



EFICACIA DE LOS DIFERENTES TIEMPOS DE APLICACIÓN DE LA  
TÉCNICA DE FACILITACIÓN NEUROMUSCULAR SOSTENER-RELAJAR  
SOBRE LOS RANGOS DE MOVILIDAD DE RODILLA EN ADULTOS  
JÓVENES SANOS

Presentado por:

Andersson Gomez Sanabria

1090447035

Catalina Parra Ardila

1096235103

Para optar al título de Fisioterapeuta

Director:

Mg Oscar Eduardo Mateus Arias

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

TESIS DE GRADO

PAMPLONA

JULIO 2019



## Contenido

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPITULO I.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
PREGUNTA PROBLEMA.....	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVOS.....	19
OBJETIVO GENERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
CAPITULO II.....	20
MARCO CONCEPTUAL.....	20
COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS MUSCULARES.....	20
FISIOLOGÍA DEL ESTIRAMIENTO.....	22
ANATOMÍA, FISIOLOGÍA Y BIOMECÁNICA DE LOS MÚSCULOS ISQUIOSURALES.....	27
ESTIRAMIENTO ESTÁTICO PASIVO.....	33
TÉCNICA DE FACILITACIÓN NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA SOSTENER- RELAJAR.....	35
TIEMPO.....	39
ÁNGULO POPLITEO.....	46
SOFTWARE KINOVEA.....	47
1. Internacional.....	49
2. Nacional.....	51
3. Local.....	52
MARCO LEGAL.....	52



CAPITULO III .....	54
MARCO METODOLOGICO.....	54
DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	54
TIPO DE INVESTIGACION .....	54
POBLACION OBJETO .....	55
MUESTREO Y MUESTRA .....	55
CRITERIOS DE INCLUSION .....	56
CRITERIOS DE EXCLUSION .....	56
RECLUTAMIENTO .....	57
PROCEDIMIENTO .....	57
ANALISIS ESTADISTICO.....	59
HIPOTESIS .....	59
IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	60
VARIABLES .....	60
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	61
INSTRUMENTOS.....	63
ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA LÍNEA DE BASE.....	65
RESULTADOS.....	67
DISCUSIÓN.....	69
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	77
Bibliografía.....	78
ANEXOS.....	81
Consentimiento Informado .....	81
Ficha de Valoración.....	83
Fotos.....	84

## RESUMEN

El presente trabajo de grado, es una investigación que buscó conocer el tiempo de estiramiento adecuado de la técnica de facilitación neuromuscular sostener-relajar en los músculos isquiosurales y su eficacia en el aumento de rango de movilidad de rodilla a través en adultos jóvenes sanos. La selección de los sujetos fue a conveniencia, se seleccionaron 34 adultos jóvenes sanos de 20 a 30 años, con capacidad de comprender instrucciones verbales y que no hubieran realizado ejercicio físico en los últimos 6 meses; el nivel de confianza de la muestra es de 95%; los sujetos fueron aleatorizados en 3 grupos. Cada grupo conformado por 11 sujetos. Para la valoración inicial y final se calculó el ángulo poplíteo mediante el software Kinovea. El grupo 1 con un tiempo de 21 segundos: Sostener (12 seg), Relajar (2 seg) y elongar (7 seg); Grupo 2 con un tiempo de 15 segundos: Sostener (6 seg), Relajar (2 seg) y elongar (7 seg); el Grupo 3 siendo éste el control. Al finalizar la intervención de 12 semanas se realiza la valoración arrojando como resultado que tanto el tiempo del grupo 1 y el tiempo del grupo 2 aumenta la extensibilidad de la musculatura isquiosural; concluyendo de esta manera que se puede utilizar como estrategia de estiramiento que aumenta la flexibilidad de la rodilla.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo muestra los resultados de una investigación que buscaba conocer la eficacia del tiempo de aplicación de la técnica de facilitación neuromuscular sostener-relajar sobre el rango de movimiento articular también conocido como “ROM” por sus siglas en inglés (Range of Motion) en las rodillas de adultos jóvenes sanos. La variable de tiempo durante el cual se debe realizar un estiramiento es un tema de discusión y a la vez esencial para determinar la eficacia de un protocolo de estiramiento.

Todos los tipos de estiramientos mejoran el rango de movilidad articular, pero el método de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) superan cualquier otra técnica (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, pág. 110)

La técnica de FNP sostener-relajar (SR) basada en el fenómeno fisiológico de inhibición autógena es un método terapéutico que busca una respuesta inhibitoria del musculo agonista.

“El trabajo de la flexibilidad tiene como objetivo prioritario mantener y/o mejorar el rango de movimiento de las articulaciones dependiendo de los valores iniciales de la persona, (...) Existe una evidencia científica suficiente que demuestra que la



aplicación sistemática de programas de estiramientos consigue mejoras crónicas en la flexibilidad”. (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, págs. 105, 111)

El grupo muscular en el que se aplicó la técnica son los isquiosurales ya que es el grupo muscular más investigado porque poseen características comunes como por ejemplo que son músculos biarticulares y posee una función motora en la estática o en la dinámica de la articulación de rodilla. El instrumento utilizado para la valoración inicial y final fue el software kinovea que calculó el ángulo poplíteo.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“Los estiramientos son ejercicios en los cuales el músculo se ve sometido a una tensión de elongación (fuerza que lo deforma longitudinalmente), durante un tiempo variable y a una velocidad determinada. La duración de mantenimiento de dicha tensión o la magnitud de la misma son dos de las variables que condicionan el resultado final del estiramiento”. (Solana, 2007, pág. 203)

Gerard Moras (2003) realizó en su tesis la más reciente clasificación de los estiramientos basándose en dos de las variables que condicionan su resultado: presencia o ausencia de movimiento, causas que lo provocan y velocidad de dicho movimiento. Así pues, Moras divide los estiramientos en:

#### ESTÁTICOS:

Se mantiene una posición articular que somete a elongación a uno o más músculos sin que se produzca movimiento de dicha articulación.

- Estáticos **ACTIVOS**: La posición articular se consigue a través de la contracción de la musculatura que mueve la articulación del individuo que realiza el estiramiento.

Dentro de este tipo de estiramientos encontramos los ejercicios del método Pilates.

- Estáticos PASIVOS: La posición articular se realiza a través de una fuerza externa al individuo (la acción de la gravedad o de una persona que sujeta la extremidad en una posición articular determinada). Dentro de este tipo de estiramientos encontramos técnicas de autores como el stretching de Bob Anderson o los estiramientos gravitacionales de Sven-Anders Solverborn.

#### DINÁMICOS (LENTOS, RÁPIDOS o BALÍSTICOS):

- Dinámicos ACTIVOS: El movimiento se consigue a través de la contracción de la musculatura que mueve la articulación del individuo que realiza el estiramiento.

Dentro de los estiramientos dinámicos ACTIVOS LENTOS se encuentran los estiramientos propuestos por autores como Therese Berterat y Fraçoise Mecieres.

- Dinámicos PASIVOS: El movimiento se realiza a través de una fuerza externa al individuo (la acción de la gravedad o de una persona que mueve la articulación en cuestión).

#### MIXTOS:

Se trata de estiramientos, que combinan el movimiento con el mantenimiento de posiciones de forma estática, habitualmente ACTIVOS, dado que suele utilizarse la contracción de los músculos que se están estirando o bien de sus antagonistas.



Dentro de estas técnicas se encuentran los estiramientos propuestos por autores como la facilitación neuromuscular propioceptiva de Herman Kabbat o la reeducación postural global de Philippe Souchart. (Solana, 2007, pág. 203)

Las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva son métodos terapéuticos utilizados con el fin de obtener respuestas específicas del sistema neuromuscular a partir de la estimulación de los propioceptores orgánicos. (Bernal, 2012, pág. 34)

Con frecuencia estas técnicas difieren en función de la actividad que se vaya a realizar o el tipo de objetivo que se pretenda conseguir; Pueden ser de dos tipos: de refuerzo y potenciación, o de relajación o estiramiento:

#### **Refuerzo y potenciación:**

- Contracciones repetidas: Se trata de repetir los mismos movimientos o patrón. La resistencia será la máxima que el paciente pueda soportar; se puede añadir el estiramiento y se realiza de dos maneras: por repetición del reflejo de estiramiento o por contracciones alternantes isométricas-isotónicas. En esta última, al final del recorrido isotónico se pide una contracción isométrica. Estas contracciones repetidas no están indicadas en postoperados recientes y los ortopédicos agudos. (Bernal, 2012, pág. 37)

- **Inversión lenta:** El paciente realiza un patrón contra resistencia máxima seguido inmediatamente del patrón antagonista. El cambio debe realizarse con rapidez.
- **Inversión lenta y sostén:** Lo mismo que el anterior, pero se añade una contracción isométrica al final de cada amplitud de movimiento. (Bernal, 2012, pág. 37)
- **Estabilización rítmica:** Se emplea una fuerte contracción isométrica del patrón agonista, seguido de una contracción isométrica del antagonista. (Bernal, 2012, pág. 37)

**Relajación o estiramiento:** Estas técnicas facilitan la movilidad. Encontramos:

- **Sostener-relajar:** Se aplica en pacientes que presentan una importante limitación de la amplitud articular. No provoca dolor. Se coloca el segmento en la máxima amplitud articular y se pide una contracción isométrica, sin permitir el movimiento. Después se relaja y se intenta ganar amplitud articular. (Bernal, 2012, pág. 37)
- **Contraer-relajar:** Igual que la precedente, pero se permite el movimiento de rotación, puede hacerse en puntos sucesivos del recorrido. (Bernal, 2012, págs. 37,38)
- **Inversión lenta, sostén y relajación:** El objetivo es estimular al agonista después de relajar el antagonista. El paciente realiza el patrón. (Bernal, 2012, pág. 38)

En un tema bastante controversial se ha convertido el determinar cuál de estos tipos de elongación es más efectivo en la práctica. Las investigaciones concluyen que la elongación balística es la que presenta un mayor riesgo de provocar una lesión en su ejecución, debido a que genera grandes cargas a nivel de la unidad músculo tendinosa; además no induce a cambios permanentes en el arco de movilidad. Por estas razones está claramente contraindicada en la mayor parte de los casos.

(Hernández, 2006, pág. 21)

No es fácil determinar la mejor técnica de elongación, ya que cada una presenta sus puntos a favor y en contra de acuerdo a las condiciones en que estas son aplicadas. La elongación activa es bastante efectiva en situaciones en las cuales hay un gran número de individuos sin una supervisión personal de la técnica y en donde la eficiencia en términos de tiempo es prioritaria. La elongación muscular pasiva asistida y con FNP es muy eficiente cuando se cuenta con personal entrenado en la aplicación de estas técnicas y el trabajo es individualizado. Las más recientes investigaciones indican que las técnicas de elongación con FNP son las que provocan un mayor aumento en el arco de movimiento (Magnusson, S., et al. 1996; Prentice, W., 1997; Handel, M, et al. 1997; Davis, D., et al. 2005; Hernández, P., et al. 2005). En general el tipo de técnica a utilizar varía fundamentalmente de acuerdo a la

situación que se presente, la cantidad de individuos, y la cantidad de personal entrenado en la aplicación de estas técnicas. (Hernández, 2006, pág. 21)

Dentro de una sesión de estiramiento se deben tener en cuenta las siguientes variables: el momento en el cual se aplica la elongación muscular dentro de una sesión de entrenamiento, el tiempo de mantención de la fuerza tensil y del número de repeticiones de cada elongación. (Hernández, 2006, pág. 22)

En cuanto a la variable de tiempo durante el cual la tensión debe ser aplicada es un punto muy controversial y a la vez fundamental para determinar la eficiencia de un protocolo de elongación muscular. Con base a la más reciente investigación sobre el tema en animales y humanos se recomienda que la elongación debe ser mantenida entre 15 y 30 segundos (Anderson, B., Burke, E., 1991, Zachazewski, J., et al. 1996; Davis, D., et al. 2005). (Hernández, 2006, pág. 22)

En el estiramiento estático asistido o pasivo asistido las recomendaciones respecto al tiempo que se debe mantener esta posición varían, con fluctuaciones entre los 3 y 60 segundos. (Hernández, 2006, pág. 7)

