



Universidad de Valparaíso
Facultad de Medicina
Escuela de Kinesiología

EFFECTO DE LA TERAPIA LÁSER SOBRE EL DOLOR MUSCULOESQUELÉTICO: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA.**

AUTOR: MARIELA AGUILERA ALVARADO

TUTOR: JUAN ROJAS MONTERO, Kigo., MSc, MDU.

**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA**

Valparaíso– Chile 2017



Universidad de Valparaíso
Facultad de Medicina
Escuela de Kinesiología

EFFECTO DE LA TERAPIA LÁSER SOBRE EL DOLOR MUSCULOESQUELÉTICO: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA.**

AUTOR: MARIELA AGUILERA ALVARADO

TUTOR: JUAN ROJAS MONTERO, Kigo., MSc, MDU.

**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA**

Valparaíso– Chile 2017

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE..... | iv |
| ABREVIATURAS Y/O SIGLAS..... | vii |
| ABSTRACT..... | ix |
| RESUMEN..... | x |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1.Dolor | 3 |
| 2.1.1 Mecanismo del dolor..... | 3 |
| 2.1.1.1 Procesamiento del dolor a nivel neural..... | 5 |
| 2.1.1.2 Dolor e inflamación..... | 10 |
| 2.1.2 Tipos de dolor..... | 11 |
| 2.1.2.1 Dolor musculoesquelético..... | 13 |
| 2.1.2.2 Dolor musculoesquelético crónico..... | 15 |
| 2.1.2.3 Mecanismos del dolor musculoesquelético crónico..... | 16 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1.3 | Valoración del dolor..... | 19 |
| 2.1.3.1 | Medición subjetiva del dolor..... | 19 |
| 2.1.3.2 | Medición objetiva del dolor..... | 22 |
| 2.1.4 | Tratamientos convencionales en dolor musculoesquelético..... | 23 |
| 2.2 | Láser..... | 26 |
| 2.2.1 | Características de la radiación láser | 26 |
| 2.2.2 | Clasificación según potencia de salida..... | 27 |
| 2.2.3 | Terapia láser | 28 |
| 2.2.4 | Tipos de láser terapéutico | 29 |
| 2.2.5 | Características de la Terapia láser..... | 30 |
| 2.2.6 | Terapia láser de baja potencia | 30 |
| 2.2.6.1 | Mecanismo de la Terapia láser de baja potencia..... | 31 |
| 2.2.6.2 | Terapia láser de baja potencia en el tratamiento del dolor | 33 |
| 2.2.6.3 | Parámetros | 36 |
| 2.2.6.4 | Efectos adversos..... | 38 |
| 2.2.6.5 | Indicaciones | 38 |
| 2.2.6.6 | Contraindicaciones..... | 42 |

| | |
|---|----|
| 2.2.6.7 Precauciones y medidas de seguridad para la terapia..... | 43 |
| 3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 44 |
| 4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN | 45 |
| 5. OBJETIVO GENERAL | 46 |
| 6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 47 |
| 7. MATERIALES | 48 |
| 8. MÉTODOLOGIA | 49 |
| 9. FLUJOGRAMA | 52 |
| 10.TABLA DE VARIABLES | 53 |
| 11.RESULTADOS | 54 |
| 12.DISCUSIÓN..... | 75 |
| 13.CONCLUSIÓN..... | 81 |
| 14.REFERENCIAS | 82 |

ABREVIATURAS Y/O SIGLAS

AINE: Antiinflamatorio no esteroideo

ATP: Adenosín trifosfato

CGRP: Péptido relacionado con el gen de la calcitonina

COX: Ciclooxygenasa

EVA: Escala visual análoga

He: Helio

INOS: Óxido nítrico sintasa

LASER: “Light amplification by stimulated emission of radiation”

LLLT: “Low level laser therapy”

MPQ: “McGill Pain Questionare”

MMP-3: Matrix metallopeptidase 3

Ne: Neón

NMDA: N-metil-D-aspartato

NO: Óxido nítrico

ROS: Especies reactivas de oxígeno

RNS: Especies reactivas de nitrógeno

TENS: “Transcutaneous electrical nerve stimulation”

TNF- alfa: Factor de necrosis tumoral alfa

TGF- beta: Factor de crecimiento transformante beta

ABSTRACT

Introduction: Musculoskeletal pain is a major public health problem, which affects an individual widely in all areas, which is why it is important to provide adequate treatment. Low-power laser therapy has analgesic side effects in the musculoskeletal system, hence the importance of knowing the depth of its effects on pain.

Objective: The objective of this systematic review is to determine what the effects of low level laser therapy on musculoskeletal pain are.

Methodology: Original articles of the last 10 years, published in SpringerLink, Pubmed, Research Gate and Science Direct, were compiled, the words used were "laser and pain", the selected articles were those that fulfilled the search filters, later a selection was made based on the thematic criteria, finally the methodological criteria were carried out, resulting in 19 articles that were included in the review.

Results: In most of the studies analyzed, laser therapy reduces musculoskeletal pain.

Conclusions: Laser therapy has effects on the reduction of musculoskeletal pain, in addition to improving the functionality of individuals, however, a greater number of studies that agree on the dose to use are still necessary.

Key words: Laser therapy, low power laser, pain, musculoskeletal pain, analgesia.

RESUMEN

Introducción: El dolor musculoesquelético es un importante problema de salud pública, que afecta ampliamente a un individuo en todos sus ámbitos, es por ello la importancia de proporcionar un adecuado tratamiento. La terapia láser de baja potencia ha demostrado tener importantes efectos analgésicos en el sistema musculoesquelético, de aquí se origina la importancia de conocer a profundidad cuáles son sus reales efectos sobre el dolor.

Objetivo: El objetivo de esta revisión sistemática es determinar cuáles son los efectos de la terapia láser de baja potencia en el dolor musculoesquelético.

Metodología: Se recopilaron artículos científicos originales de los últimos 10 años, inicialmente se realizó una búsqueda bibliográfica en los buscadores SpringerLink, Pubmed, Research Gate y Science Direct, las palabras utilizadas fueron “laser and pain”, los artículos seleccionados fueron aquellos que cumplieron con los filtros de búsqueda, posteriormente se hizo una selección en base a los criterios temáticos, finalmente se sometieron a los criterios metodológicos dando como resultados 19 artículos que fueron incluidos en la revisión.

Resultados: En la mayoría de los estudios analizados la terapia láser disminuye el dolor musculoesquelético.

Conclusiones: La terapia laser tiene efectos sobre la disminución del dolor musculoesquelético, además de mejorar la funcionalidad de los individuos, sin embargo, sigue siendo necesario un mayor número de estudios que consensen la dosis a utilizar.

Palabras clave: Terapia láser, láser de baja potencia, dolor, dolor musculoesquelético, analgesia.

INTRODUCCIÓN

El dolor es un mecanismo de defensa, una señal de alarma que aumenta la supervivencia del individuo (Romera et al, 2000), se produce una excitación o estimulación de las terminaciones nerviosas sensitivas periféricas especializadas que transmitirán esta señal nociva al sistema nervioso central. Desde acá se activarán vías descendentes encargadas de la modulación del dolor (Vanderah, 2007).

El dolor es clasificado según sus características propias, como su duración, patogenia, localización, curso, intensidad y farmacología. Este puede ocasionarse en huesos, articulaciones, músculos y en los distintos tejidos blandos (Paladino et al., 2009).

El dolor musculoesquelético es un importante problema de salud pública, este afecta ampliamente al individuo, no solo su salud física, sino que su salud en general, tomando en cuenta la sanidad mental y su bienestar emocional (Vidal et al., 2016). Debido a esto la importancia que existe en proporcionar un

adecuado y oportuno tratamiento. Para tener una idea clara de la interacción de un método terapéutico con el organismo durante los procesos de dolor es necesario conocer a profundidad cuáles son los mecanismos de este, es por ello que estos son presentados inicialmente en la presente investigación.

Posteriormente se expone un método terapéutico físico en particular, la terapia láser de baja potencia (LLLT). Es una técnica que consiste en aplicar energía al organismo utilizando un equipo que proporciona un haz estrecho de luz proveniente de una radiación electromagnética (Hernández et al., 2012). Se utilizan láseres de baja potencia los cuales alteran las funciones celulares de manera no invasiva y logran obtener efectos analgésicos (Kohale, et al., 2015). Durante los últimos años se han realizado diversos estudios con el fin de comprender los reales efectos y los mecanismos de funcionamiento de la LLLT sobre el dolor musculoesquelético, sin embargo, no existen consensos aún de los parámetros y dosis necesarias.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Dolor

Según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP), el dolor se define como una experiencia sensorial o emocional desagradable, que es asociada a daño tisular real o potencial, (Puebla, 2005). Se asocia a una parte específica del cuerpo, es un mecanismo de defensa, una señal de alarma que protege al organismo y aumenta la supervivencia del individuo (Romera, Perena, Perena & Rodrigo, 2000).

2.1.1 Mecanismos del dolor

Los estímulos nocivos son detectados a nivel periférico por receptores sensoriales específicos llamados nociceptores, estos son terminaciones nerviosas libres que, mediante la presentación de una serie de proteínas muy variadas y especializadas, transmiten esta información al sistema nervioso central. Hay dos tipos de fibras encargadas de transmitir el estímulo a la médula, fibras C y fibras A delta. Sus cuerpos celulares se encuentran en los

ganglios de las raíces dorsales de la médula espinal con terminación en su asta dorsal. Los nociceptores se encuentran en todo el cuerpo, pero están más extensamente localizados en periostio, pared arterial, dientes, superficie articular y en la bóveda craneana (Zegarra, 2007).

En la médula espinal se liberan los siguientes neurotransmisores del dolor: glutamato, sustancia P y péptido relacionado con el gen de la calcitonina (PRGC). Estos neurotransmisores activan una neurona de segundo orden, a través de su receptor correspondiente, la cual cruza la médula al lado contralateral, y viaja por el haz espinotalámico hasta alcanzar el tálamo en donde se activa la neurona de tercer orden que viaja a la corteza somatosensorial en donde se percibe el dolor (Zegarra, 2007).

A nivel de la médula espinal, las neuronas de segundo orden producen una activación directa de las motoneuronas inferiores en el asta anterior, provocando una retirada refleja del estímulo nocivo, de forma análoga existen interneuronas que modulan la información del dolor entrante (Vanderah, 2007).

Las fibras aferentes nociceptivas suelen tener un extremo periférico y uno central, los neurotransmisores que son producidos en el cuerpo celular ubicado en los ganglios de la raíz posterior, son iguales en las terminaciones

centrales y periféricas de la fibra nerviosa, estos se liberan en ambos extremos por lo que participan tanto en la producción de señal a nivel periférico como en la percepción del dolor a nivel central. La liberación periférica de sustancias neurotransmisoras produce el clásico reflejo axonal. Este reflejo produce cambios periféricos que se identifican como indicadores del dolor: enrojecimiento, tumefacción y dolor a la palpación (Vanderah, 2007).

2.1.1.1 Procesamiento del dolor a nivel neural (ocurre en 4 etapas):

1. **Transducción:** es el proceso en el que el estímulo nocivo es convertido en una señal eléctrica en los nociceptores. Estos responden a diferentes noxas, ya sean térmicas, mecánicas o químicas, pero no responden a estímulos inocuos. A diferencia de otros receptores sensitivos, los nociceptores no están especializados desde el punto de vista estructural, sino que existen como terminaciones nerviosas libres, además estos no se adaptan, es decir, la estimulación continuada produce una descarga repetitiva o continua del nociceptor y, en algunos casos, la estimulación continuada realmente produce una disminución del umbral al que responden los nociceptores produciéndose una sensibilización de estos,

en donde responden de forma más energética ante un mismo estímulo y se produce más dolor (Vanderah, 2007).

2. **Transmisión:** es el proceso en el que se transmite la señal a la médula espinal desde la periferia, luego al tálamo y por último a la corteza. La información se transmite a través de dos tipos de neuronas nociceptivas aferentes primarias:

- Las fibras C, se denominan polimodales C debido a que transmiten información de diferentes estímulos como mecánicos, térmicos y químicos. Son amielínicas y conducen en un rango de 0.5 a 2m/s.
- Las fibras A delta, se denominan mecanorreceptores de alto umbral, ya que todas responden a estímulos mecánicos de alta intensidad. Son mielinizadas y conducen en un rango de 2 a 20m/s.

