



**Universidad
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

Facultad de Ciencias de la Rehabilitación

Escuela de Kinesiología

Efectividad de la técnica de enfriamiento rápido en la fuerza de prensión palmar comparado con el uso de frío prolongado y un control: Valoración a través de dinamometría.

Tesis de pregrado para optar al grado de licenciado en Kinesiología

Autores:

Thiare Morales Concha

Ignacio Pavez Chacón

Simón Tapia Glausser

Mario Tapia Leiton

Profesor Guía: Hernán de la Barra Ortiz

Santiago de Chile, 2017

Agradecimientos

A nuestras familias por el apoyo incondicional y la motivación entregada día a día para llegar al final de nuestra carrera y ser los mejores kinesiólogos, al profesor tutor Hernán de la Barra, quien nos ayudó y guio en este importante proceso tanto dentro como fuera de las salas de clases, y a quienes nos acompañaron y dedicaron tiempo y recursos para lograr el propósito de esta investigación.

Resumen

Dentro de las intervenciones para modificar la fuerza muscular se encuentra el uso de la fisioterapia, utilizando agentes físicos térmicos como el frío o el calor. Existe escasa y antigua literatura que hable sobre los efectos de la crioterapia como método para modificar la fuerza muscular. Esta investigación se propone cuantificar las variaciones de fuerza isométrica de prensión palmar mediante un protocolo de aplicación de frío rápido, enfriamiento prolongado y un control, comparando los cambios cuantitativos entre los grupos estudiados.

El estudio consta de ensayo clínico aleatorizado que demuestre la efectividad de la técnica Quick Icing comparado con enfriamiento prolongado y un control, midiéndolo a través de dinamometría. Se contó con un total de 112 participantes, los cuales fueron asignados a los distintos grupos de estudio. 36 a Quick Icing, 40 frío prolongado y 36 a control.

Índice

I. Planteamiento del problema.....	6
1. Descripción del problema	6
1.2 Justificación.....	7
II. Pregunta de investigación	8
III. Objetivos e hipótesis	8
1. Objetivo general.....	8
2. Objetivos específicos.....	8
3. Hipótesis de trabajo	8
IV. Marco teórico	9
1. Introducción.....	9
2. Definición de Crioterapia.....	10
3. Efectos fisiológicos de la crioterapia.....	10
3.1 Efectos hemodinámicos.....	10
3.1.1 Descenso inicial del flujo sanguíneo.....	10
3.1.2 Aumento posterior del flujo sanguíneo.....	11
3.2 Efectos neuromusculares.....	12
3.3 Efectos metabólicos.....	14
3.4 Efectos terapéuticos de la crioterapia.....	15
3.5 Modalidades de crioterapia.....	16
3.6 Precauciones de la Crioterapia.....	18
3.7 Contraindicaciones de la crioterapia.....	18
3.8 Prueba clínica para determinar sensibilidad al frío.....	19
4. Potencial de acción (excitación y conducción).....	20
4.1 Potencial de membrana en reposo.....	20
4.2 Fenómeno de Potencial de acción (nervio).....	21
4.3 Potencial de Placa Motora.....	22
4.4 Unidad Motora.....	24
4.5 Tipos de fibras musculares.....	25
4.6 Contracción muscular.....	26
5. La facultad de prensión de la mano.....	27
5.1 Tipos de prensión.....	27
5.2 La prensión propiamente dicha.....	27

5.3 Las presas palmares.	27
5.4 La presión palmar con la totalidad de la mano o la totalidad de la palma.	28
5.5 Los Principales músculos necesarios para este tipo de presión	28
5.6 Biomecánica de la Mano/Presión.....	31
6. Dinamometría.	33
6.1 Tipos de Dinamometría.	33
6.2 Clasificación de los sistemas de dinamómetro.	34
6.3 Ventajas y Desventajas de la dinamometría.....	34
6.4 Protocolos de dinamometría.....	35
7. Variables que afectan la fuerza.	35
8. Teorías que sustentan la investigación.....	37
V. Diseño metodológico	39
1. Tipo de estudio	39
2. Población de estudio.....	39
3. Aspectos éticos de la investigación	39
4. Variables.....	39
1. Definición operacional de las variables	39
2. Definición del tipo de variable.....	40
3. Marco conceptual	40
VI. Materiales y métodos	40
1. Selección y tamaño la de muestra.....	40
2. Procedimientos	42
2.1 Test del Cubo de Hielo.....	42
2.2 Protocolo de Presión Palmar	42
3. Plan de análisis.....	43
3.1. Hipótesis estadística.....	46
VII. Resultados	46
VIII. Discusión.....	49
IX. Conclusión.....	50
X. Referencias.....	51
XI. Anexos	56

I. Planteamiento del problema

1. Descripción del problema

Se sabe que la crioterapia o uso terapéutico del frío presenta aplicaciones en rehabilitación y otras áreas de la medicina. En rehabilitación se utilizan temperaturas relativamente bajas con el objetivo de controlar procesos inflamatorios, el dolor o edema. Datos epidemiológicos a nivel nacional recolectados a partir de encuestas, indican que el 83% de los kinesiólogos utiliza dentro de su quehacer terapéutico crioterapia, y el 89% de ellos refieren contar con modalidades de frío en su lugar de trabajo. Además, estos estudios reflejan que cerca de un 55% utiliza intervenciones de crioterapia en su práctica clínica diaria¹. La crioterapia ejerce sus efectos terapéuticos al actuar sobre los procesos hemodinámicos, neuromusculares y metabólicos. La documentación enmarca dentro de los efectos neuromusculares el tratamiento de la espasticidad, esclerosis múltiple y la facilitación del movimiento. Se ha demostrado que la función muscular es sensible a los cambios de temperatura². indica que la activación de un músculo puede ser alterada no sólo por los cambios en la señal de los husos neuromusculares (HNM), sino también por cambios en las aferencias de la piel que los revisten o modificaciones en la posición de las articulaciones en donde dichos músculos actúan. Además, ha sido descrito desde el punto de vista terapéutico la facilitación de la activación muscular en pacientes con déficits motores usando un enfriamiento cutáneo local². Lowdon y cols, mencionan en su estudio que el enfriamiento prolongado con hielo en una región de la piel ha demostrado alterar la temperatura del músculo que se encuentra bajo ésta³, lo que se complementa con las investigaciones de Clarke y cols., quienes documentaron que inmersiones completas de una extremidad en un baño de hielo por períodos prolongados tiene efectos similares a los descritos por Lowdon⁴. Estudios realizados por McMeeken, Lewis y Cocks, indican que la aplicación mantenida de frío genera disminución en la temperatura de los vientres musculares bajo la piel, lo que lleva a un descenso cercano del 12 al 19% de la velocidad de conducción nerviosa (VCN), provocando la inactivación de las fibras

nerviosas más superficiales por el efecto del frío, disminuyendo así el reclutamiento de unidades motoras y su frecuencia de descarga, produciendo una menor fuerza neta resultante⁵.

Sin embargo, autores como Urbscheit, en investigaciones con sujetos sanos y pacientes hemipléjicos, han indicado efectos del enfriamiento acompañados con un incremento de la respuesta muscular⁶, también postula que la intervención de frío por breves periodos, técnica denominada “*Quick Icing*”, podría ser utilizada en clínica como una intervención facilitadora de la actividad motora⁷. Esta aplicación breve mediante frío fue descrita por primera vez por la terapeuta norteamericana M. Rood, quien la utilizaba como tratamiento de estimulación en pacientes con condiciones neurológicas⁷. Es así como el procedimiento de enfriamiento rápido (“*Quick Icing*”) también es denominada como “*Técnica de Rood*”. Esta modalidad utiliza dos o tres aplicaciones con hielo directo sobre la piel que reviste el músculo que se desea activar. Este breve efecto de facilitación causado por la crioterapia se utiliza en ocasiones en la clínica cuando se intenta estimular la producción de patrones motores apropiados en pacientes con lesiones de las motoneuronas superiores⁸.

1.2 Justificación

Existe escasa información de estudios que avale la existencia de la relación del frío con el aumento de la actividad muscular en usuarios sometidos a enfriamientos de corta duración. El objetivo de este diseño es demostrar que la crioterapia por medio de la técnica de Enfriamiento Rápido (“*Quick icing*”) aplicada sobre la musculatura encargada de la prensión manual genera variaciones positivas de la fuerza, otorgando así al frío no solo propiedades de disminución de velocidad de conducción nerviosa o antiinflamatorias, destacadas como aplicaciones tradicionales. La activación por medio de frío podría favorecer el rendimiento muscular al realizar diferentes actividades como ejercicios terapéuticos, entrenamiento o deporte de alto rendimiento, o plantearse como un agente facilitador de la respuesta neuromuscular en pacientes con trastornos

neurológicos particulares, además de contribuir a recolectar información para actualizar los conocimientos sobre este tema.

II. Pregunta de investigación

¿Cuál es la variación de la fuerza isométrica máxima de prensión palmar luego de una aplicación de enfriamiento rápido sobre la cara ventral del antebrazo comparado con el uso de frío prolongado y un control en estudiantes universitarios?

III. Objetivos e hipótesis

1. Objetivo general

Cuantificar el efecto de la técnica de enfriamiento rápido en la variación de fuerza máxima de prensión palmar a través de una prueba de dinamometría.

2. Objetivos específicos

1. Evaluar los cambios de fuerza isométrica máxima de prensión palmar antes y después de una aplicación de enfriamiento rápido (“Quick Icing”) en un grupo expuesto a esta intervención.
2. Comparar las variaciones de fuerza isométrica máxima de prensión palmar entre el grupo sometido a la técnica de enfriamiento rápido (“Quick Icing”), un grupo sometido a frío prolongado, y un control.

3. Hipótesis de trabajo

El grupo de enfriamiento rápido variará la fuerza posterior a la intervención comparado con los grupos de enfriamiento prolongado y control.

IV. Marco teórico

1. Introducción.

Desde la antigüedad los egipcios fueron los primeros en emplear temperaturas frías para aliviar los efectos del trauma e inflamación.^{9,10} Hipócrates las aplicó para detener la hemorragia y disminuir el dolor.¹⁰ La palabra crioterapia proviene del griego Κρύο (crio) que significa frío y θεραπεία (therapeia) que significa terapia y se refiere al tratamiento en base a frío.¹¹ Además se define como el “conjunto de procedimientos terapéuticos capaces de sustraer calor del organismo en el cual se utiliza”¹⁰. El empleo de esta terapia se realiza de diversas maneras, por ejemplo, bolsas de hielo, baños fríos, bolsas de hidocoloide (“*cold packs*”), compresas heladas, envolturas frías y/o gases que producen enfriamiento.⁸

Se pueden destacar tres efectos fisiológicos relevantes al aplicar frío. En primer lugar, el efecto hemodinámico el cual actúa produciendo una vasoconstricción, disminuyendo la inflamación y previniendo la formación de edema. En Segundo lugar, puede destacarse el efecto metabólico, donde el frío actúa disminuyendo las reacciones metabólicas de todo el cuerpo, incluyendo los procesos patológicos asociados al evento inflamatorio. Es así como la crioterapia puede ser usada para el control de la inflamación, aunque su utilidad es limitada cuando existe retraso en la curación.⁸ Por último es posible destacar el efecto neuromuscular donde ocurre una disminución en la VCN pudiendo generar un efecto analgésico al afectar el potencial de acción (PA) de las fibras nerviosas nociceptivas. También son relevantes los cambios que pueden darse en la activación muscular, la cual es dependiente del tiempo de aplicación del frío, esto es, a mayor tiempo de exposición menor fuerza generada.⁸ Por el contrario se ha propuesto que las aplicaciones breves de frío (QB) podrían favorecer la activación neuromuscular y así aumentar la fuerza.¹² Las aplicaciones breves constituyen un procedimiento dinámico descritos como tiempos de intervención inferiores a cinco minutos.⁸

2. Definición de Crioterapia.

Se define como el uso terapéutico de frío en rehabilitación.¹¹ Es una técnica extensamente utilizada para los cuidados de traumas, tratamiento del dolor y protocolos post cirugía. El término de crioterapia hace referencia a la disminución de calor desde el cuerpo para lograr un enfriamiento terapéutico.¹³ Actualmente existen muchas modalidades de crioterapia, lo que ha generado mucha controversia a la hora de la selección de las aplicaciones.¹⁴ El uso de crioterapia sobre la piel pueden disminuir también la temperatura de los tejidos más profundos, incluyendo áreas intraarticulares.^{15, 16} Los efectos beneficiosos dependen del tiempo y de la modalidad de aplicación del frío.⁸

3. Efectos fisiológicos de la crioterapia.

3.1 Efectos hemodinámicos.

3.1.1 Descenso inicial del flujo sanguíneo.

Generalmente, si se aplica frío sobre la piel causa una constricción inmediata de los vasos cutáneos y una disminución del flujo de sangre. Esta vasoconstricción persiste siempre que la duración de la aplicación del frío esté limitada a un tiempo inferior de 15 a 20 minutos. Algunos estudios sugieren que cuando la aplicación de frío se realiza por 20 minutos en 2 repeticiones de 10 minutos separadas por un intervalo de reposo de 10 minutos (30 minutos en total), el flujo de sangre disminuye más que cuando se realiza una sola aplicación de 20 minutos de duración⁸. La vasoconstricción y la disminución del flujo de sangre producida por la crioterapia es más intensa en la zona donde se aplica el frío, porque es allí donde el descenso de temperatura es mayor.