Desde el punto de vista biomecánico, cuando se realiza el estiramiento muscular estático se generan dos respuestas: Creep o deformación progresiva y relajación de la fuerza, el primero sucede cuando se somete un tejido viscoelástico a la acción de una carga constante durante un periodo de tiempo e inicialmente se produce una

deformación rápida y luego una deformación lenta, progresiva y creciente hasta alcanzar el equilibrio. Más allá de este punto la cantidad de deformación disminuye. La relajación de la fuerza ocurre cuando un material viscoelástico como la unión miotendinosa, se mantiene en una longitud constante durante un periodo de tiempo. La respuesta en este caso consiste en un elevado estrés inicial en el tejido, seguido por una disminución progresiva del mismo de manera lenta, progresivamente decreciente dependiente del tiempo. En relación con lo anterior, no existe acuerdo sobre el tiempo mínimo necesario en el que se podría aplicar la técnica que le permita al tejido muscular de individuos sanos generar éstas respuestas mecánicas y producir así, los efectos que por años se le han atribuido al estiramiento. (Ramírez, Dallos, & Montañez, 2006, pág. 2)

Menor cantidad de evidencia científica existe con respecto a la cantidad de repeticiones que deben ejecutarse en una serie de elongaciones, estudios en animales muestran que solo existe un aumento significativo del arco de movilidad durante las 4 primeras repeticiones de una serie. El American College of Sports Medicine (ACSM) e investigaciones recientes (Knudson, D., 1995; Bennell, K., et al. 1999; Evetovich, T., et al. 2003; Davis, D., et al. 2005), recomiendan de tres a cinco repeticiones para cada serie de elongación en un músculo o grupo muscular determinado. (Hernández, 2006, pág. 22)

En cuanto a la frecuencia, la flexibilidad, al igual que la resistencia cardiovascular se pierde rápidamente sin un entrenamiento sistemático (Wilmore, J., Costill, D., 1998; Bandy, W., et al. 1998). Numerosos estudios realizados en animales y humanos han documentado el comportamiento del sistema neuromuscular frente a la elongación. Magnusson (1998), encontró que hubo una disminución significativa de la rigidez muscular y la tensión pasiva ejercida por el músculo luego de un protocolo de elongación, sin embargo, estos valores retornaron a su condición basal luego de una hora. (Hernández, 2006, pág. 22)

El entrenamiento a largo plazo, los avances alcanzados en relación al ROM pueden perderse en parte luego de una semana sin entrenamiento (Tanigawa, M., 1972; Starring, D., et al. 1988; Spernoga, S., et al. 2001), desafortunadamente existen muy pocos estudios en relación a este tema, sin embargo, y con base a la revisión bibliográfica y los estudios más recientes se puede recomendar que la elongación muscular debería realizarse por lo menos tres veces por semana, e idealmente todos los días y/o posterior a toda sesión de entrenamiento físico deportivo. (Hernández, 2006, pág. 22)

Medina y colaboradores evaluaron a 521 escolares entre 6 y 17 años con el objetivo de evaluar la relación entre la retracción de músculos isquiotibiales (RMI) vs dolor, sedentarismo y obesidad. Comparando la RMI con sobrepeso u obesidad no se

encontró asociación estadística significativa. (Medina, Vargas, Montaña, & Ortiz, 2012, pág. 19)

El interés para realizar la presente investigación es debido a la controversia que existe en cuanto al tiempo por el cual se debe aplicar la técnica FNP sostener-relajar con el fin de obtener ganancia en la elasticidad del musculo; se pretende mediante la aplicación de la técnica con diferentes tiempos, determinar si se obtiene una ganancia en la elasticidad del músculo y por ende en su rango de movilidad.

#### PREGUNTA PROBLEMA

¿Cuál es la eficacia de los diferentes tiempos de aplicación la técnica de facilitación neuromuscular sostener-relajar sobre los rangos de movilidad de la rodilla en adultos jóvenes sanos?

## JUSTIFICACIÓN

El interés para realizar esta investigación es debido a que en la actualidad ha surgido la siguiente pregunta ¿Cuál es la eficacia de los diferentes tiempos de la técnica de facilitación neuromuscular sostener-relajar sobre los rangos de movilidad de la rodilla en adultos jóvenes sanos?; la variable de tiempo durante el cual se debe realizar un estiramiento es un punto muy controversial y a la vez fundamental para determinar la eficiencia de un protocolo de elongación muscular. Siempre se ha mantenido el concepto de cuáles son los estiramientos más adecuados para mejorar la flexibilidad de los músculos y como tal aumentar el rango de movilidad articular y cuál es el tiempo ideal de aplicación para lograrlo.

Todos los tipos de estiramientos mejoran el rango de movilidad articular, pero que las técnicas de facilitación neuromuscular superan cualquier otra técnica. Indicando así que las elongaciones musculares producen un aumento del rango articular reduciendo también las retracciones. (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, pág. 110)

Una rutina de elongación puede provocar una disminución en la velocidad y fuerza de un músculo, pues el fundamento neurofisiológico de la elongación muscular es la inhibición del reflejo miotático. (Hernández, 2006, pág. 14)



Fernández M, Da Silva F., Sánchez DL y Donoso A. dicen que no hay un tiempo establecido para realizar un estiramiento, pero, debemos tener en cuenta el tipo de estiramiento del cual estamos hablando, pues según el tipo de estiramiento varían las estructuras corporales participes de ello y por ende su tiempo.

El estiramiento es una de las herramientas más frecuentes que aplicamos para mejorar la elasticidad de un músculo y como tal para ganar rangos de movilidad; dentro de las diferentes tipos de estiramientos que existen, en cuanto al estiramiento estático pasivo podemos encontrar la técnica de facilitación neuromuscular sostener-relajar se trata de una contracción isométrica resistida seguida de una relajación que busca mejorar la flexibilidad de los músculos y permite ampliar rangos de movimiento. Debido a la controversia que hay en cuanto al tiempo de aplicación por el que se debe aplicar un estiramiento; el fin de nuestro estudio es conocer si la aplicación del estiramiento con diferentes tiempos influye en la ganancia de flexibilidad y rangos de movilidad o por el contrario este no difiere en cuanto a los beneficios que se pueden obtener.

Este estudio se llevó a cabo en la ciudad de Cúcuta, donde se contó con la participación de adultos jóvenes sanos; cuya selección se hizo a conveniencia; entre los criterios de selección se buscó que no tuvieran ninguna patología osteoneuromuscular, que se encontraran entre una edad de 20 a 30 años y que fueran



capaces de comprender y seguir instrucciones verbales. El instrumento de medición fue la goniometría con videografía a través del software Kinovea antes y después de la aplicación de la técnica sostener-relajar; evidenciando posibles cambios en el rango de movilidad y flexibilidad.

DQS is member of:



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Conocer la eficacia de los diferentes tiempos de aplicación de la técnica de facilitación neuromuscular sostener-relajar sobre los rangos de movilidad de rodilla en adultos jóvenes sanos

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar a la población objeto de estudio través de una ficha facilitando los criterios de selección de la población
- Establecer la condición inicial de la población, mediante la valoración del rango de movilidad de rodilla.
- Analizar los cambios obtenidos en las dos valoraciones de la población objeto de estudio
- Establecer el tiempo de estiramiento adecuado de aplicación de la técnica Sostener-Relajar en los músculos Isquiosurales y su efectividad en el aumento de rango de movilidad a través de análisis estadístico de resultados en la investigación

## CAPITULO II

### MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presenta la descripción de los aspectos teóricos más relevantes y se mencionan autores que sustentan la ejecución de la presente investigación. De tal manera inicialmente se hace referencia a los componentes y características musculares; al proceso fisiológico que ocurre en el estiramiento; características anatómicas, fisiológicas y biomecánica de los músculos Isquiosurales ;generalidades del estiramiento estático pasivo; la técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva sostener-relajar; el tiempo de aplicación como característica importante, la frecuencia y semanas de intervención según diversos autores; herramientas como la videografía a través del software Kinovea midiendo el ángulo poplíteo que permite evidenciar los posibles cambios producidos en la flexibilidad de la musculatura Isquiosurales y por ende la ganancia de rangos de movilidad.

### COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS MUSCULARES

Albaladejo (2015) menciona que las propiedades mecánicas de la matriz extracelular fibrilar que intervienen en la movilidad y flexibilidad son:

- Elasticidad: lo que permite restablecer su longitud normal después de las tensiones de estiramiento.
- Viscoelasticidad: restablece, lentamente, tanto la longitud y las formas habituales después de la deformación. La elasticidad implica cambios de longitud o la deformación que son directamente proporcionales a las fuerzas aplicadas o cargas.
- Viscosidad: se caracteriza por ser tiempo dependiente, donde el porcentaje de deformación es directamente proporcional a la fuerza aplicada.
- Plasticidad: posibilita el cambio o deformación permanente después de la fuerza y tensión que se aplica. (Albaladejo, 2015, pág. 12)

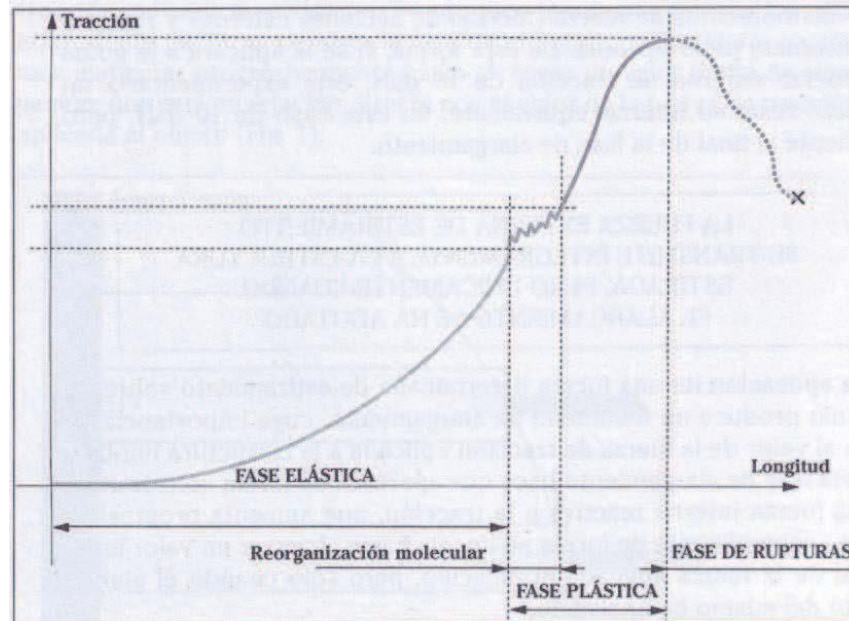


Figura 1. Curva elongación/tensión (Castellote MY 2011).