Estas fibras aferentes liberan los neurotransmisores específicos en el asta posterior de la médula. Uno de los neurotransmisores más importantes para el dolor y el aferente primario es el glutamato, que puede interaccionar con receptores de aminoácidos excitadores de tipo N-metil D aspartato (NMDA) y de tipo no NMDA. Otro transmisor importante asociado con la transmisión del dolor es un aminoácido de 11 péptidos,

denominado sustancia P, que interacciona con la familia de receptores de las taquicininas (Vanderah, 2007).

El haz espinotalámico es la vía más importante para el ascenso de las señales aferentes del dolor de la médula espinal a la corteza; y se subdivide en: neoespinotalámico y paleoespinotalámico. El haz neoespinotalámico, es la vía primaria de la señal del dolor rápido, discrimina los diferentes aspectos del dolor: localización, intensidad, duración. El haz paleoespinotalámico transmite el dolor lento, crónico; la percepción emocional no placentera viaja a través de esta vía; la sustancia P es el neurotransmisor más importante de la misma (Zegarra, 2007).

El tálamo inicia la interpretación de la mayoría de estímulos nociceptivos, los cuales siguen a la corteza cerebral, corteza somatosensorial primaria, corteza somatosensorial secundaria, opérculo parietal, ínsula, corteza cingulada anterior o corteza pre frontal, que son las involucradas en la interpretación de las sensaciones de dolor (Zegarra, 2007).

3. **Modulación:** es el procesamiento de los estímulos nocivos, representa los cambios que se producen en el sistema nervioso y permite que las señales

nocivas recibidas en la médula sean inhibidas selectivamente, de forma que se modifica la transmisión de la señal a los centros superiores.

Además del mecanismo espinal de modulación existe un completo sistema analgésico intrínseco y un sistema modulador supraespinal. El sistema de modulación intrínseco actúa mediante sustancias endógenas localizadas en el sistema nervioso y en otras áreas corporales que se unen a receptores afines a la morfina y derivados, estas sustancias se denominan endorfinas u opioides endógenos (Pedrajas & Molino, 2008).

Este sistema de modulación endógena puede inhibir la transmisión de la señal del dolor, consiste en neuronas intermedias presentes en las capas superficiales de la médula espinal y fascículos neurales descendentes.

Los opioides tanto endógenos como exógenos actúan sobre el terminal presináptico del nociceptor aferente primario a través del receptor opioide u mediante un bloqueo indirecto de los canales de calcio dependientes de voltaje, además de abrir los canales de potasio, la inhibición que se produce de la entrada de calcio en el terminal presináptico inhibe la liberación de neurotransmisores del dolor por las fibras aferentes primarias, por tanto, se produce analgesia. Otro lugar de acción ocurre a nivel de la médula espinal,

los receptores opioides en el nervio postsináptico al ser activados, abren indirectamente los canales de potasio, produciendo una hiperpolarización del nervio (Vanderah, 2007).

4. **Sistemas moduladores descendentes:** Los receptores opioides son los encargados de activar el sistema descendente, estos sistemas se activan en y alrededor de la región gris periacueductal del mesencéfalo. Estas neuronas se proyectan entonces a lugares en la formación reticulada medular y el locus ceruleus a través de circuitos indeterminados, luego estas fibras descendentes se proyectan al asta posterior de la médula espinal a lo largo del fascículo denominado cordón dorsolateral para realizar sinapsis con la neurona aferente primaria entrante, la neurona de segundo orden de transmisión del dolor o interneuronas. Las funciones de estas neuronas moduladoras descendentes del dolor son: liberar neurotransmisores en la médula espinal, especialmente serotonina y noradrenalina, activar pequeñas interneuronas que contienen opioides en el asta posterior espinal para liberar péptidos opioides. La noradrenalina y la serotonina son liberadas para inhibir directamente la liberación de transmisores del dolor desde la señal aferente nociceptiva entrante e

inhibir la célula de segundo orden de transmisión de dolor (Vanderah, 2007).

2.1.1.2 Dolor e inflamación

Al producirse una lesión celular el organismo desencadenara una respuesta celular inflamatoria mediada por factores humorales y celulares con la finalidad de limitar y reparar la lesión producida.

Se produce vasodilatación, aumento de la permeabilidad vascular y una activación celular e hipercoagulabilidad. Al producirse una vasodilatación y un aumento de la permeabilidad vascular se producirá un aumento de la disponibilidad local de nutrientes y oxígeno. Los cambios hemodinámicos producen los síntomas clásicos asociados a la inflamación local: eritema, edema, calor, dolor y perdida de función (García, Martínez & Sánchez, 2000).

El dolor y el sistema inmunológico se influyen mutuamente, posterior a un trauma existe una migración de leucocitos asociados a la inflamación responsables de la liberación de mediadores químicos que generarán dolor, además las citoquinas pro inflamatorias que participan en los procesos nócicos desencadenan efectos de hiperexcitabilidad la cual

puede convertirse en crónica y alterar el procesamiento normal de las señales noxias provocando una exacerbación de los procesos del dolor. Una de estas citoquinas es la TNF alfa, quien reduce la intensidad mínima de respuesta para la activación de las fibras nerviosas C (Barros, Kimiko, Machado, Gerola & Salomao, 2011).

2.1.2 Tipos de Dolor

Para tener una correcta valoración del dolor es conveniente clasificarlo según ciertas características como su duración, la patogenia, localización, curso, intensidad, factores pronóstico de control de dolor y según su farmacología (Puebla, 2005).

- Según su duración puede ser agudo o crónico. El dolor agudo se caracteriza por ser limitado en el tiempo, tiene un escaso componente psicológico, un ejemplo de este, es el dolor musculoesquelético relacionado a una fractura. El dolor crónico es ilimitado en su duración, puede estar acompañado de un componente psicológico.
- Según su patogenia puede ser neuropático, nociceptivo o psicogénico. El dolor neuropático se produce por un estímulo directo del sistema nervioso central o por una lesión de las vías nerviosas periféricas. Este

puede ser descrito como punzante, quemante y acompañado de parestesias, hiperalgesia, hiperestesia y alodinia, un ejemplo sería una compresión medular. El dolor nociceptivo es el más frecuente y a la vez se puede clasificar como somático o visceral. El dolor psicogénico es aquel en el que interviene el ambiente psico-social que rodea a la persona.

- Según su localización puede ser somático o visceral. El dolor somático es localizado, punzante y se irradia siguiendo trayectos nerviosos, se produce por la excitación anormal de nociceptores somáticos superficiales o profundos de la piel, musculoesqueléticos, etc. El dolor visceral puede ser dificultoso de localizar, es continuo y profundo, puede irradiarse a zonas lejanas al lugar de origen, se produce por la excitación anormal de nociceptores viscerales.
- Según su curso puede ser continuo, que persiste a lo largo del día y no desaparece o irruptivo, en donde se producen exacerbaciones transitorias del dolor.
- Según su intensidad puede ser leve en donde el individuo puede seguir realizando sus actividades habituales; moderado en donde se deben

interrumpir las actividades habituales, o severo que es aquel que interfiere con el descanso.

- Según la farmacología utilizada para su tratamiento se clasifican en aquellos que responden bien a los opiáceos como el dolor visceral y el somático, aquellos parcialmente sensibles a los opiáceos, dentro de estos se encuentra el dolor óseo y el dolor por compresión de nervios periféricos y en aquellos que son escasamente sensibles a opiáceos como el dolor por espasmo de la musculatura estriada (Puebla, 2005).

2.1.2.1 Dolor musculoesquelético

Se puede definir como “presencia de dolor articular, muscular o de partes blandas en los miembros y el tronco, generalmente de evolución crónica. (Paladino, Eymann, Llera & De Cunto, 2009).

Todos los componentes del sistema musculoesquelético pueden producir dolor, como huesos, músculos, tendones, fascias, bursas, ligamentos y articulaciones (de Inocencio, 2006).

Es un importante problema de salud pública, afecta la salud general, mental y el bienestar tanto social como económico de aquellos individuos que lo padecen. Dentro de las problemáticas que puede causar se encuentran

discapacidades laborales, altos costos económicos asociados al servicio salud, ausentismo laboral y retiro prematuro del trabajo (Vidal, Hoffmeister & Benadof, 2016).

Es esperable que la prevalencia de este síntoma esté relacionada con varios condicionantes, como, por ejemplo, las características de la población, el lugar del estudio y su cultura, etc.

Se asocian a este dolor: manipulación de material pesado, realización de movimientos repetitivos y la exposición a posturas forzadas y vibraciones. También pueden afectar factores psicológicos y psicosociales, la prevalencia de dolor es más alta en las personas de edad avanzada que en los más jóvenes, y por género es mayor en mujeres que en hombres (Vidal, 2016).

El dolor musculoesquelético en el adulto mayor es una de las quejas más frecuentes, cerca del 25-80% de los ancianos en algún momento presenta algún tipo de dolor que puede influir en el estado de ánimo, el funcionamiento físico y las interacciones sociales, indicando que el abordaje y manejo es multidimensional y multidisciplinario (Arteaga, Santacruz & Ramírez, 2011).

2.1.2.2 Dolor musculoesquelético crónico

El dolor crónico se define como dolor continuo que dura más de 6 meses. No existe un sistema definitivo para su clasificación, sin embargo, se discuten según ubicación, calidad y causa asociada. Puede tener un origen inflamatorio o neuropático, caracterizado por un realce de la sensación del dolor a los estímulos nociceptivos y por la percepción nueva de un estímulo normalmente inocuo como doloroso. En Estados Unidos se gastan más de 100 mil millones anualmente en tratamiento del dolor crónico. Se pierden miles de millones a consecuencia de la discapacidad a largo plazo, la disminución de la productividad laboral y la disminución de la calidad de vida. Puede coexistir con trastornos psiquiátricos como la depresión y ansiedad, aproximadamente un 50% de los pacientes con dolor crónico tienen un trastorno del estado de ánimo (Richard, Roberts, Papaliadis, Mulligan & Dublin, 2014).

A diferencia del dolor agudo, que es una adaptación al medio fundamental para el mantenimiento de la vida, el dolor crónico pierde su característica de defensa para convertirse en una entidad que no aporta al proceso curativo y

de reparación celular, si no que empeora la calidad de vida y aumenta el sufrimiento del paciente (Goicochea & Martín, 2006).

2.1.2.3 Mecanismos del dolor musculoesquelético crónico

Se produce una amplificación de la señal nociceptiva, que es conocida como sensibilización neuronal, de forma que la información transmitida al cerebro origina una reacción desproporcionada, este desarreglo se produce tanto a nivel periférico como a nivel central.

Periféricamente en presencia de una situación crónica ya sea inflamatoria o neuropática, se continúa enviando información nociceptiva hacia el asta dorsal de la médula, por lo que la neurona sigue liberando sustancia P como péptido relacionado con el gen calcitonina. Estos dos una vez que se liberan en la periferia se unen a receptores relacionados con el proceso inflamatorio, como neutrófilos, mastocitos y basófilos. Al unirse se produce una liberación de sustancias inflamatorias (citosinas, bradicininas, histaminas). Además, se favorece la síntesis de ciclooxigenasas (COX), que promueven la síntesis de prostaglandinas y eicosanoides, son liberados también factores de crecimiento. Todo este proceso inflamatorio provocara cambios en el pH, liberación de ATP de las células lesionadas, síntesis y liberación de óxido

nítrico, etc., lo que induce la amplificación de la señal hacia la médula espinal y los centros superiores, provocándose la sensibilización, situación que contribuye al mantenimiento del dolor crónico (Goicochea & Martín, 2006).

En cuanto a la sensibilización central, desde la periferia llegará una señal aumentada, provocando un aumento en la liberación de glutamato, el cual se unirá a receptores NMDA específicos y más tarde al receptor metabotrópico de glutamato. Al activarse contribuyen a la despolarización de la neurona postsináptica y a generar una serie de cambios intracelulares, hay expresión de oncogenes, síntesis de proteínas y activación enzimática que aumentarán la señal nociceptiva, estas situaciones no ocurren en el dolor agudo (Goicochea & Martín, 2006).

Otro fenómeno adaptativo que ocurre en la neurona postsináptica es el incremento de la síntesis de COX y óxido nítrico (NO), las cuales son capaces de difundir hacia la neurona presináptica, donde producen un incremento de la señal, el NO activa la liberación de sustancia P y la COX favorece la síntesis de prostaglandina E2, importante sustancia algógena.

