y son presentados como media  $\pm$  error estándar de la media. Los datos observados se sometieron a la prueba de normalidad Shapiro-wilk. Para las comparaciones por pares se utilizó la prueba no paramétrica Wilcoxon. El valor alfa fue de un  $p < 0.05$ . Todos estos análisis fueron con el fin de describir la existencia de cambios significativos entre los datos pre y post tratamiento.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO

Se tabulo en Excel los datos recopilados de los sujetos, para ordenar la información, luego de esto utilizamos el programa IBM SPSS STADISTICS, y desde ahí obtener Shapiro Wilk “Dada una muestra aleatoria simple de tamaño n, se quiere saber si procede de una población con distribución normal”, luego pasar a T Student.

### 5.1 Tabulación de la información

#### 5.1.1 Datos Generales.

En la siguiente tabla (Tabla N°1) se muestran los datos basales de la muestra en términos globales, como es talla, peso, IMC, y sexo:

Variable	Resultados
Sexo	Femenino: 25%
	Masculino: 75%
Talla	1,664 ± 0,06
Peso	74,80 ± 15,89
IMC	26,91 ± 4,98

**Tabla 1:** Valores de peso y talla de los sujetos intervenidos con su respectivo IMC.

#### 5.1.2 Resultados globales.

En la tabla N°2 tenemos los resultados obtenidos de los sujetos sometidos a C.A. posteriormente expuestos a CHC y por último C.A. otra vez, y puestos a prueba con el test Shapiro Wilk.

Previo a compresa húmedo caliente		
Sensitivo	Motor	Shapiro Wilk
<b>12,56 ± 4,37</b>	<b>26,94 ± 8,93</b>	<b>0,004</b>
Posterior a compresa húmedo caliente		
Sensitivo	Motor	Shapiro Wilk
<b>12,37± 4,95</b>	<b>28,44 ± 10,98</b>	<b>0,004</b>

**Tabla 2:** Valores globales obtenidos en las mediciones del UMS y UMM al aplicar CA pre y post CHC.

### 5.1.3 Resultados Específicos:

Los resultados obtenidos se pusieron a prueba con el test de Wilcoxon “es una prueba no paramétrica para comparar el rango medio de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas. Se utiliza como alternativa a la prueba t de Student cuando no se puede suponer la normalidad de dichas muestras”. Lo que nos permite ver si hubo cambios significativos entre el pre CHC y el post CHC.

Variable	Pre CHC	Post CHC	Wilcoxon
Sensitivo	12,56 ± 4,37	12,37± 4,95	0.60
Motor	26,94 ± 8,93	28,44± 10,98	0.62
Radio umbral	0,49 ± 0,16	0,47 ± 0,193	0,76

**Tabla 3:** Parámetros: UMM, UMS y Radio-umbral sensoriomotor, en las mediciones pre y post termoterapia superficial, y su valor P.

