

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO EN FISIOTERAPIA



**LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA COMO HERRAMIENTA
COMPLEMENTARIA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL DOLOR MIOFASCIAL EN
FISIOTERAPIA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

AUTOR: SILVA ZAMBRANO, KEVIN GREGORIO

Nº expediente. 2415

TUTOR. CABALLERO DOMINGUEZ, SANDRA

Departamento y Área. FISIOTERAPIA, ÁREA DE FÍSICA APLICADA

Curso académico 2018 - 2019

Convocatoria de JUNIO

Índice

Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción.....	3
2. Hipótesis.....	6
3. Objetivos	6
4. Material y métodos.....	7
5. Resultados	8
5.1 Dependencia de la temperatura corporal con otras variables	8
5.2 Reproducibilidad de la técnica de termografía infrarroja.....	10
5.3 Precisión de la técnica y su utilidad en el diagnóstico clínico.....	10
6. Discusión.....	11
7. Conclusiones	15
8. Anexos.....	16
Anexos I. Figuras.	16
Anexos II. Tablas.	18
Anexos III. Glosario.	22
9. Bibliografía.....	23

Resumen

Introducción: La termografía infrarroja es una herramienta que presenta cada vez más utilidad en el campo sanitario. La temperatura de la piel varía en función del flujo sanguíneo, controlado por el sistema nervioso autónomo de forma simétrica. Por lo tanto, la detección de una asimetría térmica puede indicar que se ha producido algún proceso patológico. Esta técnica puede resultar de utilidad para el diagnóstico de patologías de dolor miofascial.

Material y métodos: Una búsqueda en PubMed, Scopus, ScienceDirect y PeDro se llevó a cabo en abril de 2019 para encontrar los artículos publicados sobre esta temática en los 10 últimos años. La búsqueda se llevó a cabo mediante la estrategia “PICOS”, realizando una primera línea de búsqueda en PubMed mediante tesauros, mientras que la segunda línea de búsqueda se realizó con sinónimos de los conceptos diana. Se seleccionaron 12 artículos teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión.

Resultados: Los artículos consultados indican que existe una dependencia entre el dolor miofascial y la temperatura, en concreto, con el umbral de dolor por presión y la cronicidad en trastornos temporomandibulares miogénicos, y también con la actividad en reposo en electromiografía y el rango de movimiento (ROM) en flexión cervical en el dolor crónico de cuello. Además, todo parece indicar que, entre los afectados por el síndrome del dolor miofascial existe una asimetría térmica con un patrón hiporradiante. Esta técnica tiene una buena reproducibilidad con independencia del examinador que la utilice.

Conclusiones: La termografía infrarroja es una herramienta con suficiente precisión para ser usada en clínica y para conseguir una mejora en el diagnóstico del síndrome del dolor miofascial.

Palabras clave: “Puntos Disparadores”, “Síndromes del Dolor Miofascial”, “Síndrome de la Disfunción de Articulación Temporomandibular”, “Termografía”, “Temperatura cutánea”.

Abstract

Introduction: Infrared Radiation Thermography is a tool that presents more and more useful in the health field. The skin temperature varies depending on the blood flow, controlled by the autonomic nervous system symmetrically. Therefore, the detection of a thermal asymmetry may indicate that there has been any pathological process. This technique can be useful for the diagnosis of pathologies of myofascial pain.

Material and methods: A search in PubMed, Scopus, ScienceDirect and PeDro are saved in a place in April 2019 to find articles published on the topic in the last 10 years. The search was carried out by means of the strategy "PICOS", it was made a first line of the search in Pudmed using medical subject headings, while the second line of the search was carried out with the synonyms of keywords. Twelve articles were selected taking into account the inclusion and exclusion criteria.

Results: Articles consulted indicate that there is a dependency between myofascial pain and temperature, in particular with the pressure pain threshold and the chronicity in myogenous temporomandibular disorders, and also with the activity at rest in electromyography and range of motion (ROM) in cervical flexion in chronic neck pain. In addition, everything seems to indicate that, among those affected by the myofascial pain syndrome there is a thermal asymmetry with a pattern hyperadiant. This technique has a good reproducibility regardless of the examiner that the use.

Conclusions: Infrared Radiation Thermography is a tool with enough precision to be used in clinic and to achieve an improvement in the diagnosis of myofascial pain syndrome.

Keywords: "Trigger points", "Myofascial pain syndromes", "Temporomandibular Joint Dysfunction Syndrome", "Thermography", "Skin temperature".

1. Introducción

La termografía infrarroja (Infrared Radiation Thermography, IRT) es, actualmente, una herramienta ampliamente utilizada para medir la temperatura de la piel (Dibai- Filho et al. 2015).

El uso de la IRT en el campo de la salud no es un fenómeno reciente, ya que la asociación entre la enfermedad y la temperatura del cuerpo humano es tan antigua como la propia medicina (Ring 2004; Valera Garrido et al. 2017). El primer método registrado para medir la temperatura corporal se remonta alrededor del 460-377a.C con el icónico médico griego Hipócrates, que mediante la aplicación de tela empapada en tierra de alfarero, evaluó la temperatura de la piel, convirtiéndose ésta en el ejemplo más antiguo de diagnóstico de imagen (Keevil 2012).

La radiación infrarroja había sido descrita en el año 1800 cuando Sir William Herschel, detectó radiación que producía calor más allá del rojo del espectro visible, además vio que este “calor oscuro” se comportaba como la luz, pudiendo reflejarse y refractarse en las condiciones adecuadas (Keevil 2012; Ring 2004).