Además, el dolor crónico causa reorganización de la estructura neuronal, aparecen ramificaciones axónicas que aumentan la cantidad de señal

nociceptiva aferente, aumentando la liberación de glutamato al espacio intersináptico. Por otro lado, hay una pérdida de eficacia de la inhibición producida por las vías descendentes, con disminución de la liberación de opioides endógenos, e incluso degeneración celular de dichas neuronas descendentes, lo que de forma indirecta aumenta la señal nociceptiva que se envía a los centros superiores. Todos estos cambios amplifican de forma importante y mantenida la señal nociceptiva que se produce en la asta dorsal de la médula, provocando a la vez la sensibilización central (Goicochea & Martín, 2006).

2.1.3 Valoración del dolor

Antes de realizar un tratamiento es necesario una correcta evaluación, medicación y cuantificación del dolor para adecuar los planes de tratamiento. Se debe identificar el tipo de dolor, determinar su causa, medir la intensidad, realizar una evaluación multidimensional, verificar cual es el impacto físico, emocional y social entre otros. Se debe buscar e identificar cualquier signo que nos pueda dar un mal pronóstico, como un dolor neuropático de causa desconocida. Se deben realizar reevaluaciones regularmente al inicio del tratamiento, tras cada intervención y cada vez que se presente el dolor (Pedrajas & Molino, 2008).

La medición del dolor es vital tanto para el diagnóstico de los pacientes con procesos álgicos, como para la valoración de las diferentes técnicas de tratamiento (Serrano et al., 2002).

2.1.3.1 Medición subjetiva del dolor

La medición subjetiva es la forma más utilizada para medir el dolor, esta se puede dividir en 3 categorías:

Métodos Unidimensionales: se valora exclusivamente su intensidad (Serrano et al., 2002).

- Escala descriptiva simple o de valoración verbal (VRS): tiene una fácil aplicación, utiliza un abordaje muy básico. Es una escala de intensidad que se utiliza para que el paciente realice una autoevaluación global de la intensidad de su dolor utilizando adjetivos descriptores, debe escoger entre 5 aquel que describa de mejor manera su dolor (Malouf & Baños, 2003).
- Escala numérica: el paciente debe asignar un valor numérico al dolor entre 2 puntos de 0 a 100, siendo cero dolor suave y 100 dolor insoportable (Montero & Manzanares, 2005).
- Escala Visual Análoga (EVA): es una herramienta muy simple y permite asignar una puntuación numérica al dolor. Consiste en un segmento de 10 cm de longitud, uno de sus extremos se define como sin dolor mientras que el otro se denomina máximo dolor soportable. El paciente debe marcar con una línea en el punto que considere que se encuentra la intensidad de su dolor. Este método tiene la ventaja de ser sensible, simple, reproducible y universal (Malouf & Baños, 2003).

Métodos Bidimensionales: se valora la intensidad del dolor y la sensación de disconfort asociada. Para medir ambos componentes se puede utilizar una EVA u otras escalas similares y en donde se puede combinar las instrucciones que se le dan al paciente, en un inicio se puede comenzar con el máximo dolor soportable y posteriormente con el máximo disconfort perceptible (Serrano et al., 2002).

Métodos Multidimensionales: se valora además de la intensidad y cualidades, los aspectos emocionales del paciente (Serrano et al., 2002).

- McGill Pain Questionnaire (MPQ): es un cuestionario que valora el aspecto sensorial como la localización y propiedades térmicas, aspectos efectivos como la tensión emocional y el miedo y aspectos evaluativos. Inicialmente se solicita que el paciente señale en un gráfico la zona dolorosa, luego debe elegir en grupos de 20 palabras el vocablo que más caracterice su dolor, la tercera parte indica los cambios que experimenta el dolor y por último mediante una escala se puntúa el dolor de 1 al 5 (Montero & Manzanares, 2005).
- Test de Lattinen: se realiza un test con 5 grupos de 4 preguntas cada uno, la suma de los puntos obtenidos informa sobre intensidad del

dolor, frecuencia, consumo de analgésicos, discapacidad e influencia del dolor en el reposo nocturno (Montero & Manzanares, 2005).

2.1.3.2 Medición Objetiva del dolor

Es importante poder confirmar la validez de una estimación subjetiva del dolor mediante la obtención de parámetros objetivos a través de ensayos experimentales, algunos de los procesos fisiológicos que se realizan son:

- Registro directo de los nervios periféricos: al aplicar estímulos eléctricos en los nervios periféricos se activan fibras nerviosas que se asocian a un estímulo nociceptivo, pudiendo observar así las respuestas al dolor en animales.
- Índices vegetativos o autonómicos: Se valora el dolor mediante índices que reflejen la actividad autónoma vegetativa como la frecuencia cardíaca y la sudoración.
- Registros electromiográficos: obteniendo estos datos es posible relacionar la tensión muscular y su papel en importantes síndromes dolorosos.
- Potenciales evocados: permiten relacionar la actividad eléctrica cerebral y el dolor provocado (Serrano et al., 2002).

2.1.4 Tratamiento convencional del dolor

Los tratamientos para el dolor se basan en terapias farmacológicas como no farmacológicas, clínicamente los más utilizados son:

- **Tratamiento farmacológico:**

1. Analgésicos

- No opioides, antiinflamatorios no esteroideos: Comúnmente son conocidos como AINES, están indicados en aquellos dolores leves a moderados con un origen somático, actúan sinérgicamente con los opioides.

Juegan un rol central en la inflamación, su principal efecto depende de la inhibición de la ciclooxigenasa a nivel periférico. Uno de sus principales problemas son los numerosos efectos secundarios sobre todo en pacientes ancianos como por ejemplo ulceración gástrica y deterioro de la función renal (Pedrajas & Molino, 2008).

- Opioides: son aquellos compuestos derivados del opio, un ejemplo es la morfina. Es bien utilizado en dolor agudo y en dolor crónico canceroso, sin embargo, es controversial su uso en dolor crónico no

relacionado con enfermedades malignas. Estos fármacos deben ser utilizados cuando hallan fallado otras alternativas y previo a una evaluación psicológica rigurosa. Ya que es conocido que los pacientes que consumen opioides pueden desarrollar tolerancia, dependencia y/o adicción (Pedrajas & Molino, 2008).

2. Coadyuvantes: son importantes en el tratamiento del dolor neuropático y en el abordaje de los efectos secundarios de los analgésicos, sobre todo opioides (Pedrajas & Molino, 2008).

- **Tratamiento no farmacológico:**

Para que exista una máxima eficacia y eficiencia en el tratamiento del dolor es necesario el uso en conjunto de medidas farmacológicas como no farmacológicas. La terapia no farmacológica permitirá disminuir la intensidad del dolor, aumentar el umbral de tolerancia, romper con el círculo de malestar-dolor-malestar, refuerza la autoestima, mejora la autonomía y además promueve la participación de la familia y del propio enfermo dentro de los cuidados (Pedrajas & Molino, 2008).

- Aplicación de calor en una zona va a provocar el aumento del flujo sanguíneo además disminuye la rigidez articular. Para la aplicación superficial son utilizadas toallas secas y mantas eléctricas entre otras y para su aplicación más profunda se utilizan onda corta, microondas, ultrasonido y laserterapia, sin embargo, estos últimos no cuentan con un respaldo de alta calidad en cuanto a ensayos clínico (Richard et al., 2014).
- La aplicación de frío reduce la conducción nerviosa, el espasmo muscular y el edema, algunas de sus formas de aplicar son mediante hielo, mentol, geles maleables y spray.
- También existen los programas de ejercicio físico, ideados para prevenir el desacondicionamiento físico que puede ser provocado por rigidez articular y espasmos musculares (Pedrajas & Molino, 2008).
- Otro método utilizado para el manejo del dolor es la estimulación eléctrica transcutánea (TENS). Se cree que la actividad eléctrica inhibe ambos nociceptores periféricos y al ser utilizado a alta intensidad puede activar inhibidores de interneuronas a nivel espinal (Pedraja & Molino, 2008 ; Richard et al., 2014).

2.2 Láser

El termino LASER nace de la sigla inglesa *Light Amplification by Stimuled Emission of Radiation* que en español significa “Amplificación de la luz por emisión estimulada de radiaciones”, es un dispositivo cuántico que genera ondas electromagnéticas de la gama óptica (Hernández, Orellana & González).

2.2.1 Características de la radiación láser

Una radiación lumínica se produce por la emisión de un cuanto de energía o fotón desde un emisor, este describe una trayectoria ondulatoria dentro de un campo electromagnético, sus parámetros de calibración son: amplitud, período, frecuencia y longitud de onda. La diferencia entre diversos tipos de radiación electromagnética está dada por los valores de longitud de onda y frecuencia de la radiación. La longitud de onda es el parámetro que más se utiliza para catalogar los diversos tipos de radiación en el espectro electromagnético. Los distintos tipos de láser se construyen en el campo de la luz visible y en el campo del infrarrojo cercano y su longitud de onda al ser siempre fija es monocromática. La radiación láser tiene ciertas

características especiales: Monocromaticidad, coherencia y unidireccionalidad (Canales, 2007).

Para producirse una emisión láser se requiere un material adecuado con numerosos átomos en estado metaestable, esto significa que se encuentran en un estado energético superior al debido, energía que será emitida de golpe si es que hay un estímulo adecuado, esta fuente de energía externa puede ser térmica-luminosa o eléctrica-química, denominada sistema de bombeo.

Al alcanzarse el máximo de átomos en situación metaestable, es necesario una estimulación para conseguir la emisión de la radiación (Canales, 2007).

2.2.2 Clasificación según su potencia de salida

Es importante distinguir dos grandes tipos de láser, los de alta potencia o quirúrgicos, los cuales tienen un efecto térmico, siendo capaces de concentrar en un espacio muy reducido una gran cantidad de energía demostrando así su capacidad de corte, coagulación y vaporización. Y por otro lado se encuentran los de baja potencia o terapéuticos estos carecen de un efecto térmico, ya que utilizan una potencia menor y la superficie sobre la cual actúan es mayor, con esto permiten que el calor se disperse. Producen un

efecto bioestimulante celular, principalmente se aplican para acelerar la regeneración tisular y la cicatrización de las heridas disminuyendo la inflamación y el dolor (Holmberg, Muñoz, Holmberg, Cordova & Sandoval, 2010).

2.2.3 Terapia Láser

La terapia con láser es una técnica que consiste en aplicar energía al organismo utilizando equipos que proporcionan un haz estrecho de luz proveniente de una radiación electromagnética. (Macías-Hernández et al., 2012).

Este haz de luz se caracteriza por una elevada intensidad, unidireccionalidad y paralelismo (la luz viaja en forma muy rectilínea con escasa divergencia y emite en forma pulsada o continua), monocromaticidad (tiene una sola longitud de onda de la cual dependerá su color) y coherencia (las ondas son armónicas y proporcionales, siempre se mantienen en fase, los fotones en el mismo tiempo y espacio) (Caccianiga, Calzavara, Baldini, Baldoni & Bascones, 2003).

2.2.4 Tipos de láser terapéuticos

Los tipos de laser terapéuticos más conocidos y utilizados son:

- **Helio-Neón (He-Ne):**

Este fue el primer láser de gas que se construyó. Está compuesto por la mezcla de ambos gases nobles con predominio de He (90%) frente al Ne (10%) y es producido mediante el método de cañón con tubo de gas. Su forma de emerger es mediante la forma de un haz paralelo, fino que no pierde potencia con la distancia. Posee una longitud de onda de 633 nm. Su emisión es continua con una potencia eficaz. Su aplicación demanda mucho tiempo, debido a su baja potencia, a no ser que se aplique en puntos aislados o barridos de puntos. (Rodríguez, 2004)

- **Arseniuro de Galio (Ar- Ga)**

La energía eléctrica de este láser pasa a través de un diodo, tiene una longitud de onda entre 780 y 905 nm. Su emisión es pulsada y la potencia eficaz debe ser calculada. Tiene una potencia regulada entre 0,1 a 100W. Se aplica mediante cabezal, punto a punto para poca potencia o por cañón con barrido divergente en los que se supera 1 W de potencia eficaz. Tiene un efecto de aporte energético, para acelerar metabolismo energético y de síntesis (Rodríguez, 2004).