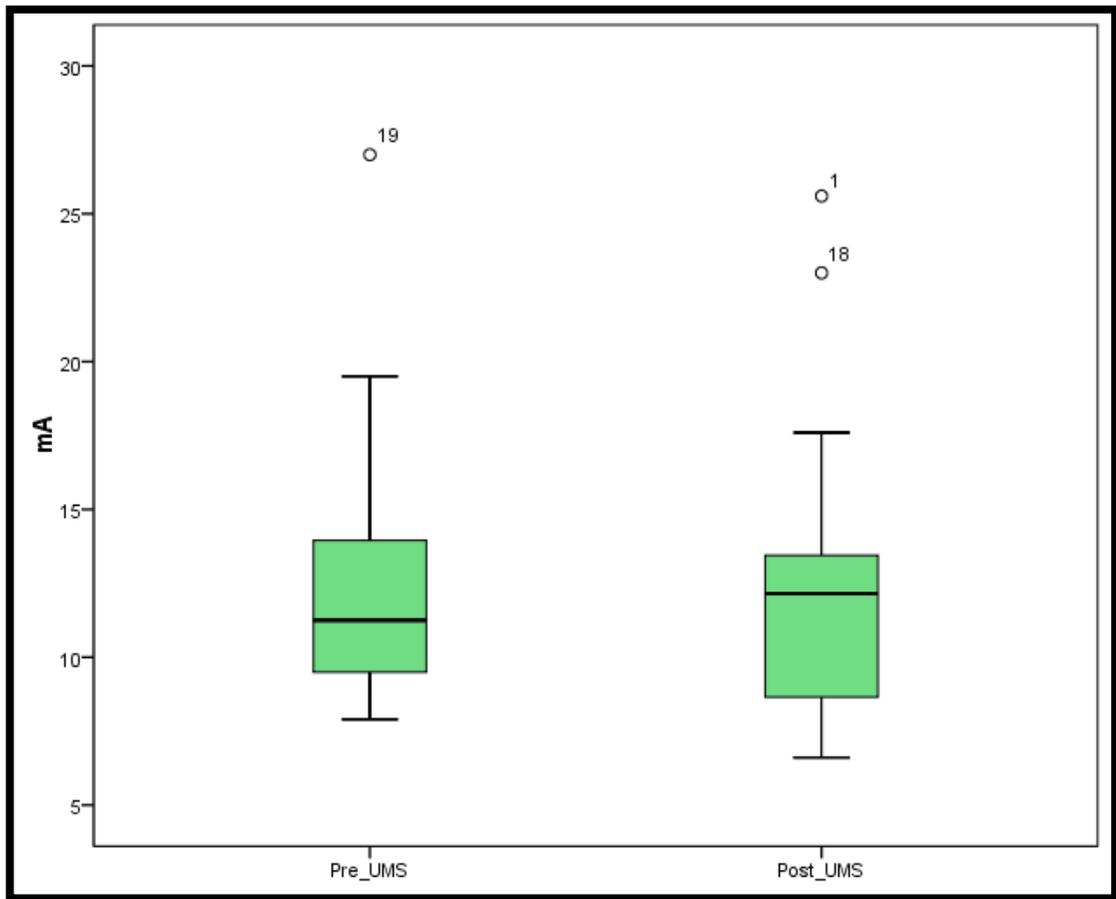
Se puede establecer que, en la intervención realizada, de termoterapia superficial (CHC) entre la administración de electroterapia (CA), no hay una significancia en cuanto a la variabilidad del umbral sensitivo, ya que se observa solo un leve aumento en cuanto a los valores pre y post medición. Esto equivale a un valor  $p=0,600871$  de UMS.

## **5.2 Análisis e interpretación de la información**

Se evaluaron 20 sujetos adultos, de los cuales el 100% cumplía con los criterios de inclusión y fueron aptos para realizar ambas mediciones pre y post termoterapia superficial, aplicando CA.

### **5.2.1 Umbral Sensorial:**

De acuerdo al primer grafico (Figura N°3). Se puede establecer que en la intervención realizada, con CHC entre la administración de CA, no hay una significancia en cuanto a la variabilidad del UMS. Ya que se observa solo un leve aumento en cuanto a los valores pre y post medición. Esto equivale a un valor  $p=0,600871$  de UMS. De acuerdo al Promedio de desviación estándar (DE), se obtienen previo a la realización del programa un valor de  $\pm 4,37$  mA y posterior a la intervención de  $\pm 4,95$  mA.