La IRT moderna nace en los años 50, donde florecía en el contexto de la Guerra Fría para el desarrollo de armas militares (Fraser 2017). En la misma década, el cirujano británico K. Lloyd Williams, mostró que muchos tumores eran calientes, y que cuanto más caliente peor era el pronóstico (Ring 2006). Fue entonces cuando el Dr. Ray Newton Lawson, leyó un artículo sobre la aplicación de las imágenes por infrarrojos por parte del Departamento de Defensa estadounidense e inspirado por este artículo, pensó que esta tecnología también podría contribuir al campo de la detección de cáncer de mama (Fraser 2017). En el año 1956, Lawson publica el primer artículo científico sobre el uso de la termografía y el cáncer de pecho (Lawson 1956).

Desde entonces, muchos investigadores se han interesado en ampliar sus conocimientos en este tema y en la utilización de esta técnica para medir la temperatura de la piel, con base en que todos los cuerpos con una temperatura superior al cero absoluto (-273°C) emiten radiación infrarroja desde su superficie

(Faust et al. 2014). En el caso de la piel humana, la radiación infrarroja emitida posee una longitud de onda entre 2 y 20 μm con un promedio máximo entre 9-10 μm (Faust et al. 2014; Hildebrandt et al. 2010). Esta radiación, emitida por una persona, es invisible al ojo humano, pero las cámaras de IRT pueden captarla (Hildebrandt et al. 2010).

Para poder cuantificar la temperatura a partir de la radiación medida, hay que tener en cuenta la emisividad de la superficie (0,98 en el caso de la piel humana) (Bernard et al. 2013), la cual es característica de cada material, y depende de su capacidad para absorber o emitir radiación (Faust et al. 2014). La relación entre la radiación emitida por unidad de superficie (E/S , W/m^2) de un objeto con emisividad ϵ , y temperatura T viene dada por la Ley de Stefan-Boltzmann, donde σ es una constante de valor $5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$ (Ecuación 1) (Bernard et al. 2013).

$$E/S = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Basándose en este principio físico, la cámara infrarroja dispone de un software que proporciona una imagen de contorno con una escala gradual de temperaturas. Además, es posible determinar la temperatura en una región de interés (Region of interest ROI) mediante tres procedimientos que se indican en la figura 1. En un análisis térmico de tipo puntual, la temperatura obtenida es la del punto central del área delimitada. En un análisis térmico de tipo área, la temperatura corresponde a la temperatura promedio en el área delimitada. Y en un análisis térmico de tipo lineal (longitudinal), la temperatura se obtiene del promedio de temperaturas en la línea indicada. Además en los análisis de tipo área y lineal también proporciona información de las temperaturas máxima y mínima en el área y en el transecto logitudinal respectivamente (Costa et al. 2013; Dibai- Filho 2015; Valera Garrido et al. 2017).

Por otra parte, varios autores han confirmado que la temperatura de la piel varía en función del flujo sanguíneo (a mayor temperatura, mayor flujo sanguíneo y viceversa), controlada por el sistema nervioso autónomo. Esto afecta a ambos lados del cuerpo de manera uniforme y simultánea, dando como resultado un patrón térmico simétrico (Gratt et al. 1989; Jiang et al. 2005). Por lo tanto, una asimetría térmica, como se muestra en la imagen de la figura 2, puede indicar que existen cambios en el flujo sanguíneo y en el sistema nervioso autónomo, y guardará relación con procesos patológicos. Por ello,

algunos autores definen la IRT como *“Un estudio de imágenes fotográficas rápidas y no invasivas que revela la dinámica de la microcirculación en la superficie de la piel en tiempo real, detectando la extensión de los cambios funcionales, nerviosos y vasculares”* (de Melo et al. 2019).

Además, la literatura informa que la IRT es un método preciso para el diagnóstico de diferentes enfermedades, como el cáncer de mama, la diabetes mellitus tipo 2, la caries oclusal, el síndrome del ojo seco y el síndrome de dolor regional complejo agudo (Dibai- Filho et al. 2015; Lahiri et al. 2012), y también puede ayudar en el diagnóstico de diversas patologías como el dolor miofascial (de Melo et al. 2019).

El síndrome de dolor miofascial (SDM) está ampliamente difundido en la población sin mostrar síntomas específicos y, a veces, el factor subyacente es difícil de diagnosticar (Merla et al. 2004). Otros autores afirman que el SDM se caracteriza por un dolor muscular difuso, con presencia de puntos gatillo miofasciales (myofascial trigger points, MTrPs) (Cojocarú et al. 2015; Haddad et al. 2012). Además, estos MTrPs, tanto activos como latentes, están estrechamente relacionados con alteraciones en la actividad autónoma y metabólica, ya que se piensa que son iniciados por un cambio muscular o del tejido conectivo que establece una retroalimentación positiva con el sistema nervioso central, produciendo cambios sensoriales motores y autónomos (Dibai- Filho et al. 2015; Haddad et al. 2012).

Otra de las patologías cuyo síntoma principal es el dolor miofascial, son los trastornos temporomandibulares (Temporomandibular Disorder, TMD) que también se pueden caracterizar por la presencia de dolor articular, acompañado de una limitación en el rango de movimiento (ROM) mandibular, ruidos articulares y una falta de coordinación motora (Dibai- Filho et al. 2013- B; Dibai- Filho et al. 2014).