## FISIOLOGÍA DEL ESTIRAMIENTO

El estiramiento se describe como un procedimiento terapéutico para elongar los tejidos blandos, aumentar el ángulo del movimiento articular y la viscosidad del tejido conjuntivo. Consiste en separar los puntos extremos, origen e inserción ósea, en trayectoria externa máxima. (Albaladejo, 2015, pág. 15)

El resultado del estiramiento dependerá de la plasticidad del tejido, más que de la elasticidad. La plasticidad es la capacidad que tiene un tejido para asumir su nueva longitud cuando haya cesado la fuerza de tracción que se ejerce sobre él. Estas propiedades determinan la fase plástica de un tejido, donde los cambios se mantienen una vez cesada la fuerza aplicada, la cual acontece después de la fase elástica, donde los cambios desaparecen al cesar la fuerza aplicada. La evolución hasta fase plástica en el estiramiento es la que permite desencadenar los efectos terapéuticos (Albaladejo, 2015, págs. 15, 16)

Todas las estructuras con contenido de tejido conjuntivo ofrecen una resistencia mecánica al estiramiento: capsula articular y ligamentos un 47%, músculo 41%, tendón 10%, a pesar de las diferencias porcentuales todas se comportan de igual respuesta a una fuerza extrema aplicada. No obstante, los músculos, ofrecen una

resistencia diferente en función de una mayor o menor presencia de tejido conjuntivo.  
(Albaladejo, 2015, pág. 16)

El entrenamiento incorrecto de la elasticidad puede provocar daños si se someten los tejidos ejercitados a sobreesfuerzos de movilidad o estiramiento. Por esto, preventivamente se debe entrenar en puntos de estiramiento límite llamados de molestia o tensión, sin dolor. Aquí es válida la expresión, *si el ejercicio de extensibilidad duele, no sirve*. (Albaladejo, 2015, pág. 16)

El proceso de elongación pasa por tres fases o periodos:

- Fase pre-elástica o zona neutra: en esta fase no hay resistencia tisular. Es la puesta en tensión inicial desde la fase de relajación del músculo.
- Fase elástica: se inicia el proceso de deformación longitudinal que está en relación a la fuerza del agente externo que la produce. Por esta característica de viscoelasticidad, esta variación en la elongación y en determinado grado, es irreversible, incluso en esta etapa. Para que el músculo prosiga en la fase de elongación evolutiva, la única variable de importancia es el aumento del tiempo de función del estiramiento.
- Fase plástica: si el estiramiento excede los límites de la etapa elástica, se pueden producir traumatismos tisulares. Y en este caso, aun disminuyendo e incluso cesando la fuerza elongadora, el tejido muscular no recupera su estado inicial, y perder su

competencia tensil. Tras un proceso inflamatorio, regenerador y de remodelado consecutivo, las estructuras dañadas pueden recuperar sus propiedades mecánicas de viscoelasticidad. (Albaladejo, 2015, pág. 19)

Los estiramientos inciden en la musculatura esquelética tanto a nivel nervioso como mecánico. Respecto al componente sensitivo de los estiramientos, éste incide en los husos neuromusculares (HNM) y en el órgano tendinoso de Golgi (OTG). Los HNM se estimulan con los cambios de longitud y con la velocidad con la que se realizan y estas aferencias informan a la motoneurona alfa de los músculos agonista y antagonista para facilitar el reflejo miotático y el mecanismo de inhibición recíproca en agonista y antagonista respectivamente. Los OTG son sensibles al aumento de tensión tanto muscular como tendinoso e informan a la motoneurona alfa para activar el reflejo miotático inverso. (Bonell, 2014, pág. 16)

Los músculos contienen diferentes tipos de mecanorreceptores que, cuando son estimulados, informan al sistema nervioso central (SNC) de lo que está sucediendo. Lo más importante es lo que ocurre en dos de ellos durante el reflejo de estiramiento de la unidad miotendinosa, los HNM y los OTG. Ambos mecanorreceptores son sensibles a los cambios en longitud y en la tensión muscular. (Albaladejo, 2015, pág. 16)



Al producirse el estiramiento miotendinoso, los HNM y los OTG, también sufren este estiramiento, enviando información en forma de impulsos sensoriales a la medula espinal, y que, a su vez, informa al SNC de lo que está sucediendo, en forma de tensión, deformación y de fuerza ejerciente, en el músculo estirado. (Albaladejo, 2015, pág. 16)

Los impulsos del OTG, a diferencia de los que emite el HNM, causan una relajación refleja del músculo agonista. Esta relajación refleja es una acción protectora que permite al músculo extenderse mediante la relajación antes de que se sobrepase el límite de extensibilidad, evitando que se produzcan lesiones de sus fibras musculares. (Albaladejo, 2015, pág. 17)

La elongación estática supone una extensión continua y mantenida, entre 6 y 60 segundos de duración, tiempo suficiente para que los OTG respondan a la elevación de la tensión (Davis DS 2005). Los impulsos de los OTG pueden dejar sin efecto a los que envían los HNM, consintiendo que el músculo se relaje de forma refleja tras la resistencia refleja inicial al cambio de longitud. (Albaladejo, 2015, pág. 17)

En cuanto al componente mecánico, existen dos vertientes por medio de las cuales se puede diferenciar un aspecto con un punto de vista más clínico y otro ámbito más en relación con el entrenamiento. La parte clínica se asocia con los conceptos de heterogeneidad de las estructuras musculares y tendinosas, es decir la organización de

los tejidos contráctiles y no contráctiles y de rigidez activa como mecanismo de prerregulación protector a cualquier acción. En el ámbito del entrenamiento se describen términos contrarios: a) Stiffness (rigidez), siendo la capacidad de un tejido para oponerse a un estiramiento y; b) compliance (compliance), refiriéndose a la facilidad con la que un músculo se puede estirar. (Bonell, 2014, pág. 16)

Esta vertiente se relaciona con el funcionamiento del ciclo estiramiento acortamiento (CEA). La función del CEA es convertir la energía elástica durante la fase excéntrica para desarrollar una fuerza contraria e igual durante la fase concéntrica. De esta forma, el músculo deberá ser más rígido y menos compliance en acciones de predominio concéntrico y menor actuación del CEA y, por el contrario, en acciones de predominio excéntrico con mayor participación del CEA, el músculo requerirá de mayor facilidad para estirarse (compliance) y menor Stiffness. A nivel mecánico, sus efectos también se relacionan con respuestas viscoelásticas de los tejidos y del tejido conjuntivo en especial, ya que el colágeno es el tejido conectivo más abundante a nivel muscular, siendo éste responsable de la integridad estructural y de las fuerzas mecánicas del músculo. (Bonell, 2014, pág. 16)

Esto permite disminuir la viscoelasticidad muscular, permitiendo absorber mayor cantidad de energía y disminuir la carga en la unión miotendinosa bajo cualquier longitud muscular. Al realizar un estiramiento estático se crea una tensión pasiva que

implica, por este orden, a los puentes de actina y miosina, la titina (componente elástico del sarcómero) y, al aumentar la amplitud del estiramiento actúa sobre el tejido conjuntivo y el tendón. (Bonell, 2014, pág. 17)

Otros efectos de los estiramientos que puede considerarse es un efecto analgésico como consecuencia de un aumento de la tolerancia al dolor (stretch tolerance), hecho que puede ser contraproducente para prevenir una lesión muscular. Asimismo, se considera que existen adaptaciones a nivel celular y hormonal como respuesta al estiramiento. (Bonell, 2014, pág. 17)

## ANATOMÍA, FISIOLOGÍA Y BIOMECÁNICA DE LOS MÚSCULOS ISQUIOSURALES

El grupo de la musculatura isquiosural es junto al glúteo mayor y la porción posterior del aductor mayor, los principales extensores de la cadera. En función de su origen e inserciones, los músculos isquiosurales son:

- Flexores de la rodilla cuando el pie se encuentra libre.
- Exensores de la cadera, cuando el pie está fuertemente apoyado en el suelo.
- Potencian la fuerza flexora de la rodilla con la cadera flexionada.
- Potencian la acción extensora de la cadera con la rodilla extendida.

- Tienen un componente rotador de la articulación femoro-tibial, cuando la rodilla no se encuentra en extensión completa de 180°. El bíceps, de medial a lateral o externa de la pierna y rotación externa de la cadera cuando la rodilla se encuentra en extensión. Mientras que el semimembranoso y el semitendinoso lo hacen de lateral a medial o internamente en las mismas circunstancias de flexión o extensión de rodilla.

- Son extensores sobre la pelvis actuando sinérgicamente con el glúteo mayor, mediano y menor. - Son extensores indirectos sobre la columna. (Albaladejo, 2015, pág. 34)

Los Isquiosurales son ejemplos de grupos musculares que tienden a acortarse. Muchas personas sufren de Isquiosurales acortados. La mayoría de las veces no causarán ningún problema, pero pueden ser más propensas a las diferentes lesiones, como dolor de espalda baja y lesiones poplíteas, y también pueden estar limitando la actuación en deportes. Los Isquiosurales acortados también pueden ser responsables de la postura problemas y otros problemas de la espalda, como dolor en la articulación sacroilíaca, ya que tienden a sacar la pelvis de la normalidad posición. (Gedeón, 2011, pág. 32)

Desde el punto de vista histológico, la musculatura isquiosural, tiene una alta concentración de fibras tipo II, que se caracterizan por su alto potencial de fuerza y un desarrollo de ejercicios de alta intensidad, en paridad con otros músculos del

muslo y de la pierna, esta es una particularidad de los músculos que se significan en actividades de acción rápida o fásica. Algunos autores, los cualifican como de musculatura sólida, donde prevalece una acción estática y con un alto porcentaje de tejido conectivo, lo que los hacen menos elásticos. La musculatura isquiosural tiene que ser discretamente rígida para cumplir con la función a la que está destinado. (Albaladejo, 2015, pág. 10)

Los Isquiosurales son el grupo muscular más investigado en estudios de estiramiento debido a su facilidad para ser evaluados.

Los músculos isquiosurales poseen una característica común que les hace ser estudiados como grupo y es que entre su origen e inserción cruzan dos importantes articulaciones (cadera y rodilla). Poseen una acción motora en la estática o en la dinámica de las articulaciones de rodilla, cadera y columna lumbo-pélvica. Lo que se traduce en su repercusión funcional en el mantenimiento de la postura corporal (estática) y en la marcha (dinámica). (Albaladejo, 2015, pág. 27)

Las relaciones entre sí de estos tres músculos es la siguiente; en la parte superior el bíceps femoral está situado lateralmente, el semitendinoso superficial al semimembranoso que está por delante de este. En la parte inferior del muslo, sus tendones se separan, el bíceps se dirige lateralmente detrás del cóndilo lateral, el

semitendinoso y semimembranoso, situados medialmente desciende por detrás del cóndilo medial. (Albaladejo, 2015, pág. 32)

El grupo denominado como músculos isquiosurales están formados por:

- El músculo bíceps femoral. 2 vientres; porción larga y porción corta.
- El músculo semitendinoso.
- El músculo semimembranoso.

La denominación genérica que se suele dar a la musculatura isquiosural con más frecuencia es la de musculatura isquiotibial, no siendo del todo correcta porque engloba músculos que se insertan en la tibia y en el peroné. (Gil, 2015, pág. 11)

Es un conjunto de músculos formados por el bíceps femoral, el músculo semitendinoso y el semimembranoso. (Gil, 2015, pág. 12)

A. Músculo Bíceps crural o femoral:

Está compuesto por dos cabezas o vientres musculares, llamadas cabeza larga y cabeza corta. La cabeza larga tiene su origen en la tuberosidad isquiática de la pelvis, mientras que la corta en el tercio medio de la cara posterior del fémur. Tanto la cabeza corta como la larga recorren la parte posterior del fémur, y pasan por detrás de la rodilla insertándose en la cabeza del peroné. La cabeza corta no pasa por la articulación coxofemoral y como se origina en la zona media sólo realiza la función

de flexión de rodilla, mientras que la cabeza larga al tener más recorrido además de contribuir en la flexión de rodilla, realiza la extensión de cadera. (Gil, 2015, pág. 12)

#### B. Músculo Semimembranoso:

Se origina en la tuberosidad isquiática del hueso coxal y recorre toda la zona posterior del muslo, pasando por detrás de la rodilla e insertándose en la tibia. Realiza las mismas funciones que la cabeza larga del bíceps, extensión de cadera y flexión de rodilla y que el semitendinoso. (Gil, 2015, pág. 12)

#### C. Músculo Semitendinoso:

El músculo semitendinoso también tiene su origen en la tuberosidad isquiática del hueso coxal, como el bíceps femoral y el semimembranoso, sigue el mismo recorrido posterior del muslo hasta pasar por detrás de la rodilla como el semimembranoso e insertándose en la pata de ganso profunda que se localiza en la tibia, denominada así ya que la inserción de los tendones en esa área recuerda la forma de la pata de un ave. Su función es la misma que la del bíceps femoral, porción larga, y semimembranoso, extensión de cadera y flexión de rodilla. (Gil, 2015, pág. 13)

La musculatura isquiosural superficial, objeto de estudio, tiene orígenes, funciones e inserciones muy parecidas, por ello que se trabajen de manera conjunta para mejorar tanto los rangos de movimiento articular como la fuerza; es muy difícil realizar un trabajo por separado. Normalmente se trabaja la elongación del músculo a

través de la flexión de la cadera y el trabajo de fuerza, (Jiménez et al, 2003).