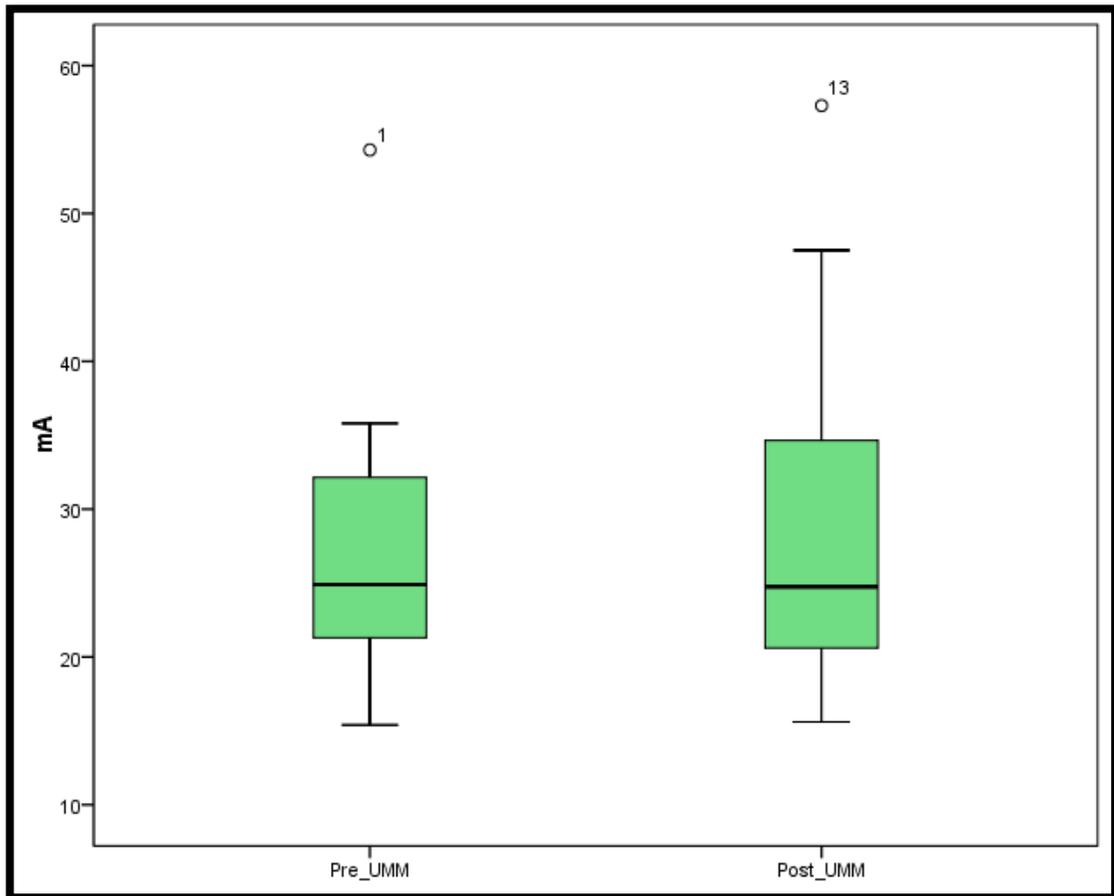


**Figura 3:** La intervención con termoterapia superficial, no tiene un efecto significativo en el UMS, aplicado con CA.

Se puede advertir un leve aumento del umbral motor en cuanto al promedio, sin embargo, la intervención no tiene un efecto relevante en cuanto al valor p debido a que no es significativo ( $P=0,627446$ ).