El frío causa vasoconstricción cutánea, tanto directa como indirectamente. La activación de los receptores cutáneos de frío estimula directamente la contracción del músculo liso de las paredes de los vasos. El enfriamiento de los tejidos disminuye la producción y liberación de reguladores vasodilatadores,

como histamina y prostaglandinas, dando lugar a una vasodilatación reducida. La disminución de la temperatura del tejido causa también una activación refleja de las neuronas simpáticas adrenérgicas, causando una vasoconstricción cutánea en la zona expuesta al frío y, en menor medida, en las zonas distantes del punto de aplicación¹⁷. Se ha documentado que el frío reduce también el flujo sanguíneo al aumentar la viscosidad lo que resulta por tanto en una mayor resistencia al flujo.⁸ Pareciera ser que el cuerpo reduce el flujo en respuesta a una disminución de la temperatura para proteger otras zonas de un descenso y estabilizar la temperatura corporal central. Cuanto menor sea el flujo de sangre que circula a través de la zona enfriada, menor será la cantidad de sangre que reducirá su temperatura y menor será el efecto de enfriamiento sobre otras zonas del sistema circulatorio. La reducción de la circulación da lugar a un descenso mayor de la temperatura de la zona donde se aplica el agente de enfriamiento, lo que afecta la convergencia de sangre más caliente en aquel punto en la búsqueda de aumentar la temperatura por convección.

3.1.2 Aumento posterior del flujo sanguíneo.

La vasoconstricción como respuesta inmediata al frío es un fenómeno consistente y bien documentado, sin embargo, puede producirse vasodilatación cuando se aplica el frío durante períodos prolongados o cuando la temperatura del tejido desciende por debajo de 10°C. A este fenómeno se le denomina “vasodilatación inducida por frío” (VDIF) y lo describió por primera vez Lewis en 1930.¹⁸ Sus hallazgos fueron reproducidos por varios estudios posteriores, sin embargo, no se ha observado que la vasodilatación sea un fenómeno que se produzca de forma consistente ante la exposición prolongada al frío. Lewis describió que cuando se sumergían los dedos de la mano en un baño de hielo, su temperatura descendía inicialmente, sin embargo, 15 minutos después, la temperatura aumentaba y descendía de forma cíclica. Lewis correlacionó esta variación cíclica de la temperatura con la vasoconstricción y vasodilatación alternantes y denominó a este fenómeno “respuesta de caza”. Se plantea como hipótesis que la respuesta de caza está regulada por un reflejo axonal en

respuesta al dolor causado por el frío prolongado o por temperaturas muy bajas, o que se debe a la inhibición causada por el frío extremo de la contracción del músculo liso de las paredes de los vasos sanguíneos. También se ha descrito una respuesta de vasodilatación mantenida, sin que haya un comportamiento cíclico, en estudios en los que se ha enfriado el antebrazo de los sujetos hasta 1 °C durante 15 minutos.⁸

La VDIF es más común que se de en las zonas distales de las extremidades, como los dedos de las manos o de los pies, con aplicaciones de frío a temperaturas por debajo de 1°C durante más de 15 minutos. Aunque la magnitud de la vasodilatación es normalmente pequeña, en situaciones clínicas donde se debe evitar la vasodilatación, generalmente se recomienda que la aplicación del frío se limite a 15 minutos o menos, especialmente cuando se estén tratando zonas distales de las extremidades. Cuando la vasodilatación es un objetivo de la intervención, no se recomienda la utilización de crioterapia porque no es una respuesta que aparezca de forma consistente.

Aunque el enrojecimiento de la piel observado con la aplicación de frío puede parecer un signo de VDIF, se piensa que es principalmente el resultado de un aumento de la concentración de oxihemoglobina en la sangre producto de la disminución de disociación oxígeno-hemoglobina que ocurre al bajar la temperatura. Este fenómeno trae como resultado menos oxígeno disponible para los tejidos.⁸

3.2 Efectos neuromusculares.

Existe una relación directa entre la disminución de la temperatura y la VCN, dependiendo de la magnitud y exposición del tipo de crioterapia.¹⁹ El PA disminuye tanto para las fibras nerviosas motoras como sensitivas, y su mayor efecto ocurre en las fibras mielínicas pequeñas que conducen información nociceptiva, fibras C, elevando el umbral del dolor.²⁰ El descenso de la VCN ha sido documentada en respuesta a la aplicación de 5 minutos de frío superficial sobre la piel,^{21, 22} siendo completamente reversible a los 15 minutos.²⁰ Esto puede

alterar la generación de fuerza muscular, dependiendo del tiempo de la aplicación. Se propone que este efecto ocurre por la reducción del flujo sanguíneo, lentitud de la VCN e incremento de la viscosidad de la sangre y/o relajación del tejido rígido.⁸

Las motoneuronas gamma son neuronas que pertenecen al sistema nervioso periférico (SNP) y que llevan información hacia el sistema nervioso central (SNC). Ellas inervan los extremos de los HNM censando los cambios de longitud del músculo. Cuando se estiran las fibras extrafusales dichas neuronas se activan provocando un incremento de la tensión de las fibras intrafusales, generando así la descarga de estos propioceptores. Las motoneuronas gamma pueden ser estimuladas por mecanorreceptores y quimiorreceptores, lo que produce que el HNM se mantenga sensibles aun cuando el músculo disminuye su longitud.^{8, 23}

Se ha visto que la crioterapia disminuye el tono en trastornos motores como la espasticidad, efecto que se explica a través de la disminución de la actividad de las motoneuronas gamma y de los impulsos aferentes que estimulan al HNM y el Órgano tendinoso de Golgi (OTG). Estos cambios que estarían relacionados con la disminución de la actividad de las moto neuronas gamma se generan por una respuesta refleja a la estimulación de frío sobre los receptores cutáneos que lo censan, pues los músculos no deben perder su temperatura a la exposición de este estímulo.⁸ La observación realizada por los investigadores Kuttson y Matsson²³ demostró que la aplicación del frío local generaba una disminución de la sensibilidad del huso neuromuscular y también de la actividad de las motoneuronas gamma, lo que repercutió en una abolición del clonus y a la disminución del tono muscular.

Se ha observado que la aplicación de frío por períodos breves puede facilitar la contracción muscular, provocando la activación de las motoneuronas A-alfa, este efecto se ha documentado en la contracción de músculos flácidos debido a una disfunción de motoneuronas superiores.⁸ El aumento de fuerza ha sido relatado al realizar aplicaciones dinámicas de hielo, durante los primeros 5 minutos, sin embargo, no ha sido documentado la duración de este efecto.²⁴ Lo anterior se ha

justificado a través de la facilitación de la excitabilidad neuromotora.⁸ Por otra parte, las aplicaciones de hielo mayores a 30 minutos han demostrado una disminución de la fuerza muscular isométrica, aunque luego de horas se ha visto incrementada, resultando el máximo aumento a las 3 horas.²⁵ Este breve efecto de facilitación causado por la crioterapia se utiliza en ocasiones en la clínica cuando se intenta estimular la producción de patrones motores apropiados en pacientes con lesiones de las moto neuronas superiores.

3.3 Efectos metabólicos.

El frío disminuye la velocidad de todas las reacciones metabólicas incluyendo la inflamación y curación, además la crioterapia puede ser usada para la inflamación en etapa aguda, pero no es recomendada cuando existe un retraso en el proceso de curación, ya que puede provocar que este se retrase aún más.⁸

La disminución del metabolismo, así como la disminución de la temperatura, conllevan a su vez a un descenso de las concentraciones de sustancias vasoactivas, provocando una disminución del edema y de la inflamación.²³

Al aplicar diferentes formas de frío, se ha observado que al descender la temperatura de una articulación a 30°C o menos existe una inhibición de la actividad de diversas enzimas como por ejemplo la colagenasa, elastasa, hialuronidasa y proteasas que cumplen la función de degradar el cartílago articular. Este efecto se puede ocupar a modo de intervención en la prevención o reducción de la degradación de colágeno presente en enfermedades articulares inflamatorias (artrosis o artritis reumatoides).⁸

La aplicación de Crioterapia se utiliza para controlar el dolor agudo a través de la disminución del metabolismo, lo que genera una reducción de la producción y liberación de mediadores de la inflamación como histamina, bradicinina, sustancia P y prostaglandinas, por lo tanto, una reducción de estas sustancias químicas que estimulan nociceptores puede generar analgesia.⁸

3.4 Efectos terapéuticos de la crioterapia.

La crioterapia es un tipo de termoterapia superficial que se basa en la aplicación de frío como agente terapéutico, para el manejo de lesiones músculo-esqueléticas, y que es utilizada en combinación con otras terapias^{23, 26, 27, 26}. Se puede utilizar en traumas en fase aguda como lesiones de ligamentos, tendones y músculos, en procesos dolorosos crónicos, alzas de temperatura corporal, entre otros, ya que el uso de frío tiene múltiples efectos, que dependerán del método de aplicación utilizado y el resultado que se quiera buscar. Uno de los efectos terapéuticos más descritos sobre la crioterapia es su acción analgésica, la que se explica por disminución del aporte de sangre y proteínas a la zona enfriada, reduciendo el metabolismo tisular.²⁸ Este efecto analgésico se fundamenta en cambios sobre la electrofisiología neuromuscular, por la disminución local de la temperatura cutánea que produce un retraso en la apertura y cierre de canales de sodio, enlenteciendo las corrientes de sodio responsables de la despolarización de fibras nerviosas y musculares, reduciendo la VCN del axón, disminuyendo así el potencial de acción y la frecuencia de descarga del nociceptor, aumentando en consecuencia el umbral del dolor^{8, 20, 26, 29}, donde se podría alcanzar una sensación de adormecimiento o anestesia local. Se describe además una interrupción del ciclo “*dolor- espasmo- dolor*” que implica la aparición de espasmos musculares acompañantes de la sensación dolorosa²³ como un ciclo interminable, que usualmente se presenta para inmovilizar y proteger una zona álgida y que genera isquemia y un alto consumo de nutrientes, provocando una disminución de la sensación nociceptiva^{8, 27}, que se podría prolongar incluso después de que los tejidos recuperen su temperatura. La aplicación de frío se ha utilizado también como método antiinflamatorio en lesiones agudas y para controlar el edema, ya que este decrecimiento local del flujo sanguíneo²⁹, producto de la vasoconstricción inducida por frío (VCIF), disminuyendo el calor que se asocia al proceso inflamatorio, donde existe un enlentecimiento de la actividad de reacciones químicas producidas. A esto se suma el aumento de la viscosidad de la sangre y reducción de la permeabilidad del capilar que impide el

movimiento de líquido de éstos al líquido intersticial, controlando la pérdida de sangre y líquido después de un traumatismo agudo^{8, 29, 30}, lo que podría tener una contribución en la reducción de la formación de hematomas²³. Además, se ha dado a conocer el efecto que tiene la crioterapia sobre la espasticidad, lo cual ha sido muy discutido por su corta duración post aplicación^{8, 23}, pudiendo prolongar su acción hasta una hora o incluso más⁸, permitiendo intervenciones terapéuticas orientadas a la movilidad del paciente⁸. Se ha descrito que aplicaciones breves de frío producen una disminución en los reflejos tendinosos profundos⁸, según los estudios de Kuttson y Matsson²³, quienes documentan una disminución de la sensibilidad del HNM y la actividad de las motoneuronas A-gamma, contribuyendo a la minimización del clonus y también de la resistencia de los músculos al estiramiento pasivo.⁸ Otros autores refieren que la baja del tono muscular en este caso es más bien por la reducida temperatura muscular, que desencadena una menor percepción de los estímulos externos de los receptores periféricos sensoriales.²³ Otro posible efecto terapéutico documentado hace décadas es la facilitación neuromuscular que se produce con la rápida aplicación de frío mejorando la fatiga, técnica conocida como “*Quick Icing*”, documentada por Rood.^{8, 12, 31}

3.5 Modalidades de crioterapia.

Existen diversas modalidades para la aplicación de crioterapia, entre las más comunes se encuentran:

- **Compresas frías;** compuestas por un gel sílice o mezcla de sales y gelatina. Usualmente cubiertas por una tela de vinilo adaptable al cuerpo, su forma es semisólida con temperatura de 0 a 5°C.⁸
- **Bolsas de hielo picado;** Se enmarcan en una forma más agresiva de aplicación de hielo.⁸ Las bolsas de frío se llenan normalmente con un gel compuesto de sílice o una mezcla de solución salina y gelatina, y normalmente están cubiertas con vinilo. La composición del gel está formulada para que esté en estado semisólido a una temperatura de entre 0 y 5 °C, de forma que la bolsa se adapte a los relieves del cuerpo cuando esté dentro de este rango

térmico. La temperatura de la bolsa de frío se mantiene almacenados en unidades de enfriamiento especiales o en un congelador a -5°C . Hay que enfriar las bolsas durante al menos 30 minutos entre cada sesión y durante 2 horas o más antes de la primera aplicación.