González Gálvez (2014) afirma que la disminución de la capacidad fuerza-resistencia de la musculatura flexora y extensora del tronco, así como los escasos valores de flexibilidad están relacionados con mayores tasas de dolor de espalda. Ha demostrado mejoras aplicando el método pilates como herramienta para trabajar tales capacidades. Se trata de una musculatura que se debe tener muy en cuenta, puesto que su tonicidad y rigidez consideramos que repercutirá de alguna manera en la zona lumbar. Quizás sea la musculatura que más se castiga en muchos deportes donde la alta exigencia del gesto deportivo, en fases de estiramientos excéntricos, además de la intensidad, pone a prueba la estabilidad del sistema sinérgico entre agonista y antagonista. Son músculos muy expuestos a traumatismos por su disposición biarticular, porque son muy largos, muy carnosos y poseen tendones muy cortos, muy predispuestos a sufrir acortamientos modificando de esta manera la posición de la pelvis, columna y rodilla, posibilitando el riesgo de lesiones. (Gil, 2015, pág. 13)

El rango de movilidad normal para la flexión es de 130-140° y se realiza sobre un eje transversal en el plano sagital, que visto desde un plano frontal pasa por los cóndilos femorales horizontalmente. Este eje presenta cierta oblicuidad (inferior en la cara medial). La flexo-extensión se comprende basándonos en un modelo planar de dos grados de libertad que permite los movimientos de rodamiento (rotación



anteroposterior) y de deslizamiento (traslación anteroposterior). (Hernaiz, 2014, pág. 28)

Los cóndilos femorales combinan los movimientos de rodamiento y deslizamiento sobre los patillos tibiales. La relación entre ambos no es uniforme durante todo el rango de movimiento. Al principio de la flexión (hasta los 15°), el cóndilo rueda sin deslizamiento. Progresivamente, el deslizamiento predomina cada vez más sobre el giro de forma que al final de la flexión el cóndilo se desliza sin rodamiento. (Hernaiz, 2014, pág. 28)

En sedestación la pelvis bascula hacia atrás (nutación o retroversión) y se reduce la curvatura lumbar. El grado de basculación pélvica depende de la amplitud de flexión de la cadera, la cual está limitada por la musculatura isquiosural cuando las rodillas están extendidas. En gestos tan cotidianos como lavarse la cara, se produce una inclinación anterior del tronco desde la bipedestación y este gesto está soportado a nivel muscular fundamentalmente por la musculatura isquiosural y por el glúteo mayor, dependiendo de si la flexión anterior de tronco es suave o es más importante. (Albaladejo, 2015, pág. 34)

## ESTIRAMIENTO ESTÁTICO PASIVO

Esta elongación implica el estiramiento de un músculo o grupo muscular determinado hasta el punto en que el movimiento es limitado e impedido por su propia tensión (Alter, M., 1996). El estiramiento se detiene en el punto en que la percepción de la distensión no resulte dolorosa. En este punto, el estiramiento es sostenido, siendo mantenido por un período de tiempo determinado, durante el cual se lleva a cabo la relajación y la reducción de la tensión. (Hernández, 2006, pág. 7)

Se denomina pasiva porque el individuo no hace ninguna contribución o contracción activa. El movimiento es realizado por un agente externo (uso del peso corporal, ayuda de un terapeuta o compañero, o el uso de algún elemento). Las recomendaciones respecto al tiempo que se debe mantener esta posición varían, con fluctuaciones entre los 3 y 60 segundos. (Hernández, 2006, pág. 7)

La elongación pasiva provoca un aumento inmediato en el rango de movimiento articular. La duración de este efecto inmediato en el rango articular ha sido estudiada por Magnusson (1992), quien concluyo que la duración de este aumento era de menos de 30 minutos. (Hernández, 2006, pág. 7)

En la técnica de estiramiento estática-pasiva (passive stretching), el individuo no hace ninguna contribución o contracción activa en el momento del estiramiento, dejando toda la musculatura relajada, de tal forma que el estiramiento es realizado por un agente externo. Este agente externo puede ser un compañero (asistido), el propio

sujeto (autoasistido) o bien cualquier instrumento o aparato (mesa, muro, banco, espaldera, elementos de tracción, etc.). (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, pág. 107)

En este el músculo que va hacer estirado, es alargado lentamente (para inhibir la estimulación del reflejo de estiramiento) y sostenido en un rango cómodo durante un periodo de 15 a 60 segundos. A medida que la posición es sostenida, la sensación de estiramiento disminuye, y la persona que está alongando se mueve suavemente hacia un estiramiento más profundo y vuelve a sostener la posición. (Truque, 2012, pág. 22)

Se mantiene una posición articular que somete a elongación a uno o más músculos sin que se produzca movimiento de dicha articulación; La posición articular se realiza a través de una fuerza externa al individuo (la acción de la gravedad o de una persona que sujeta la extremidad en una posición articular determinada). (Solana, 2007, pág. 204)

## TÉCNICA DE FACILITACIÓN NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA SOSTENER-RELAJAR

El método Kabat o de los movimientos complejos es la más representativa de las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva. Se fundamenta en una serie de

principios básicos y utiliza técnicas estimuladoras o relajadoras en función del efecto deseado. (Bernal, 2012, pág. 3)

La FNP es una técnica creada por Herman Kabat en la cual se estimulan los propioceptores incidiendo sobre el componente neuromuscular. La técnica se basa en una secuencia de estiramiento-contracción-relajación siendo: a) un estiramiento pasivo del músculo agonista (de 20 segundos), necesario para inhibir el reflejo miotático; b) una contracción isométrica del músculo agonista y/o una contracción concéntrica del músculo antagonista al estiramiento (de aproximadamente 7-15 segundos), consiguiendo la relajación del músculo por medio de la estimulación de los órganos tendinosos de Golgi y la activación del reflejo de inhibición autógena; c) una fase de relajación. Entonces, los mecanismos mediante los cuales se basan los efectos de la técnica FNP son la facilitación del reflejo miotático inverso (o de inhibición autógena), el mecanismo de inhibición recíproca e incide en los componentes pasivos de la unión miotendinosa. Los tiempos de cada fase varían según los autores puesto que a partir de esta técnica se han desarrollado otras propuestas de estiramiento por medio de otros autores como la técnica de contracción-relajación, sostén-relajación, contracción-sostén-liberación-estiramiento, contracción relajación-antagonista-contracción y la técnica de sostén-relajación-antagonista-contracción. (Bonell, 2014, pág. 15)

La técnica de FNP usada en esta investigación es la técnica conocida como Sostener-Relajar, que incorpora una contracción muscular isométrica contra resistencia previa al estiramiento estático pasivo. O sea, se llega hasta el máximo ROM pasivo, ahí se realiza una contracción isométrica del músculo a estirar, se relaja la contracción y se estira de nuevo el músculo mediante un estiramiento estático pasivo. De este modo se consiguen mayores ganancias de flexibilidad que con el típico estiramiento estático pasivo.

Es muy importante en esta técnica de estiramientos que las diferentes fases de contracción, relajación y amplitud del rango articular se realicen en la zona próxima al tope final de movimiento. Se ha de evitar a toda costa cualquier rebote, tirón o movimiento brusco debido a que puede estimular el reflejo miotático impidiendo el efecto de estiramiento deseado. Esta técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva es indicada para aumentar arcos de movilidad cuando el problema es a nivel muscular; está contraindicada en los casos donde se presenten daños de la capsula articular, cartílago articular o deficiencias articulares degenerativas.

La explicación neurofisiológica que le dan solidez a esta técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva Sostener-Relajar; es la inhibición autógena, reflejo mediado por los Órganos Tendinosos de Golgi (OTG) que al percibir altas tensiones en los tendones reaccionan provocando la relajación muscular mediante inhibición

neurológica. Esta relajación tras la contracción es aprovechada para conseguir mayores elongaciones musculares durante el subsiguiente estiramiento. Esta explicación es reforzada por experimentos en los que se han encontrado disminuciones del reflejo de Hoffman (Reflejo-H) tras una contracción isométrica. (Robles, 2010, pág. 31)

En los últimos años, FNP se ha preferido como una técnica de estiramiento estático o sobre estiramiento balístico, debido a la capacidad de inhibir aún más el sistema nervioso. Una contracción antes de que un estiramiento estático permite un aumento adicional de la ROM en comparación con un estiramiento estático sin una contracción inicial. Sin embargo, la disminución de la excitabilidad reflejo espinal parece durar unos 5 s e inmediatamente vuelve a su nivel inicial de la excitabilidad al final de la recta final [16]. Esta característica puede sugerir PNF estiramiento como una metodología para mejorar de forma aguda ROM. (Thomas, Bianco, Paoli, & Palma, 2018, pág. 8)

La técnica Sostener-Relajar ha sido comparada con otras técnicas de estiramiento y se ha demostrado ser más eficaz en el alargamiento de los músculos isquiotibiales. (Gedeón, 2011, pág. 32)

## TIEMPO

En cuanto a la variable de tiempo durante el cual la tensión debe ser aplicada es un tema de discusión y a la vez esencial para determinar la eficacia de un protocolo de estiramiento.

Son necesarios más estudios científicos que analicen cuál es la duración óptima de la carga total del estiramiento estático por grupo muscular. Siendo muy escasos los estudios que emplean técnicas de estiramiento FNP. (Ayala, Sainz de Baranda , & De Ste Croix, Estiramientos en el calentamiento: Diseño de rutinas e impacto sobre el rendimiento, 2012, pág. 354)

En base a la más reciente investigación sobre el tema en animales y humanos se recomienda que la elongación debe ser mantenida entre 15 y 30 segundos. (Hernández, 2006, pág. 22)

Aunque hay concordancia en los autores en la importancia del estiramiento, faltan evidencias con respecto a la duración y repeticiones que se debe realizar. (Albaladejo, 2015, pág. 24)

La duración del estiramiento varia, según la bibliografía, desde los 10 a 60 segundos. Además, en estos estudios se concluye que el estiramiento de isquiosural aumenta el ROM con diferentes técnicas de estiramiento, posiciones y duraciones. (Albaladejo, 2015, pág. 24)

La bibliografía consultada sugiere un tiempo mínimo para cada acción de estiramiento estático entre 15 y 30 segundos. En relación con el número de ejercicios es de 3 repeticiones por ejercicio y de 4 sesiones por semana. (Albaladejo, 2015, pág. 24)

En el estiramiento estático asistido o pasivo asistido Las recomendaciones respecto al tiempo que se debe mantener esta posición varían, con fluctuaciones entre los 3 y 60 segundos. (Hernández, 2006, pág. 7)

Desde el punto de vista biomecánico, cuando se realiza el estiramiento muscular estático se generan dos respuestas: Creep o deformación progresiva y relajación de la fuerza, el primero sucede cuando se somete un tejido viscoelástico a la acción de una carga constante durante un periodo de tiempo e inicialmente se produce una deformación rápida y luego una deformación lenta, progresiva y creciente hasta alcanzar el equilibrio. Más allá de este punto la cantidad de deformación disminuye. La relajación de la fuerza ocurre cuando un material viscoelástico como la unión miotendinosa, se mantiene en una longitud constante durante un periodo de tiempo. La respuesta en este caso consiste en un elevado estrés inicial en el tejido, seguido por una disminución progresiva del mismo de manera lenta, progresivamente decreciente dependiente del tiempo. En relación con lo anterior, no existe acuerdo sobre el tiempo mínimo necesario que le permita al tejido muscular de individuos



sanos generar éstas respuestas mecánicas y producir así, los efectos que por años se le han atribuido al estiramiento. (Ramírez, Dallos, & Montañez, 2006, pág. 210)

Se han revisado diferentes estudios en los cuales el tiempo de aplicación por el cual se debe realizar el estiramiento es muy variable entre ellos; las siguientes son algunas referencias que encontramos respecto a la variable de tiempo:

La técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva Sostener-Relajar consiste en realizar una contracción isométrica previa al estiramiento durante un lapso de 2” o 3”, luego se procede a relajar el músculo durante 1” o 2 “ y finalmente estiramos dicho músculo exigiéndolo, pero suavemente, durante un lapso de 8” a 15’.