### 5.2.2. Umbral Motor:

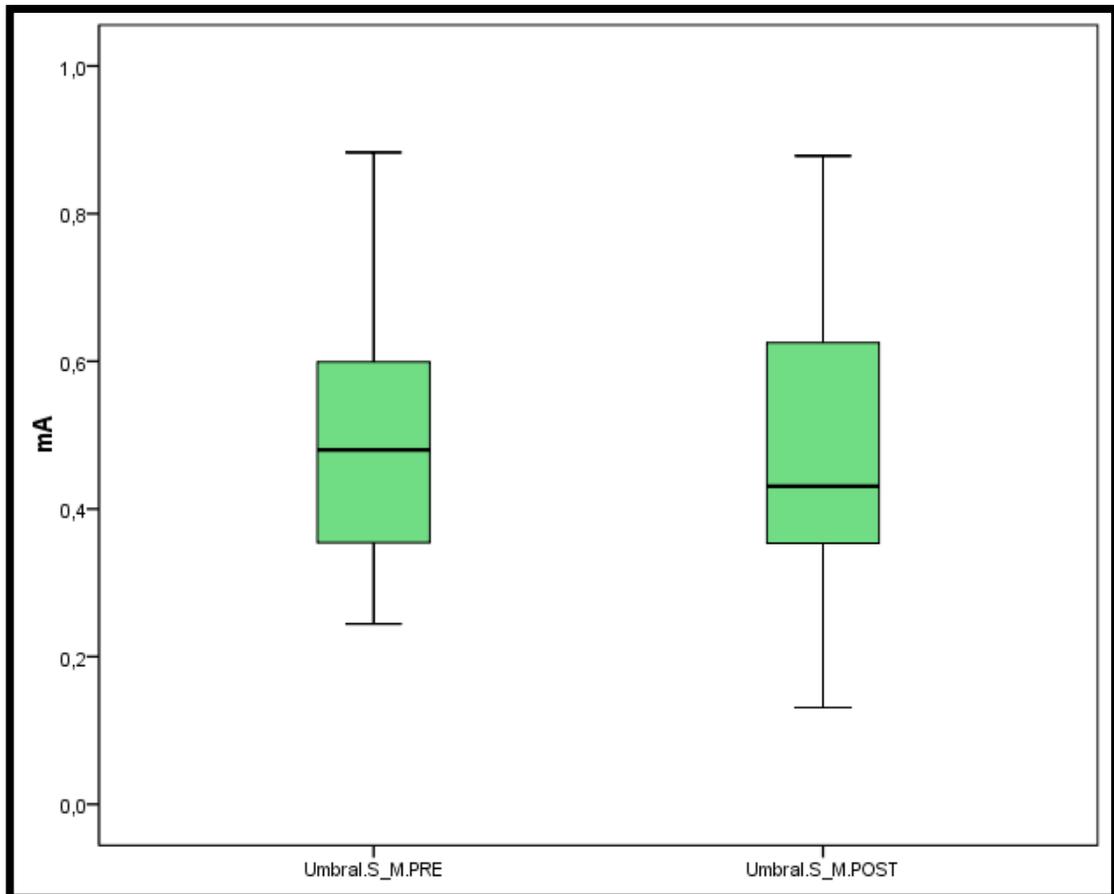
Según el segundo gráfico (Figura N°4), se puede advertir un leve aumento del UMM en cuanto al promedio, sin embargo, la intervención no tiene un efecto relevante en cuanto al valor p debido a que no es significativo ( $P=0,627446$ ). En cuanto a los datos que se obtuvieron en la muestra del UMM, se puede concluir que existe un promedio de 24,9 mA antes de la intervención con termoterapia superficial y, un promedio de 24,75 mA después de haber concluido la intervención. Se aprecia, además el Promedio de DA en la medición previa al programa de  $\pm 8,93$  mA y  $\pm 10,98$  mA en cuanto al valor obtenido post a la intervención.



**Figura 4:** La intervención con termoterapia superficial, no tiene un efecto significativo en el UMM, aplicado con CA.

### 5.2.3 Radio Umbral Sensoriomotor:

Según el siguiente gráfico (Figura N°5), se puede decir, que el radio umbral sensoriomotor, es un estimativo de la profundidad de penetración, que la corriente alterna alcanza, entre, el umbral pre y el post, sensitivo o motor. Siendo, mientras más cercana a 1, menor la distancia entre ambos umbrales.



**Figura 5:** La intervención con termoterapia superficial, no tiene un efecto significativo en ninguno de ambos umbrales que se aplicó la CA, según el estimativo que nos da el radio umbral sensorio motor, mientras más cercano a uno menos se demora el impulso para pasar de umbral a umbral.

## 6. DISCUSIÓN

En el presente estudio, se buscó analizar la variación de los UMS y UMM, al aplicar CA pre y post utilización de CHC en cada sujeto de muestra. El motivo de elegir estas diferentes herramientas de la fisioterapia es porque, en la práctica clínica se utilizan ambas con el fin de la rehabilitación de lesiones musculo esqueléticas.<sup>1</sup>

No obstante, diversos autores afirman que la propagación de la corriente alterna en los tejidos es irregular, lo que radica en dificultades en apuntar a la zona de tratamiento en corrientes analgésicas o en determinar la profundidad de penetración de estas mismas.<sup>5</sup> Sin embargo, se desconoce si la profundidad de penetración pudiese verse modificada por algún agente físico complementario como pudiese ser la termoterapia (frío o calor). En este sentido, las CHC conforman la técnica de termoterapia superficial más utilizada por kinesiólogos en el tratamiento de dichas lesiones.<sup>5</sup>