- **Paletas o copas de hielo;** Se aplican en contacto directo con la piel. Son ideales para masajear la zona de contacto.³² Se pueden utilizar vasos de plumavit o plásticos, o polos de agua congelada para aplicar masaje con hielo. Para usarlos, el terapeuta coge el vaso por el fondo, lo pela gradualmente por el borde para exponer la superficie del hielo y lo pone en contacto directo con la piel del paciente. Los polos de agua congelada se fabrican colocando un palo o un depresor lingual en un vaso de agua antes de congelarlo. Una vez congelado, se puede retirar del vaso y usar el palo como asa para aplicar el hielo. Los pacientes pueden fabricar fácilmente sus propios vasos de hielo o polos de agua para usarlos en casa.
- **Unidades de Criopresión;** dispositivos ideales para tratar la inflamación. Ellas contienen agua y aire a una temperatura entre 10 a 25°C .⁸ Las unidades de compresión fría controlada bombean de forma alternada agua fría y aire al interior de un manguito que se coloca envolviendo a la extremidad del paciente. La temperatura del agua puede ajustarse entre 10°C y 25°C para proporcionar el enfriamiento. La compresión se aplica mediante el inflado intermitente del manguito con aire. Estos sistemas se utilizan en muchos casos después de una intervención quirúrgica para controlar la inflamación y edema u otras circunstancias. En un estudio a pequeña escala realizado sobre esta modalidad de intervención se observó que la compresión fría disminuía el flujo sanguíneo capilar, manteniendo la saturación de oxígeno en el tendón profundo y facilitando el flujo de sangre en el tendón de calcáneo cuando se aplicaba sobre esa región.⁸
- **Aerosoles fríos, Aerosoles o pulverizadores fríos;** Gases comprimidos de cloruro de etilo y diclorodifluorometano al 15% y de tricloromonofluorometano al 85%. Ellos han utilizado durante muchos años para conseguir un enfriamiento breve y rápido de la piel. Estos productos enfrían mediante

evaporación. Primero se utilizó el cloruro de etilo; sin embargo, debido a que es volátil e inflamable, puede provocar un descenso excesivo de la temperatura y puede tener efectos anestésicos si se inhala.^{8, 33}

3.6 Precauciones de la Crioterapia.

La aplicación del frío sobre una rama nerviosa superficial puede causar disminución o bloqueo de la conducción nerviosa.³⁴ Deben considerarse aplicaciones sobre herida abiertas, lo que podría interferir en la cicatrización por reducción de la circulación y metabolismo.³⁵ Por otra parte el frío puede causar un aumento transitorio de la presión sistólica o diastólica, recomendada con monitorización en pacientes con hipertensión arterial (HTA).³⁶ Cuando existen alteraciones de sensibilidad no es recomendable su uso por la potencialidad de generar quemaduras.⁸ Debe considerarse además que en personas muy jóvenes o ancianos, pueden presentar una desregulación termal o limitaciones en la comunicación.⁸

Las intervenciones terapéuticas de frío requieren previamente una valoración y un monitoreo pesquizando potenciales apariciones de ronchas, urticaria, cambios de coloración o disminución de la fuerza.⁸

3.7 Contraindicaciones de la crioterapia.

Las contraindicaciones para el uso de Crioterapia dependen de diversos factores presentes en la persona a tratar. Las más relevantes son la presencia de hipersensibilidad al frío, la cual podría desarrollar una reacción vascular en la zona de aplicación llamada "*urticaria por frio*". Por otro lado, personas diagnosticadas con patologías reumáticas, que hayan sufrido accidentes o algún traumatismo en los dedos pueden presentar una intolerancia al frío, la cual se observa ante una exposición que puede provocar dolor severo, entumecimiento e incluso cambios de color en la piel. Del mismo modo la presencia de crioglobulinemia, la cual se define como la agregación de proteínas del plasma en la circulación de zonas distales de las extremidades cuando estas se enfrían,

generando que se produzca un impedimento en el correcto flujo sanguíneo, isquemia y luego necrosis. Otra condición médica provocada por una exposición local o general al frío es la hemoglobinuria paroxística por frío en la que se produce una eliminación de hemoglobina por la orina debido a la liberación de esta a la sangre por parte de glóbulos rojos destruidos. Existe también otra condición como es el Fenómeno de Raynaud el cual se define como una forma idiopática de cianosis digital periférica, resultante de un desorden local o sistémico caracterizado por palidez y cianosis repentina seguida por un rápido enrojecimiento en los dedos producto de la exposición de las extremidades al frío. Cuando un nervio periférico que se encuentra en un proceso de regeneración, no se puede aplicar frío ya que este provocaría una vasoconstricción en la zona o una alteración de la conducción nerviosa, pudiendo retrasar el proceso. Por último, no se debe aplicar frío sobre una zona con mala circulación o con vasculopatía periférica, esto porque se puede agravar el daño incrementando la vasoconstricción y la viscosidad de la sangre en estos pacientes.⁸

3.8 Prueba clínica para determinar sensibilidad al frío.

Los test clínicos para determinar la sensibilidad al frío son un método de valoración que existen para decidir su aplicación y si la persona posee reacciones adversas a este. En ellos se intenta replicar las reacciones que genera el frío en la piel de forma controlada. La valoración se puede realizar a partir del “*test del cubo de hielo*”, el cual consiste en la colocación de un cubo de hielo (0 a 4 °C) sobre la cara anterior del antebrazo entre 5 a 8 minutos, para luego retirarlo. El examinador debe esperar aproximadamente 10 minutos visualizando la aparición de reacciones adversas como por ejemplo la urticaria por frío, la cual se genera por un estímulo físico (frío), esta se manifiesta con la aparición de una roncha o habón caracterizado por ser eritematoso, edematoso y pruriginoso. La urticaria puede ser aguda si su duración es < 6 semanas y crónica si su duración es > 6 semanas. La aparición de este fenómeno se considera como una prueba positiva.^{37, 38}

4. Potencial de acción (excitación y conducción).

La información es transportada de una a otra neurona, mediante señales eléctricas y químicas, Las señales eléctricas son particularmente importantes para el transporte de información de forma rápida y segura.³⁹ Estas señales eléctricas producen cambios temporales del flujo de corriente de entrada y salida de la célula que arrastran el potencial eléctrico a través de la membrana celular y lo alejan de su valor de reposo.^{39,40} Este flujo de corriente está controlado por los canales iónicos de la membrana celular se pueden distinguir dos tipos de canales iónicos, de reposo y regulados. Los canales en reposo están normalmente abiertos y son importantes para mantener el potencial de membrana en reposo, mientras los canales regulados están cerrados cuando la membrana está en reposo, su apertura está regulada por algún ligando o por cambios del potencial de membrana.³⁹ Las células nerviosas tienen un umbral de excitación bajo donde podemos diferenciar dos tipos de trastornos físicos químicos: potenciales locales no propagados que según su localización se llaman potenciales sinápticos, generadores o electrotónicos y potenciales propagados, los potenciales de acción, Estas son las únicas respuestas eléctricas de las neuronas y otros tejidos excitables. Los fenómenos eléctricos en las neuronas son rápidos, se miden en milisegundos (ms), y los cambios en el potencial son pequeños, se mide en mili voltios (mV).^{38, 41}

4.1 Potencial de membrana en reposo.

No hay ninguna clase de ion que esté distribuida de forma igual a ambos lados de la membrana de una célula nerviosa. Hay cuatro iones que se concentran en mayor cantidad a ambos lados de la membrana, el Na^{+2} y el Cl^{-} son los más concentrados fuera de la célula, por su parte el K^{+} y los aniones orgánicos (A^{-}) que son aminoácidos y proteínas, fuera de ella. Por esta razón, se observa una diferencia de potencial constante, con el interior más negativo y el exterior más positivo en una célula en reposo.³⁹ Esta diferencia de concentración se establece por acción de la Bomba $\text{Na}^{+2}\text{-K}^{+}$ ATPasa. Todas las membranas celulares del

cuerpo tienen una potente bomba Na^+K^+ ATPasa⁴², que continuamente bombea iones de Na^+ hacia el exterior (3) y iones de K^+ hacia el interior (2) esta separación de las cargas positivas y negativas a través de la membrana celular da lugar a un potencial de membrana en reposo que es cercano a -65mV .³⁹ Cabe destacar que en reposo hay más conductos de K^+ abiertos que conductos de Na^+ , la permeabilidad de la membrana al K^+ es mayor. Por consiguiente, las concentraciones intracelular y extracelular de potasio son los principales determinantes del potencial de membrana en reposo, que se aproxima al potencial de equilibrio para el K^+ . Las fugas constantes de iones no pueden continuar para siempre sin que al final desaparezcan los gradientes iónicos. Esto se previene con la actividad de la Na^+K^+ ATPasa, que desplaza en forma activa al Na^+ y al K^+ en contra de su gradiente electroquímico.^{39, 43}

4.2 Fenómeno de Potencial de acción (nervio).

Las membranas celulares de los nervios, como de otra célula contienen gran cantidad de canales iónicos y distintos para cada ión, algunos de estos canales se activan por medio de voltaje y otros con algún tipo de ligando^{39, 41}. Como respuesta a un estímulo despolarizante, la membrana se hace muy permeable a los iones de Na^+ , los iones de Na^+ difunden hacia el interior del axón rebasando a los iones de K^+ y a otros iones, Este flujo hacia adentro de carga positiva Na^+ despolariza la célula produciendo un potencial de acción, sólo ligeramente debido al potencial de equilibrio del K^+ (-75mV). El nuevo potencial de membrana se acerca mucho al potencial de equilibrio del Na^+ de $+55\text{mV}$ debido que hay muchos más canales de reposo de K^+ que de Na^+ en la membrana pero no lo alcanza durante el potencial de acción, sobre todo porque el aumento en la conductancia para Na^+ es de corta duración.^{39, 41} Muy pronto los canales de Na^+ están cerrados permaneciendo así unos cuantos milisegundos antes de regresar al estado de reposo, cuando pueden activarse nuevamente.⁴¹ Luego de esto para finalizar la repolarización comienza la abertura de los canales de K^+ activados por voltaje. Esta abertura es más lenta y más prolongada que la de los conductos de Na^+ , por consiguiente, gran parte del aumento en la conductancia del K^+ aparece

después del incremento en la conductancia del Na^{+2} . Esta salida del K^{+} hacia el exterior de la célula desplaza la carga positiva a fuera de la célula completando de esta forma la Repolarización.⁴¹ El desplazamiento neto de la carga positiva hacia el exterior de la célula debido a la salida de K^{+} en este momento ayuda a completar la repolarización. Por tanto, los conductos de K^{+} activados por voltaje terminan el potencial de acción y producen el cierre de sus compuertas mediante un proceso de retroalimentación negativa.⁴¹

4.3 Potencial de Placa Motora.

El axón de la neurona motora inerva el músculo en una región especializada de la membrana muscular denominada Placa terminal. La rápida entrada de sodio a la fibra muscular cuando se abren los canales activados por acetilcolina hace que el potencial eléctrico en el interior de la fibra muscular en la zona de la placa terminal aumente en dirección positiva hasta 50 a 75mV, generando un potencial local llamado potencial de placa motora.³⁹ Paul Fratt y Bernard Katz en los años 50, fueron los primeros en estudiar un potencial en la placa terminal utilizando un fármaco que contiene toxinas vegetales creado por los indios de América del Sur el Curare que bloquea la transmisión neuromuscular mediante su unión al receptor de ACh de tipo nicotínico, lo que impide la activación de este por la ACh. Reduciendo así el potencial de placa terminal por debajo del potencial de acción.⁴⁴ Miles 1969 observó que en el músculo el potencial sináptico era mayor en la región de la placa motora y que se propagaba pasivamente debilitándose a la distancia desde su lugar de inicio en la placa terminal.⁴⁵

El músculo esquelético es controlado por el sistema nervioso central, cada músculo esquelético es inervado por una motoneurona alfa. Los cuerpos celulares de estas motoneuronas se localizan en la asta ventral de la médula espinal. Los axones motores salen por la raíz ventral y llegan al músculo a través de nervios periféricos mixtos, los nervios motores se distribuyen en todo el músculo y cada rama inerva una sola fibra muscular. El axón motor pierde su vaina de mielina al llegar a la fibra muscular, allí se divide en varias ramas finas. Los extremos de estas forman múltiples expansiones o varicosidades,

denominadas Botones sinápticos por lo cual la neurona motora libera su transmisor.⁴⁶ Cada botón sinápticos está colocado sobre pliegues de unión, que es una profunda depresión situada a la superficie de las fibras musculares postsináptica que contienen los receptores del transmisor esto forma una sinapsis colinérgica que forma la unión neuromuscular dando origen a un potencial de acción.^{39, 43} Todo inicia con una transmisión sináptica química que se diferencia de las sinapsis eléctricas, en que las sinapsis químicas no hay comunicación directa entre citoplasma en las dos células. Esto da origen a una separación de las membranas por una hendidura sináptica de alrededor de unos 100nm de espesor.⁴⁷ La interacción en si entre las células ocurre por intermediarios químicos también llamados neurotransmisores. Al llegar un potencial de acción al terminal presináptico, despolariza el terminal. Provocando rápidamente la apertura de los canales iónicos del Ca^{+2} sensibles al voltaje. El flujo de Ca^{+2} hacia dentro desencadena la fusión de las vesículas sinápticas cargadas de neurotransmisores (ACh) en las zonas activadas con la membrana plasmática, y esa fusión lleva a la liberación del contenido de la vesícula a la hendidura sináptica.³⁹ El canal activado por la acetilcolina, es suficientemente grande para permitir que los iones positivos importantes tales como el Na^{+2} , K^+ , Ca^{+2} se muevan con facilidad a través de la abertura. Por lo contrario los iones negativos, como los iones cloruro, no o atraviesen debido a las intensas cargas negativas de la abertura del el canal que repelen.⁴⁸ Estudios demuestra que el sodio fluye mucho más en los canales activados por acetilcolina. Esto ocurre por dos motivos, primero solo hay dos iones positivos en concentraciones grandes; iones sodio en el líquido extracelular e iones potasio en el líquido intracelular, Segundo, el potencial negativo del interior de la membrana muscular, de -80 a -90mV, arrastrando los iones Na^{+2} al interior de la fibra muscular, a la vez que impide de manera simultánea la salida de K^+ cuando intentan pasar al exterior. La duración del potencial de acción es de 1 a 5ms en el músculo esquelético. La velocidad de conducción 3 a 5 mtr/s, aproximadamente.⁴³