- **CO2**

Es un láser de gas de tipo molecular que emite continuamente en potencias que van de los 10 a los 100 watts. Nace de la mezcla de ambos gases, por lo que su producción es mediante el método de cañón con tubo de gas. Su haz de luz paralelo no pierde potencia con la distancia, posee una longitud de onda entre 905 y 1006 nm lo que lo sitúa dentro de del espectro de la radiación infrarroja lejana. Es de emisión continua y la potencia emitida es la eficaz, sus potencias son regulables y elevadas, por lo que sus sesiones son cortas y con grandes posibilidades de manejo. Tiene un alto efecto térmico (Rodríguez, 2004; Canales, 2007).

2.2.6 Terapia Láser de Baja Potencia (LLLT)

Es una forma de medicina láser utilizada en terapia física, emplea láseres de bajo nivel para alterar las funciones celulares. Es un proceso no invasivo e indoloro que utiliza energía fotónica para proporcionar ventajas terapéuticas biológicas incluidos los efectos analgésicos.

Puede ser utilizada en el tratamiento de heridas indolentes o infectadas, en necrosis tisular, en lesiones nerviosas, osteoartritis u otros síndromes de dolor crónico, como dolor miofascial, lesiones tendinosas o ligamentosas y en

cuidados de la incisión post quirúrgica (Kohale, Agrawal, Sope, Pardeshi & Raut, 2015).

2.2.6.1 Mecanismo de la Terapia láser de baja potencia

Para que la luz emitida por el láser tenga un efecto sobre un sistema biológico, el fotón debe ser absorbido por bandas de absorción eléctrica que pertenecen a un aceptador de fotones o cromóforos. Los cromóforos son moléculas que imparten un color a un compuesto, por ejemplo, la clorofila o la hemoglobina. Existe un rango de longitud de onda donde la penetración de luz en el tejido se maximiza, se emplean longitudes de onda rojas e infrarrojas cercanas. La longitud de onda óptima es de 810 nm (Cotler, Chow, Hamblin & Carroll, 2015).

La radiación láser al ser absorbida por el tejido, produce la interacción de los fotones con las diversas estructuras celulares y tisulares (Canales, 2007).

La COX es el principal foto-aceptor para el rango de longitud de onda rojo-NIR en células de mamíferos, esta proteína transmembrana se encuentra en las mitocondrias quienes convierten moléculas de alimentos y el oxígeno en energía (ATP) por fosforilación oxidativa.

El NO producido en las mitocondrias puede inhibir la respiración celular al unirse a COX y desplazar el oxígeno, especialmente en células lesionadas o hipóxicas.

Se propone que LLLT puede foto-disociar el NO de la COX e intervenir en la inhibición mitocondrial de la respiración celular.

La LLLT es capaz de producir un cambio en el potencial redox celular generando una mayor oxidación mediante el aumento de las especies reactivas de oxígeno (ROS) y la disminución de las especies reactivas de nitrógeno (RNS) (Cotler et al., 2015).

Los efectos a largo plazo del LLLT son gracias a la estimulación de mitocondrias quienes producen moléculas de señalización química las cuales activan diversos factores de transcripción, que eventualmente dan lugar a un aumento de los factores de crecimiento, se cree que la molécula de señalización más importante es el ATP.

Se ha demostrado que la LLLT a dosis bajas mejora la proliferación celular de fibroblastos, queratinocitos, células endoteliales y linfocitos.

El LLLT puede mejorar la neovascularización, promover la angiogénesis y aumentar la síntesis de colágeno participando en procesos de curación crónicos y agudos.

Dosis de luz más bajas son más efectivas que dosis mucho más altas, ya que tienen una mejor capacidad para recuperar tejidos, ya sea, piel, nervios, tendones, cartílagos o huesos. Estas dosis aumentan el potencial de membrana mitocondrial además es más probable que aumente el metabolismo y el potencial de acción en neuronas en lugar de disminuirlo. Cuando la intensidad es mucho mayor, se produce el efecto contrario, inhibiendo el metabolismo mitocondrial en fibras C y en fibras A delta, lo que induce a un bloqueo nervioso (Cotler et al., 2015).

2.2.6.2 Terapia láser de baja potencia en el tratamiento del dolor

Los nociceptores ubicados en las terminaciones nerviosas periféricas se encuentran dentro de la epidermis, de naturaleza superficial, por lo que se encuentran dentro de las profundidades de penetración de las longitudes de onda utilizadas en LLLT, su efecto directo inicialmente se encuentra en el nivel de la red neuronal epidérmica, estos se trasladan a nervios en tejidos subcutáneos, ganglios simpáticos, uniones neuromusculares y troncos nerviosos (Cotler et al., 2015).

Si se aplica con una intensidad suficiente el LLLT es capaz de causar una inhibición de los potenciales de acción, aproximadamente un 30 % de bloqueo neural ocurre a los 10 a 20 minutos desde su aplicación, el cual revierte en aproximadamente a las 24 horas.

Al aplicar láser en un nervio periférico se produce un efecto cascada en el que se suprime la actividad sináptica en las neuronas de segundo orden, de modo que las áreas corticales de la matriz del dolor no se activan.

El ATP es sintetizado en las mitocondrias ubicadas en los ganglios de las raíces dorsales, estas mitocondrias son transportadas mediante un mecanismo monorriel a lo largo del citoesqueleto de los nervios. La terapia láser de baja potencia actúa como un agente anestésico, produce una alteración del citoesqueleto del nervio, demostrado por la formación de varicosidades reversibles a lo largo de los axones, lo que provoca una acumulación de mitocondrias en la zona de la alteración. Se disminuye el potencial de membrana mitocondrial, por lo que la producción de ATP se reduce, siendo el posible causante del bloqueo neuronal (Cotler et al., 2015).

El efecto más inmediato de este bloqueo de nociceptores es el alivio del dolor que se produce en unos minutos. Esta inhibición de la sensibilización

periférica no solo disminuye el umbral de activación de los nervios, sino que también disminuye la liberación de neuropéptidos pro inflamatorios, sustancia P y CGRP (Cotler et al., 2015).

Se ha demostrado que los niveles de endorfinas y serotonina aumentan en modelos animales y posterior al tratamiento con láser en pacientes con dolor miofascial, por lo que la modulación de los neurotransmisores es un posible mecanismo adicional de alivio de dolor.

El LLLT puede tener efectos a corto, mediano y largo plazo. A corto plazo ocurre minutos después de la aplicación, resultado de un bloqueo neuronal de los nervios periféricos y del sistema nervioso simpático y de la liberación de contracciones neuromusculares que conducen a una reducción de los espasmos musculares. A mediano plazo hay una disminución del edema local y una reducción de la inflamación en cuestión de horas a días. A largo plazo los efectos ocurren en una semana o dos y pueden durar meses y veces años como resultado de una mejor cicatrización del tejido (Cotler et al., 2015).

2.2.6.3 Parámetros

Los parámetros de la irradiación de la LLLT (longitud de onda, potencia, dosis, pulso, densidad de energía, energía total y tiempo) deben estar dentro de ciertos rangos para que sus efectos sean positivos (Cotler et al., 2015).

Mediante la realización de diversos estudios se han caracterizado ciertos rangos óptimos de dosis que logran una respuesta celular (Pryor, 2011).

La unidad de dosis más crítica y confiable para la terapia con láser es la densidad de energía en J/cm². La mayoría de las pautas sugieren que la densidad de energía por sesión de tratamiento debe estar dentro del rango 0.1 – 12.0 J/cm², aunque existen instrucciones para enfermedades especiales en donde se recomienda hasta 30 J/cm². Se sugiere que no debe excederse una dosis máxima de 4 J/cm². En lesiones agudas se deben aplicar dosis más bajas debido a que son más sensibles a la energía (Rashidi, Yadollahpour & Mirzaiyan, 2015).

La luz láser al llegar al tejido se puede absorber, dispersar o transmitir. Se puede introducir luz en el cuerpo con longitudes de onda desde 600 nm, extremo rojo del espectro, hasta 1100 nm, extremo infrarrojo, este rango se conoce como la ventana terapéutica para la aplicación de láser.

Cada longitud de onda tiene características de penetración únicas, las longitudes de onda más largas, como rojo tienen una penetración más profunda.

La melanina absorbe la luz con fuerza, por lo que la piel oscura absorberá más luz, especialmente las longitudes de onda de 500 nm a 800 nm. Aquellas longitudes de onda superiores a 1200 nm son absorbidas en agua muy fuertemente, por lo que es difícil obtener mucha penetración en el tejido

Las longitudes de onda sobre los 800 nm típicamente logran alcanzar las profundidades apropiadas para tratar la mayoría de las condiciones musculoesqueléticas.

Cuando la condición es más superficial es efectivo utilizar ondas más cortas como 635 nm, ya que la penetración debe ser menor.

Mientras mayor sea la potencia o la cantidad de fotones que tenga la longitud de onda mayor será la profundidad de penetración en función del tiempo.

Si se utiliza una fuente de láser de menor potencia durante más tiempo se puede lograr una gran dosis en tejido profundo.

Por lo que una unidad de menor potencia, pero con una longitud de onda adecuada para una buena penetración que es utilizada durante un período de

tiempo largo se podrá alcanzar la misma profundidad de una unidad con una longitud de onda mayor e iguales efectos terapéuticos (Pryor, 2011).

En cuanto al tiempo de tratamiento por punto el rango se encuentra entre 30 segundos a 1 minuto, en casos más simples es necesario tratar un solo punto, mientras que en patologías más complejas como un radiculopatía lumbar se pueden tratar de 10 a 15 puntos (Cotler et al., 2015).

2.2.6.4 Efectos adversos

Uno de los principales efectos adversos es el daño que puede producir en el globo ocular si el haz de luz incide directamente en el. Esto provocará una reducción del campo de visión y, si la exposición es elevada, la lesión puede ser irreversible.

Durante la primera sesión en que se exponga al paciente a esta terapia láser puede existir un aumento del dolor el cual cederá ya a partir de la segunda sesión. (Holmberg et al., 2010).

2.2.6.5 Indicaciones

Este tipo de terapia se indica en enfermedades que estén cursando dolor, inflamación y/o estén pasando por un trastorno de la reaparición tisular.

- Otorrinolaringología (ORL): las sinusopatías de causa infecciosa o alérgica, rinitis alérgica, faringitis, amigdalitis, hipoacusia y sordera súbitas, acúfenos de causa vascular, otitis media y traumatismos de la oreja (Hernández et al., 2008).
- Ginecología: cervicitis, ectopias, bartolinitis, vulvitis, úlcera vulvar, raias, mastitis, displasia mamaria, inflamación pélvica y herpes genital (Hernández et al., 2008).
- Neurología: parálisis facial, neuralgia del trigémino, neuralgia intercostal y neuritis posherpética (Hernández et al., 2008).
- Caumatología: úlceras por quemaduras y quemaduras por fricción (Hernández et al., 2008).
- Angiología: úlcera vascular, trombosis venosa y mal perforante plantar (Hernández et al., 2008).

- Proctología: fisura anal, trombosis hemorroidal, hemorroides externas y quiste pilonidal operado (Hernández et al., 2008).
- Estomatología: gingivitis, alveolitis, aftas bucales, posimplantes de dientes, síndrome de la articulación temporomandibular (ATM), absceso periodontal y trismo (Hernández et al., 2008).
- Cirugía: heridas dehiscentes, granuloma a cuerpo extraño, cicatrices y queloides recientes, sufrimiento de piel y cicatrices poscirugía estética, úlceras por presión, forúnculos, abscesos y paroniquia (Hernández et al., 2008).
- Ortopedia y traumatología: epicondilitis, epitrocleítis, tendinitis, cervicalgia, cervicobraquialgia, bursitis, hombro doloroso, sacrolumbalgia, gonalgia (rodilla dolorosa), fascitis plantar, espolón calcáneo, síndrome posfracturas, ganglión del carpo, túnel carpiano (STC), dedo en resorte, enfermedad de Dupuytren, esguinces, trocanteritis, síndrome del piriforme, dorsalgia, distensión o desgarro

muscular, y muchas otras afecciones del sistema osteomioarticular (SOMA) que cursen con inflamación y dolor (Hernández et al., 2008).

- Urología: balanitis, orquitis, epididimitis, enfermedad de Peyronie y herpes genital (Hernández et al., 2008).
- Medicina tradicional (laserpuntura y laserauriculopuntura): migraña, neuralgias, asma bronquial, estrés, parálisis de Bell, afecciones del SOMA, afecciones ORL y afecciones oculares (glaucoma, miopía, diplopía, conjuntivitis y afecciones del nervio óptico) (Hernández et al., 2008).
- Dermatología: herpes simple, herpes zóster, acné inflamatorio, acné, rosácea, micosis superficial, dermatitis, eczemas, piodermitis, forúnculos, abscesos, alopecia areata reciente, esclerodermia y pénfigo vulgar (Hernández et al., 2008).