2. Hipótesis

Teniendo en cuenta el hecho de que la temperatura de la piel está condicionada por la microcirculación local y la actividad simpática, nos planteamos en el presente trabajo, conocer la utilidad de la termografía infrarroja como herramienta complementaria en el diagnóstico de patologías con dolor miofascial, en investigaciones recientes.

La utilización de esta técnica puede resultar muy interesante, ya que gran parte de la población que sufre síndrome de dolor miofascial o trastornos temporomandibulares, tienen dolor miofascial, el cual puede llegar a no presentar síntomas específicos, mostrando un dolor difuso con un origen difícil de definir y con presencias de puntos gatillo miofasciales, los cuales pueden llegar a provocar asimetrías térmicas.

3. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es conocer la evidencia científica reciente, que respalde el uso de la termografía infrarroja y su utilidad en el dolor miofascial, incluyendo el síndrome de dolor miofascial provocado por los puntos gatillo miofasciales y los trastornos temporomandibulares de origen muscular.

Como objetivos secundarios nos planteamos:

- Investigar la dependencia de la temperatura cutánea, medida por esta herramienta, con otras variables clínicas.
- Conocer la reproducibilidad de la técnica.
- Evaluar la precisión de la termografía infrarroja y su utilidad para el diagnóstico clínico en el dolor miofascial.

4. Material y métodos

Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, Scopus, ScienceDirect y PeDro durante el mes de abril de 2019.

En una primera línea de búsqueda en PubMed se utilizaron combinaciones con los descriptores en ciencias de la salud, con su posterior relación con los “medical subject headings” (Mesh), es decir, fue una búsqueda mediante tesauros combinados con el operador booleano “AND”. Las palabras clave, se seleccionaron con la estrategia “PICOS”, donde los términos extraídos en relación con la temperatura fueron: “Termografía” y “Temperatura cutánea”; y en el dolor miofascial: “Puntos Disparadores”, “Síndromes del Dolor Miofascial”, el cual engloba al “Síndrome de la Disfunción de Articulación Temporomandibular”: *“trigger points” AND thermography; “trigger points” AND “skin temperature”; “myofascial pain syndromes” AND thermography; “myofascial pain syndromes” AND “skin temperature”*.

En una segunda línea de búsqueda en PubMed se usaron sinónimos (lenguaje natural) de los conceptos diana, acompañados de la etiqueta “[tw]”, asegurando una búsqueda más sensible y más útil para la presente revisión. Las palabras clave seleccionadas fueron *“myogenous temporomandibular disorder” OR “myofascial trigger points” OR “myofascial pain syndromes” OR “myofascial pain” OR “temporomandibular disorder” AND “infrared thermography” OR “skin temperature” OR “Thermography”*. Estas palabras clave también son las utilizadas para las bases de datos Scopus, ScienceDirect y PeDro.

Por último, para una optimización de la recolección de artículos, se combinó la primera y segunda línea de búsqueda, mediante la “búsqueda avanzada”, añadiendo ambas líneas en combinación con el operador booleano “OR”.

Los criterios de inclusión y exclusión para la presente revisión se muestran en la Tabla 1. Por otra parte, en la Figura 3, se muestra el diagrama de flujo de búsqueda, donde se exponen el número de artículos según la estrategia de búsqueda realizada.

5. Resultados

De acuerdo a la estrategia de búsqueda de la presente revisión, se identificaron 69 artículos en las bases de datos Pubmed, Scopus, ScienceDirect y PeDro. Teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión indicados en la tabla 1, la muestra final se compone de 12 estudios (véase la figura 3).

En la tabla 2 se muestran las características de cada artículo y los resultados obtenidos en cada uno de ellos, los cuales presentan interés para el presente trabajo.

5.1 Dependencia de la temperatura corporal con otras variables

Cinco de los artículos analizados buscan la correlación existente entre la temperatura de la piel medida por IRT, ya sea sobre MTrPs y/o TMD miogénica, con otra variable clínica buscando asimetrías térmicas. Por otro lado, dos estudios investigaron los cambios y respuestas de la temperatura de la piel, mediante IRT, después de una estimulación nociceptiva (inyección de glutamato) en MTrPs latentes.

Haddad, en el año 2012, investigó la correlación entre los MTrPs de la musculatura masticatoria en TMD miogénica con el umbral de dolor por presión (pressure pain thresholds PPT) empleando algometría. A diferencia de otros estudios donde la determinación de la temperatura se obtiene realizando un análisis de punto, de línea o de área (figura 1), en este artículo el análisis térmico se realizó en varios ROI (véase figura 4), dividiendo al masetero en 9 ROI y al temporal anterior en 6 ROI, en 26 mujeres voluntarias. Se encontró una correlación positiva, moderada y significativa ($P < 0.5$; $0.4 \leq r < 0.7$) entre la temperatura de la piel sobre los MTrPs y el PPT, además de encontrar un patrón hiporradiante sobre los MTrPs (Haddad et al. 2012).

Por otra parte, Girasol en 2018 también realizó un estudio similar, pero en MTrPs del trapecio superior, y analiza la dependencia entre la temperatura con el ROM de la columna cervical, la electromiografía (EMG) y el dolor en voluntarios con dolor crónico de cuello. Usan una muestra compuesta por 38 mujeres y 2 hombres. En este estudio no se encontró una correlación significativa entre la temperatura de la piel y el dolor, pero sí una asociación inversa entre la amplitud del músculo en reposo y la temperatura de la piel sobre los MTrPs y también encontró una correlación positiva, de este último, con el ROM de flexión cervical (Girasol et al. 2018).