El calor superficial ha evidenciado ser beneficioso en neuropatías periféricas como el Síndrome del Túnel carpiano.<sup>7</sup> Puntualmente, modifica parámetros electrofisiológicos de nervios periféricos como la velocidad de conducción, latencia motora, periodos refractarios y temporalidad de apertura y cierre de canales iónicos entre otros.<sup>7</sup> Existe tal influencia de la temperatura en los tejidos que incluso la aplicación de frío o calor puede modificar resultados de exámenes como la electromiografía.<sup>7</sup>

En suma, estos dos agentes físicos, CHC y electroterapia, específicamente la modalidad de CA, suelen aplicarse en forma conjunta durante sesiones de tratamiento kinésico a manera de “potenciar sus efectos”. De esta forma, una aplicación de corriente alterna puede ser más eficiente cuando sea más profunda, alcanzando determinadas masas musculares y a la vez más placenteras, ya que no evocará estímulos sensoriales incómodos para el usuario, pudiendo combinarse <sup>40</sup> además con un agente físico de termoterapia superficial, por citar un ejemplo, tornándose esto en una óptima aplicación clínica.

Para analizar los cambios que se quieren demostrar, se realizó un procedimiento de aplicación de CA pre y post CHC, estos datos fueron anotados a través de los mA que se iban registrando en la maquina Sonopuls StatUs en el momento en que los sujetos relataban la primera sensación de corriente y también al momento de la primera contracción muscular visible.

Las mediciones antes mencionadas son descritas según Ward AR, Robertson VJ<sup>6</sup>. Este describe que la profundidad de penetración de una corriente alterna puede medirse de manera indirecta a través de los UMS y UMM. El UMS por ejemplo, se define como el valor en miliamperes que alcanza la intensidad de corriente cuando el sujeto percibe ésta en la zona del cuerpo en la cual se le aplica.<sup>2</sup> De esta forma el UMM refleja el valor de la intensidad a la mínima activación muscular.<sup>2</sup>

Según los resultados obtenidos en la Tabla N° 2 en resultados de UMS, no existe una significancia en cuanto a la variabilidad del UMS. En los resultados obtenidos del UMM representados en la Tabla 2, hubo un incremento en la variación de los UMM, pre y post CHC, sin embargo, estos resultados no presentaron un porcentaje de variación tal que significara un cambio significativo, pre y post CHC.

Los resultados obtenidos fueron previamente sospechados, en primer lugar, la explicación global más clara que pueda explicar esto, es que cada individuo es distinto uno del otro, debido a una serie de factores, físicos, químicos y biológicos. En segundo lugar se puede explicar el por qué hubo tal cambio y tal variación, partiendo por “la penetración de la corriente”, más concretamente en la impedancia de esta. Según un artículo del Profesor de Física Andrés Sánchez-Iglésias,<sup>30</sup> la impedancia es la facilidad del medio para conducir la corriente, y es proporcional a resistividad o mala conductividad del medio, y la bioimpedancia representa la oposición de un medio biológico al paso de la corriente alterna, donde la resistencia está condicionada por la resistividad de los diferentes tejidos al paso de la corriente, donde el tejido graso (lo cual lo podemos ver reflejado en el IMC de cada individuo) y óseo son malos conductores y que la corriente circula mejor por los fluidos intracelulares y extracelulares y la membrana celular funciona como aislante de la corriente comportándose como condensadores (en los que se acumula carga eléctrica), además

que la piel funciona como una barrera capacitiva para el flujo de corriente, la cual a medida que la Frecuencia de la corriente aumenta la impedancia es progresivamente menor.<sup>2</sup> Esto nos da una idea del por qué en cada individuo los umbrales variaron, sin presentar un patrón claro. Ahora bien, se ha comprobado que la CHC varía en la respuesta sensorial y motora, cuando se utiliza CA ya sea aumentando el umbral o disminuyéndolo, sin embargo, la variación no fue homogénea entre los individuos.