2.2.6.6 Contraindicaciones

1. Absolutas:

- Irradiación directa e indirecta sobre el globo ocular.
- Irradiación de la glándula tiroides.
- Pacientes con neoplasias.
- Pacientes epilépticos.
- Pacientes con mastopatía fibroquística.
- Irradiación prolongada en niños en edad de crecimiento
- Pacientes que llevan marcapasos.
- Pacientes con infarto de miocardio reciente (Holmberg et al., 2010).

2. Relativas:

- Distiroidismo.
- Embarazo.
- Infecciones bacterianas sin previa cobertura antibiótica.
- Combinación con fármacos que producen fotosensibilidad.
- Pieles fotosensibles.
- Dolor de origen orgánico o visceral (Holmberg et al., 2010).

2.2.6.7 Precauciones y medidas de seguridad para la terapia

-No apuntar los rayos láser a los ojos y todos los presentes deben usar gafas de seguridad apropiadas.

-No se deben tratar sitios de ningún carcinoma primario conocido o metástasis secundaria.

-En embarazos no tratar directamente sobre el feto en desarrollo.

-En epilépticos tener en cuenta que la luz visible pulsada de baja frecuencia podría provocar una convulsión en pacientes epilépticos fotosensibles (Cotler et al., 2015).

-Evitar superficies reflectantes (instrumento metálico, espejo). (Holmberg et al., 2010).

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El dolor musculoesquelético es un importante problema de salud pública por su alta prevalencia e incidencia. Tiene un alto impacto en la funcionalidad de las personas y actualmente es una de las causas que más motivan las consultas médicas (Vidal et al, 2016). Hoy en día existen múltiples formas de manejar el dolor y está siendo estudiada la terapia láser de baja potencia como un potencial agente analgésico, sin embargo, no existe claridad aun de cuáles son sus reales efectos sobre el dolor, ni existe un consenso sobre los parámetros utilizados para causar efectos terapéuticos.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de la terapia láser de baja potencia en el dolor musculoesquelético?

5. OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de la terapia láser de baja potencia en el dolor musculoesquelético.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar cuáles son los protocolos de tratamiento que se utilizan durante la terapia.

Determinar qué métodos son utilizados durante los estudios para la valoración del dolor.

Determinar dosis efectivas para el tratamiento del dolor musculoesquelético.

7. MATERIALES

- Ordenador, Notebook Acer.
- Microsoft Office Word.
- Red de conexión a Internet.
- Buscadores de Artículos Científicos: SpringerLink, Pubmed, Research Gate y Science Direct.

8. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica sistemática con la finalidad de encontrar la mayor cantidad posible de artículos científicos originales en inglés que relacionaran las temáticas de dolor y terapia láser, en 4 bases de datos relevantes en el área.

Tipo de estudio: Revisión Sistemática

Criterios de aceptación:

- Palabras claves: los términos utilizados fueron “Laser & Pain”, se utilizaron en conjunto, ya que lo esperado era encontrar artículos que relacionaran ambas temáticas y al haber sido utilizadas por separado la información obtenida estaría fuera de los intereses de la investigación.
- Buscadores de artículos científicos: Los buscadores utilizados fueron 4, SpringerLink, Pubmed, Research Gate y Science Direct. Fueron

seleccionados ya que en ellos se encontró una mayor cantidad de información con relación directa a la temática estudiada.

- Criterios temáticos:
 - Artículos que asocien el uso de terapia láser en el dolor musculoesquelético ya sea agudo o crónico
 - Utilización de láser terapéutico de baja potencia
 - Al menos un grupo estudiado con uso exclusivo de terapia láser de baja potencia
 - Artículos con menos de 10 años de antigüedad
 - Artículo científico original

- Criterios metodológicos:
 - Artículos con un Factor de Impacto mayor o igual a 1

Procedimiento

- **Términos claves:** laser, pain.
- **Filtros de búsquedas:** artículo original, año 2008 en adelante y que relacione la terapia láser con el dolor.

Inicialmente se determinaron las palabras claves y se seleccionaron los buscadores que se utilizaron para la recopilación de artículos científicos.

Se realizó una primera selección de artículos mediante una búsqueda en las 4 bases de datos, utilizando las palabras claves y los filtros de búsqueda. (n=201)

Una segunda selección incluyó aquellos que cumplieron con los criterios temáticos, mediante la lectura de los abstracts de cada artículo y de metodologías en caso de ser necesario. (n=136)

Una última selección incluyó aquellos que cumplieron con los criterios metodológicos, quedando finalmente 19 artículos que se utilizaron para la revisión.

9. FLUJOGRAMA

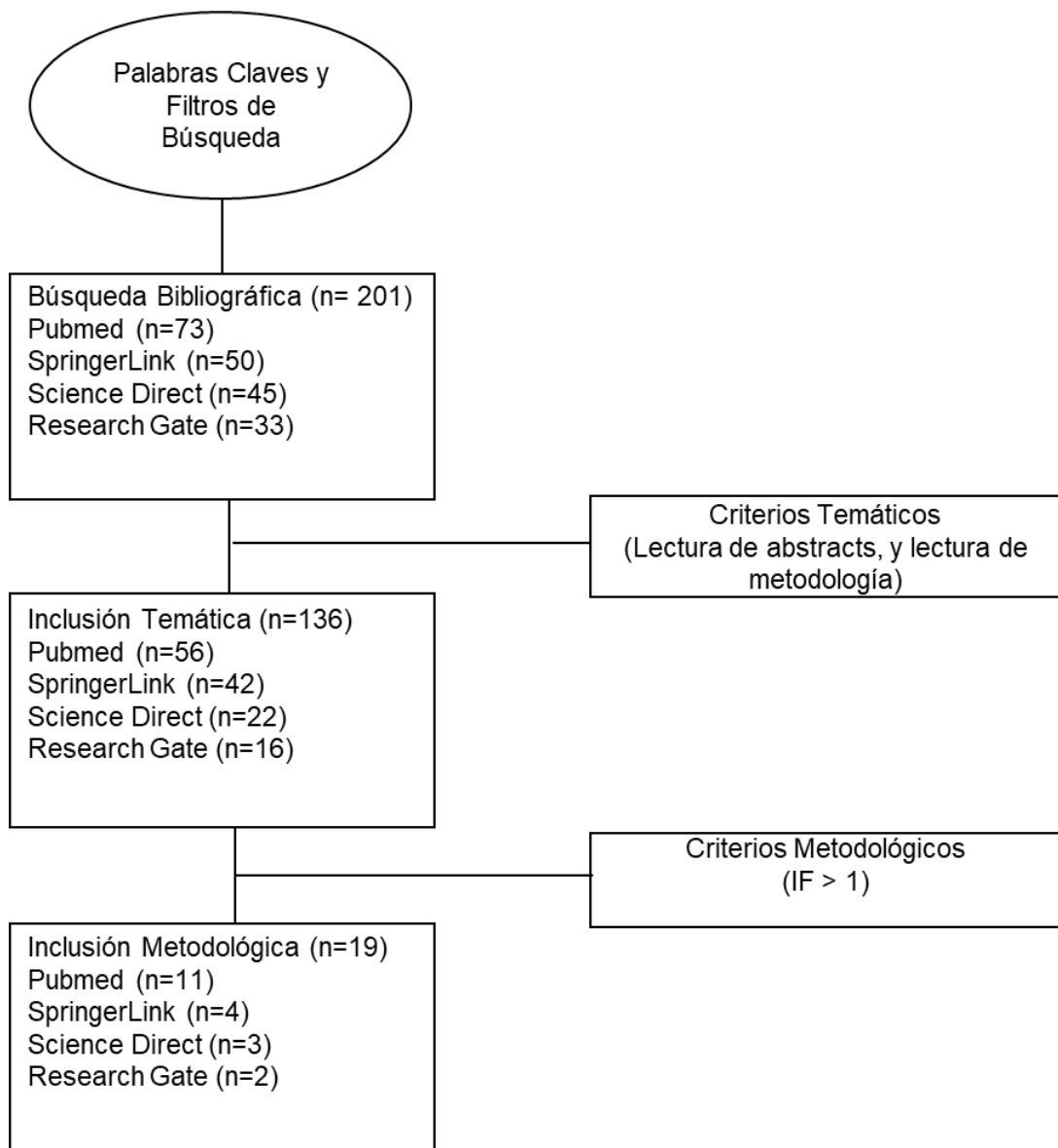


TABLA DE VARIABLES

| Variable | Definición | Dimensiones |
|--------------------------------|--|---|
| Terapia Láser de Baja Potencia | Es una forma de medicina láser utilizada en terapia física, emplea láseres de bajo nivel para alterar las funciones celulares. | Parámetros Dosis Tiempo Potencia Longitud de onda |
| Dolor Musculoesquelético | Presencia de dolor articular, muscular o de partes blandas en los miembros y el tronco, generalmente de evolución crónica. | DME crónico DME agudo DME visceral DME somático |

RESULTADOS

Alves et al, 2008. **Efficacy of low-level laser therapy in the treatment of temporomandibular disorder.**

Participaron 40 pacientes con trastornos temporomandibulares, 1 hombre y 39 mujeres. El grupo fue dividido aleatoriamente en 2: grupo 1 (n=20) tratado con LLLT y grupo 2 (n=20) tratado con placebo.

Se utilizó un láser de baja potencia GaAIAs, cada área dolorosa fue irradiada durante 20 s con una longitud de onda de 830nm, una potencia de 500mV, la dosis fue de 100J/cm², por sesión. El tratamiento fue realizado 1 vez por semana durante 4 semanas consecutivas. Dosis total de 400 J/cm² por punto. El dolor fue evaluado mediante una escala visual análoga antes de comenzar con el tratamiento y al término de este.

Se concluye que posterior al tratamiento el dolor y los síntomas disminuyeron, sin embargo, la terapia con láser de baja potencia no tiene diferencias significativas en cuanto al alivio del dolor respecto a la terapia

con placebo, es necesario la realización de más ensayos para determinar con precisión los procedimientos para un tratamiento con láser óptimo.

Mansour et al, 2009. Low-level laser therapy and myofacial pain dysfunction syndrome: a randomized controlled clinical trial.

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego. Participaron 16 pacientes con trastornos temporomandibulares que presentaban dolor unilateral en sus músculos masticatorios (dolor miofascial) por hasta un mes de duración, 12 mujeres y 4 hombres entre las edades de 16 y 37 años. Aleatoriamente el grupo se dividió en 2: grupo 1 (n=8) tratado con LLLT, grupo 2 (n=8) tratado con terapia placebo. Para el grupo LLLT se utilizaron dos láseres de diodo sobre el punto doloroso de los músculos masticatorios. Una sonda utilizó láser In-Ga-Al-P a 660 nm, 17,3 mW, 6,2 J/cm², 0 Hz durante 6 minutos la otra utilizó un láser GaAs a 890 nm, 9,8 W, 1 J/cm², 1500 Hz durante 10 min.

El tratamiento se realizó dos veces a la semana durante tres semanas consecutivas.

El dolor de los pacientes fue medido mediante la escala visual análoga durante cuatro períodos: pre y post tratamiento, una semana después y el día del alivio completo del dolor durante un período de tres semanas.

Se concluye que estos tipos particulares de LLLT demostraron ser tratamientos efectivos para la reducción del dolor en pacientes con síndrome de disfunción de dolor miofascial. No se informaron efectos secundarios negativos durante el estudio.

Kiritsi et al, 2010. Ultrasonographic evaluation of plantar fasciitis after low-level laser therapy: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled trial.

Se realizó un ensayo aleatorizado doble ciego, controlado con placebo. Participaron 30 pacientes, 15 mujeres y 15 hombres entre las edades de 22 y 65 años, con diagnóstico de fascitis plantar, que presentaran dolor en el talón plantar unilateral con una duración de más de 6 semanas.

El grupo se dividió aleatoriamente en 2: grupo 1 (n=15) tratado con LLLT y grupo 2 (n=15) tratado con terapia placebo.