Siguiendo con el patrón térmico de los MTrPs, Cojocarú realiza un estudio piloto que publica en el año 2015, donde busca una correlación de la temperatura de la piel con los MTrPs de la zona lumbar y con hallazgos clínicos de ultrasonido (Cojocarú et al. 2015). El análisis térmico realizado es de tipo área, en 8 pacientes con dolor lumbar. Se encontró un patrón térmico, donde los MTrPs tenían una zona más hiperradiante, rodeados de un área más fría.

Por último, Dibai en el año 2013, investiga la asimetría térmica de la piel en el punto central del masetero y temporal anterior según la intensidad de dolor en mujeres con TMD miogénicas, teniendo un grupo control (n=10), un grupo de dolor leve (n=10), un grupo de dolor moderado (n=10) y un grupo de dolor severo (n=10). El análisis térmico es de tipo punto (Dibai- Filho et al. 2013-A). Este mismo autor en el año 2014 investiga la correlación de la temperatura de la piel en estos mismos músculos con la cronicidad de dicha patología, en 30 mujeres voluntarias. El análisis térmico es de tipo área (Dibai- Filho et al. 2014). En el primer estudio de este autor, no se encontró correlación entre la temperatura y la intensidad de dolor, sin embargo, en el segundo estudio, se encontró una dependencia entre temperatura y cronicidad de la patología (mínimo de 8 meses), mostrando un patrón térmico asimétrico hiporradiante.

En los dos últimos artículos encontramos a Kimura con su estudio de 2009, donde investigan la magnitud de la respuesta vasoconstrictora después de dicha estimulación, en 14 sujetos asintomáticos (9 hombres y 5 mujeres), mediante fluometría láser doppler (Laser Doppler Flowmetry LDF) y IRT. Encontraron una disminución significativa de la temperatura de la piel y del flujo sanguíneo (Kimura et al. 2009).

Por otra parte, Zhang y sus colaboradores en 2009, con el mismo objetivo, realizaron dicha estimulación en 15 sujetos asintomáticos (11 hombres y 4 mujeres). Apreciaron una disminución del flujo sanguíneo mediante LDF, pero los hallazgos termográficos revelaron que la temperatura de la piel no se vio afectada, siendo la técnica de LDF más sensible que la IRT (Zhang et al. 2009).

5.2 Reproducibilidad de la técnica de termografía infrarroja

La reproducibilidad es la capacidad de una prueba para ofrecer los mismos resultados cuando se repite su aplicación en circunstancias similares. Los estudios realizados por Costa y colaboradores en 2013, evalúan la fiabilidad o reproducibilidad de la técnica realizando una comparativa de su utilización entre examinadores, y para un mismo examinador. Se realiza en dos formas de análisis de imágenes infrarrojas, la lineal y la de punto, en los músculos masticatorios y trapecio superior en mujeres con TMD miogénica (n=32) y sin TMD (n=32) (Costa et al. 2013). Con el mismo objetivo, Dibai y colaboradores, realizan un estudio en 2015 sobre MTrPs activos en el músculo trapecio superior en 24 voluntarios (23 mujeres) con dolor de cuello, con análisis de imágenes infrarrojas de tipo lineal, de punto y de área (Dibai- Filho et al. 2015). Ambos estudios concluyen que la IRT es una herramienta fiable con independencia del examinador que la utilice.

5.3 Precisión de la técnica y su utilidad en el diagnóstico clínico

Dibai en 2013, Rodrigues en 2014 y Haddad en su estudio de 2014, investigan la precisión de la IRT para el diagnóstico de TMD miogénicas (Dibai- Filho et al. 2013- B; Rodrigues- Bigaton et al. 2014; Haddad et al. 2014). Los dos primeros artículos publicados por los mismos autores, realizan un análisis térmico de tipo punto en el centro de los músculos maseteros y temporal anterior, en el caso del primer estudio; y un análisis de tipo área y extensión en el caso del segundo estudio. Ambos encontraron una baja precisión para el diagnóstico de dicha patología. Sin embargo, Haddad realiza un estudio piloto, donde investiga esta precisión, dividiendo en tres ROI al masetero y en un ROI al temporal anterior, con un grupo control (n=13) y otro con TMD (n=10). Con los resultados que obtienen, concluyen que la IRT puede ser un examen prometedor, pudiendo resultar útil en la clínica y para mejorar el diagnóstico (Haddad et al. 2014).

6. Discusión

Los artículos consultados indican que la aplicabilidad de la IRT en el dolor miofascial, reside en el hecho de que los cambios autonómicos y metabólicos encontrados, en presencia dolor miofascial, pueden conducir a alteraciones circulatorias, con el consiguiente cambio en la temperatura de la piel.

Respecto a la dependencia de la temperatura de la piel con otras variables clínicas, en concreto con el dolor, cuatro de los doce artículos seleccionados, no encontraron una asociación entre el dolor miofascial y cambios de temperatura (asimetrías térmicas) (Rodrigues-Bigaton et al. 2014; Girasol et al. 2018; Dibai- Filho et al. 2013- A; Dibai- Filho et al. 2013- B). Por el contrario, existen cuatro artículos que sí encuentran una dependencia de la temperatura de la piel con el dolor miofascial, provocando asimetrías térmicas (Cojocarú et al. 2015; Dibai-Filho et al. 2014; Haddad et al. 2014; Haddad et al. 2012).

Entre los autores que no encuentran dependencia de la temperatura cutánea con el dolor, cabe mencionar a Girasol, que en su estudio de 2018 observó en la EMG del trapecio superior en voluntarios con dolor crónico de cuello, que el músculo en presencia de MTrPs era más activo en reposo, con una relación de temperatura disminuida provocando restricciones en la flexión cervical (Girasol et al. 2018).