Generalmente se realizan 2 a 4 series por cada ejercicio. (Chasi, 2015, pág. 36)

El estiramiento se mantiene durante un período de entre 10 y 30 segundos, según los autores: • Anderson: de 30 segundos a 1 minuto. • Geoffroy: de 8 a 30 segundos. • Esnault: 12 segundos. (Pacheco & García, 2010, pág. 121)

En estado de preelongación se realiza una sollicitación isométrica del músculo que queremos estirar, y en el período siguiente una vez acabada la contracción se aprovecha el estado de inhibición post isométrica en el que se encuentra el músculo para estirarlo. El tiempo de mantenimiento varía según los autores: • Geoffroy: contracción (C) 10-15 segundos / relajación (R) / estiramiento (E) 20 segundos. • Sölveborn: C 10-30 segundos / R / E 10-30 segundos. • Janda: C máxima 5-10

segundos / E 10 segundos. • Esnault: C 4 segundos / R 4 segundos / E 15 segundos.

(Pacheco & García, 2010, pág. 121)

Un aspecto importante a destacar es el hecho de que la mayor parte de los autores emplean duraciones del estiramiento aislado por serie de 15 o 30 segundos, siendo muy escasos los estudios que emplean duraciones más elevadas. Los estudios justifican la elección de duraciones de 15 o 30 segundos por serie de estiramientos en el hecho de que es igual de efectivo para el aumento del ROM el uso de duraciones cortas del estiramiento que emplear elevadas duraciones del mismo. (Ayala, Sainz de Baranda , & De Ste Croix, Estiramientos en el calentamiento: Diseño de rutinas e impacto sobre el rendimiento, 2012, pág. 354)

Ogura et al. (2007) comparan el empleo de dos duraciones cortas diferentes del estiramiento aislado, 1x30 y 1x60 segundos, sobre la Máxima Contracción Voluntaria (MCV) isométrica de la flexión de rodilla, encontrando un descenso significativo en el rendimiento en dicha prueba tras la aplicación de la rutina de estiramientos con una duración 1x60 segundos. Por tanto, a la justificación anterior para el uso de duraciones Iguales o inferiores a los 30s del estiramiento aislado se podría añadir la hipótesis de que duraciones elevadas, además de ser igual de efectivas para el aumento del ROM podrían alterar el rendimiento deportivo. (Ayala, Sainz de Baranda

, & De Ste Croix, Estiramientos en el calentamiento: Diseño de rutinas e impacto sobre el rendimiento, 2012, pág. 254)

Comenzar con un estiramiento suave hasta un punto de molestia, contraer isométricamente el músculo estirado durante unos 6 u 8 segundos, relajación de la contracción durante 2 ó 3 segundos, pero sin mover la postura, estirar unos grados más de movimiento y sostener la nueva posición unos 10 segundos, contraer y repetir el proceso una o dos veces más. (Morán, 2009, pág. 14)

El músculo se contrae de forma isométrica, es decir, sin que se acorte el músculo, contra una resistencia (la propia mano, una pared, un objeto, un compañero). Esta contracción se mantiene durante 6- 10 segundos. Inmediatamente después el músculo estirado se relaja durante 2-4 segundos manteniendo la posición de las articulaciones. Tras esta breve pausa de relajación se sigue estirando el músculo lentamente hasta un nuevo tope final. Esta posición se mantiene durante 10 segundos; realizar de 2 a 3 repeticiones. (Blun, 1998, pág. 60)

En la extremidad que va a tratarse se flexiona la cadera a 90° y luego se extendió en la rodilla hasta el límite tolerable. Se le pide al participante una contracción isométrica y la contracción de este modo de los tendones de la corva y se mantiene durante 10 segundos (período críticamente cómodo de tiempo para el estiramiento muscular). El procedimiento se repitió 10 veces, aumentando el ángulo de extensión

de la rodilla gradualmente. Este estudio fue diseñado para ejecutar durante en el período de 3 semanas consecutivas, en días alternos. (Gedeón, 2011, pág. 32)

En cuanto a los tiempos de aplicación de cada uno de los procesos, los autores difieren, tanto en el tiempo de las contracciones como en la relajación y en el estiramiento, variaciones que oscilan desde los 10 segundos de contracción, 10 de estiramiento, 5 segundos de relajación a otros que proponen reducir los tiempos de contracción y relajación (6 segundos), y aumentar el de estiramiento (de 10/30 segundos). (Albaladejo, 2015, pág. 23)

El músculo isquiosural se estiró hasta cuando el sujeto manifestó una sensación de estiramiento suave; esta posición se mantuvo durante 7 segundos. Luego, el sujeto luego contrajo isométricamente el músculo isquiosural durante 3 segundos al intentar empujar su pierna hacia abajo contra la resistencia del explorador. Siguiendo esto, se le pidió al sujeto que relajara durante 5 segundos. El fisioterapeuta luego estiró pasivamente el músculo hasta sentir una leve sensación de estiramiento; este estiramiento se llevó a cabo durante 7 segundos. Esta secuencia fue repetida 5 veces con cada secuencia separados de cada uno por un intervalo de 20 segundos. La técnica de estiramiento sostener-Relajar se realizó 3 veces por semana durante 3 semanas. (Senthllkumar, Ramachandran, & Selvaraj, 2018, pág. 444)

El terapeuta flexionó pasivamente la cadera derecha voluntaria, manteniendo la rodilla extendida, hasta la posición en la que el voluntario relacionó la incomodidad, y apoyó la pierna derecha individual sobre su hombro. El participante realizó la fuerza máxima para extender la cadera, por 5 segundos contra la resistencia. Al final de los 5 segundos, el voluntario relajó los músculos y la cadera se flexionó pasivamente de nuevo, por mencionar una nueva incomodidad. La extremidad se mantuvo en ese punto durante 32 segundos. La maniobra se repitió en la extremidad inferior izquierda. (Moesch, y otros, 2014, pág. 88)

Otro estudio obtuvo ganancias de extensibilidad, utilizando los músculos Isquiosurales FNP durante dos semanas, independientemente del número de repeticiones (una, tres o seis maniobras de 30 segundos). En el estudio de Batista et al. Fueron 34 voluntarios realizaron estiramientos estáticos (Isquiosurales) durante cuatro semanas (2 sesiones / semana, 7 repeticiones de 1 min). El protocolo resultó en un aumento de ROM. De acuerdo, Decoster et al. Encontraron Isquiosurales aumento de la extensibilidad después del estiramiento estático durante 3 semanas (3 sesiones / semana), y cada sesión consistió en tres series de 30 segundos. França et al, usando un programa de estiramiento de los músculos paraespinal e isquiosural durante 6 semanas, se observó una mejoría en el dolor y la discapacidad en sujetos con dolor lumbar. (Moesch, y otros, 2014, pág. 90)

La técnica de sostener-relajar consiste en alargar el músculo hasta el punto de limitación, momento en el que el individuo realiza una contracción isométrica de hasta 10 segundos, seguido de un movimiento pasivo de la extremidad hasta el nuevo rango. (Puente Dura, y otros, 2011, pág. 122)

### ÁNGULO POPLITEO

Uno de los métodos para conocer la elasticidad de los músculos isquiosurales es a través de la medición del ángulo poplíteo que mide el grado de extensión de la rodilla. El ángulo poplíteo es el ángulo formado con vértice en el cóndilo externo del fémur, y cuyos ejes se encuentran entre la tuberosidad del fémur y la tuberosidad del peroné.

El ángulo poplíteo evalúa la extensión de la rodilla con la cadera flexionada a 90°. Fue descrito por primera vez por Amiel-Tision C en 1968. El sujeto a explorar se coloca en una camilla en decúbito supino con cadera y rodilla flexionadas a 90°; se fija la pierna contralateral y la pelvis mediante cinchas. A partir de esta posición se lleva pasivamente la rodilla con la cadera a 90° y se inicia a extender progresivamente la rodilla hasta que alcance el punto de máxima extensión, que se producirá por la resistencia a ser estirados los músculos isquiosurales. Con la fijación

evitamos la retroversión pélvica y la rectificación de la lordosis fisiológica de la columna lumbar. (Albaladejo, 2015, pág. 45)

En una revisión sistemática, Novoa MS (2006) y Quintana E (2008) refieren que este test es de mayor fiabilidad para la evaluación de la musculatura isquiosural. La reproducibilidad encontrada con esta maniobra de exploración es elevada de (0,93 a 0,99). (Albaladejo, 2015, pág. 47)

El valor de la medición del test ÂPOP más aceptado por los autores es el del ángulo suplementario al femoro-tibial, por lo que se considera el valor 0° cuando la rodilla logra la extensión completa. La principal ventaja de este test se debe a su diseño para analizar específicamente la extensibilidad de la musculatura isquiosural al estar implicada, teóricamente, una sola articulación. Es de fácil, cómoda y rápida realización, con inconvenientes fácilmente superables. (Albaladejo, 2015, pág. 46)

## SOFTWARE KINOVEA

La goniometría a través de la videografía es un método que es utilizado en el estudio de la cinemática del movimiento. El test realizado mediante goniometría no

tiene en cuenta las medidas antropométricas de los sujetos, no interviniendo de manera directa en el resultado de la flexibilidad. Una de las ventajas de utilizar la videografía es el hecho de que evita la utilización de tablas para el control de la flexibilidad y se rige por un valor único que es comparable para los dos sexos y diferentes edades. Además, nos permite conservar las imágenes a lo largo del tiempo y poder realizar una comparación objetiva en el caso de que exista algún programa de intervención. (Borrás, Cirera, Marín, Comella, & Comella, 2007, pág. 39)

En el presente estudio la herramienta que se utilizó para conocer el ROM del ángulo poplíteo fue mediante videografía utilizando el software kinovea; La videografía tiene dos objetivos principales: 1) Evaluar la posición de una articulación en el espacio. En este caso, se trata de un procedimiento estático que se utiliza para objetivar y cuantificar la ausencia de movilidad de una articulación. 2) “Evaluar el arco de movimiento de una articulación en cada uno de los tres planos del espacio (sagital, coronal, transversal). En este caso, se trata de un procedimiento dinámico que se utiliza para objetivar y cuantificar la movilidad de una articulación”. (Cáceres & Palacios, 2017, pág. 28)

El software Kinovea en comparación con otros programas consta de dinámica 2D el cual es útil para el estudio que se realiza, presenta hojas de cálculos para elaborar estadísticas y demostrar los resultados, además permite medir fácilmente la



trayectoria, ángulos, velocidad y desplazamiento que tiene el paciente, para el estudio correcto del mismo y realizar un plan de intervención que va a favorecer y reinsertar al paciente a sus actividades cotidianas. (Cáceres & Palacios, 2017, pág. 38)

Las propiedades del software Kinovea es la capacidad de formar un Ángulo, que se define como “la Imagen geométrica formada por dos semirrectas con el mismo origen” y Kinovea permite estudiar sus diferentes ángulos de los objetos, para aquello, se toma de referencia un punto específico (una articulación), y se podrá visualizar el ángulo con su numeración exacta. (Cáceres & Palacios, 2017, pág. 39)

La prueba que utilizaremos para conocer la extensibilidad de la musculatura isquiosural antes y después de la intervención es la medición del ángulo poplíteo por medio del software kinovea. Un elemento destacable dentro del desarrollo de las actividades físicas y en el ámbito de la clínica es la puesta en práctica de una serie de pruebas que ofrezcan una valoración cuantitativa válida, fiable y reproducible de la flexibilidad de la musculatura isquiosural de un sujeto.

## ANTECEDENTES

### 1. Internacional

El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento

Flexibility training: Streching techniques

Autores: F. Ayala, P. Sainz de Baranda, A. Cejudo

La realización sistematizada de rutinas de estiramiento es una práctica muy común en el ámbito clínico y físico-deportivo con el propósito principal de mantener o mejorar la amplitud de movimiento de una articulación o conjunto de articulaciones. Además, los estiramientos parecen ser un medio muy indicado para el cuidado, la prevención y el mantenimiento de las capacidades físicas de cada individuo o para su desarrollo.