4.4 Unidad Motora.

Las encargadas de transmitir los impulsos nerviosos y llevarlos hasta el músculo son las neuronas motoras o motoneuronas, controladas a su vez por centros nerviosos superiores que regulan la respuesta motriz.³⁹ Los axones de las motoneuronas parten desde la médula espinal llegando hasta las fibras musculares. Cada axón poco antes de conectar con estas fibras se divide y ramifica en muchos terminales, cada uno de los cuales contacta con una fibra a través de una estructura llamada "*Placa Motora*". Al conjunto formado por una motoneurona y las fibras musculares que inerva se le llama Unidad Motora (U. M).⁴³ El número de fibras que forman parte de la unidad motora es muy variable y depende del tipo de músculo, en músculos que ejercen poca fuerza y requieren movimientos muy precisos como los del rostro o de los dedos, el número de fibras de la unidad motora es muy pequeño incluso de una sola fibra inervada por la motoneurona, en otros músculos más grandes, que ejercen más fuerza y menor precisión el número de fibras unidad motora aumenta ⁴¹. Cada neurona motora espinal inerva sólo un tipo de fibra muscular, por lo que las fibras musculares de una unidad motora son del mismo tipo. Las unidades motoras se dividen en unidades lentas y rápidas. Las fibras lentas tienden a tener un índice de inervación bajo, o sea, unidades pequeñas y las fibras rápidas tienden a tener un índice de inervación alto o sea, unidades grandes ⁴¹. El reclutamiento de unidades motoras durante la contracción muscular no es aleatorio, sino que sigue un esquema general, el principio del tamaño. Todo inicia con la activación de las fibras lentas que se contraen despacio para producir una contracción controlada. Pasando luego a las fibras rápidas tipo IIA produciendo un efecto potente en un tiempo corto. Terminando con el reclutamiento de las fibras IIX destinadas a tareas más demandantes en cortos tiempo. Por supuesto que los reclutamientos de fibras se superponen, pero en general se cumple con este principio.⁴⁹

4.5 Tipos de fibras musculares.

Aunque en general las fibras del musculo esquelético se parecen entre sí, este es un tejido heterogéneo formado por diferentes tipos de fibras⁴¹. Hoy en día las fibras musculares se clasifican en función del tipo de miosina presente en la célula y la velocidad de acortamiento de la fibra.⁴⁹ Battinelli y Reggiani demostraron que estos dos parámetros están muy relacionados entre sí ya que es el tipo o isoforma de miosina en la fibra muscular es la principal determinante de la velocidad de contracción de la célula. La molécula de miosina se compone de seis proteínas dos de ellas reciben el nombre de cadena pesadas y las otras cuatro cadenas ligeras. Por esta razón el tipo o isoforma de las cadenas pesada de miosina (Myosin heavy Chain MHC) determina en mayor medida la velocidad de acortamiento de la fibra.⁵⁰ Técnicas histoquímicas inmunológicas y electroforéticas reconocen que en los seres humanos solo encontramos fibras tipo I, IIA, IIX. Las fibras tipo I presentan una Isoforma de cadena pasada de miosina MHC-B/schow cuya velocidad ATPasa es la de menor velocidad máxima dentro de las familias de las MHC.⁴⁹ Las fibras tipo I son las que más lento hidrolizan el ATP para contraerse, esto determina a su vez que la velocidad máxima de acortamiento de la fibra sea de menor dentro de los distintos tipos de fibras, por esta razón se les ha denominado fibras lentas. Las fibras lentas obtienen la mayor parte del ATP para la contracción del metabolismo aeróbico, es decir, de las vías metabólicas dependientes de la presencia de O₂ en la célula. Para disponer de un adecuado aporte de O₂ presentan elevas concentraciones de mioglobina que les permiten captar gran cantidad de O₂, que posteriormente se emplea para la oxidación de los sustratos energéticos a través del ciclo de Krebs y de la fosforilación oxidativa, poseen mitocondrias de gran tamaño en gran número en el sarcoplasma.⁵¹ Estas características las convierten en células bien adaptadas para la realización de ejercicios aeróbicos prolongados. Las fibras tipo II presentan una velocidad de contracción de tres a cinco veces mayor que las de tipo I.⁵² La velocidad de contracción de estas fibras está determinada por el tipo miosina. Las fibras tipo IIB son rápidas y su metabolismo es el más

glucolítico, las fibras tipo IIA serán las más lentas con características oxidativas en cambio los tipos IIX presentan características intermedias. Pueden presentar varias formas de cadenas pesadas de miosina, según Schiaffino y Reggiani son las denominadas MHC-2A, MHC-2B y MHC-2X. Por esta razón las fibras rápidas se subdividen en IIA, IIB, IIX no encontrándose en el ser humano las de tipo IIB⁴⁹. Las fibras tipo II poseen un retículo sarcoplasmático muy desarrollado almacenando Ca^{+2} en gran cantidad y liberándolo al sarcoplasma de forma rápida produciendo que sus miofibrillas se contraigan con rapidez, por esa razón se les denomina fibras rápidas. Las fibras den tipo II son más dependientes del glucolisis como fuente de energía por tanto poseen elevadas actividades glucolíticas y glucogenolíticas, con menor importancia relativa respecto al metabolismo oxidativo. En las fibras rápidas podemos obtener una respuesta rápida y con mayor tensión cuando se activan, aunque debido a su metabolismo son más rápidamente fatigables. Así pues, parecen particularmente adaptadas a participar en actividades físicas breves e intensas.⁵²

4.6 Contracción muscular.

La contracción muscular ocurre cuando las cabezas del miofilamento grueso Miosina se unen al miofilamento delgado Actina.⁴¹ Una vez ocurrida la despolarización, se libera Calcio del Retículo Sarcoplásmico el cual se une al complejo Troponina-Tropomiosina, esta unión induce al debilitamiento de la Troponina con la Actina y expone el sitio de unión de la actina para la Miosina a fin de permitir la formación de puentes cruzados, permitiendo de este modo la unión entre la Actina y las cabezas de la Miosina que cambian su conformación girando y moviendo la Actina.⁴¹ Esta unión genera una disminución en la longitud de la Sarcomera lo que se denomina contracción muscular. Luego ocurre la repolarización donde el Calcio libre vuelve al Retículo Sarcoplásmico cesando la acción química entre actina y miosina por su parte el ATP se une con a un nuevo sitio expuesto e induce la separación del filamento de actina luego el ATP se Hidroliza en ADP y fosfato inorgánico este proceso vuelve a erguir la cabeza de Miosina. Esta conformación es denominada relajación muscular.^{41, 43}

5. La facultad de prensión de la mano.

Esta facultad de prensión, la mano del hombre la debe a su arquitectura que le permite tanto una amplia apertura, como un cierre sobre si misma o en torno a un objeto. Cuando está ampliamente abierta, la mano, en visión anterior, presenta su palma en J, a continuación de la muñeca y articulada con los cinco dedos; esta cara anterior también denominada cara palmar. En el centro, la palma está hueca, lo que le permite alojar objetos más o menos voluminosos. El hueco de la mano está bordeado claramente por dos eminencias o prominencias convexas: por fuera, la más voluminosa, la eminencia tenar, que constituye la base del pulgar, y, por dentro, la eminencia hipotenar, menos prominente, como su nombre indica, formando el borde interno cubital de la mano y en cuyo extremo distal se localiza el más pequeño de los cinco dedos, el dedo meñique, separado del dedo anular por la cuarta comisura.

5.1 Tipos de prensión.

La compleja organización anatómica y funcional de la mano converge en la prensión; sin embargo, no existe un solo tipo de prensión, sino varios que se clasifican en tres grandes grupos: las presas propiamente dichas que también pueden denominarse pinzas, las presas con la gravedad y las presas con acción.

5.2 La prensión propiamente dicha.

Las presas o pinzas propiamente dichas se clasifican en tres grupos: las presas digitales, las presas palmares, las presas centradas. No necesitan la participación de la gravedad.

5.3 Las presas palmares.

Las presas palmares hacen intervenir, además de los dedos, la palma de la mano. Son de dos tipos según se utilice o no el pulgar.

5.4 La prensión palmar con la totalidad de la mano o la totalidad de la palma.

Es la prensión de fuerza para los objetos pesados y relativamente voluminosos. Un término antiguo y poco usado, el puño, es idóneo para denominar este tipo de presa y merece que se le atribuya este honor, en referencia al término inglés “*Grasp*”. La mano se enrolla literalmente en torno a objetos cilíndricos (ANEXO 1 Fig.1); el eje del objeto adopta la misma dirección que el eje de la corredera palmar, es decir, oblicuo desde la base de la eminencia hipotenar a la base del índice. En relación a la base de la mano y del antebrazo, esta oblicuidad se corresponde con la inclinación del cayado de las herramientas que forma un ángulo de 100 a 110°. Es sencillo constatar que puede compensarse con más facilidad un ángulo muy abierto (120 a 130°) gracias a la inclinación cubital de la muñeca, que un ángulo muy cerrado (90°), ya que la inclinación radial es bastante menos amplia. El volumen del objeto que se coge condiciona la fuerza de la prensión: es óptima cuando el pulgar puede contactar (o casi) con el dedo índice. De hecho, el pulgar constituye el único tope que se opone a la fuerza de los otros cuatro dedos, y su eficacia es tanto mayor cuanto más flexionado esté. El diámetro de los cayados y de los mangos de las herramientas depende de esta constatación.

La forma del objeto que se coge tampoco es indiferente y en la actualidad se fabrican empuñaduras que contienen las huellas de los dedos.⁵³ (ANEXO 1 Fig.1).

5.5 Los Principales músculos necesarios para este tipo de prensión

- Los músculos flexores superficiales y profundos de los dedos y sobre todo los músculos interóseos para la flexión potente de la primera falange de los dedos.
- Todos los músculos de la eminencia tenar, sobre todo el musculo aductor corto del pulgar y el musculo flexor largo del pulgar para bloquear la presa gracias a la flexión de la segunda falange.⁵³

Flexor superficial de los dedos (ANEXO 2, Fig.2).

- Origen porción humeral: tendón del flexor común en la epitroclea del humero, ligamento lateral cubital de la articulación del codo y fascia antebraquial profunda.
- Origen de la porción cubital: borde de la proceso coronoides.
- Origen de la porción radial: línea oblicua del radio.
- Inserción: mediante cuatro tendones en los bordes de las falanges medias del segundo al quinto meta.
- Acción: flexiona las articulaciones interfalángicas proximales del segundo al quinto dedo y ayuda la flexión de las articulaciones metacarpofalángicas y a la flexión de la muñeca.
- Inervación: mediano C7-C8-T1.⁵⁴

Musculo flexor profundo de los dedos (ANEXO 2, Fig.2).

- Origen: superficies anterior e interna de los tres cuartos proximales del cubito, membrana interósea y fascia ante braquial.
- Inserción: por medio de cuatro tendones en la superficie anterior de las base de las falanges distales.
- Acción: flexiona las articulaciones interfalángicas del dedo índice medio anular y meñique ayuda a la flexión de las articulaciones interfalángicas y metacarpo/falángicas, puede ayudar a la flexión de la muñeca.
- Inervación para los profundos I y II: Nervio Mediano, C7,8,T1
- Inervación para los Profundos III y IV: Cubital C7,8, T1.⁵⁴

Músculos interóseos dorsales (ANEXO 3, Fig.3).

Origen:

- Primero porción lateral: mitad proximal del borde cubital del primer metacarpiano.

- Primero porción medial: borde radial del segundo metacarpiano.
- Segundo, tercero y cuarto: borde adyacentes de los metacarpianos en cada interespacio.
- Inserciones: en la expansión extensora y en la base de la falange proximal de la siguiente forma:
- Primero: borde radial del dedo índice, principalmente en la base de la primera falange.
- Segundo: borde radial del dedo medio.
- Tercero borde cubital del dedo medio principalmente en la expansión extensora.
- Cuarto: borde cubital del anular hasta 3er dedo, ayuda a la flexión de la articulación metacarpofalángica.
- Inervación: Nervio cubital C8,T1.⁵⁴

Músculos interóseos palmares (ANEXO 3, Fig.3).

Orígenes:

- Primero: borde cubital de la base del primer metacarpiano
- Segundo: borde cubital del segundo metacarpiano.
- Tercero borde radial del cuarto metacarpiano.
- Cuarto: borde radial del quinto metacarpiano.
- Inserciones: principalmente en la expansión extensora del dedo respectivo, con posible inserción en la base de la falange proximal, en la forma siguiente:
- Primero: borde cubital del pulgar
- Segundo: borde cubital del índice
- Tercero: borde radial del anular.
- Cuarto: borde radial del meñique.
- Acción: Producen la aducción de los dedos pulgar, índice, anular, y meñique hacia la línea axial a través del tercer dedo. Ayuda a la flexión de las articulaciones metacarpofalángicas y a la extensión de las articulaciones interfalángicas de los tres dedos.

- Inervación: Nervio cubital C8,T1.⁵⁴

Músculo aductor del pulgar (ANEXO 4, Fig.4).