En los artículos consultados son varios los que hallaron asimetrías térmicas. Haddad en su estudio de 2012, encuentra una relación positiva entre PPT y temperatura en TMD miogénica, es decir a mayor sensibilidad encontrada, menor era la temperatura en los MTrPs de la musculatura masticatoria. Concluyendo que la temperatura disminuye a medida que aumenta la gravedad de la TMD, dando un patrón hiporradiante en los MTrPs (Haddad et al. 2012). Este mismo autor en el año 2014, investigando la precisión de la IRT para el diagnóstico de TMD miogénica, encuentra también un patrón hiporradiante en la musculatura afectada, en comparación con el área no afectada. Terminan recomendando su uso como método de detección clínica para mejorar la precisión diagnóstica (Haddad et al. 2014). También Dibai en su artículo publicado en 2014 encuentra un patrón térmico asimétrico hiporradiante en el músculo temporal anterior cuando la duración del dolor es superior a 8 meses. A diferencia de otros

estudios, indican que la cronicidad de la TMD miogénica es una variable importante a tener en cuenta (Dibai- Filho et al. 2014).

Nos gustaría mencionar algunos aspectos de los artículos en los que no se aprecian asimetrías térmicas. Por un lado, hay que tener en cuenta que están realizados por los mismos autores. Por otro lado, en el caso de Rodrigues y Dibai, investigan la precisión de la IRT para el diagnóstico de TMD miogénica, incluyendo en sus muestras mujeres voluntarias con diagnósticos concurrentes de TMD, con desplazamiento de disco (n=6) y artralgia (n=15). Esta patología puede afectar a diferentes estructuras del sistema estomatognático y por lo tanto, el grupo sintomático no pudieron componerlo explícitamente por mujeres con dolor miofascial puro (Rodrigues-Bigaton et al. 2014; Dibai-Filho et al. 2013- B). Además, estos dos estudios mencionados, junto con el de Dibai publicado en 2013, realizan un análisis térmico sin previamente hallar los posibles MTrPs de la musculatura implicada (Dibai- Filho et al. 2013- A). Por último, estos mismos autores en un artículo publicado en 2014, si encuentran asimetría térmica, viendo un patrón hiporradiante en el músculo temporal anterior cuando la duración del dolor es superior a 8 meses, por lo que es posible que, en otros estudios suyos publicados anteriormente, no hubieran tenido en cuenta esta limitación a la hora de escoger el grupo sintomático (Dibai- Filho et al. 2014).

Teniendo en cuenta esto, pensamos que el dolor miofascial, tanto en el SDM con presencia de MTrPs o en TMD miogénico, sí produce una asimetría térmica de la piel sobre la musculatura afectada y la no afectada.

Por otro lado, Cojocarú publicó en 2015 la existencia de un patrón asimétrico en presencia de dolor miofascial, pero en este caso el patrón era hiperradiante en los MTrPs de la región lumbar, rodeado de un área más fría (Cojocarú et al. 2015). Esta divergencia entre los patrones térmicos encontrados puede explicarse por dos mecanismos fisiopatológicos: la disminución de la temperatura podría estar relacionada con una mayor actividad muscular en reposo en las disfunciones miofasciales, dando un aumento de la presión intramuscular y mecanismos de compresión de los vasos que vascularizan el músculo, provocando un menor suministro de sangre con el tiempo, acompañado de dicha reducción de

temperatura de la piel (Barão et al. 2011). Otra explicación podría ser que el aumento de la actividad muscular indica una acción simpática más pronunciada, lo que produce una reducción del flujo periférico con la consiguiente reducción de la temperatura (Prato et al. 2013), y otros autores justifican el aumento de la temperatura debido al calor que genera la contracción muscular en los MTrPs, observando un área más fría que la rodea, por un déficit en el flujo de sangre (Cojocaru et al. 2015). Otra explicación que justifica este patrón, podría ser la involucración con la vasodilatación inducida por la liberación de óxido nítrico y mediadores inflamatorios (Anbar et al. 1998; Arinci et al. 2005).

Por otra parte, en los estudios de Kimura y Zhang del 2009, en los que investigan la dependencia de la temperatura tras un estímulo nociceptivo, ambos encontraron una disminución del flujo sanguíneo tras una estimulación nociceptiva en los MTrPs latentes, provocando un dolor agudo (Kimura et al. 2009; Zhang et al. 2009). Cabe destacar que la reducción del flujo encontrada en ambos estudios de la estimulación nociceptiva, no se concretó si es efecto del glutamato o de la simple introducción de la aguja de inyección (Kimura et al. 2009; Zhang et al. 2009; Dibai- Filho et al. 2014).

Por último, los dos estudios que investigan la reproducibilidad de la IRT indican que la técnica tiene una buena reproducibilidad con independencia del examinador que la utilice (Costa et al. 2013; Dibai-Filho et al. 2015).

Por lo tanto, los estudios actuales consultados indican que la IRT es una herramienta válida para la evaluación de la temperatura de la piel, pudiendo ser complementaria para el diagnóstico del dolor miofascial. Respecto a las asimetrías térmicas, con un patrón hiperradiante o hiporradiante, no todos los autores coinciden con el mismo patrón, y esto puede estar influenciado por el origen, la intensidad y/o duración del dolor miofascial, de tal forma que sería conveniente que se realizaran más investigaciones.