Se administró láser de tipo GaAs con una longitud de onda infrarroja de 904nm con cuatro diodos infrarrojos. La salida del láser fue en promedio 240

mW, la frecuencia del pulso era de 5,000 Hz. Cada paciente fue tratado 157.5 s por sesión y la dosis de tratamiento activo fue en total de 680,4J. El tratamiento se realizó 3 veces por semana durante 6 semanas.

El dolor fue evaluado al inicio y al término de cada terapia mediante la escala visual análoga.

Se concluye que la terapia láser con infrarrojo GaAs de 904 nm puede contribuir a la curación de la fascitis plantar y a la disminución del dolor.

Konstantinovic et al, 2010. Low-Level Laser Therapy for Acute Neck Pain with Radiculopathy: A Double-Blind Placebo-Controlled Randomized Study.

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, controlado por placebo. Participaron 60 pacientes con dolor agudo de cuello por radiculopatía. Fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos, grupo 1 (n=30) tratados con LLLT y grupo 2 (n=30) tratados con terapia placebo.

El láser utilizado tubo una longitud de onda 905 nm, frecuencia de 5,000 Hz, densidad de potencia de 12 mW / cm², y dosis de 2 J / cm², el tiempo de tratamiento fue de 120 segundos, en dosis completas de 12 J / cm². Las terapias fueron realizadas 5 veces por semanas con un total de 15 sesiones.

La intensidad de dolor fue medida por una escala visual análoga, como medida de resultados primaria y como secundarias fueron los movimientos del cuello, índice de discapacidad de cuello y calidad de vida. Las medidas fueron tomadas antes y al final del período de tratamiento.

Se concluye que los pacientes tratados con LLLT mostraron una mayor mejoría en la reducción del dolor, en los movimientos locales del cuello, en la discapacidad relacionada y en la calidad de vida en comparación con los pacientes tratados con placebo.

Montes et al, 2012. **Interferential laser therapy in the treatment of shoulder pain and disability from musculoskeletal pathologies: a randomised comparative study.**

Se realizó un ensayo clínico comparativo aleatorizado, simple ciego. Participaron 200 pacientes con dolor de hombro unilateral de etiología musculoesquelética el grupo se dividió aleatoriamente en 2: grupo 1 (n=100) recibió terapia láser interferencial y grupo 2 (n=100) recibió terapia láser convencional.

Se utilizaron 2 láseres independientes e idénticos GaAIAs de diodos infrarrojos, con una longitud de onda de 810 ± 10 nm, ancho de pulso de 100

milisegundos, potencia máxima de 100 ± 10 mW y un tiempo de aplicación de 70 s. La energía total entregada por sesión fue de 35 julios para el grupo convencional y de 70 julios para el grupo interferencial, se realizaron 3 sesiones por semana, 10 en total.

El dolor fue evaluado antes de la primera sesión de tratamiento e inmediatamente después de la última sesión, utilizando una escala visual análoga y mediante el índice de dolor y discapacidad de hombro (SPADI). Se concluye que tanto la terapia con láser convencional como la interferencial presentan reducción del dolor y de la discapacidad de hombro.

Coradini et al, 2013. Comparison of low level laser, ultrasonic therapy and association in joint pain in Wistar rats.

Se utilizaron 24 ratas hembras, fueron divididas aleatoriamente en 4 grupos, se les realizó a todas unas inducciones de hiperestesia en su rodilla derecha: grupo 1 (n=6) sin tratamiento (placebo), grupo 2 (n=6) tratadas con ultrasonido, grupo 3 (n=6) tratadas con LLLT, grupo 4 (n=6) tratadas con láser de baja potencia y ultrasonido terapéutico.

El tratamiento se inició después de 15 minutos de la inducción de la hiperalgesia, en los grupos 3 y 4 se utilizó LLLT, con una longitud de onda

de 830 nm, potencia de salida de 30 mW, área del haz interno de 0,11600 cm² y fluencia de 8 J / cm².

La evaluación de la nocicepción se realizó mediante una prueba que mide la sensibilidad nociceptiva al estímulo mecánico en animales (Von Frey test).

Se concluye que la terapia con láser tiene un efecto nociceptivo sin embargo fue superior el efecto terapéutico del ultrasonido.

Malliaropoulos et al, 2013. **Low-level laser therapy in meniscal pathology: a double-blinded placebo-controlled trial.**

Se realizó un estudio aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo. Participaron 64 pacientes, 20 hombres y 44 mujeres entre los 35 a 62 años, con dolor unilateral medial de rodilla por más de 6 semanas. Aleatoriamente el grupo fue dividido en 2: grupo1 (n=32) tratados con LLLT, grupo 2 (n=32) terapia placebo.

Se utilizó láser de tipo GaAs con una longitud de onda infrarroja de 904 nm sobre el área anatómica del menisco medial. Con una frecuencia de pulso de 2400 Hz y 700 Hz, la dosis de tratamiento activo fue en total 100.8 J por rodilla, por sesión cada paciente fue tratado durante 210 s.

El tratamiento se realizó dos veces por semana durante las primeras 3 semanas y una vez por semana durante las próximas 3 semanas.

El dolor fue evaluado al inicio del estudio y al término de cada sesión con una escala visual análoga, además se aplicó un cuestionario que evalúa dolor, función e hinchazón de rodilla.

Se concluye que LLLT tiene una potencial utilidad en el tratamiento de pacientes con lesiones meniscales dolorosas especialmente en pacientes con foco de atenuación de grado 3 observada solo en secuencias delgadas o lágrimas intrasustanciales.

Uemoto et al, 2013. **Laser therapy and needling in myofascial trigger point deactivation.**

Se realizó un estudio clínico en el que participaron 21 mujeres de entre 20 y 52 años con trastornos en la articulación temporomandibular, las cuales presentaron puntos gatillos miofasciales activos en ambos músculos maseteros. Se dividieron aleatoriamente en 3 grupos: grupo 1 (n=7) tratados con LLLT, grupo 2 (n=7) tratados con terapia de punción y grupo 3 (n=7) control.

Se utilizó terapia láser con una longitud de onda de 795nm y 80mW de potencia. Los puntos gatillos localizados en el masetero derecho de cada paciente fueron irradiados con láser a una dosis de 4 J/cm², en el lado izquierdo se aplicó una dosis de 8 J/cm².

Se realizaron 4 sesiones de tratamiento, con intervalo de 72 h entre la primera y la segunda, 48 h entre la segunda y la tercera y 72h entre la tercera y la cuarta sesión.

El dolor se evaluó antes y después del tratamiento mediante el uso de una escala visual análoga, un algómetro digital, y con la medición de la apertura máxima de la boca sin molestias usando una pinza.

Se concluye que la terapia láser a una dosis de 4 J/cm² tiene mejores resultados para la desactivación de puntos gatillos evaluada con EVA y con umbral de dolor a la presión, mientras que con una dosis de 8 J/cm² demostró ser efectiva solo al ser evaluada con EVA.

De Moraes et al, 2014. **Evaluation of low-level laser therapy effectiveness on the pain and masticatory performance of patients with myofascial pain.**

Se realizó un estudio ciego con la participación de 21 pacientes, 19 mujeres y 2 hombres, con dolor facial con intensidad mínima de 5 en escala EVA con duración de al menos 3 meses y diagnóstico de dolor miofascial. El grupo fue dividido en 2: grupo 1 (n=12) tratado con LLLT y grupo 2 (n=9) tratado con terapia placebo.

Se utilizó un láser de tipo GaAlAs en puntos gatillos de músculos temporales y maseteros, con una longitud de onda de 808 nm, 10000 mW de potencia, la energía total fue de 1.9 J, la dosis aplicada fue de 70 J y el tiempo de aplicación por punto fue de 19 s.

Los participantes fueron evaluados midiendo el umbral de dolor por presión, mediante un algómetro de presión, además de la intensidad de dolor mediante escala visual análoga al inicio del día, antes de comenzar la terapia y al final del tratamiento. Se realizaron 8 sesiones, dos veces por semana durante 4 semanas.

Se concluye que LLLT demuestra una disminución del dolor, una mejora en el rendimiento masticatorio y disminuye el umbral de dolor de presión, sin embargo, este efecto se debilita después de la interrupción de la terapia.

Ruaro et al, 2014. **Low-level laser therapy to treat fibromialgia**

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, controlado con placebo. Participaron 20 pacientes diagnosticados clínicamente con fibromialgia los cuales fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos: grupo 1 (n= 10) tratado con LLLT y grupo 2 (n=10) tratado con placebo.

Se utilizó un láser de tipo GaAlAs con una longitud de onda de 670 nm con una salida de 20 mV. La dosis fue de 4J/cm², el tiempo de exposición en cada punto fue de 7 s (se irradiaron los 18 puntos sensibles a la fibromialgia), en total cada paciente recibió un total de 72 aplicaciones (504 s).

La terapia se realizó 3 veces por semanas durante un período de 4 semanas, por lo que la dosis total recibida por cada paciente fue de 288 J/cm².

Antes y después del tratamiento la intensidad del dolor fue evaluada mediante una escala visual análoga, además se les aplicaron cuestionarios, de impacto de la fibromialgia (FIQ) y el cuestionario de McGill para el dolor.

Se concluye que la terapia con láser de bajo potencia alivia los síntomas de la fibromialgia pudiendo ser una herramienta terapéutica importante para disminuir el impacto de la enfermedad, disminuir el dolor y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Ahrari et al, 2014. **The efficacy of low-level laser therapy for the treatment of myogenous temporomandibular joint disorder.**

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego. Participaron 20 pacientes mujeres con trastorno temporomandibular miogénico con presencia de dolor miofascial, artralgia u osteoartritis. Fueron divididas aleatoriamente en 2 grupos: grupo 1 (n=10) tratado con LLLT y grupo 2 (n=10) placebo.

El tratamiento con láser fue pulsado con una longitud de onda de 810nm, potencia máxima de 80 W, energía efectiva de 6J, una dosis de 3.4 J/cm² y un tiempo de aplicación de 2 minutos por punto. El láser se aplicó 3 veces por semana con una duración de 4 semanas. Cada paciente recibió un total de 40,8 J/cm² por punto doloroso tratado.

Los pacientes fueron evaluados antes de la terapia con láser, después de 6 aplicaciones con láser, al final del tratamiento y después de 1 mes de la última aplicación.

La intensidad del dolor se evaluó a través de una escala visual análoga y la apertura de la boca fue evaluada con una regla milimétrica.

Se concluye que el tratamiento con un láser pulsado de baja potencia mejora significativamente la intensidad del dolor en y la apertura de la boca en pacientes con trastorno temporomandibular miogénico.

Chang et al, 2014. **Five-day, low-level laser therapy for sports-related lower extremity periostitis in adult men: a randomized, controlled trial.**

Se realizó un ensayo prospectivo en donde participaron 54 pacientes varones con periostitis de la extremidad inferior debido a una lesión después de un deporte o ejercicio, entre las edades de 20 y 40 años. Aleatoriamente el grupo se dividió en 2: grupo 1 (n=29) sometido a LLLT, grupo 2 (n= 25) sometido a tratamiento placebo. Se utilizó un láser GaAlAs cuyo cabezal tiene cinco láseres de diodo de 850 nm de 200mW en el centro, rodeados de 28 emisores de luz diodos. La potencia total es de 1.440 mW, el rayo láser irradió un área de 31.2 cm², la dosis fue de 43.2 J/cm².

Cada paciente tuvo 3 sesiones diarias, durante un total de 5 días, durante cada sesión la cantidad total de tiempo de irradiación por área fue de 60 s.

La intensidad del dolor fue evaluada tres veces por día usando la escala visual análoga, también se utilizaron sistemas de equilibrio Biodex para las pruebas de equilibrio.

Se concluye que el LLLT tiene el potencial de reducir el dolor y mejorar el equilibrio en pacientes con periostitis de los miembros inferiores, se necesitan estudios más grandes para determinar qué efectos tiene el LLLT sobre la propiocepción y la cicatrización.

Soleimanpour et al, 2014 **The effect of low-level laser therapy on knee osteoarthritis: prospective, descriptive study.**

Se realizó un estudio descriptivo, prospectivo. Participaron 18 pacientes con antecedentes de osteoartritis de rodilla por más de un año.

Se utilizó un dispositivo láser de diodo Gal-Al-As con una sonda de LO7 con una longitud de onda de 810 nm y 50 mW de potencia de salida en modo de radiación de pulso y también una sonda de MLO1K con una potencia de salida de 30 mW y una longitud de onda de 890 nm en modo de radiación por pulsos.