Disparando a frecuencias en Hz, en cambio la despolarización ocurren por suma, esto significa que por cada impulso producido por la CA se sumaran para producir un solo impulso, y dicho impulso se verá mucho antes cuanto más tiempo sea sometido el nervio u órgano blanco, lo que se deduce como un descenso en el umbral sensorial o motor<sup>6</sup>. Sin embargo este efecto de sumación en las neuronas, llegaría a provocar un efecto de fatigabilidad, debido a que el umbral descenderá tanto que al nervio no tendría tiempo suficiente para recuperarse, impidiendo el siguiente pick de impulso y la consiguiente transmisión nerviosa, ya sea como una contracción muscular o transmisión de sensibilidad.

Como tercer factor importante que influyó al sujeto estudio era que se predisponían al momento de las mediciones, ya que, cuando se les informo de lo que se realizara en cada uno de ellos, en todo momento estaban pendientes y alertas de lo que se iba a pedir y esto pudo causar una sobre excitación en cada uno de estos. Esto era inevitable, ya que, al momento de entregar el consentimiento informado, los sujetos sabían que se les realizaría.

Lo que nos conlleva a la siguiente discusión, ¿A qué se debe que los Fisioterapeutas y Kinesiólogos usen de esta forma ambos agentes físicos? La respuesta puede deberse a que ambos forman parte en el tratamiento del dolor (analgesia), lesiones o ejercicios físicos y que en conjunto se utilicen para potenciar esos efectos, a los que se llega a la hipótesis de que si se utilizan ambos para tratar un individuo, los efectos que hemos visto por separado, se verían multiplicados siendo utilizados al unísono o uno tras otro.

Lo que nos lleva a que este tema requiere un mayor estudio, con mayor número de sujetos y mayor control de los factores que puedan influir en los resultados, utilizando herramientas más precisas, ya que la investigación no refuta ni confirma si existe

efectividad en el cambio de los UMS y UMM en el uso combinado de los agentes físicos: CA y CHC, en el uso cotidiano de los profesionales en salud.

## 7. CONCLUSIÓN

En conclusión, posterior a todo lo dicho y explicado en nuestro estudio, podemos decir que en las mediciones de los veinte usuarios sanos evaluados en el laboratorio multiuso de kinesiología de la UDLA no hubo cambios en sus UMS y UMM bajo la CA posterior de la aplicación de CHC.

Se describe que posterior a la aplicación de CHC más CA, no hubo cambios significativos en el UMS

Se describe que posterior a la aplicación de CHC más CA, no hubo cambios significativos en el UMM

Se describe que posterior a la aplicación de CHC más CA, no hubo cambios significativos en el R UMS/M

Con el presente estudio se pretende generar tanto como una base dentro de la universidad y a la vez en el ambiente fisioterapéutico, para que futuros investigadores puedan indagar aún más en esta área, lo que permita contar con más y mayor evidencia con respecto a las diferentes modalidades de agentes físicos que son usadas actualmente y sus combinaciones que ejerzan efectos puedan ser más eficaces en el tratamiento de usuarios.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Cameron M. Physical Agents in Rehabilitation, From Research to Practice. 2ed. Elsevier 2003.
2. Ward AR, Robertson VJ. Sensory, motor and pain thresholds for stimulation with medium frequency alternating current. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 273-278
3. Acevedo JC, Melzack R, Wall P. La teoría de la compuerta. Más allá del concepto científico dos universos científicos dedicados al entendimiento del dolor. *Rev Soc Esp Dolor* 2013; 20(4): 191-202.
4. Ward AR. Electrical Stimulation Using Kilohertz. Frequency Alternating Current. *PhysTher.* 2009; 89: 181-190
5. Ozcan J, Ward AR, Robertson VJ. A comparison of true and premodulated interferential currents. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 409-415
6. Nadler S et al. Continuous Low Level Heatwrap Therapy for Treating Acute nonspecific Low Back Pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84: 329-34
7. Seward B, Rutkove MD. Effects of temperature on neuromuscular electrophysiology. *Muscle Nerve*, 2001; 24:867-882.
8. Ward AR, Lee Hung Chuen WL. Lowering of sensory, motor, and pain-tolerance thresholds with burst duration using kilohertz-frequency alternating current electric stimulation: part II. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90:1619-27.
9. Herrera E, Sandoval M, Camargo D, Salvini T. Motor and Sensory Nerve Conduction are affected differently by Ice Pack, Ice Massage, and Cold Water Immersion. *PHYS THER.* 2010; 90:581-591.
10. Snell R. Neuroanatomía clínica. 6ta edición. España: Editorial médica Panamericana; 2007.
11. Hodgkin AL, Katz B. The effect of temperature on the electrical activity of the giant axon of the squid. *J Physiol (Lond)* 1949;109:240–249.