- Origen fibras oblicuas: hueso grande y bases del segundo y tercer metacarpianos.
- Origen de las fibras transversas: superficie palmar del tercer metacarpiano
- Inserción: la porción transversa en el borde cubital de la base de la falange proximal del pulgar y la porción oblicua en la expansión extensora.
- Acción: produce la aducción de la articulación carpometacarpiana y de las articulaciones metacarpofalángicas, ayudando también en la flexión de estas, así el pulgar se mueve hacia el plano de la palma de la mano. Ayuda a la oposición del lugar hacia el meñique. Por su inserción de las fibras oblicuas en la expansión extensora puede ayudar a extender la articulación interfalángica.
- Inervación: Nervio Cubital C8,T1.⁵⁴

5.6 Biomecánica de la Mano/Prensión.

El acto motor en la medición dinamométrica es una prensa cilíndrica con la totalidad de la mano. Se realiza en un primer momento una contracción isotónica de los músculos extrínsecos e intrínsecos de la mano y luego una contracción isométrica de los mismos. En la realización del puño los dedos están flexionados, incluido el pulgar. Los músculos que están activados son el flexor común profundo de los dedos, el flexor común superficial de los dedos, el flexor largo del pulgar y músculos de la mano como los músculos de la eminencia tenar (flexor corto del pulgar, aductor del pulgar y oponente del pulgar), de la hipotenar (flexor corto del 5° dedo) los interóseos y los lumbricales. La musculatura extrínseca se ocupa en proporción al esfuerzo que se desee realizar, y los intrínsecos más bien ajustan la posición de los dedos.⁵⁵

El flexor común profundo realiza la flexión de las articulaciones IFD del 2° 3° 4° y 5° dedo. El flexor común superficial realiza la flexión de las articulaciones IFP de

estos mismos dedos. El flexor largo del pulgar realiza la flexión de la articulación IF. El flexor corto del pulgar realiza la flexión de la articulación MCF del pulgar. Asistiendo la oposición. El oponente del pulgar realiza la acción que dice su nombre, es decir un movimiento combinado de flexión del MTC y rotación medial de este. El flexor corto del 5° dedo realiza la flexión de la articulación MCF de este dedo. Los músculos interóseos son flexores abductores-aductores de la articulación MCF y rotadores de las falanges para ajustar el movimiento. Los músculos lumbricales son flexores de las articulaciones MCF del 2° al 5° dedo. En resumen, los músculos extrínsecos de los dedos originados en el antebrazo inician la fuerza, los músculos tenares e interóseos rotan las falanges y flexionan las MCF y los lumbricales flexionan las MCF.⁵⁶

Los nervios medianos y ulnar son los que controlan la ejecución de los músculos intrínsecos de la mano. Con una pérdida de los músculos interóseos, músculos de la eminencia tenar e hipotenar, ocurren grandes deficiencias en la fuerza total de la mano. Por ejemplo, con un bloqueo del nervio mediano por el lado ulnar del tendón del músculo palmar largo a nivel del pliegue distal de la muñeca, la fuerza de puño muestra una disminución de un 32% en la fuerza total. Con un bloqueo del nervio ulnar bajo el tendón del músculo flexor ulnar del carpo a nivel distal del antebrazo, la disminución de la fuerza es un 38%. La pérdida total de la fuerza cuando ambos nervios están bloqueados es un 45%.⁵⁶

El nervio radial no participa en la inervación motora intrínseca de la mano, pero sí en la extrínseca. Es el encargado de inervar los músculos que facilitan la extensión de la muñeca y los dedos. La disfunción de este nervio afectará indirectamente a la fuerza de puño. Una lesión del nervio radial causa una caída de la mano (mano en gota) cambiando la posición de la muñeca y las longitudes funcionales de los tendones flexores de los dedos, lo que impide una prensa eficaz con la mano. Además, una disfunción de los músculos extensores de la mano creará un desbalance muscular entre estos y los músculos flexores, lo que se traduce en una capacidad de prensa disminuida. Al realizar la presión existen diversas sinergias musculares. La inclinación cubital entre 0° a 15° se

logra mediante la contracción del músculo cubital anterior, con lo que se logra una mayor potencia, al aumentar el brazo de palanca en un eje longitudinal. La posición de ligera extensión de la muñeca se logra gracias a un sinergismo entre el primero y segundo radial externo con los músculos profundos y superficiales de los dedos, optimizando así la acción de los flexores y constituyendo una posición funcional. Cuando la mano realiza la presión de un objeto las fuerzas compresivas se transmiten de distal a proximal transmitiéndolas hacia el antebrazo a través del carpo. Estas fuerzas son consecuencia de la carga externa que se transmite entre los metacarpianos y como resultado de la acción de los distintos músculos y ligamentos necesarios para lograr la estabilidad.⁵⁷

6. Dinamometría.

Es la técnica que tiene por objetivo la medición y valoración de fuerza en función de la frecuencia y el tiempo mediante criterios, estándares y normas.⁵⁸ La dinamometría es la cuantificación de la fuerza de los grupos musculares, del trabajo y la potencia muscular en cada posición.⁵⁹

6.1 Tipos de Dinamometría.

La dinamometría puede ser isométrica, dinámica e isocinética:

- **Isométrica:** aquí valora la fuerza isométrica máxima en distintas posiciones articulares.
- **Dinámica:** Puede ser concéntrica o excéntrica, aunque en la mayoría de los estudios se ha utilizado contracciones concéntricas, la excéntrica también es atrayente por su mayor utilidad en las actividades cotidianas.
- **Isocinética:** aquí la velocidad es constante y predeterminada y la fuerza que opone el aparato va variando con la posición, que es igual a la fuerza máxima que puede realizar el músculo a esa velocidad y en cada posición.

Existen dinamómetros específicamente diseñados para cada articulación, por ejemplo, dinamometría manual, lumbar, para medir la fuerza de la espalda y para medir la fuerza de las piernas.⁶⁰

- **Dinamometría manual:** su objetivo es medir la potencia muscular (fuerza estática) de los músculos flexores de los dedos y el antebrazo. La dinamometría de presión manual es un parámetro que mide la fuerza muscular estática máxima. Se considera una característica interesante para valorar el rendimiento físico.⁶¹

La dinamometría comúnmente estudia más la fuerza de presión de los dedos de la mano por la facilidad en obtener la medida. Se expresa en kilos y ha sido, desde hace tiempo, observada en niños y adolescentes en relación con medidas antropométricas como talla, edad y peso, con fines de estudio de desarrollo.⁶²

6.2 Clasificación de los sistemas de dinamómetro.

- **Sistemas pasivos:** utilizan sistemas de freno mecánico, magnético, hidráulico o eléctrico para disipar la fuerza y pueden utilizarse en ejercicios isométricos o isotónicos.
- **Sistemas activos:** disparan la fuerza producida por una persona o producen fuerza para trabajar sobre la persona. Utilizan un impulsor hidráulico como fuente generadora de trabajo positivo.⁶³

6.3 Ventajas y Desventajas de la dinamometría.

- **Ventajas:** La principal ventaja de esta prueba es que es muy simple y se puede hacer casi en cualquier lugar, el equipo de él (dinamómetro) es pequeño. Estos tipos de equipos son de bajo costo, lo que permite un fácil acceso a ellos.

- **Desventajas:** El dinamómetro tiene una función de ajuste del tamaño de la mano lo que significa que el resultado sólo será correcto si se establece en el tamaño correcto, sin embargo, nunca se sabe si se ajusta inadecuadamente.⁶⁴

6.4 Protocolos de dinamometría.

Dentro de las consideraciones generales en la medición de dinamometría manual se recomienda una flexión de codo a nivel de 90°⁶⁵ (Mathiowetz y cols.).

Muñeca en posición neutra (en extensión entre 0° a 30° y con una desviación ulnar de 0° a 15°)⁶⁶ (O'driscoll y cols.).

Sujeto en posición sentado, con la espalda y los pies adecuadamente apoyados. La posición del miembro superior se fijó de acuerdo con los siguientes lineamientos: "El hombro aducido y rotado neutralmente, el codo flexionado a 90°, el antebrazo en posición neutra y la muñeca entre 0 y 30 grados de extensión y entre 0° y 15° de desviación lunar. En ninguno de los casos el brazo es apoyado en superficie alguna. El dinamómetro debe ser presentado en posición vertical, y paralelo al antebrazo"

Durante la prueba, se instruyó al paciente para ejercer la fuerza máxima sobre el dinamómetro. La medición se realizó 3 veces (Innes E. 1999).⁶⁷

7. Variables que afectan la fuerza.

La fuerza que produce un músculo puede estar influenciada por diversas variables como lo pueden ser los factores neurales, los ambientales (como la temperatura del músculo), la fatiga muscular, la edad, el crecimiento, entre otros.⁶⁸

Según lo anterior se ha observado que un único potencial de acción generado a partir de una sola motoneurona alfa no puede proporcionar a su unidad motora una señal gradual para generar su activación motora; ya que sabemos que cada

potencial de acción obedece a la teoría del «todo o nada». Sin embargo, cuando se reclutan suficientes unidades motoras, el músculo puede ser capaz de contraerse de manera visible. Esto quiere decir que para que el músculo genere un mayor nivel de fuerza es necesario que aumente el número o la frecuencia de los potenciales de acción que llegan a través de los axones, o el reclutamiento de más unidades motoras lo que va a influir en la fuerza muscular que este ejerza.⁸

Otro factor que afecta la fuerza muscular es la relación longitud-tensión, que es una de las propiedades biomecánicas de los músculos. Al generarse la contracción muscular, existe un rango medio en donde el músculo debido a la interacción de la actina y la miosina puede formar el mayor número de puentes cruzados. Este rango medio se traduce en la longitud óptima a la cual el músculo puede generar la mayor cantidad de fuerza o tensión.⁸

Las alteraciones del tono como por ejemplo la hipotonía genera que la activación de las unidades motoras sea insuficiente para prepararse para el movimiento o para mantener la posición. Esto trae como consecuencia que exista dificultad para desarrollar suficiente fuerza para mantener la postura o realizar un movimiento.⁸

Como efectos ambientales que actúan como determinantes de la función muscular tenemos la temperatura (la cual incluye el frío y el calor), pero aplicada a través de estrategias terapéuticas. El frío como método de Crioterapia tiene variados efectos sobre la función neuromuscular como la alteración de la fuerza muscular en donde se ha visto tanto un aumento como una disminución de esta dependiendo del tiempo de aplicación del estímulo térmico y de la actividad de las motoneuronas alfa. Por otro lado, tenemos el calor como método de Termoterapia en donde se ha visto que su aplicación prolongada (30 minutos) genera una disminución de la fuerza y la resistencia muscular, lo que se cree que es producto de cambios en la frecuencia de descarga de las neuronas.⁸

Otro factor es la fatiga muscular la cual se caracteriza por generar una disminución de la capacidad del esfuerzo o rendimiento de la persona y una

disminución de la capacidad para generar una fuerza muscular máxima. A esto se le suman los mecanismos metabólicos donde un descenso en la energía como la acumulación de metabolitos pueden provocar una disminución en la fuerza muscular y por consiguiente la aparición de fatiga.⁶⁸

En cuanto al crecimiento, este genera un aumento en la fuerza durante el desarrollo lo cual va de la mano con el incremento de la masa muscular, esto debido a que las fibras musculares crecen en longitud y aumentan su diámetro, hasta más menos 50mm, lo que corresponde a un valor medio en un adulto. En términos generales la fuerza máxima es alcanzada a los 20 años en las mujeres y entre los 20 y los 30 en los hombres. En relación al desarrollo del sistema nervioso se ha observado que el rendimiento de los músculos en cuanto a las actividades de fuerza depende de su maduración, siendo esta alcanzada después de 20 a 30 años de desarrollo.⁶⁸

El envejecimiento propiamente tal comienza entre los 60 a 65 años y trae consigo diversos factores que afectan la fuerza muscular, dentro ellos está la reducción de la capacidad del sistema neural para generar fuerza explosiva, la disminución de la masa muscular o sarcopenia y la reducción de los mecanismos que están involucrados en la contracción del músculo, lo que se ve reflejado en el descenso de la cantidad y calidad de actividad física realizada. Al cumplir los 60 años comienza a existir una reducción paulatina de la fuerza máxima de la persona, la que suele ser de un 30 a un 40%. Además, con el envejecimiento se puede generar una modificación en las aferencias sensitivas, retrasos en la estimulación y conducción de la señal nerviosa a los músculos junto con una respuesta apropiada y una alteración en los patrones de reclutamiento muscular.⁶⁸

8. Teorías que sustentan la investigación.

Algunos artículos de la década de los años 70, señalan que la crioterapia produce facilitación o activación de la alfa motoneurona, a pesar de que esta idea se utilizaba en el campo de la neurología, podría ser interesante pensar en aplicarla

en el campo de la traumatología, pensando en la activación de los músculos antes de iniciar movimientos o realizar ejercicios, sin embargo, se piensa que la corta aplicación de frío con la técnica “*quick icing*” facilita la actividad de la alfa motoneurona aumentando el tono y la contracción muscular, de esta manera se podría aumentar la activación muscular.^{8,31}

La fuerza de contracción de un músculo puede ser alterada no solo con cambios en la señal de los husos musculares dentro de ese músculo en particular, sino también por cambios en el input de la piel que se encuentra sobre el músculo y de articulaciones en donde actúa ese músculo (Hagbarth, 1952). Los fisioterapeutas a menudo intentan facilitar la activación muscular en pacientes con déficits neuromusculares usando el enfriamiento para cambiar la temperatura de la piel del paciente.

El enfriamiento prolongado con hielo de una región de la piel ha demostrado alterar la temperatura de un músculo que se encuentra debajo de esta (Lowdon et al 1977) y la inmersión completa de una extremidad en un baño de hielo durante periodos prolongados tiene efectos similares (Clarke et al 1958). En sujetos normales y en pacientes, esos fenómenos de enfriamiento se han visto acompañados en un aumento de la contracción muscular (Urbscheit et al 1970).

Sin embargo, el “*Quick Icing*” dos o tres aplicaciones con hielo en la piel donde se encuentra el vientre muscular – se utiliza con frecuencia en clínica como una técnica facilitadora. Informes verbales de fisioterapeutas indican que usan este procedimiento ya que es simple, seguro y un medio efectivo para producir aumentos en la contracción muscular.

Las técnicas específicas de facilitación usadas en tratamientos pueden ser variadas, el “*Quick Icing*” con el método de Rood se puede dividir dependiendo de las fibras a las cuales se quiere estimular.

Para la estimulación de las fibras A (motoras) se aplica hielo en la piel en 3 barridos rápidos, el agua derretida producto del contacto del hielo con la piel se

va secando entre cada aplicación. Esto produce la facilitación de la actividad muscular producto de un aumento en la descarga de la motoneurona A- alfa.

Para la estimulación de las fibras C (dolor) se aplica un cubo de hielo en la piel y se presiona en el mismo dermatoma asociado al músculo que queremos estimular, la respuesta puede tardar hasta 30 min. Esto facilita las respuestas posturales mantenidas.

V. Diseño metodológico

1. Tipo de estudio

Estudio experimental, tipo Ensayo clínico aleatorizado (ECA)

2. Población de estudio

El estudio abarca a los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Rehabilitación de las carreras de Kinesiología, Terapia Ocupacional y Fonoaudiología de la Universidad Andrés Bello, Casona Las Condes.

3. Aspectos éticos de la investigación

El estudio fue aprobado por el comité de ética del Servicio de Salud Metropolitano Oriente, para velar que se cumplan todas las normas bioéticas en el trabajo. Se aplicó un consentimiento informado sobre lo realizado en el estudio por contener datos personales y por la aplicación de intervenciones sobre seres humanos.