Entre las ventajas de la IRT destacamos que es una técnica inocua, no ionizante, ni invasiva, e indolora, la cual nos da una medida indirecta del flujo sanguíneo y de la actividad del sistema nervioso autónomo.

Esta técnica también resulta de interés como método de prevención de lesiones, ya que detecta cambios fisiológicos en el tejido antes de que sean sintomáticos (Hildebrandt et al. 2010).

Entre los inconvenientes, hay que tener en cuenta que es necesario cumplir unos requisitos mínimos, para realizar el estudio termográfico, por parte del paciente, la sala y la cámara. La temperatura de la sala debe de estar a una temperatura entre 20-25°C, sin presencia de aparatos generadores de calor, flujos de aire ni luz solar incidiendo directamente sobre el paciente. Es preciso que se cumpla un periodo de aclimatación del paciente en la sala de 15 a 20 minutos. Para que los resultados no estén alterados, es necesario que se evite dos horas antes del examen: baños o duchas calientes, el consumo de sustancias estimulantes (café, alcohol, chocolate, tabaco...), no haber practicado ejercicio exhaustivo y evitar el uso de agentes tópicos, o cremas. Por parte de la cámara, debe tener unas especificaciones adecuadas para que se observen las asimetrías térmicas en el paciente. Otro aspecto muy importante, es el conocimiento anatómico y fisiológico del cuerpo humano, por parte del examinador, para una correcta interpretación de las imágenes térmicas.

Respecto a las limitaciones encontradas en el presente trabajo, vemos que no existe un protocolo estandarizado para el uso de esta técnica, ya que por un lado el tiempo de aclimatación oscila entre los 15- 30 minutos, y además no indican si se han asegurado de que el paciente cumpliera con los requisitos mencionados anteriormente para que sus resultados no salgan falseados.

7. Conclusiones

1. La termografía infrarroja proporciona una imagen en la que se pueden detectar asimetrías térmicas, que dependen de:
 - a. El umbral de dolor por presión en trastornos temporomandibulares miogénicos.
 - b. La actividad en reposo en electromiografía de los puntos gatillo miofasciales del trapecio superior, en voluntarios con dolor crónico en el cuello.
 - c. La amplitud del rango de movimiento (ROM) de flexión cervical en dolor crónico de cuello.
 - d. La cronicidad de los trastornos temporomandibulares miogénicos.
2. Cuando se emplea el mismo protocolo, la técnica presenta una buena reproducibilidad con independencia del examinador que la utilice.
3. La termografía infrarroja es una herramienta con suficiente precisión para resultar de utilidad en la clínica y para conseguir una mejora en el diagnóstico del síndrome del dolor miofascial.
4. La utilización de la termografía infrarroja presenta un alto potencial para la evaluación, planificación y reevaluación en la clínica de fisioterapia, ya que aporta datos adicionales a los recogidos durante el proceso de diagnóstico, y cubre una parte fisiológica del estado del paciente que no puede ser recogida por ninguna otra herramienta al alcance del fisioterapeuta.
5. El empleo de esta técnica puede resultar de ayuda en la toma de decisiones de cara a la planificación del tratamiento según los objetivos, para el restablecimiento de la normalidad, pudiendo mejorar así la efectividad y reducir el número de sesiones.

8. Anexos

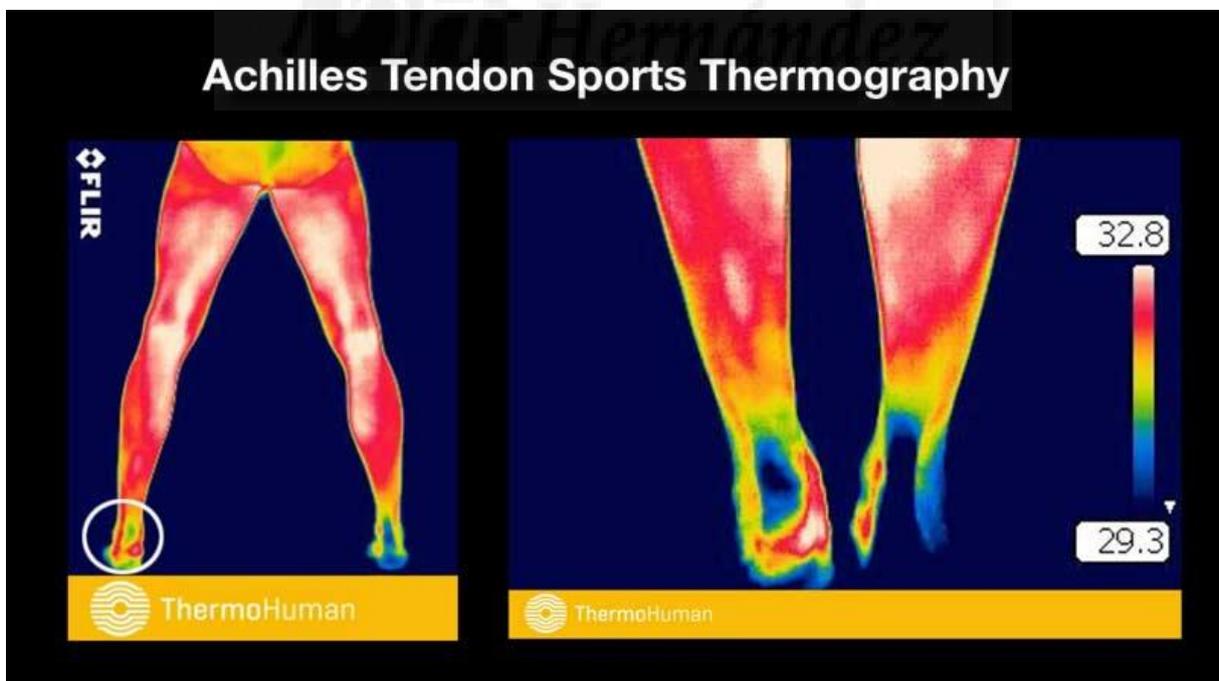
Anexos I. Figuras.