No todos los estiramientos se realizan de la misma manera o persiguen el mismo objetivo. En función del contexto (clínica, calentamiento, vuelta a la calma, sesiones específicas), la aplicación de unas u otras técnicas será más apropiada para conseguir los objetivos propuestos. Así, es de vital importancia que médicos, entrenadores, preparadores físicos y demás miembros del ámbito de la actividad físico-deportiva conozcan las características, ventajas e inconvenientes de cada una de las diferentes técnicas de estiramiento existentes en la literatura científica. Sin embargo, los términos empleados en la literatura científica para describir las diversas maniobras o técnicas de estiramiento son, a menudo, confusos debido principalmente a que clínicos e investigadores suelen emplear diferentes vocablos para describir el mismo fenómeno. Por lo tanto, los objetivos principales de este trabajo fueron: *a)* describir las técnicas de estiramiento más empleadas en la literatura científica, y *b)* analizar la

literatura científica existente en lo relativo a qué técnicas de estiramiento son más eficaces para la mejora de la flexibilidad.

## 2. Nacional

Tiempo y frecuencia de aplicación del estiramiento muscular estático en sujetos sanos: una revisión sistemática

Autores: Carolina Ramírez Ramírez, Diana Carolina Dallos Santander, Diana Carolina Dallos Santander

El estiramiento muscular ha demostrado ser efectivo en el ámbito clínico para recuperar y mantener la movilidad articular comprometida luego de intervenciones quirúrgicas, periodos de inmovilización, traumas y otras patologías que afectan la flexibilidad. Este es aún un motivo de discusión e investigación en cuanto a los parámetros de aplicación que permitan conseguir los efectos que se le atribuyen, por tal razón se realizaron una revisión sistemática que consistió en la búsqueda bibliográfica que se llevó a cabo en bases de datos como Proquest, Hinari, Ovid, y en publicaciones disponibles en papel como la revista Physical Therapy, Asociación Colombiana de Fisioterapia, y páginas web como la American Physical Therapy Association (APTA). Los artículos que cumplieron los criterios de inclusión fueron evaluados por las autoras en cuanto a su calidad metodológica a través de la tabla

diseñada para tal fin, que tenía en cuenta el tipo de estudio, la fecha de publicación, características de la población estudiada y el protocolo de estiramiento muscular aplicado. Resultados: catorce artículos cumplieron los criterios de inclusión, de ellos tres obtuvieron bajo puntaje metodológico mientras que los restantes obtuvieron puntajes que oscilaron entre 62 y 100 puntos. Conclusión: realizar un estiramiento estático de 30 segundos, tres veces a la semana durante seis semanas es suficiente para mejorar la flexibilidad en adultos jóvenes sanos.

### 3. Local

Se investigó en diferentes fuentes y bases de datos; no se evidencio un artículo con el tema similar al de este trabajo

#### MARCO LEGAL

Ley 528 de 1999

ARTICULO 52.

El fisioterapeuta tiene el derecho de propiedad intelectual sobre los trabajos e investigaciones que realice con fundamento en sus conocimientos intelectuales, así como sobre cualesquiera otros documentos que reflejen su criterio personal o



pensamiento científico, inclusive sobre las anotaciones suyas en las historias clínicas y demás registros.

DQS is member of:



## CAPITULO III

### MARCO METODOLOGICO

#### DISEÑO DE LA INVESTIGACION

La investigación se enmarca dentro del enfoque experimental debido a que la población se dividió aleatoriamente. (Hernández, Fernández, & Baptiste, 2014, pág. 138)

Se realizó el estudio a doble ciego, el evaluador tanto inicial como final esta cegado respecto a la aleatorización de los grupos y el tiempo que le correspondió a cada uno, asimismo el que estadístico encargado del análisis se encontraba cegado. (Villar, 2009)

#### TIPO DE INVESTIGACION

Es un ensayo clínico aleatorizado en su forma más sencilla y habitual, es un estudio de diseño paralelo con tres grupos, consistió en la selección de una muestra de pacientes y su asignación de forma aleatoria a uno de los tres grupos. Dos de ellos recibe la intervención de estudio, y el otro es control, que se utiliza como referencia o comparación. En todos los grupos se realiza un seguimiento de forma concurrente

durante un período determinado, cuantificando y comparando las respuestas observadas en ambos. (Argimon & Jimenez, 2016)

## POBLACION OBJETO

34 adultos jóvenes sanos entre 20 y 30 años

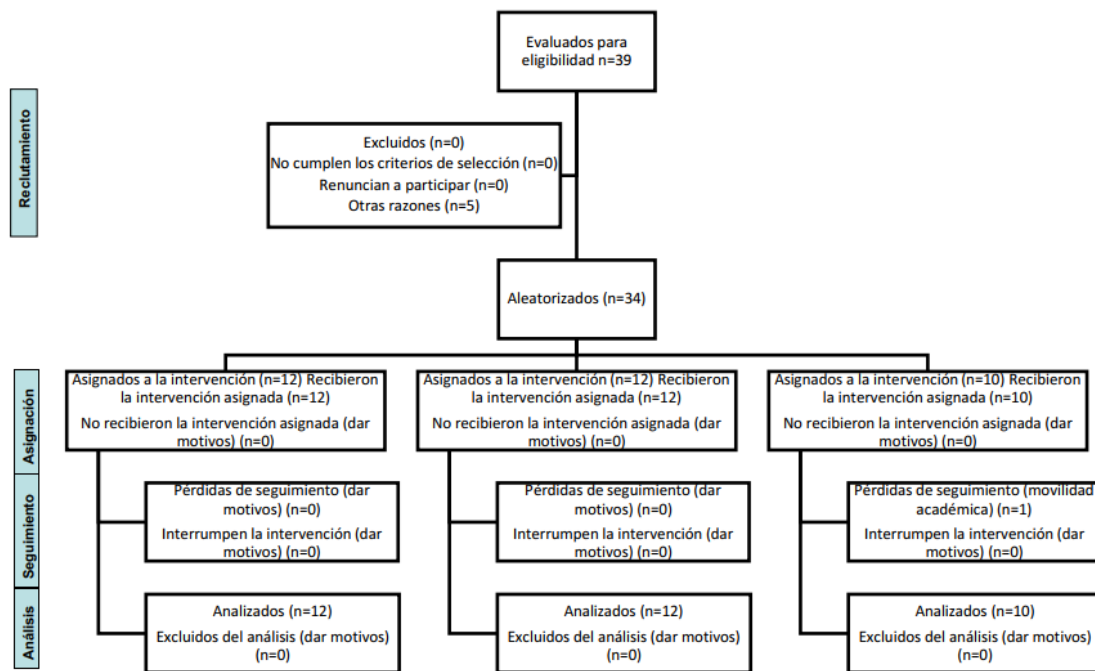


Figura 2

## MUESTREO Y MUESTRA

Los 39 adultos jóvenes sanos fueron elegidos para el estudio, 2 de ellos no aceptaron participar y 3 quedaron por fuera al realizar la valoración. Para el cálculo

de la muestra se tuvo en cuenta el intervalo de confianza de la muestra el cual fue de un 95 %.

Un total de 34 adultos jóvenes sanos completaron este estudio. Después de la valoración inicial, todos los participantes fueron distribuidos por medio de plantilla de cálculo MS Excel, el cual cuenta con la función de generación de número aleatorio a través de la formula =ALEATORIO (); y fueron incluidos de 12 (grupo 1), 12 (grupo 2) y 10 (grupo control) hasta obtener la totalidad de la muestra, aleatoriamente en 3 grupos.

#### CRITERIOS DE INCLUSION

Adulto joven 20-30 años

Con capacidad de comprender y seguir instrucciones verbales

Que no realicen ejercicio físico en los últimos 6 meses

#### CRITERIOS DE EXCLUSION

Lesiones Osteoneuromusculares de miembros inferiores

Realicen ejercicio físico o se encuentren practicando algún deporte

Falta de comprensión para seguir las instrucciones





## RECLUTAMIENTO

El estudio fue realizado en Cúcuta, Norte de Santander, con 39 sujetos, finalmente se eligen 34 adultos jóvenes sanos entre 20 y 30 años los cuales cumplieron con los criterios de selección. El proceso de reclutamiento cumplió con tres fases. La primera el 15 de agosto del 2018 consistió en solicitar ante los directores del programa de fisioterapia la facilidad y el permiso para iniciar la investigación con los estudiantes de prácticas de la sede Cúcuta, la segunda el 4 de septiembre del 2018 en una reunión con los estudiantes de fisioterapia se les dio a conocer la investigación y los alcances de ésta; y el 12 de septiembre del 2018 a los sujetos seleccionados se les da a conocer el procedimiento que se va a realizar y el diligenciamiento del consentimiento informado.

## PROCEDIMIENTO

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos de la Universidad de Pamplona - Colombia y la Universidad Católica San Antonio de Murcia - España.

Según el código de ética se les socializó un consentimiento informado que daba a conocer las pautas del estudio y se especificaba el procedimiento.

Para la realización registramos el plano sagital del sujeto, la cámara del celular Samsung Galaxy J7 modelo de cámara SM-G610M, punto F: f/1.9 , tiempo de exposición 1/30s , velocidad ISO: ISO-80, Distancia focal 4mm, apertura máxima 1.85, Modo de medición: Promedio central, longitud focal de 35mm: 27, cámara de 13 megapíxeles colocada a 2 metros perpendicular a la superficie de la camilla.

Con el sujeto en posición decúbito supino, y las cinchas sujetadoras ubicadas alrededor de la cadera del sujeto; el examinador lleva pasivamente la pierna con la rodilla flexionada realizando flexión de cadera a 90°, posterior a ellos inicia la extensión de rodilla lenta y progresiva hasta encontrar un límite de tensión muscular. Para determinar la eficacia de los diferentes tiempos hemos utilizado mediante la videografía la valoración del APOP que es la medición que mide el grado de extensión de la rodilla y es uno de los métodos para conocer la extensibilidad de los músculos isquiosurales. Según Quintana E. (2008) avala que la medición del APOP es el test más aconsejable para la valoración de la extensibilidad isquiosural; la reproducibilidad encontrada con esta maniobra de exploración es elevada, de (0,93 a 0,99) (Quintana, 2008, pág. 118)

Tiempo Grupo 1: 21 segundos: S (12 seg), R (2 seg), E (7 seg) x4 ciclos= 84 segundos

Cada repetición del estiramiento se aplica en un tiempo de 21 segundos dividido de la siguiente forma: sostener (12 segundos), se le pide que relaje (2 segundos) y se procede a realizar la elongación (7 segundos); se realizaron 4 repeticiones en cada miembro inferior para un total de 84 segundos en cada pierna.

-Tiempo Grupo 2: 15 segundos: S (6 seg), R (2 seg), E (7 seg) x4 ciclos= 61 segundos

Cada repetición del estiramiento se aplica en un tiempo de 15 segundos dividido de la siguiente forma: sostener (6 segundos), se le pide que relaje (2 segundos) y se procede a realizar la elongación (7 segundos); se realizaron 4 repeticiones en cada miembro inferior para un total de 61 segundos en cada pierna, con una frecuencia de 3 días a la semana durante 12 semanas.

## ANALISIS ESTADISTICO

-Software estadístico Stata

## HIPOTESIS

### AFIRMATIVA

-La técnica Sostener-Relajar aplicada durante 15 segundos aumenta los rangos de movilidad de la rodilla

-La técnica Sostener-Relajar aplicada durante 21 segundos aumenta los rangos de movilidad de la rodilla

#### NEGATIVA

- La técnica Sostener-Relajar aplicada durante 15 segundos, no aumenta los rangos de movilidad de la rodilla

- La técnica Sostener-Relajar aplicada durante 21 segundos, no aumenta los rangos de movilidad de la rodilla

#### ALTERNATIVA

Después de aplicar tiempos de estiramiento diferentes no se encuentra diferencia significativa en la ganancia de los rangos de movilidad de la rodilla

#### IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Todas las variables utilizadas se expresan en las tablas 1, 2 y 3. Para cada una de ellas se establece: la definición, el tipo de variable, la categorización, el nivel de medición, y la unidad de medida.