4. Variables

1. Definición operacional de las variables

- **Fuerza de máxima prensión:** Fuerza máxima en kilogramos evaluada a través de la prueba de dinamometría manual al momento de realizar una prensión. Los valores de fuerza se registrarán en una tabla Excel mostrando

los datos en kilogramos evaluado. (Se utilizará el dinamómetro manual marca Dynatron®) (ANEXO 5)

- **Quick Icing:** Se realizaron 3 aplicaciones a través de copas de hielo sobre la región ventral del antebrazo dominante del grupo experimental.
- **Frío prolongado:** Se aplicó a través de una bolsa de hielo (Ice bag), colocada sobre la cara ventral del antebrazo dominante por un tiempo de 5 minutos
- **Intervención control:** Grupo que se le aplicó una bolsa de hielo vacía por un tiempo de 5 minutos

2. Definición del tipo de variable

- **Fuerza de prensión:** Variable dependiente, cuantitativa, de razón.
- **Quick Icing:** Variable independiente, cualitativa, nominal.
- **Frío prolongado:** Variable independiente, cualitativa, nominal.

3. Marco conceptual

- Quick Icing o enfriamiento rápido: Aplicación breve de frío, por un tiempo de hasta 30 segundos, en una superficie corporal que busca favorecer la activación del sistema nervioso para producir aumento de su excitabilidad.
- Frío prolongado: Aplicación prolongada de frío, por al menos 5 minutos o más, en una superficie corporal que busca disminuir la activación del sistema nervioso reduciendo la velocidad de conducción nerviosa.

VI. Materiales y métodos

1. Selección y tamaño la de muestra

Los participantes del estudio fueron seleccionados intencionalmente mediante la aplicación de una encuesta con preguntas cerradas. Dicha encuesta permitió elegir a los participantes a partir de los criterios de selección propuestos en el

trabajo. El número de participantes que conformaron la muestra fueron tomados por conveniencia de los investigadores.

Criterios de inclusión:

- Estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Rehabilitación de Universidad Andrés Bello.
- Mayores de 18 años.
- Sin patologías musculo esqueléticas de la extremidad superior dominante en los últimos 6 meses.

Criterios de exclusión

- Presencia de dolor o molestia en la realización de prensión manual.
- Intolerancia al frío.
- Patologías como Crioglobulinemia, Enfermedad de Raynaud o Hemoglobinuria paroxística por frío.
- Enfermedades reumatoideas como Lupus Eritematoso Sistémica, Mieloma múltiple o Artritis Reumatoide.
- Reacciones adversas al test del cubo de hielo (prueba positiva).
- Materiales de osteosíntesis o endoprótesis en el miembro superior dominante.

El total de encuestas realizadas fue de 147, de los cuales 35 fueron excluidas; 2 por prueba del cubo de hielo positivo y 33 por tener uno o más criterios de exclusión en la encuesta, finalmente 112 participantes fueron intervenidos en distintos grupos:

- Quick Icing: 36
- Frío prolongado: 40
- Control: 36

2. Procedimientos

2.1 Test del Cubo de Hielo

- a) Sujeto Sedente.
- b) Hombro aducido sin rotación.
- c) Codo flexionado en 90°. Esto se asegurará mediante una férula.
- d) Antebrazo en supinación.
- e) Colocación de un cubo de hielo en la cara ventral del antebrazo opuesto durante un tiempo de 5 minutos.
- f) Se observa respuesta indeseada dentro de los 10 minutos posteriores a la prueba. Estas respuestas pueden incluir: urticaria, aparición de flictenas, intolerancia al frío, eritema profuso o dolor.

2.2 Protocolo de Presión Palmar

- a) Sujeto Sedente.
- b) Hombro aducido sin rotación.
- c) Codo flexionado en 90°. Esto se asegurará mediante una férula.
- d) Antebrazo en pronosupinación neutra.
- e) Muñeca en posición neutra, esto es, extensión entre 0 y 30°, con desviación ulnar de 0 a 15°.
- f) Presión palmar en 3 intentos, registrando el mejor valor de Fuerza máxima obtenida al realizar la maniobra.

Tiempo de reposo entre cada intento 60 segundos, esto se realiza para la recuperación de ATP en músculos⁷⁰.

3. Plan de análisis

Fueron designadas tres etapas para la conducción del estudio:

La etapa 1: "Muestreo", consistió en la aplicación de la encuesta a los estudiantes de los diferentes niveles de las tres carreras de la facultad. Luego se analizó la información recopilada realizando un primer filtro en la selección de los potenciales participantes. Este filtro está dado por las preguntas de la encuesta que reflejan los criterios inclusivos y exclusivos. A los seleccionables e interesados en participar se les explicó la finalidad de la investigación y se les solicitó su consentimiento de participación por escrito. La etapa 1 tuvo una duración de tres semanas, siguiendo la planificaron propuesta en la carta Gantt.

La segunda etapa del diseño, denominada "Etapa de Evaluación", tuvo una duración de dos semanas. Consistió en la realización de la prueba del cubo de hielo siguiendo el protocolo establecido. Esto permitió aplicar un segundo filtro de los sujetos seleccionables y que accedieron a participar consentidamente, y que no se excluyeron a partir de la encuesta de selección. Seguidamente se realizó una valoración de la capacidad de los participantes para realizar prensión manual indolora. De este modo la etapa 2 fue una instancia de segundo filtrado de selección de los participantes, para contar con las personas que conformarán finalmente los grupos de trabajo del estudio.

La etapa 3, denominada "Etapa de experimentación", contó con una duración de ocho semanas. Los participantes se distribuyeron conformando tres grupos de trabajo, un grupo denominado "*Enfriamiento rápido*", otro grupo denominado "*Frío prolongado*" y un tercer grupo denominado "*Control*". La designación para cada grupo fue previamente realizada por un proceso de aleatorización simple mediante una tabla de números aleatorios a través del programa Microsoft Excel® y estuvo a cargo del director del estudio. De este modo cada participante fue rotulado con un número e incluido en un grupo específico. Este proceso de aleatorización minimiza el sesgo de selección. El director será el único que cuente con el listado numerado de los participantes de cada grupo. A partir de este

proceso de randomización se establecerán los grupos de trabajo, esto es, “Enfriamiento rápido”, “Frío prolongado”, y “Control”. Una vez conformado los tres grupos, un evaluador 1 registrará las características demográficas de cada participante. Este registro incluirá datos como; edad, índice de masa corporal (IMC), género. Esta información será extraída a partir de la encuesta de selección de los participantes que conformarán los grupos.

El análisis de estos datos determinó la homogeneidad de los grupos para establecer las comparaciones. El evaluador 2, que desconoce a que grupo pertenece cada participante, registró la fuerza de prensión palmar máxima de la extremidad dominante de cada individuo. La fuerza de prensión palmar máxima fue evaluada siguiendo el protocolo propuesto en el diseño utilizando la prueba de dinamometría manual, registrándose la fuerza de los sujetos medida en kilogramos (Kg). El evaluador 2 solicitó tres ejecuciones dentro de un tiempo de 15 segundos dejando un intervalo de descanso de 60 segundos entre cada intento, según el protocolo propuesto por los investigadores, basado en el trabajo de Watanabe y cols.⁷⁰

El evaluador 2 tabuló los valores de las tres ejecuciones en una planilla Excel[®] marcando el mejor valor de fuerza de prensión palmar máxima que fue consignado como la fuerza máxima “pre”. Seguido del proceso de evaluación de fuerza de prensión palmar, el director derivará a cada participante al grupo de intervención que le corresponda, es decir, grupo de “Enfriamiento rápido”, grupo de “Frío prolongado” o “Control”. En el laboratorio se establecieron tres boxes de trabajo, uno para cada procedimiento de intervención. Los interventores solo tuvieron contacto con los sujetos que pertenecen a su grupo de trabajo, sin conocer a los participantes de los otros grupos, con esto se logrará establecer el doble ciego evitando el sesgo de intervención. Cada participante estará 7 minutos en su respectivo box de trabajo. El primer minuto del tiempo contemplado se utilizó para la instalación de cada individuo, dejando los 6 restantes para la aplicación del procedimiento. El protocolo de instalación es posicionar a la persona en sedente, apoyando el antebrazo dominante sobre una mesa dejando

visible la cara ventral del segmento. Los sujetos del grupo “Enfriamiento rápido” fueron sometidos a la aplicación de frío sobre la cara ventral del antebrazo dominante por un tiempo de 30 segundos, utilizando la técnica de copas de hielo de forma dinámica. Los participantes aguardaron en el box 6 minutos antes de la intervención terapéutica. El procedimiento de enfriamiento rápido fue aplicado desde el minuto 6 por el tiempo descrito anteriormente. El grupo de “Frío prolongado” recibió la intervención de “Bolsa de hielo” por un periodo de 5 minutos y medio, a partir del minuto 1, sobre la cara ventral del antebrazo dominante. La “Bolsa de hielo” pesó 700 gramos. El grupo “Control” recibió una aplicación placebo mediante una “Bolsa de hielo” vacía. La bolsa aplicada desde el minuto 1 al minuto 6 y medio, al igual que el grupo de frío prolongado. Luego de los 7 minutos los individuos de cada grupo volvieron a la estación de dinamometría donde el evaluador 2 registró nuevamente la fuerza de presión palmar del segmento dominante tabulando en su planilla Excel el mejor registro de los tres intentos posibles. Esto permitió obtener el valor de fuerza máxima “post” de las personas de cada grupo.

Completado la “Etapa de experimentación” se procedió a la etapa 4 denominada “Análisis de Datos”, la cual duró 3 semanas donde se realizó el ordenamiento de los datos, desarrollo de la estadística descriptiva e inferencial. La estadística descriptiva para la variable fuerza muscular isométrica máxima pre y post, fue a partir de promedios intragrupo e intergrupos. Las variables secundarias de edad e IMC fueron descritas en función de promedio y desviación estándar. La variable secundaria género fueron descrita en función de frecuencias y Porcentajes. Para representar la estadística descriptiva de la variable fuerza máxima, se utilizó un gráfico de cajas, donde se muestran las medianas. Para cada variable se aplicó la prueba estadística de Shapiro-Wilk para determinar la distribución de normalidad de estos datos, y de este modo valorar si existen diferencias significativas de estos parámetros. Para hacer este análisis se utilizará el programa STATA ® V 13.0, 2013. Según se obtuvo distribución normal o no normal de los datos se utilizó la prueba estadística de Anova o Kruskal-Wallis Los resultados obtenidos a partir de estas pruebas estadísticas permitieron la

confección de la tabla 1, la cual reflejará los datos iniciales de los participantes de cada grupo. Siguiendo el marco de la estadística inferencial se procedió a comparar las diferencias de fuerzas isométricas máximas pre y post intragrupo e intergrupo. Una vez hecho el análisis estadístico, se consideraron dos semanas para análisis de los resultados y planteamiento de una discusión en torno a ellos.

3.1. Hipótesis estadística

- H0: El grupo que se le aplicará QI variará fuerza comparado con los grupos control y frío prolongado.
- H1: El grupo que se le aplicará QI no variará la fuerza comparado con los grupos control y frío prolongado.

VII. Resultados

Los resultados obtenidos se describirán primeramente las variables secundarias de la población estudiada, como edad, sexo, talla, etc., luego el análisis de la variable primaria diferencia de fuerza de prensión palmar entre los tres grupos evaluados. El universo total fue de 147 encuestas, de los cuales participaron 112 personas en este estudio.

Los datos estadísticos arrojados por el programa STATA® al analizar la diferencia de fuerza máxima entre los grupos estudiados, indican que no hay diferencias significativas de fuerza máx. (pre-post) en los participantes tomados en conjunto. Los valores resultantes de las otras variables en los distintos grupos no son significativos (TABLA 2).

Se incluye un gráfico de cajas donde se puede visualizar el resultado de la diferencia de fuerza, de los participantes en los distintos grupos evaluados en este estudio.

Tabla 1. Descripción de variables secundarias medidas del grupo intervenido

Variable	Frio prolongado		Quick Icing		Control		Valor - P
Genero	Frecuencia	(%)	Frecuencia	(%)	Frecuencia	(%)	
Masculino	22	38,6	18	31,6	17	29,8	0,788
Femenino	18	32,73	18	32,73	19	34,54	
Edad	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS	0,817
Total	22,5	2,1	22	1,6	22,3	2,4	
Peso	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS	0,703
Total	69,7	11,4	70,02	14,2	68,6	15,5	
Talla	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS	0,6743
Total	1,68	0,1	1,69	0,1	1,67	0,1	
IMC	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS	0,5918
Total	24,6	3,4	24,29	4,1	24,27	4,9	

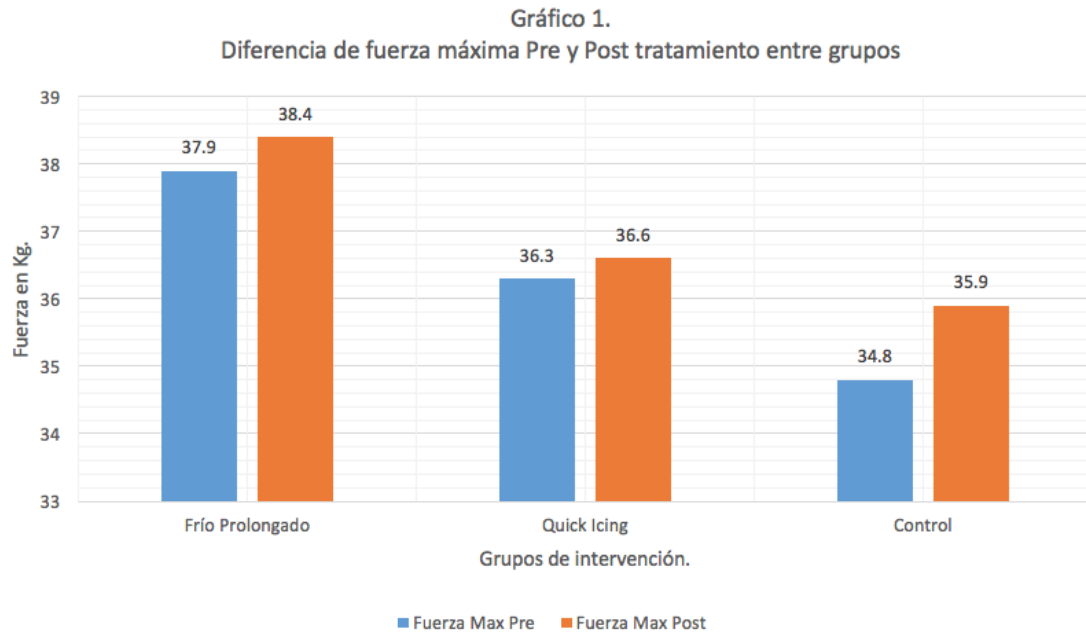
Tabla1: Descripción general de las variables de los sujetos de estudio. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los grupos. * frec (%)=frecuencia (porcentaje); ** DS= Desviación estándar. El grupo 1 corresponde al grupo de pacientes que se realizó la intervención con frío prolongado utilizando una bolsa de hielo de 700 gr durante 5 minutos. El grupo 2 corresponde al grupo de pacientes que se realizó la intervención placebo con una bolsa sin hielo durante 5 minutos. El grupo 3 corresponde al grupo de pacientes a los cuales se les realizó la intervención de enfriamiento rápido (Quick Icing) con el protocolo de Rood. El p-valor de la variable género y edad fue realizado mediante la prueba estadística de chi cuadrado.