12. Brodie C, Sampson SR. Contribution of electrogenic sodium- potassium ATPase to resting membrane potential of cultured rat skeletal myotubes. *Brain Res* 1985;347:28–35.
13. Amer-Cuenca JJ, Goicoechea C, Lisón JF. ¿Qué respuesta fisiológica desencadena la aplicación de la técnica de estimulación nerviosa eléctrica transcutánea?. *Rev Soc Esp Dolor*. 2010;17(7):333–342
14. Plaja J. *Analgesia por medios físicos*. Madrid: McGraw Hill Interamericana; 2003
15. Nadler SF, Weingand K, Kruse RJ. The physiologic basis and clinical applications of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. *Pain Physician*. 2004; 7:395-9
16. Pavez F. Agentes físicos superficiales y dolor. Análisis de su eficacia a la luz de la evidencia científica *Rev Soc Esp Dolor* 2009; 16:182-9
17. Martínez Morillo M, Pastor Vega JM, Sendra Portero F. *Manual de medicina física*. Madrid: Harcourt Brace; 1998
18. Xhardes Y. *Vademecum de kinesiología y reeducación funcional*. 4.ª ed. Buenos Aires: Editorial El Ateneo; 2002
19. Trinchet E. *Termoterapia superficial y rayos infrarrojos*. Facultad de Ciencias Mariana Grajales Cuello. Octubre 2005.
20. Martín J. *Agentes físicos terapéuticos*. Vol 1. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Médicas, ECIMED; 2008
21. Sreniawski S., Cordova M., and Ingeroll C. A Comparison of Hot Packs and Light or Moderate Exercise on rectus Femoris Temperature, *J. Athl. Train.* (Suppl.) 2002; 37(2S): S-104.
22. Sumida K., Greenberg M., and Hill J., Hot Gel Packs and Reduction of Delayed-onset Muscle Soreness 30 Minutes After Treatment, *J. Sport Rehabil.* 2003; 12(3):221-8
23. Rutkove S. Effects of temperature on neuromuscular. *Muscle Nerve* 24: 867–882, 2001

24. Ibarra J, Lic. Fernández M, Eugenin D, Beltrán E. Efectividad de los agentes físicos en el tratamiento del dolor en la artrosis de rodilla: una revisión sistemática. Rev. Electron. vol.37 no.1 Matanzas ene.-feb. 2015
25. Ramírez L. Evaluación de los efectos de diversas intensidades de estimulación nerviosa sobre la amplitud de la respuesta en diferentes especies. Int. J. Morphol. 2010; 28(1):227-238
26. Rae.es [Internet]. Madrid: Real Academia Española; 1998 [29 de Julio de 2010; 22 de Diciembre de 2017]. Disponible en: <http://www.rae.es/>
27. Karabanov AN, Raffin E, Siebner HR. The Resting Motor Threshold -- Restless or Resting? A Repeated Threshold Hunting Technique to Track Dynamic Changes in Resting Motor Threshold. ElSevier. 2015. Vol 1. 1-4
28. Snell R. Neuroanatomía Clínica. Vol. 1. 7th Edición. Editorial Panamericana: Barcelona, España; 2010
29. Hernandez R. Métodos para el análisis cuantitativo del electromiograma. Rev Cubana Invest Bioméd v.15 n.2 Ciudad de la Habana jul.-dic. 1996.
30. Sánchez-Iglesias A, Fernandez-Lucas M, Teruel J. Fundamentos Eléctricos de la bioimpedancia. Nefrología 2012; 32(2):133-5

## 9. ANEXOS

### Anexo 1

#### Consentimiento informado

A través de este estudio, principalmente se quiere determinar los efectos que provoca la compresa húmedo caliente en conjunto con la utilización de la electroestimulación, en usuarios sanos, que no presenten lesión en la extremidad a evaluar, para esto se deberá conocer algunos conceptos que se utilizaran en dicho estudio.