#### VARIABLES

- Independiente: Tiempo de aplicación de la Técnica Sostener-Relajar para estiramiento de los músculos Isquiosurales en adultos jóvenes sanos

- Dependiente: Rangos de movilidad articular de los músculos isquiosurales

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

*Variable independiente*

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	CATEGORIZACION O DIMENSIONES	NIVEL DE MEDICION	UNIDAD DE MEDIDA
Técnica de facilitación	La técnica de facilitación	-Tiempo aplicación 15 segundos	-Cuantitativa continua	-Segundos
Sostener- Relajar T1 y T2	neuromuscular Sostener-Relajar, se trata de una contracción isométrica resistida aplicándose en pacientes que presentan una importante limitación de amplitud articular	- Tiempo aplicación 21 segundos	-Cuantitativa continua	-Segundos

Tabla 2

*Variable dependiente*

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	CATEGORIZACION O DIMENSIONES	NIVEL DE MEDICION	UNIDAD DE MEDIDA
Rangos de movilidad articular	Es la distancia y dirección en la que la articulación puede moverse; hay rangos establecidos que se consideran normales para las diversas articulaciones del cuerpo	-Grados articulación de la rodilla	-Cuantitativa continua	-Grados

Tabla 3

*Otras variables*

VARIABLES	CATEGORI- ZACION O DIMENSIONES	DEFINICION CONCEPTUAL	NIVEL DE MEDICION	UNIDAD DE MEDIDA
Sociodemográficas	Edad	Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento	Cuantitativo continua	20 a 30 años

---

de años cumplidos

Sexo	Determinado por la naturaleza, nace con sexo masculino o femenino	Cualitativa nominal	Masculino o Femenino
Talla	Unidad de medida convencional usada para indicar el tamaño	Cualitativa continua	Centímetros
Peso	Parámetro que valora la masa corporal del individuo	Cuantitativa continua	Kilogramo

---

## INSTRUMENTOS

- Ficha de valoración
- Báscula
- Tallímetro
- Camilla
- Cinchas de sujeción
- Marcadores



- Cámara fotográfica
- Trípode
- Ordenador
- Software Kinovea
- Software SPSS

DQS is member of:





## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA LÍNEA DE BASE

En primer lugar, se realizará un análisis exploratorio para las variables cuantitativas, en el que se determinará la distribución de las variables (valores extremos, simetrías, curtosis, tipos de distribución); para las variables cualitativas se analizarán frecuencias relativas (moda, datos erróneos y erróneos). Después de eso se realizó una descripción de la línea de base, por cada uno de los grupos; cuando las variables sean cualitativas se reportará su frecuencia absoluta y porcentual. Para el caso de las variables cuantitativas se describirá su media y desviación estándar.

Para estimar el efecto de la intervención, se realizará un análisis por intención a tratar (AIT); para las pérdidas se realizará la imputación del peor escenario posible. (Capurro, Gabrielli, & Letelier, 2004) En el caso del presente trabajo ocurrió una pérdida en el grupo control al cual se le imputó el resultado igual al de un sujeto con mejor resultado, para la estimación de la magnitud de la intervención el resultado se realizará modelo lineal generalizado (familia: normal, link: identidad): el cual se esquematiza de la siguiente manera.

$$y = \beta_0 + \beta_1 SR21 + \beta_2 SR15 + \beta_3 LineaBase + \beta_4 Sexo$$

Donde  $y$  es la medición de la flexibilidad después de la intervención,  $\beta_0$  el intercepto,  $\beta_1$  el coeficiente de cambio de los sujetos que pertenecen al grupo de SR21,  $\beta_2$  el coeficiente de cambio de los sujetos que pertenecen al grupo SR15, ajustado por los valores de la línea de base  $\beta_3 LineaBase$  y el sexo ( $\beta_4 Sexo$ ), este



último se incluyó porque los autores sospechan de un sesgo accidental en la variable sexo. (Lachin, 1988)

DQS is member of:



## RESULTADOS

Tabla 4

*Datos Sociodemográficos*

Variables	Grupo 1		Grupo 2		Grupo Control	
	S-R		S-R			
	(21 segundos)		(15 segundos)			
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Sexo						
Femenino	8	66,67	12	100,00	9	90,00
Masculino	4	33,33	0	0,00	1	10,00
	<i></i>	<i>de</i>	<i></i>	<i>de</i>	<i></i>	<i>de</i>
Edad (años)	23,92	3,55	23,08	2,78	26,00	4,64
PESO (kg)	64,75	11,97	66,44	16,47	67,61	18,64
Talla (mt)	1,62	0,08	1,60	0,04	1,59	0,07
IMC (kg/mt <sup>2</sup> )	24,53	3,22	25,78	5,58	26,32	5,13

*n*: número de sujetos, %: porcentaje, **: promedio, *de*: desviación estándar

La muestra estuvo compuesta por 34 sujetos aleatorizados en tres grupos; 12 pertenecían al grupo 1, 12 al grupo 2 y 10 al grupo control. Los resultados de las medias son equivalentes, indicando que los grupos son comparables entre sí.

Las características cuantitativas de la población como la edad, peso, talla, IMC e ICC quedan reflejadas en la tabla 4, donde muestra el promedio y la desviación estándar de los sujetos según cada grupo al que pertenecían.

Tabla 5

	GRUPO 1 S-R 21 segundos		GRUPO 2 S-R 15 segundos		Grupo Control		GRUPO 1 S-R (21 segundos) vs control			GRUPO 2 S-R (15 segundos) vs control		
	$\bar{x}$	<i>de</i>	$\bar{x}$	<i>de</i>	$\bar{x}$	<i>de</i>	<i>dif</i>	<i>IC</i> 95%		<i>dif</i>	<i>IC</i> 95%	
Miembro inferior izquierdo Línea de base	154,9	10,2	150,0	8,9	157,5	13,1						
Miembro inferior izquierdo Posterior a la intervención	170,0	9,5	167,1	6,8	162,4	8,2	8,7	1,5 15,8	6,4	-1,0 13,9		
Miembro inferior derecho Línea de base	154,8	14,1	148,0	10,5	155,6	12,6						
Miembro inferior derecho Posterior a la intervención	170,0	9,0	166,3	10,1	158,4	11,3	11,0	2,10 20,1	10,5	1,4 19,7		

$\bar{x}$ : promedio, *de*: desviación estándar, *dif*: diferencia de promedios la cual equivale al coeficiente

$\beta_1$  y  $\beta_2$  (magnitud de la intervención)

En la tabla 5 se presentan los valores promedio y desviación estándar de la línea base (valoración inicial) y posterior a la intervención (valoración final) para cada grupo, tanto para miembro inferior izquierdo como para miembro inferior derecho. Se puede observar la ganancia significativa del ángulo poplíteo tanto del grupo 1 y del grupo 2 en comparación con el grupo control.

## DISCUSIÓN

El objetivo principal del estudio fue conocer la eficacia de los diferentes tiempos de aplicación de la técnica la FNP sostener-relajar sobre el ROM de la rodilla en adultos jóvenes sanos.

En relación a la duración aislada del estiramiento, los resultados obtenidos muestran, al igual que en estudios previos (Borms, Van Roy, Santens y Haentjens, 1987; Ford et al., 2005; Madding et al., 1987), no existen diferencias significativas entre las diferentes duraciones aisladas del estiramiento, es decir, entre los grupos que emplearon 15 segundos y los grupos que emplearon 21 segundos. Estos resultados contradicen los resultados encontrados por Bandy & Irion (1994) y Provance et al. (2006), quienes observaron que 30 segundos era la duración del estiramiento aislado más adecuada para la mejora del ROM. (Ayala & Sainz, Efecto de la Duración y técnica de Estiramiento de la Musculatura Isquiosural sobre la flexión de cadera, 2008, pág. 97)

El sexo femenino suele tener más flexibilidad que el sexo masculino, en un estudio Youdas y colaboradores evaluaron a 214 sujetos con edades entre 20 y 79 años con el fin de comprobar la influencia del sexo en la extensibilidad de los isquiosurales. Sus resultados identificaron que las mujeres presentan mayores valores de extensibilidad

que los varones ( $p < 0,001$ ); también es importante tener en cuenta factores extrínsecos que intervienen en la flexibilidad como lo es la temperatura ambiental, actividades laborales, sedentarismo, hábitos posturales y estados emocionales; en el presente estudio la variable de sexo no se tuvo en cuenta en la aleatorización, ya que no hubo equivalencia en la distribución de los grupos, esto debido a que la asignación fue al azar y siendo la disponibilidad de la población de mayor predominio femenino. (Silva & Gómez, 2008, pág. 187) (Hernández, 2006, pág. 6)

En diversos artículos encontrados podemos observar bastantes coincidencias a la hora de determinar las causas de las retracciones de musculatura posterior y es que éstas están provocadas por factores genéticos, obesidad y envejecimiento y que también se tiene en cuenta las malas posturas en actividades rutinarias como la sedestación continuada que pueden provocar un acortamiento muscular. (Silva & Gómez, 2008, pág. 187)

La frecuencia de aplicación de la técnica SR se realizó 3 veces por semana debido a la falta de disponibilidad de tiempo de los sujetos de estudio, sin embargo, Bandy y Russel según los resultados de su estudio sugieren que en adultos jóvenes se requiera aumentar la frecuencia hasta 5 veces por semana. (Ramírez, Dallos, & Montañez, 2006, pág. 215)

El resultado del estiramiento dependerá de la plasticidad del tejido, más que de la elasticidad. La plasticidad es la capacidad que tiene un tejido para asumir su nueva longitud cuando haya cesado la fuerza de tracción que se ejerce sobre él. Estas propiedades determinan la fase plástica de un tejido, donde los cambios se mantienen una vez cesada la fuerza aplicada, la cual acontece después de la fase elástica, donde los cambios desaparecen al cesar la fuerza aplicada. La evolución hasta fase plástica en el estiramiento es la que permite desencadenar los efectos terapéuticos.

(Albaladejo, 2015, pág.43 )

Dentro de una sesión de estiramiento una de las variables que se debe tener en cuenta es el tiempo de mantención de la fuerza tensil; este ha sido un tema muy controvertido al momento de aplicar un estiramiento. Debido a que cada texto define con un tiempo diferente la contracción isométrica de la técnica FNP Sostener-relajar. (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, pág. 109)

El protocolo de tiempo utilizado en esta investigación es el resultado de la recopilación de tiempos citados por diferentes autores:

- Bonnar y colaboradores, con el objetivo de valorar la eficacia de la técnica FNP hold-relax, establecen 3 grupos de estiramientos con diferentes tiempos de contracción: 3-s hold-relax, 6-s hold-relax y 10-s hold-relax. La hipótesis inicial

planteada afirma que “un mayor tiempo de contracción isométrica debería aumentar la inhibición autógena con el consecuente aumento de la flexibilidad”. Sin embargo, los resultados del estudio no muestran diferencias significativas en las ganancias de flexibilidad de la musculatura isquiosural entre los 3 grupos. (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, pág. 109)

– Voss y colaboradores proponen que el tiempo de contracción sea de 10 segundos, aunque no justifican el porqué. Anderson y Hall utilizan diferentes tiempos de contracción (3, 6 o 10 segundos) basándose en un estudio realizado por Nelson y Cornelius que valora la mejora de la amplitud de movimiento del hombro. (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, pág. 109)

Los músculos isquiosurales se estiran hasta cuando el sujeto anuncia una sensación de estiramiento leve; esta posición se mantuvo durante 7 segundos. A continuación, el sujeto contrae isométricamente el músculo isquiosural durante 3 segundos; tratando de empujar su pierna hacia abajo, hacia la mesa contra la resistencia del explorador. Después de esto, se le pide al sujeto relajarse durante 5 segundos. El explorador después estira pasivamente el músculo hasta sentir una sensación leve estiramiento.



Este tramo se mantuvo durante 7 segundos. Esta secuencia se repitió 5 veces.