Cada paciente recibió un total de 46 J / cm² de energía, tres veces por semana con un total de 12 sesiones.

Se les pidió a los pacientes que identificaran el grado de su dolor usando una escala de dolor analógico visual (VAS) en la que cero representaba indoloro y 10 el peor dolor experimentado.

Se concluye que LLLT es eficiente en la reducción del dolor y en el aumento de la capacidad funcional de la articulación de rodilla en pacientes con osteoartritis.

Wang et al, 2014. Effects of low-level laser therapy on joint pain, synovitis, anabolic, and catabolic factors in a progressive osteoarthritis rabbit model.

Se utilizaron 160 conejos blancos adultos con osteoartritis progresiva causada por sección transversal de ligamento anterior en su rodilla izquierda y fueron asignados aleatoriamente a 2 grupos: grupo 1 (n=80) tratados con LLLT y grupo 2 (n=80) control. Dentro de estos grupos los animales se dividieron aleatoriamente en subgrupos de 2, 4, 6 y 8 semanas con el fin de obtener muestras de tejidos en distintas duraciones del tratamiento.

Tres días después de las cirugías fueron expuestos a terapia láser de tipo He-Ne, con una longitud de onda de 830nm, una potencia de 50mV, densidad de energía de 4,8 J/cm² y una irradiación por punto de 0.13 J.

La terapia fue realizada 3 veces por semana y por sesión la aplicación se realizó durante 100 s por punto.

Para evaluar el dolor a corto y largo plazo se realizó una prueba de comportamiento mediante la asimetría de carga de peso entre rodillas contralaterales e ipsilaterales usando un medidor de incapacidad.

La evaluación histológica del dolor y la sinovitis mostraron que al menos 6 semanas de irradiación intermitente de LLLT podrían aliviar el dolor de rodilla y controlar la inflamación sinovial.

Los efectos de la terapia laser pueden ser causados por la regulación anabólica y catabólica. Dependientes del tiempo y de la ubicación de la osteoartritis.

Ling Hsieh et al, 2015. **Fluence-dependent effects of low-level laser therapy in myofascial trigger spots on modulation of biochemicals associated with pain in a rabbit model.**

Se utilizaron 40 conejos machos adultos, los cuales fueron divididos aleatoriamente en 4 grupos según la dosis utilizada: grupo 1 (n=10) tratado con LLLT de baja fluencia, 4,5 J/cm², grupo 2 (n=10) tratado con simulación de LLLT de bajo flujo, 0 J/cm², grupo 3 (n=10) tratado con LLLT de alta fluencia, 27 J/cm² y grupo 4 (n=10) tratado con simulación de LLLT de alto flujo, 0 J/cm².

Se utilizó un láser de diodo GaAIAs de baja intensidad continuo, con una longitud de onda de 780 nm y una potencia promedio de 30 mV. La aplicación de LLLT de baja fluencia se realizó durante 30 s y la aplicación

de LLLT de alta fluencia fue de 3 minutos por sesión. La terapia fue una vez al día durante 5 días.

Los niveles de beta endorfinas en suero y TNF alfa en músculo se midieron mediante la técnica ELISA.

Se concluye que la fluencia proporcionada por LLLT es uno de los factores que afectan a los productos bioquímicos relacionados en el tratamiento del dolor miofascial, la terapia laser puede modular los procesos inflamatorios de una manera más fluida y puede ajustarse para reducir significativamente el inicio agudo del dolor miofascial en entornos clínicos, además LLLT con una mayor fluencia puede elevar los niveles de β -endorfina para aliviar el dolor en pacientes con dolor miofascial crónico, especialmente si es relativamente intenso o severo.

Florencio, 2016. **Effects of low-level laser therapy (LLLT 808 nm) on lower limb spastic muscle activity in chronic stroke patients.**

Se realizó un ensayo clínico doble ciego. Participaron 15 pacientes (6 hombres y 5 mujeres, entre los 40 a 80 años de edad) con accidente cerebrovascular desde los 11 a 48 meses después de este y con presencia de espasticidad muscular.

Los pacientes participaron en 3 fases de tratamiento consecutivas con un intervalo de 7 días entre ellas: control, placebo y terapia laser de baja potencia.

Se aplicó laser de diodo con una longitud de onda de 808 nm, potencia de 100 mV y una densidad de potencia de 127,39 J/cm² por punto durante 40 s. La intensidad del dolor fue evaluada con una escala visual análoga para cada músculo estudiado, además se evaluó el tiempo hasta el inicio de la fatiga muscular y el pico de torque de los extensores parciales de rodilla.

Se concluye que la utilización de LLLT reduce el dolor muscular después de una contracción voluntaria máxima. Además, aumenta el reclutamiento de fibras musculares, por lo tanto, aumenta el tiempo de inicio de fatiga muscular.

Giaretta et al, 2016. **The effect of laser and botulinum toxin in the treatment of myofascial pain and mouth opening: A randomized clinical trial.**

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado. Participaron 15 pacientes que presentaban dolor miofascial unilateral o bilateral en articulación temporomandibular por un tiempo mayor a un mes, dolor en la apertura de la

boca y bruxismo. Aleatoriamente el grupo se dividió en dos: grupo 1 (n= 8) tratado con LLLT y grupo 2 (n=7) tratado con toxina botulínica.

Para el grupo 1 se utilizó laser de bajo nivel con medio activo GaAlAs, 100 mW de potencia, en modo de emisión continua, longitud de onda de 830 nm y dosis de 80 J/cm² por punto de aplicación.

Se realizaron siete sesiones con intervalos de 48 h entre cada aplicación.

El dolor pre y post tratamiento se midió mediante la escala visual análoga.

La apertura de la boca se midió mediante un calibrador digital.

Conclusión la terapia láser de bajo nivel es efectiva para reducir el dolor miofascial, además demostró una mejoría significativa en la apertura de la boca.

Takenori et al, 2016. **Immediate pain relief effect of low level laser therapy for sportsinjuries: Randomized, double-blind placebo clinical trial.**

Se realizó un estudio doble ciego, aleatorizado, controlado con placebo.

Participaron 32 atletas universitarios que tuvieron alguna lesión deportiva con presencia de dolor. El grupo fue dividido aleatoriamente en 2: grupo 1 (n=16) tratado con LLLT y grupo 2 (n=16) tratado con placebo.

Se utilizó un láser de tipo GaAlAs con una longitud de onda de 810 nm, potencia de 180 mW, densidad de la potencia de 51.4 W/cm². Tiempo de irradiación fue de 30 s por 20 veces, con un total de 10 minutos.

La intensidad del dolor se midió utilizando una escala de graduación numérica modificada, las puntuaciones obtenidas postterapéuticas se restan a las preterapéuticas para determinar la diferencia de intensidad del dolor.

Se concluye que la terapia con láser de baja potencia alivio el dolor asociado a las lesiones deportivas en un 36,94% de los casos y se produjo un alivio significativo inmediato del dolor en el 75% de los participantes.

Magri et al, 2017. **Effectiveness of low-level laser therapy on pain intensity, pressure pain threshold, and SF-MPQ indexes of women with myofascial pain.**

Se realizó un ensayo controlado aleatorizado, doble ciego. Participaron 91 mujeres entre las edades de 18 y 91 años, de las cuales 61 fueron diagnosticadas con dolor miofascial mientras que 30 fueron controles. Presentan dolor en el área facial con una duración de al menos 3 meses. El grupo se dividió en 3: grupo 1 (n=31) tratadas con LLLT, grupo 2 (n=30) placebo y grupo 3 (n=30) control.

Se utilizó un láser de tipo GaAlAs con una longitud de onda de 780 nm, densidad de 5 J / cm², potencia de 20mW y tiempo por punto de 10 s. Se realizaron 2 sesiones por semanas, 4 semanas consecutivas.

La intensidad del dolor fue medida con la escala visual análoga y la sensibilidad fue evaluada con PPT, la evaluación de las dimensiones sensoriales y afectivas del dolor se realizó mediante la aplicación de SF-MPQ.

En conclusión, LLLT disminuyó la intensidad del dolor, pero no fue capaz de cambiar la sensibilidad al dolor en puntos orofaciales y corporales en mujeres con dolor miofascial.

12. DISCUSIÓN

A la luz de los resultados de esta revisión, se encontró que la mayoría de los estudios concluyen que la terapia con láser de baja potencia disminuye el dolor en patologías musculoesqueléticas, tanto agudas como crónicas. Algunas de las patologías vistas en la revisión fueron trastornos temporomandibulares miogénicos, osteoartritis de rodilla, dolor miofascial, periostitis, fascitis plantar y radiculopatía cervical.

La presencia de dolor musculoesquelético produce un deterioro de la calidad de vida debido a que este no conlleva consecuencias solamente a la salud física si no que afecta la salud en general, salud mental y bienestar del individuo. Se encontró que un tratamiento de LLLT orientado a reducir el dolor, mejora significativamente la funcionalidad de la persona además de la mejora en la calidad de vida. Algunos ejemplos son: En pacientes con osteoartritis de rodilla aumenta la capacidad funcional de la articulación, (Soleimanpour, 2014), aumenta significativamente la apertura de la boca en

pacientes con trastornos temporomandibulares, medido con reglas milimétricas y un calibrador digital lo que repercute en una mejora de su funcionalidad (Giretta, 2016; Ahari 2014). En pacientes con radiculopatía cervical se evidencio una disminución de la discapacidad, con un aumento de los movimientos locales del cuello (konstantinovic, 2010), en pacientes con fibromialgia ayuda a disminuir el impacto de la enfermedad y a mejorar considerablemente la calidad de vida (Ruaro, 2014).

El dolor fue evaluado en la mayoría de los estudios con un método de medición subjetivo EVA, previo a las intervenciones con láser y posterior a estas. Este método es el que se utiliza con mayor frecuencia, es una herramienta simple y fácil de utilizar, ya que no contiene números ni palabras descriptivas, solo se le pide al paciente que ubique su dolor en la línea continua con respecto a los 2 extremos, a lo que posteriormente el evaluador asigna un valor numérico (Montero & Manzanares, 2005). Al ser una escala sensible y reproducible, permite reevaluar el dolor del paciente en diferentes ocasiones, proporcionando una forma útil para el seguimiento del tratamiento y para la evolución de los síntomas del paciente, sin embargo este método a pesar de sus beneficios es unidimensional, mide solamente la intensidad del dolor por lo que es recomendable su modificación para que además mida el

grado de discomfort del paciente o también combinar la evaluación con métodos multidimensionales como el cuestionario par el dolor McGill, el cual además de valorar aspectos sensoriales como la localización y propiedades térmicas, evalúa también aspectos efectivos y emocionales, permitiendo una evaluación integral del paciente.

Dos estudios obtuvieron parámetros fisiológicos a través de ensayos experimentales:

Hsieh, et al., 2015, realizó un estudio con 40 conejos machos con dolor miofascial, posterior a una terapia con LLLT, describe como se ven modulados los procesos inflamatorios en el dolor agudo miofascial y los niveles de B- endorfina, estos fueron medidos con la técnica ELISA y los relaciono con la dosis aplicada, postuló que a mayor fluencia de energía aumentas los niveles de beta endorfina en suero y disminuyen los niveles de sustancia P, TNF- α y COX-2.

La LLLT disminuye los niveles de Sustancia P en las fibras C aferentes, este sería una de las explicaciones del efecto analgésico de la terapia, ya que al disminuir este neurotransmisor se inhibe la excitación del SNC producto del estímulo nocivo que provoca el dolor.

La inflamación es un proceso fisiológico que se produce en respuesta a una lesión tisular, la LLLT al también provocar una disminución de las sustancias pro inflamatorias COX-2 y TNF alfa, trayendo como consecuencia una disminución de la sensibilización periférica y por ende una disminución del dolor.

Otro mecanismo por el que la LLLT logra disminuir el dolor es por el aumento de los niveles de la beta endorfinas observados en el estudio mencionado anteriormente, producto de que este neurotransmisor está encargado de disminuir la transmisión de los estímulos sensoriales, se produce un bloqueo de la transmisión sináptica por el cierre de canales de calcio en la membrana presináptica reduciendo la cantidad de neurotransmisores liberados al espacio intersináptico, produciéndose así disminución de la sensación dolorosa.

El otro utilizó 160 conejos con osteoartritis de rodilla en donde la terapia con LLLT evidenció un control en la inflamación sinovial, mediante un análisis genético se reveló que hay una disminución de la producción de interleucina 1β (IL- 1β), óxido nítrico sintetasa inducible (iNOS) y MMP-3, mientras que

además disminuye la pérdida de factor de crecimiento transformante beta (TGF- β) (Wang, 2014).