La electroterapia se perfila como una herramienta de uso bastante frecuente en rehabilitación de lesiones musculo esqueléticas. Sus aplicaciones se emplean básicamente con fines analgésicos y excitomotrices. En ambos casos, el uso de las corrientes alternas se perfila como una aplicación ventajosa por características particulares. Específicamente, las corrientes alternas, por sus características electrofisiológicas poseen mayor profundidad de penetración en los tejidos cuando se comparan con alguna corriente pulsada y además, son capaces de evocar grandes torques musculares. Ejemplo de estas técnicas son las corrientes interferenciales, destinadas principalmente para fines analgésicos; y la corriente rusa, técnica orientada al fortalecimiento muscular. Sin embargo, se desconoce si esta profundidad de penetración pudiese verse modificada por algún agente físico complementario como pudiese ser la termoterapia o la crioterapia.

Con todo lo anterior, la termoterapia es otra herramienta bastante utilizada en rehabilitación de lesiones musculoesqueléticas. En este sentido, las compresas húmedo-calientes (CHC) conforman la técnica de termoterapia superficial más utilizada por kinesiólogos en el tratamiento de dichas lesiones. A modo de ejemplo, las CHC han mostrado beneficios en sujetos que padecen Síndrome de dolor lumbar modificando parámetros como intensidad de dolor y rangos de movimiento de columna lumbar. A su vez, el calor superficial ha evidenciado ser beneficioso en neuropatías

periféricas como el Síndrome del Túnel carpiano. Puntualmente, el calor superficial modifica parámetros electrofisiológicos de nervios periféricos como la velocidad de conducción, latencia motora, periodos refractarios y temporalidad de apertura y cierre de canales iónicos entre otros; esto radica en mejora de sintomatología en dichas neuropatías. Existe tal influencia de la temperatura en los tejidos que incluso la aplicación de frío o calor puede modificar resultados de exámenes como la electromiografía.

En suma, estos dos agentes físicos, CHC y electroterapia, específicamente la modalidad de corrientes alternas, suelen aplicarse en forma conjunta durante sesiones de tratamiento kinésico a manera de “potenciar sus efectos”, sin embargo, no existen a la fecha estudios que puedan evaluar el comportamiento de ambos agentes físicos aplicados en forma simultánea ya sea en términos de analgesia, excitabilidad motora o profundidad de penetración de la corriente. En base a esto último, la profundidad de penetración de una corriente alterna puede medirse indirectamente a través de los umbrales de activación sensoriales, motores y dolorosos:

Teniendo presente estos conceptos podemos decir que a través de este consentimiento informado podemos realizar la recopilación de datos que a continuación aparecen:

Yo \_\_\_\_\_

Rut \_\_\_\_\_ de edad \_\_\_\_\_ años, con número de teléfono \_\_\_\_\_

Y dirección \_\_\_\_\_

Email \_\_\_\_\_

Acepto participar de este estudio, relacionado con determinar los efectos que provoca la compresa húmedo caliente en conjunto con la utilización de la electroestimulación.

Teniendo presente que me puedo retirar de dicho estudio en el momento que yo estime conveniente.

Los datos serán entregados vía mail a cada sujeto de estudio.

**Mail de estudio:** Tesisfisioterapia2017@gmail.com

**Teléfono de estudio:** +56942781763/ +56959001639

\_\_\_\_\_  
Firma de evaluador

\_\_\_\_\_  
Firma de estudiante

## Anexo 2

### Ficha de Evaluación

#### **Datos personales:**

Sujeto:

Edad:

Sexo:

Talla:

#### **Historia clínica:**

Lesión muscular en la zona en los últimos 3 meses:

Fracturas:

Cicatriz en la zona:

Fiebre:

Déficit neurológico en la zona:

Perdidas de peso:

Dolor nocturno:

Banderas rojas:

**Evaluación:**

**Umbral sensorial**

--

**Umbral motor**

--

**Radio umbral sensorial/motor**

--