Tabla 2. Descripción de las variables primarias medidas del grupo intervenido

Variable	Frio prolongado		Quick Icing		Control		Valor - P
	Promedio	DS	Promedio	DS	Promedio	DS	
Fuerza máx. pre	37,9	10,1	36,3	13,8	34,8	11,1	0,3565
Fuerza máx. post	38,4	10,1	36,6	14,3	35,9	11,6	0,3722
Diferencia de fuerza	0,51	2,72	0,3	2,55	1,09	3,73	0,3935

Tabla 2. Los resultados revelan que no existen diferencias significativas entre los grupos Fuerza máxima pre, Fuerza máxima post y Diferencia de fuerza para todos los grupos de estudio. El p-valor de la variable Fuerza máxima pre y Fuerza máxima post fue realizado mediante la prueba de K. Wallis. La fuerza está medida en Kg.

Gráfico 1. Diferencia de fuerza máxima Pre y Post tratamiento entre grupos



El gráfico de diferencia de fuerza máxima pre y post demuestra que para el grupo de frío prolongado la fuerza aumento de un promedio de 37.9 a 38.4 kg, para el grupo de *Quick Icing*, de 36.3 a 36.6 kg y por último, para el grupo control se observa el mayor delta de fuerza desde 34.8 a 35.9 kg.

Gráfico 2. Diferencias de fuerza entre los grupos evaluados

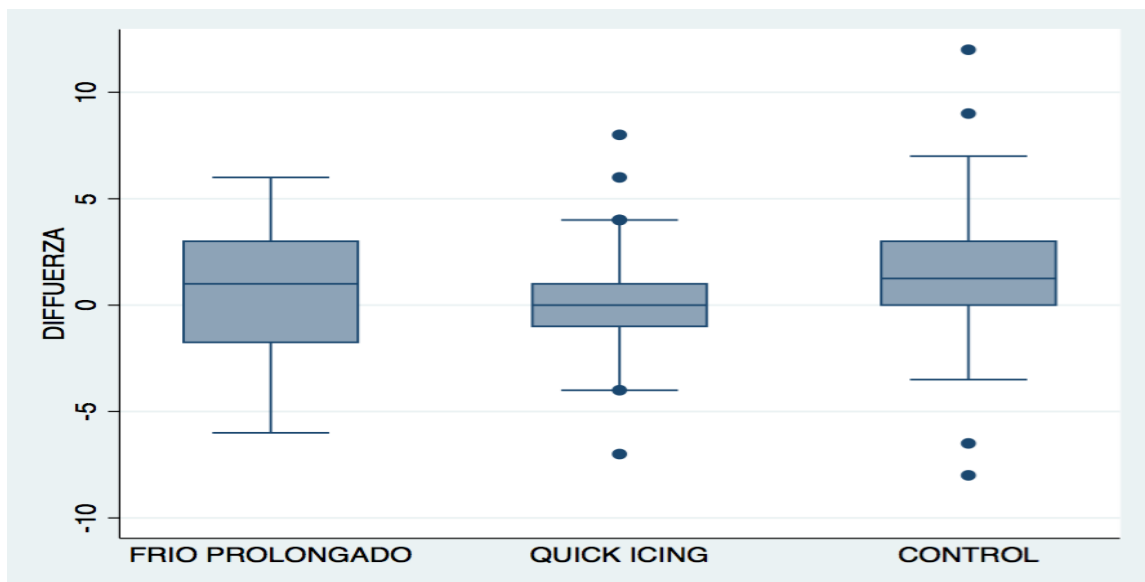


Gráfico 2. En el diagrama de cajas sobre la diferencia de fuerza máxima total, en el grupo frío prolongado se observa que hay un valor de la media de diferencia de fuerza de 0,3 que es un aumento no significativo de la

diferencia de fuerza, y que presenta un solo valor atípico (outlier). El grupo Quick Icing presenta un valor de media no significativo de -0,04 de diferencia de fuerza máx. con 3 valores fuera de rango y el grupo control presenta un valor no significativo de la diferencia de la fuerza máxima de 0,02 con 4 valores fuera de rango, dos superiores y dos inferiores.

VIII. Discusión

En el marco de este diseño experimental se cuantificaron los efectos de la aplicación de frío. Los grupos en las distintas variables (género, edad, peso, talla e IMC) se distribuyen de manera homogénea.

Al analizar la variable primaria fuerza máxima, en el resultado del estudio no se obtuvieron diferencias de la fuerza muscular isométrica máxima entre los grupos evaluados mediante la prueba de dinamometría. Los datos de la diferencia de fuerza total de antes con él después de la aplicación de frío, en los distintos grupos no hay diferencias significativas al hacer la comparación.

Al comparar la diferencia de fuerza en los distintos grupos estudiados, se obtuvo como resultado un aumento de esta variable (Frío prolongado: 0.51 kg, Quick icing: 0.3 kg y grupo control: 1.09) posterior a la aplicación de cada una de las técnicas según intervención, siendo ninguna de éstas estadísticamente significativa entre ellas. Una explicación para esto puede deberse a los tiempos de aplicación de las intervenciones, específicamente en el *Quick icing*, donde según la evidencia demuestra que aplicaciones breves menores a 5 minutos, tendrán efectos sobre un aumento de fuerza. en el caso de este estudio, se realizaron durante 30 segundos las tres aplicaciones de copas de hielo, según los resultados exhibidos, podría no ser suficiente para lograr mejorar la fuerza muscular.

Por otro lado, en cuanto a términos prácticos, las pruebas de seguridad como la prueba de cubo de hielo fueron realizados el mismo día de la medición de fuerza, esto podría generar alteraciones en los resultados de las pruebas en los distintos grupos, ya que en la exposición al hielo puede generar efectos sistémicos

alterando la vía final común y la producción de fuerza como ya ha sido descrita, para estos fines, lo correcto hubiese sido, aplicarlas en días diferidos, apelando a que podrían perderse sujetos de prueba y aumentar la deserción al estudio.

Junto con lo anteriormente expuesto, la falta de familiarización con el dinamómetro y la adecuada técnica de prensión en algunos sujetos presentó dificultades al momento de la prueba, pudiendo alterar los resultados.

Existen pocos estudios, y los encontrados son de muy larga data con respecto a la evidencia actual, considerando los avances en el conocimiento y de la fisiología en la aplicación de agentes físicos térmicos, como la técnica de Quick Icing, nuestro estudio intenta contribuir a generar nuevas investigaciones a futuro, y se sugiere seguir en esta línea investigativa para tener mayor base y actualizar el estado del arte disponible. Para estudiar si hay aumentos de fuerza de mayor significancia se podría experimentar repitiendo el estudio, pero esta vez mejorando los tiempos de aplicación, aumentar la muestra de la población y contar con un tiempo de experimentación más prolongado, en cuanto a las pruebas de seguridad y mejorar la familiarización con el equipo de medición (Dinamómetro). Otra limitante del estudio es que no es amplio el rango de edades de los participantes, con lo cual se hubiera obtenido un tipo de muestra más universal, ya que solo se utilizaron sujetos de edades similares, dentro de un contexto especial como estudiantes de una facultad. Por último, se puede reflexionar sobre el protocolo seguido en la medición de la prensión de la mano, en que las 3 mediciones de fuerza de prensión se hicieron de forma consecutiva, y donde no hubo un intervalo de descanso apropiado después de las contracciones de los músculos flexores de la mano, en cada intento, sin dejar tiempo para la recuperación muscular.

IX. Conclusión

Al término de este estudio podemos decir que en la aplicación de Quick Icing en comparación con Frío Prolongado y Control, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los cambios de fuerza medidos posterior a la

intervención. Los mínimos cambios positivos en la diferencia de fuerza en los grupos se observan en el grupo control, no siendo el resultado esperado en nuestra hipótesis. Se pueden profundizar más sobre estos cambios con algunas variantes que pueden ser, aumentar el número de las aplicaciones o disminuir los tiempos de espera entre las mediciones, modificando así algunos elementos del protocolo empleado en las intervenciones, contribuyendo a estudios posteriores que en la actualidad son muy escasos.

X. Referencias

1. Fuentes J, Cid J, Escarate L, Mardones P, Villegas D. Tesis “Disponibilidad, frecuencia de uso y objetivo de tratamiento de los agentes físicos terapéuticos en la práctica clínica de kinesiólogos colegiados de Chile.” Universidad Nacional Andrés Bello, Sede Concepción. 2016.
2. Hagbarth K-E. “Excitatory and inhibitory skin areas for flexor and extensor motoneurons”, *Acta Physiologica Scandinavica*. 1952, 26, Suppl. 94, 7-58.
3. Lowdon BJ, Moore RJ: “Temperature changes in muscle during cold therapy and following a sustained contraction”. *Aust J Sports Med*, 1977, 2:9-12.
4. Clarke R.S.H, Hellon R.F “The duration of sustained contractions of the human forearm at different muscle temperatures” *J. Physiol*. 1958. 143, 454-473.
5. McMeeken J, Lewis M, & Cocks S, “Effects of cooling with simulated ice on skin temperature and nerve conduction velocity”. *The Australian Journal of Physiotherapy*. 1984. Vol. 30, No. 4, August,
6. Urbscheit N and Bishop B “Effects of cooling on the ankle jerk and H-response”, *Physical Therapy*. 1970. 50, 1041-49.
7. Goff B. et al. “The Application of Recent Advances in Neurophysiology to Miss M.Rood’s Concept of Neuromuscular Facilitation”. *The Journal of the Chartered Society of Physiotherapy*, December 1972, 409-415.
8. Cameron, Michelle. *Agentes físicos en rehabilitación*. 4ª Ed. España: Elsevier; 2009.
9. Otte J, Merrick M, Ingersoll CD, Cordova ML. Subcutaneous adipose tissue thickness alters cooling time during cryotherapy. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83:1501-5.

10. Cooper et al. The history of cryosurgery: J R Soc Med 2009;94:196-201
11. Real Academia Española. [en línea]< <http://www.rae.es/rae.html>> [consulta: 9 marzo 2013].
12. Warren TA, McCarty EC, Richardson AL, et al: intra-articular knee temperature changes: ice versus cryotherapy device, Am J Sport Med. 2004.32 (2):441-445,.
13. Chesterton LS, Foster NE, Ross L. Skin: temperature response to cryotherapy. Arch Phys Med Rehabil. 2002.83:543-9,
14. Wolf SI. Contralateral upper extremity cooling from a specific cold and core body temperature, J Athl Train 41 2006. (2):185-188,
15. Ewell M, Griffin C, Hull J. Uso de crioterapia focal en la articulación de rodilla para mejorar los resultados funcionales luego de una artroplastia total de rodilla. PM&R. 2014; 6: 729- 738.
16. Warren TA, MacCarty EC, Richardson AL, Michener T, Spindler KP. Intra-articular Knee Temperature Changes. The American Journal of Sports Medicine. 2004; 32: 441-445.
17. Lewia T. Observations upon the reaction of the vessels of the human skin to cold, Heart 1930.15:177-208,
18. Rosalind B, Stella J, and Chery H. Evaluation of the effectiveness of wet ice, dry ice and cryogen packs in reducing skin temperature. Phys Ther. 1987; 67:1080-1084.
19. Douglas W. et al. The effect of Localized cooling on cat nerves, J physiol 1955130:53-54.
20. Lee J. et al. Effect of ice on nerve conduction velocity of the ulnar nerve, Physiotherapy1978 64:2-6.
21. Clark RS, et al. 1978.Vascular reactions of the human forearm to cold, Clin Sci 17(1):165-179.
22. McGown HL: Effect of cod application on maximal isometric contraction, phys ther 47:185-192,1992.
23. Macías Jiménez AI, Águila Maturana AM. Efectos de la crioterapia en la espasticidad. Fisioterapia 2003;25(1):15-22
24. Oliver RA. Et al. Isometric muscle contraction response during recovery from reduced intramuscular temperature, arch Phys med Rehabil 1979.60:126,
25. Knuttsson E, Topical cryotherapy in spasticity, Scand J Rehabil Med 2:159-162, 1970.