Figura 1. Imágenes de los principales procedimientos para la medida de la temperatura realizados en los estudios.



Imagen izquierda. Análisis térmico de tipo punto en el centro del vientre muscular (Dibai et al. 2013- B.).
Imagen central. Análisis térmico de tipo área, englobando todo el vientre muscular (Rodrigues- Bigaton et al. 2014).
Imagen derecha. Análisis térmico de tipo lineal (longitudinal), de origen a inserción muscular (Rodrigues- Bigaton et al. 2014).

Figura 2. Imagen de asimetría térmica, en tendón de Aquiles.



(Imagen extraída de la página de ThermoHuman).

Figura 3. Diagrama de flujo empleado para la selección de artículos.

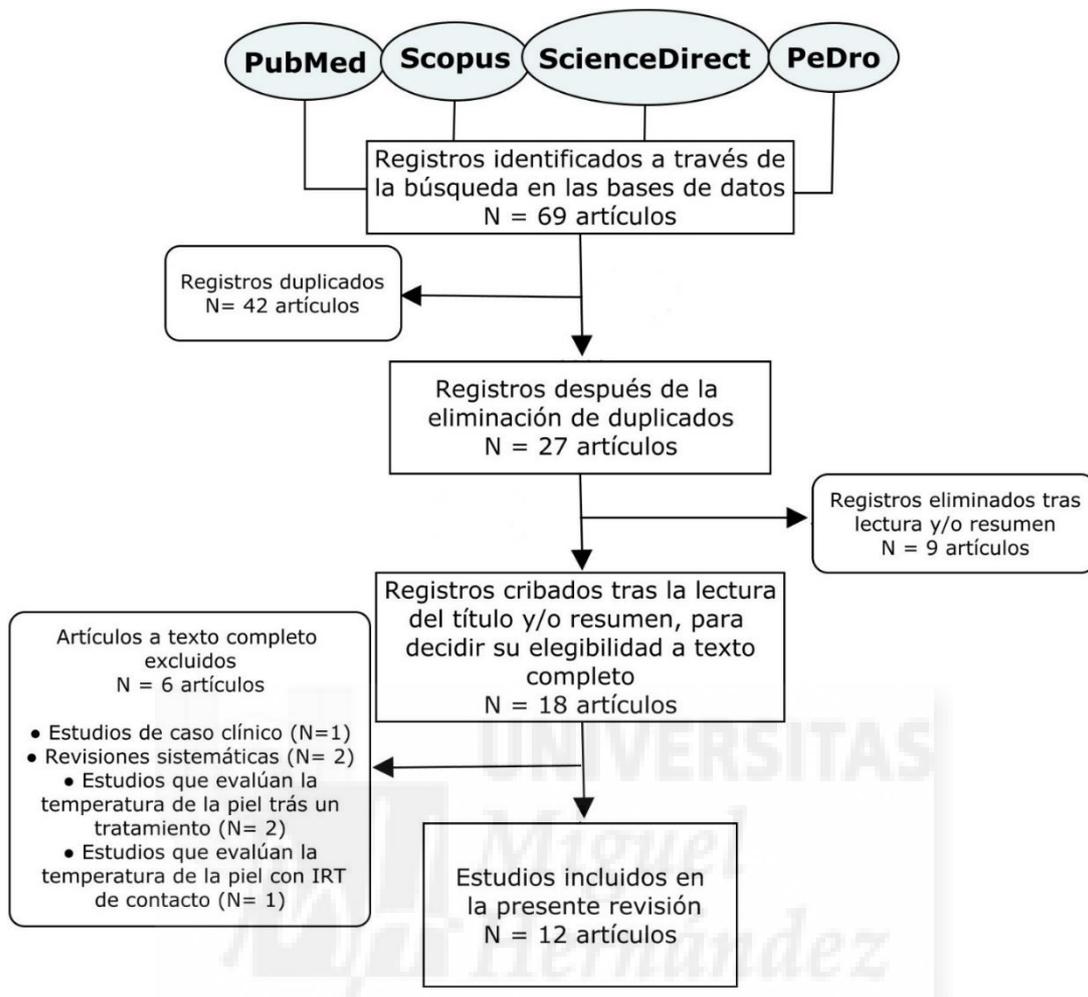
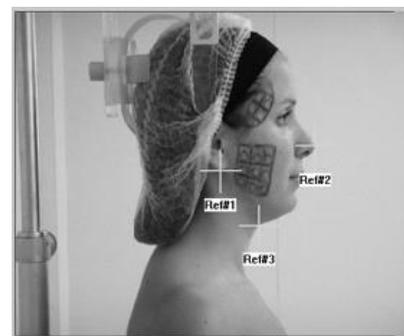
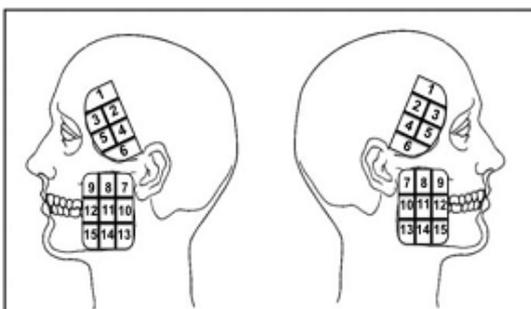


Figura 3. Imagen del tipo de análisis térmico por ROIs.