La obtención de parámetros fisiológicos nos permite una valoración objetiva del dolor y dar validez a previas valoraciones subjetivas (Serrano, 2002).

El efecto analgésico de la terapia LLLT que se pudo evidenciar en 18 de los 19 estudios analizados se provoca por la inhibición del metabolismo mitocondrial en las fibras C y A delta produciéndose un bloqueo nervioso, se inhiben los potenciales de acción que transmiten las señales nociceptivas, se suprime la actividad sináptica en neuronas de segundo orden, de modo que las áreas corticales de la matriz del dolor no se activan, el efecto inmediato es el alivio del dolor que se produce en unos minutos (Cotler, 2015).

Esta inhibición periférica, no solo disminuye el umbral de activación de los nervios, sino que también disminuye la liberación de factores pro inflamatorios, como se pudo evidenciar en los estudios realizados por Wang, y Serrano.

Para que se produzcan los efectos deseados, por punto se debe aplicar la terapia láser entre 30 segundos a un minuto (Howard, 2014), sin embargo, en los estudios revisados, solo dos tuvieron sus parámetros dentro de este rango

obteniendo un efecto analgésico positivo, en la mayoría la aplicación del láser superó en tiempo a estos parámetros y tuvo una variación entre 70 s a 210 s, obteniendo igualmente resultados favorables en cuanto a la disminución del dolor. Por lo que demuestra que aún es necesario la realización de más ensayos clínicos estudiando los tiempos relacionados con el tipo de tejido para poder establecer consensos en las aplicaciones de LLLT.

También es importante mencionar que en 1 de los 19 estudios analizados los resultados posteriores a la terapia láser no fueron relevantes, no se observó una diferencia en la disminución del dolor con respecto al grupo con terapia placebo, es necesario estudiar la necesidad de realizar un ajuste en los parámetros utilizados, ya que por ejemplo el tiempo de aplicación de la terapia se encontró bajo los estándares establecidos para obtener efectos terapéuticos (Alves, 2008).

13. CONCLUSIÓN

En base a todos los puntos expuestos y analizados anteriormente se puede concluir que la terapia láser de baja potencia tiene efectos analgésicos en patologías musculoesqueléticas tanto agudas como crónicas, además de efectos antiinflamatorios asimismo mejora en general la funcionalidad y calidad de vida de la persona.

Aún es necesario la realización de estudios que permitan formular una posible guía de dosificación para patologías musculoesqueléticas, ya que se pudo evidenciar a lo largo del estudio realizado que la terapia láser de baja potencia tiene un amplio número de indicaciones, sin embargo, lo relacionado con las dosis y parámetros utilizados no queda claro, falta la creación de un consenso para la aplicación de tratamientos dirigidos y eficaces.

14.REFERENCIAS

Ahari, F., Madani, A., Ghafouri, Z. & Tunér, J. (2014). The efficacy of low-level laser therapy for the treatment of myogenous temporomandibular joint disorder. *Lasers in Medical Science*, 29: 551-557.

Alves, L., Macedo, L., Pereira, A., Afonso, S. & Oliveira, W. (2008). Efficacy of low-level laser therapy in the treatment of temporomandibular disorder. *International Dental Journal*, 58: 213-217.

Arteaga, C., Guillermo, J. & Ramírez, L. (2011). Evaluación del dolor musculoesquelético en el anciano. *Acta Médica Colombiana*, 36(1): 30-35.

Caccianiga, G., Calzavara, D., Baldini, A., Baldoni, R. & Bascones, A. (2003). Evaluación de la eficacia clínica del láser Nd: YAP en la terapia periodontal no-quirúrgica. *Avances en Odontoestomatología*, 19(4): 177-184.

Canales, M. (2007). El láser de media potencia y sus aplicaciones en medicina. *Plasticidad y Restauración Neurológica*, 6(1): 46-53.

Chang, C., Ku, C., Hsu, W., Hu, Y., Shyu, J. & Chang. (2014). Five-day, low-level laser therapy for sports-related lower extremity periostitis in adult men: a randomized, controlled trial. *Lasers in Medical Science*: 1-10.

Cotler, H., Chow., Hamblin, M. & Carrol, J. (2015). The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MedCrave Online Journal of Orthopaedics & Rheumatology*, 2(5): 1-8.

Coradini, J., Mattjie, T., Bernardino, G., Peretti, A., Kakihata, C., Errero, T., Escher, A. & Bertolini, G. (2013). Comparison of low level laser, ultrasonic therapy and association in joint pain in Wistar rats. *Revista brasileira de reumatologia*, 54(1): 7-12.

De Inocencio, J. (2006). Dolor musculoesquelético en pediatría de atención primaria. *Etiología y orientación diagnóstica. Archivos Argentinos de Pediatría*, 104(3): 275-283.

De Moraes, M., Gonzaga, M., Martins, L., Stuginski, J., Martins, Y., Porporatti, A., Rodrigues, P. & Rigoldi, L. (2012). Evaluation of low-level laser therapy effectiveness on the pain and masticatory performance of patients with myofascial pain. *Lasers in Medical Science*, 29: 29-35.

Florencio, M., Ribeiro, C, Fonseca, E., Silva, F., Amedei, R., Loschiavo, E., Oliveira, A, & Oliveira, M. (2016). Effects of low-level laser therapy (LLLT 808 nm) on lower limb spastic muscle activity in chronic stroke patients. *Lasers in Medical Science*: 1-8.

Giaretta, B., Dall, A., Souza, B., de Souza, F., De Carli, J., Paranhos, L. & Dall, E. (2016). The effect of laser and botulinum toxin in the treatment of myofascial pain and mouth opening: A randomized clinical trial. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*, 159: 120-123.

Goicochea, C. & Martín, M. (2006). Richard,L., Roberts, T., Papaliodis, D., Mulligan, M. & Dublin, A. (2014). Management of Chronic Musculoskeletal

Pain. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 22(2), pp.101-110. *Reumatología Clínica*, 2(1): 5-9.

Hernández, A., González B., Orellana, A. & Martín, J. (2009). Láser de baja potencia en el tratamiento de las calcificaciones de hombro. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 16(4): 230-238.

Hsich, Y., Hong, C., Chou, L., Yang, S. & Yang, C. (2014). Fluence-dependent effects of low-level laser therapy in myofascial trigger spots on modulation of biochemicals associated with pain in a rabbit model. *Lasers in Medical Science*: 1-8.

Holmberg, F., Muñoz, J., Holmberg, F., Cordova, P. & Sandoval, P. (2010). Uso del Láser Terapéutico en el Control del Dolor en Ortodoncia. *International Journal of odontostomatology*, 4(1): 43-46.

Kohale, B., Agrawal, A., Sope, A., Pardeshi, V. & Raut, C. (2015). Low-level Laser Therapy: A Literature Review. *International Journal of Laser Dentistry*, 5(1): 1-5.

Konstantinovic, L., Cutovic, M., Milovanovic. A., Jovic, S., Dragin, A., Letic, M. & Miler, V. (2010). Low-Level Laser Therapy for Acute Neck Pain with Radiculopathy: A Double-Blind Placebo-Controlled Randomized Study. *Pain Medicine*, 11: 1169-1178.

Kiritsi, O., Tsitas, K., Malliaropoulos, N. & Mikroulis. (2010). Ultrasonographic evaluation of plantar fasciitis after low-level laser therapy: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Lasers in Medical Science*, 25: 275-281.

Macías, S., Lomelí, A., Baños, T., Flores, J., Sánchez, M. & Miranda, A.. (2013). Efectos del láser de baja potencia en el tratamiento de la parálisis facial periférica aguda. *Rehabilitación*, 46(3): 187-192.

Magri, L., Carvalho, V., Cabral, F., Betaglioni, C. & Andrade, C. (2017). Effectiveness of low-level laser therapy on pain intensity, pressure pain threshold, and SF-MPQ indexes of women with myofascial pain. *Lasers in Medical Science*: 1-10.

Malliaropoulos, N., Kiritsi, O., Tsitas, K., Christodoulou, D., akritidou, A., Del Buono, A. & Maffulli. (2013). Low-level laser therapy in meniscal pathology: a double-blinded placebo-controlled trial. *Lasers in Medical Science*, 28: 1183-1188.

Malouf, J. & Baños, J. (2003). La evaluación clínica del dolor. diciembre 02, 2017, de Revista Clínica Electrónica en Atención Primaria Sitio web: https://ddd.uab.cat/pub/rceap/rceap_a2006m9n10/rceap_a2006m9n10a4.pdf

Mansour, A., Gutknecht, N., Taghizadeh, M. & Mir, M. (2009). Low-level laser therapy and myofascial pain dysfunction syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science*, 24: 715-720.

Montero, R. & Manzanares, B. (2005). Escalas de valoración del dolor. *Diagnóstico*, 68(1.553): 527-530.

Montes, R., Prieto, A., Martínez, M., Romojaro, A., Gallego, V. & Martínez, F. (2012). Interferential laser therapy in the treatment of shoulder pain and disability from musculoskeletal pathologies: a randomised comparative study. *Physiotherapy*, 98: 143-150.

Paladino, C., Eymann, A., Llera, J. & De Cunto, C. (2009). Estimación de la prevalencia de dolor musculoesquelético en niños atendidos en un hospital general de comunidad. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 107(6): 515-517.

Pedrajas, J. & Molino, A. (2008). Bases neuromédicas del dolor. *Clínica y Salud*, 19(3): 277-293.

Pryor, B. (2011). Advances in Laser Therapy for the Treatment of Work Related Injuries. Current Perspectives in Clinical Treatment and Management in Workers' Compensation Cases.

Puebla, F. (2005). Tipos de dolor y escala terapéutica de la O.M.S. Dolor iatrogénico. *Oncología*, 28 (3): 139-143.

Rashidi, S., Yadollahpour, A. & Mirzaiyan, M. (2015). Low Level Laser Therapy for the Treatment of Chronic Wound: Clinical Considerations. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 8(2): 1121-1127.

Richard, L., Roberts, T., Papaliadis, D., Mulligan, M. & Dublin, A. (2014). Management of Chronic Musculoskeletal Pain. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 22(2): 101-110.

Rodríguez, J. (2004). *Electroterapia en Fisioterapia*. Madrid: Panamericana. p. 599

Romera, E., Perena, M., Perena, M. & Rodrigo, M. (2000). Neurofisiología del dolor. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 7 (2): 11-17.

Ruaro, J., Fréz, A., Ruaro, M. & Nicolau, R. (2014). Low-level laser therapy to treat fibromyalgia. *Lasers in Medical Science*: 1-5.

Serrano, M., Caballero, J., Cañas, A., García, P., Serrano, C. & Prieto, J. (2002). Valoración del dolor (I). *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 9(2): 94-108.

Soleimanpour, H., Gahramani, K., Taheri, R., Golzari, S., Safari, S., Mehdizadeh, R. & Iranpour, A. (2014). The effect of low-level laser therapy on knee osteoarthritis: prospective, descriptive study. *Lasers in Medical Science*: 1-6.

Takenori, A., Ikuhiro, M., Shogo, U., Hiroe, K., Jungi, K., Junji, S., Yasutaka, T. & Hiroya, K. (2016). Immediate pain relief effect of low level laser therapy for sportsinjuries: Randomized, double-blind placebo clinical trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*: 1-4.

Uemoto, L., Garcia, M., Gouvea, C., Vilella, O. & Alfaya, T. (2013). Laser therapy and needling in myofascial trigger point deactivation. *Journal of Oral Science*, 55(2): 175-181.

Vamderah, T. (2007). Fisiopatología del dolor. *Medical Clinics of North America*, 91: 1-12.

Vidal, C., Hoffmeister, L. & Benadof, D. (2016). Factores Asociados al Dolor Musculoesquelético en Población Trabajadora Chilena. *Ciencia & Trabajo*, 55: 23-27.

Wang, P., Liu, C., Yag, X., Zhou, Y., Wei, X., Ji, Q., Yang, L. & He, C. (2014). Effects of low-level laser therapy on joint pain, synovitis, anabolic, and catabolic factors in a progressive osteoarthritis rabbit model. *Lasers in Medical Science*: 1-11.

Zegarra, J. (2007). Bases fisiopatológicas del dolor. *Acta Médica Peruana*, 24(2): 105-108.