(Senthllkumar, Ramachandran, & Selvaraj, 2018, pág. 444)

En la técnica básica, la persona realiza una contracción mientras otra persona resiste el movimiento, y tras mantener la contracción unos segundos, el sujeto se relaja durante 2-3 segundos. Luego, la persona que mantiene la contracción moverá la extremidad pasivamente hasta que sienta una pequeña tirantez o la persona refiera dolor. Habitualmente, se realiza un estiramiento de 20 segundos (tiempo necesario para inhibir por completo el reflejo miotático), seguido de una contracción isométrica del agonista o músculo estirado de entre 7-15 segundos (para estimular los órganos tendinosos de Golgi y activar el reflejo de inhibición autógena, con el resultado de una nueva relajación sobre el músculo), seguido de una fase de relajación (soltando aire). A partir de aquí se procede a una repetición de la secuencia anterior (estiramiento-contracción-relajación). (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, pág. 108)

La técnica Sostener-Relajar consiste en la realización de una contracción isométrica de 10'' (contract), seguida de mantenimiento del estiramiento de 10'' (hold), seguida de relajación de 5'' (release) y un nuevo estiramiento de 10'' (stretch). (Ayala, Sainz de Barnda, & Cejudo, El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento, 2012, pág. 108)

Otros autores recomiendan que el examinador levante la pierna juntando las manos alrededor de la parte posterior del muslo. A continuación, el sujeto realiza una contracción durante 10 segundos y una relajación durante 10 segundos, permitiendo que la rodilla se doble. Por último, la pierna se endereza. (Yıldırım, Ozyurek, Tosun, Uzer, & Gelecek, 2016, pág. 90)

Otra posible explicación que va en la misma línea, es el grado de retracción que tenga cada sujeto y que en dicho estudio influye en la ganancia del ROM; otro mecanismo sería la adaptación sensorial que produce el estiramiento, que determina por habituación una variación en la percepción del dolor y una disminución de la activación de los husos neuromusculares, aumentando la amplitud del ROM articular como consecuencia de un cambio en la tolerancia del estiramiento debido a la modificación de las propiedades pasivas. El aumento de la extensibilidad de los músculos isquiosurales y la flexibilidad de la rodilla mediante la aplicación del estiramiento, permite disminuir el acortamiento funcional mejorando el desempeño del individuo en la realización de las actividades de la vida diaria.

Los resultados sugieren que una mejora de la ROM en la rodilla se logre independientemente de los tiempos de estiramiento. Todo tipo de estiramiento aumenta la ROM luego de 4 semanas

Ayala y Sainz de Baranda en su estudio cuyo objetivo era valorar la eficacia de las técnicas estáticas activas y pasivas, realizan un programa de estiramientos para la musculatura isquiosural de 12 semanas, con una frecuencia de 3 días a la semana; los resultados mostraron que ambas técnicas son igualmente eficaces para aumentar el ROM; por el contrario Bertolla y sus colaboradores concluyeron que un entrenamiento de método pilates con una duración de 4 semanas con 3 sesiones semanalmente mejoró de forma significativa la flexibilidad de isquiotibiales; Roberts y Wilson consiguieron mejoras significativas en la musculatura isquiosural después de 5 semanas de estiramientos estáticos y una frecuencia de 3 días a la semana; debido a que la literatura muestra diversas maneras en cuanto a la frecuencia en semanas de aplicación de los estiramientos se puede considerar que un protocolo a partir de las 4 semanas y hasta las 12 semanas tendrá resultados significativos. (Ayala & Sainz, Efecto de la Duración y técnica de Estiramiento de la Musculatura Isquiosural sobre la flexión de cadera, 2008, pág. 95) (Bertolla, Pinto, Manfredini, & Ultramari, 2007, pág. 200) (Roberts & Wilson, 1999, pág. 253)

## CONCLUSIONES

- El protocolo de ejecución de FNP Sostener-Relajar con diferentes tiempos no generó diferencias significativas entre el grupo 1 y el grupo 2.
- Los resultados de los grupos experimentales confirman que la FNP Sostener-Relajar con los tiempos de 15 y 21 segundos por 4 ciclos de aplicación mejoran la elasticidad de los músculos isquiosurales aumentando la flexibilidad de la rodilla.
- Con base en los resultados obtenidos se puede evidenciar de forma positiva que la FNP Sostener-Relajar es eficaz para un protocolo de estiramientos de músculos isquiosurales.
- Lo encontrado puede contribuir a nuevas alternativas en la intervención clínica al momento de ejecutar un protocolo de estiramiento con un tiempo determinado para su fase de contracción isométrica, relajación y elongación.

## RECOMENDACIONES

- Se recomiendan más estudios que permitan verificar los resultados en poblaciones diferentes, considerando los factores que intervienen y los efectos producidos
- La población objeto de estudio debe ser homogénea en cuanto al sexo, ya que el sexo femenino tiene mayor flexibilidad que el sexo masculino
- Es necesario un seguimiento continuo de la población objeto de estudio para que ésta evite realizar en sus actividades de la vida diaria estiramientos o algún tipo de ejercicios que puedan interferir en la flexibilidad y por ende en el estudio.

## Bibliografía

- Albaladejo, D. (2015). Estudio del Síndrome de Isquiosurales Cortos en Escolares y la Influencia de un Programa de Ejercicios de Estiramiento.
- Argimon, J., & Jiménez, J. (2016). Introducción a la investigación. *Elsevier*.
- Ayala, F., & Sainz, P. (2008). Efecto de la Duración y técnica de Estiramiento de la Musculatura Isquiosural sobre la flexión de cadera.
- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., & De Ste Croix, M. (2012). Estiramientos en el calentamiento: Diseño de rutinas e impacto sobre el rendimiento. *Redalyc*.
- Ayala, F., Sainz de Barnda, M., & Cejudo, A. (2012). El Entrenamiento de la Flexibilidad: Técnicas de Estiramiento. *Andaluza de Medicina del Deporte*.
- Bernal, L. (2012). *Oposiciones de Fisioterapia*. Madrid.
- Bertolla, F., Pinto, E., Manfredini, B., & Oltramari, J. (2007). Effects of a training program using the Pilates method in flexibility of sub-20 indoor soccer athletes. *Brasileira de Medicina do Esporte*.
- Blun, B. (1998). *Los Estiramientos*. Barcelona: Hispano Europea S.A.
- Bonell, O. (2014). Influencia de los Estiramientos Musculares Previos y Posteriores al Ejercicio Físico en la prevención de Lesiones Musculares.
- Borrás, X., Cirera, E., Marín, F., Comella, R., & Comella, A. (2007). Comparación entre la videografía y el método Sit and Reach para la valoración de la flexibilidad isquiotibial en deportistas escolares. *Biomecánica*.
- Cáceres, L., & Palacios, F. (2017). Utilización del Software Kinovea para Evaluar la Biomecánica de la Marcha en Pacientes con Hemiparesia por Secuela de Evento Cerebrovascular, que acuden al Centro de Rehabilitación Luis Vernaza de la Ciudad de.
- Capurro, N., Gabrielli, N., & Letelier, S. (2004). Importancia de la intención de tratar y el seguimiento en la validez interna de un estudio clínico randomizado. *Médica de Chile*.

- Chasi, R. (2015). Diseño de un Manual de Ejercicios para MEjorar la Flexibilidad en los Estudiantes de Octavo año de Educación Básica del Colegio Marco Aurelio Suba Martínez de la PProvincia de Cotopaxi año Lectivo.
- Gedeón, K. (2011). Comparison of cyclic loading and hold relax technique in increasing resting length of hamstring muscles. *Sciencie Direct*.
- Gil, M. (2015). Características Mecánicas de la Musculatura Isquiotibial superficial en Función del Grado de Dolor Lumbar Inespecifico y el Efecto Agudo del Estiramiento de la Fascia.
- Hernaiz, A. (2014). Antropometría de los Ligamentos Cruzados de la Rodilla. Estudio por RMN.
- Hernández, P. (2006). Flexibilidad: Evidencia Científica y Metodología del Entrenamiento. *Publiced*, 26.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptiste, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Lachin, J. (1988). Properties of simple randomization in clinical trials. *Ensayos Clínicos Controlados*.
- Medina, A., Vargas, V., Montaña, W., & Ortiz, L. (2012). Prevalencia de Retracción de Músculos Isquiotibiales en una Escuela Pública de Bógota. *Medica Sanitas*.
- Moesch, J., Schmatz, J., Thomas, F., Vieira, L., Tozeto, R., & Flor, G. (2014). Efecto de tres Protocolos de Estiramiento en Músculos Lumbares Paraespinales y los Isquiotibiales. *FisioterMov*.
- Morán, O. (2009). *Enciclopedia Ejercicios de Estiramientos*. Madrid: Pila Teleña.
- Pacheco, L., & García, J. (2010). Sobre la aplicación de estiramientos en el deportista sano. *Apunts*.
- Paul, R., Senthilkumar, J., & Sudhakar, N. (2018). Efecto Comparativo Tecnica PNF en Flexibilidad de los Isquiotibiales. *Medicina y Ciencias del Ejercicio*.
- Puente Dura, E., Huijbregts, P., Celeste, S., Edwards, D., Alastair, E., Landers, M., &

- Fernández, C. (2011). Los Efectos Inmediatos Cuantificados dle Tendón de la Corva: Facilitación Neuromuscular Propioceptiva Sostener Relajar frente a Estiramiento Estático. *Fisioterapia en el Deporte*.
- Quintana, E. (2008). Evidencia Científica de los Métodos de Evaluación de la Elasticidad de la Musculatura Isquisural. *Osteopatía Científica*.
- Ramírez, C., Dallos, D., & Montañez, C. (2006). Tiempo y Frecuencia de Aplicación del Estiramiento Muscular Estático en Sujetos Sanos: una Revisión Sistemática. *Salud UIS*.
- Roberts, J., & Wilson , K. (1999). Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med*.
- Robles, A. (2010). Efecto Agudo y a largo Plazo de la Técnica Active Isolated Stretching Sobre el Rango de Movimiento y la Fuerza.
- Senthilkumar, N., Ramachandran, P., & Selvaraj, T. (2018). Comparative effect of PNF Stretching technique on hamstring flexibility. *ResearchGate*.
- Silva, R., & Gómez, A. (2008). Síndrome de los isquiotibiales acortados. *Fisioterapia*.
- Solana, M. (2007). Los Estiramientos: Apuntes Metodológicos para su Aplicación. *Aloma*.
- Thomas, E., Bianco, A., Paoli, A., & Palma, A. (2018). The Relation Between Stretching Typology and Stretching Duration: The Effects on Range of Motion. *Georg Thieme Stuttgart*.
- Truque, S. (2012). Efectividad d elos Tipos de Estiramiento Muscular en la Marcha del Adulto Mayor Perteneiente al Centro de Atención Integral de la Tercera Edad de Sabaneta, Caites Antioquia 2012.
- Villar, F. (2009). Método epidemiológico. *Manual Docente de la Escuela Nacional de Sanidad*.
- Yıldırım, M., Ozyurek, S., Tosun, O., Uzer, S., & Gelecek, N. (2016). Comparison of effects of static, proprioceptive neuromuscular facilitation and Mulligan stretching on hip flexion range of motion: a randomized controlled trial. *Escuela de Terapia Fisica y Rehabilitación*.





## ANEXOS

### Consentimiento Informado

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**  
**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES**  
**COMITÉ DE ÉTICA E IMPACTO AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD**  
**DE PAMPLONA**

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

En el marco de la ley y de la Constitución Nacional, yo \_\_\_\_\_ como participante, identificado(a) con cédula de ciudadanía No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, hago constar que ANDERSSON GOMEZ SANABRIA Y CATALINA PARRA ARDILA, estudiantes de la Universidad de Pamplona, en calidad de investigadores me informaron sobre el objetivo principal del proyecto titulado: ***“Eficacia de la técnica de facilitación neuromuscular sostener-relajar con diferentes tiempos de aplicación sobre los rangos de movilidad de la rodilla en adultos jóvenes sanos”***, en el cual acepto participar voluntariamente, por lo tanto:

-Mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria, estoy en libertad de retirarme de ella en cualquier momento.



-No recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación.

-Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es llevada al anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros u otras instituciones educativas. Esto también se aplica a mi cónyuge, a otros miembros de mi familia y a mis médicos.

- Que el uso de los datos recopilados en el proyecto será netamente con fines de investigación y académicos y nunca se revelará mi identidad y toda información será confidencial.

Nombre del participante:

\_\_\_\_\_

C.C. N° \_\_\_\_\_

Firma del participante: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_





## Ficha de Valoración

FICHA DE VALORACION			
INICIALES DEL EVALUADOR:			
IDENTIFICACION:			
EDAD		SEXO	
<u>VALORACION</u>	<u>FECHA</u>	<u>HORA</u>	
TALLA	PESO	IMC	ICC
KINOVEA	DERECHA	PASIVO	
	IZQUIERDA	PASIVO	
OBSERVACIONES			

## Fotos