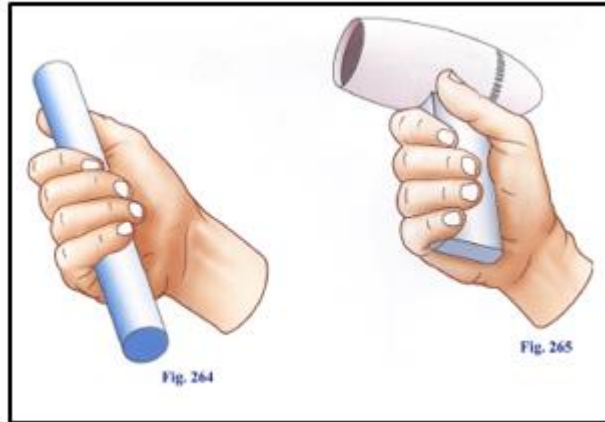
26. Gutiérrez Espinoza HJ, Lavado Bustamante IP, Mendez Perez SJ. Revisión sistemática sobre el efecto analgésico de la crioterapia en el manejo del dolor de origen musculoesquelético. *Rev Soc Esp Dolor*. 2010; 17(5): 242-252.
27. Sandoval Ortiz MC et al. Efectos fisiológicos de la crioterapia. *Salud UIS*. 2007; 39: 62-73.
28. Pedraza Mejías C, Martínez Cañadas J. Respuesta fisiológica del tejido conjuntivo de músculos y tendones tras la aplicación de agentes físicos. *Fisioterapia*. 2008; 30 (6): 279-285.
29. Plaja J. *Analgesia por medios físicos*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2003.
30. Brosseau L, Yongen KA, Robinson V, et al: *Thermotherapy for treatment of osteoarthritis*, *Cochrane Database Syst Rev* 4: CD004522, 2003.
31. Goof B. The application of recent advances in neurophysiology to Miss M. Rood's concept of neuromuscular facilitation. 1963; 17(5): 242-252.
32. Krumhansl BR, Ice lollies for ice massage, *phys ther* 49(10): 1098,1969.
33. Rubing D: myofacial trigger point syndrome:an approach to management, *Arch Phys Med Rehabil*.1981. 62:107-110,
34. Bassett FH, Kirkpatrick JS, Engelhardt DL, et al. Cryotherapy induced nerve injury, *Am J Sport Med*.1992. 22:516-528,.
35. Lundgren C, Murren A, Zederfeldt B. effect of cold vasoconstriction on wound healing in the rabbit, *Acta Chir Scand*.1959. 118:1.
36. Boyer J, Fraser J, Doyle A. The hemodynamic effect of cold immersion, *Clin Sci* 1980.19:539-543,
37. Guillen E, et al. Urticaria y angiodema. *Revista Alergia México* 2007;54(2):54-65.
38. Rodríguez del Rio P., Ibáñez Sandín M.D. Urticaria y angioedema. *Pediatr Integral*. 2013;XVII(9):616-627.
39. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (editors): *Principles of Neural Science*,4th ed. McGraw-Hill, 2000.
40. *Tratado de fisiología medica Guyton*. Capítulo 4 tejido excitable nervio, año 2010 pág 85.
41. Kim E. Barret. Susan M. Barman, Scott Boitano, Heddwen L. Brooks *Fisiología Médica - Ganong* Editorial McGrawHill,23era Edición 2010.
42. Stefano Tamorri, *Neurociencias y Deporte*. *Psicología deportiva* Editorial Paidotribo, 2004.
43. Berny y Levy *Fisiologia*, 6ta edición, 2009.

44. Fatt P, Katz B. 1951. An analysis of the end-plate potencial recorded with an intracellular electrode. *J Physiol (Lond)* 115:320-370.
45. Miles FA. *Excitable Cells*. London: Heinemann. 1969. (4) 156- 159.
46. McMahan UJ, Kuffler SW. Visual identification of synaptic boutons on living ganglion cells and of varicosities in postganglionic axons in the heart of the frog. *Proc. R Soc Lond B Biol Sci.* 1971 177:485-508.
47. Kuffler SW, Nicholls JG, Martin AR. 1984. *From Neuron to Brain: A Cellular Approach to the Function of the Nervous System*, 2nd ed. Sunderland, MA: Sinauer.
48. Toyoshima C, Unwin N. 1988. Ion channel of acetylcholine receptor reconstructed from images of postsynaptic membranes. *Nature* 336:427-250.
49. Schiaffino S, Reggiani C. *Molecular Diversity of Myofibrillar Proteins: Gene Regulation and Functional Significance*. *Physiological Reviews*, 1996;76:371-423.
50. Battinelli R, Reggiani C. *Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity*. *Progress in Biophysics & Molecular Biology*, 2000;73:195-262.
51. Taylor AW, Bachman L. The effects of endurance training on muscle fibre types and enzyme activities. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 1999;24:41-53.
52. J. Lopez Chicharro, *Fisiología del ejercicio* 3ª ed. 2006.
53. A. Kapandji, *Fisiología articular* 6ª ed, 2012.
54. F. Kendall, E. Kendall, P. Provance, *Musculos Pruebas, Funciones y Dolor Postural* 4ª ed. Baltimore, Maryland Usa, 2000.
55. Miralles Marrero, R., M. Puig. *Biomecánica Clínica del aparato locomotor* 1ª edición masson. Barcelona, España 1998.
56. Kozin S. S. Porter P. Clark J. Thoder. The contribution of the intrinsic muscles to grip and pinch strength *The Journal of Hand Surgery* /1 January 1999 Vol. 24A No.
57. Garcia – Elias, M. Kinetic analisis of carpal stability during grip. *Hand clinic* 1997 13: 151-158.
58. Llana Álvarez, Javier. *Ergonomía y Psicosociología Aplicada, Manual Para la Formación del Especialista*. Editorial Lex Nova, España 2009, Décimo Tercera Edición.
59. Miralles Marrero, Rodrigo. *Miralles Rull, Iris. Biomecánica Clínica de las patologías del aparato locomotor*. Editorial Masson, España 2007, Primera Edición.
60. Martínez López, Emilio. *Pruebas de Aptitud Física*. Editorial Paidotribo, Barcelona 2002, 1ra Edición.

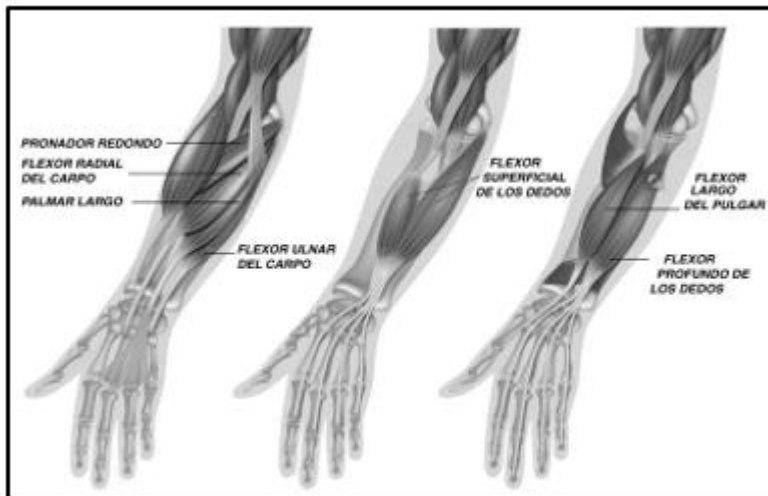
61. Prat JA. Ba. Eurofit. En: Grosser M y Starischka S. Test de la condición física. Barcelona: Martí'nez-Roca S.A; 1988.
62. Comas Juan. Estudios de Antropología Biológica. Universidad Autónoma de México, México 1987, Primera Edición.
63. Michael kent, Diccionario Oxford de Medicina y ciencias del deporte edición buenos aires, argentina, 1982).
64. Helen C. Roberts, Hayley J. Denison, Helen J. Martin, Harnish P. Patel, Holly Syddall, Cyrus Cooper y Avan Aihie Sayer, una revisión de la medida de la fuerza de agarre en los estudios clínicos y epidemiológicos: hacia un enfoque estandarizado. *Edad Envejecimiento*.2011.40 (4): 423-429.
65. Mathiowetz, V, N. Kashman, G.volland, K.Weber, M. Dowe, S. Rogers. Grip and pinch strength: Normative data for adults.*arch phys med rehabil*. 66:69-74 1985.
66. O'Driscoll SW. E. Horii, R Ness, TD. Cahalan, RR Richards, an KN. The relationship between wrist position, grasp size, and grip strength. *J hand surg (AM)* 17(1): 169-77 1992.
67. Innes E. Handgrip strength testing: A review of the literature. *Aust Occup Ther J* 1999; 46(3):120-140.).
68. López Chicharro J. Fisiología del ejercicio, 3era ed, Editorial medica panamericana. 2008.
69. Murray L, Joy C. Temperature changes following quick icing: A brief investigation. *Aust. J. Physiother*. 27.6, December, 1981.
70. Watanabe, T.,K. Owashi, Y. Kanauchi, N. Mura, M. Takahara, T. Ogino.. The short-term reliability of grip strength measurement and the effects of posture and grip span. *J Hand Surg*.2005. 30 A: 603-609.

XI. ANEXOS

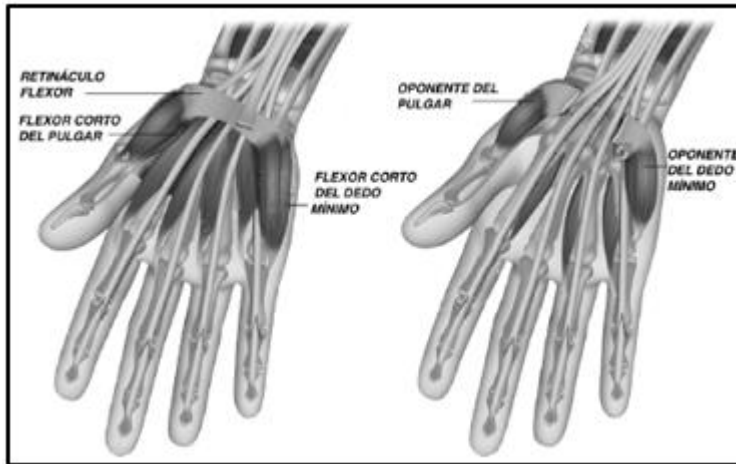
Anexo 1, Figura 1. ⁵³



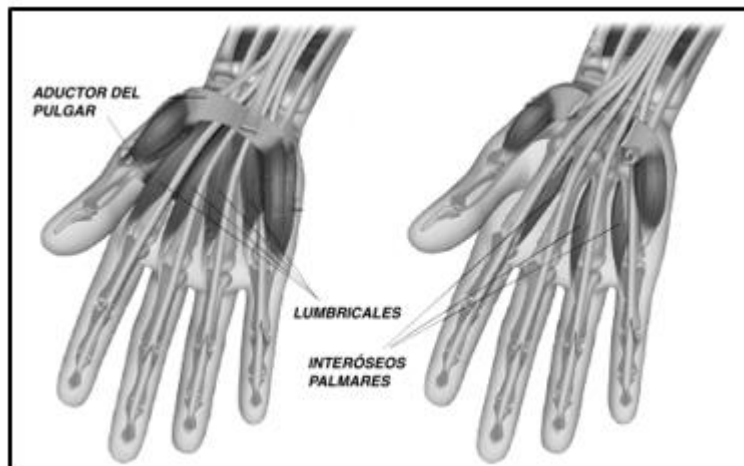
Anexo 2, Figura 2. Modificada de Shutter Stock, músculos flexores de antebrazo.



Anexo 3. Figura 3. Modificada de Shutter Stock, músculos intrínsecos de mano.



Anexo 4. Figura 4. Modificada de Shutter Stock, músculo aductor del pulgar.



Anexo 5. Dinamómetro DYNATRON®, Hydraulic Hand Dynamometer.



Anexo 6. Encuesta de selección de los participantes (parte 1)

<u>I. Datos Personales</u>		
Nombre completo: _____	Edad: _____	
Rut: _____	Teléfono de contacto (fijo/cel.): _____	
E-Mail: _____	Dirección/Comuna: _____	
Año que cursa de la carrera (marque con un círculo): 1 – 2 – 3 – 4 – 5		
Peso (en Kg registrado): _____	Talla (en mts. registrada): _____	
<u>II. Criterios de participación (Marque con una X).</u>		
PREGUNTAS	SI	NO
1- ¿Es usted mayor de 18 años?		
2- ¿Ha sufrido alguna injuria de codo, muñeca y/o mano en los últimos 6 meses en su extremidad dominante, que le han afectado en su funcionalidad cotidiana? (se refiere a fracturas, esguinces, desgarros, luxaciones, contusiones, problemas articulares).		
3. - ¿Presenta usted prótesis o materiales de osteosíntesis (placas metálicas, tornillos, agujas, u otros) en su antebrazo de su extremidad dominante?		
4- ¿Presenta alteraciones cutáneas como cicatrices, quemaduras o heridas que comprometan las actividades finas o gruesas de mano de su extremidad dominante?		
5- ¿Presenta manifestaciones neurológicas como hormigueo (parestias), pérdida de la sensibilidad (hipoestesia o anestesia), disminución de la fuerza (paresia) de antebrazos o manos?		
6- ¿Siente usted dificultad para realizar prensión manual con su extremidad dominante?		
7- ¿Presenta actualmente algún tipo de dolor en su mano y/o antebrazo de la		

Anexo 6. Encuesta de selección de los participantes (parte 2)

8- ¿Presenta enfermedades circulatorias o vasculares, cómo trombosis venosa profunda, várices, insuficiencia cardíaca, crioglobulinemia, enfermedad de Raynaud, o cualquier tipo de alteración en la coloración de la piel?		
9 - Ante exposiciones cutáneas directas al frío, ¿A presentado dolor intenso, adormecimiento, o aparición de manchas rojizas ligeramente elevadas (exantemas, ronchas o pápulas) que en ocasiones le generan intensa picazón (urticaria)?		
10 – Referente a enfermedades reumatoides, ¿Presenta usted condiciones como, mieloma múltiple, lupus eritematoso sistémico o artritis reumatoidea?		
11 – ¿Observa sangre en la orina luego de exposiciones locales o generales al frío? (Hemoglobinuria paroxística por frío).		