Análisis térmico realizado mediante ROIs, en la musculatura masticatoria (Haddad et al. 2012).

Anexos II. Tablas.

Tabla 1. Criterios de la búsqueda bibliográfica.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Estudios en inglés o español	Revisiones sistemáticas
Estudios desde enero de 2009 hasta abril de 2019	Caso clínico (case report)
Estudios que evalúan la temperatura de la piel con IRT sobre MTrPs y/o TMD miógeno	Estudios que evalúan la temperatura de la piel con IRT, tras un tratamiento.
Estudios que investigan la reproducibilidad y/o precisión de la IRT	Estudios que evalúan la temperatura de la piel con IRT de contacto.
Estudios que investigan la dependencia de la temperatura de la piel medida por IRT con otras variables	



Tabla 2. Características y resultados de cada artículo.

<i>Estudio (autor y año)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Edad media e IMC medio</i>	<i>Equipamiento y procedimiento</i>	<i>Resultados y Conclusiones</i>
(Kimura et al. 2009)	14 sujeto sanos (9 hombres; 5 mujeres)	24,33 ± 3,42 años; no especifica el IMC	Cámara térmica FLIR Systems (sin descripción del modelo). Los voluntarios se aclimataron durante 20 min en una habitación a 24°-25° C. Sin especificación del tipo de análisis térmico.	La inyección de glutamato en MTrPs latentes disminuye la temperatura de la piel y el flujo sanguíneo, como respuesta al aumentar la actividad simpática vasoconstrictora. La IRT demostró esta disminución de la temperatura de la piel.
(Zhang et al. 2009)	15 sujetos sanos (11 hombres; 4 mujeres) sin signos ni síntomas de dolor musculoesquelético	24,33 ± 3,42 años; no especifica el IMC	Sin descripción modelo. Los voluntarios se aclimataron en una habitación a 22°-23° C (sin descripción de la duración de la aclimatación). Sin especificación del tipo de análisis térmico.	La LDF es más sensible que la IRT para detectar cambios en el flujo sanguíneo tras la estimulación nociceptiva intramuscular. Además, el flujo sanguíneo es más atenuado en los MTrPs latentes, sugiriendo un aumento de la actividad simpática vasoconstrictora en estos puntos
(Haddad et al. 2012)	26 mujeres voluntarias con TMD y MtrPs en musculatura masticatoria	41,00 ± 15 años; no especifica el IMC	Cámara térmica T400 de FLIR Systems. Los voluntarios se aclimataron durante 15 min en una habitación a 21° C. Análisis térmico con ROI.	Correlación positiva, moderada y significativa entre la temperatura de la superficie de la piel y PPT; La IRT puede resultar útil en la evaluación cuantitativa y objetiva de MTrPs, especialmente si se usa junto con la evaluación física
(Dibai-Filho et al. 2013 A)	40 mujeres (Grupo control 10, grupo con dolor leve 10, grupo con dolor moderado 10, grupo con dolor severo 10)	Grupo control 21.20± 2.29 años; 20,7± 1,52 kg/m ² ; Dolor leve 25.70 ±3.94 años; 22.18± 2.36 kg/m ² ; Dolor moderado 22.60± 4.69 años; 21.93±1.98 kg/m ² ; Dolor severo 22.44± 5.45 años; 20.69± 2.01 kg/m ²	Cámara térmica T360 de FLIR Systems. Las voluntarias se aclimaron durante 20 min en una habitación a 22°C aprox. Análisis térmico tipo punto.	Sin diferencias significativas entre los diferentes grupos y la temperatura de la piel sobre los músculos maseteros y temporales anteriores. No se encontraron asociaciones entre la intensidad del dolor y la temperatura de la piel sobre los músculos maseteros y del temporal anterior en TMD miogénico.

<i>Estudio (autor y año)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Edad media e IMC medio</i>	<i>Equipamiento y procedimiento</i>	<i>Resultados y Conclusiones</i>
(Dibai-Filho et al. 2014)	30 mujeres	23.60 ± 5.12 años; 21.26 ± 2.08 kg/m ² ; 59.06 ± 51.88 meses de duración	Cámara térmica T360 de FLIR Systems. Las voluntarias se aclimataron durante 20 min en una habitación a 22° ± 1°C. Análisis térmico tipo área.	Correlación débil, positiva y significativa entre la asimetría térmica de la piel sobre el músculo temporal anterior y la cronicidad de la TMD. La cronicidad de la TMD miogénica cambia la temperatura de la piel sobre el músculo temporal anterior, provocando una asimetría térmica
(Cojocarú et al. 2015)	8 pacientes con dolor lumbar	Sin especificar ni edad ni IMC	Cámara térmica EC60 de Trotec con 160x120 pixels. Los voluntarios se aclimataron durante 30 min en una habitación a 23° C. Análisis térmico tipo área	Observan patrón térmico en los MTrPs, con área caliente rodeada de una más fría La IRT podría ser de gran ventaja en el seguimiento de trastornos neuromusculares; ayudando en el diagnóstico inicial de afecciones asociadas con alteraciones de la temperatura del tejido.
(Girasol et al. 2018)	40 participantes (38 mujeres; 2 hombres)	24,31 ± 4,16 años; 22,90 ± 2,69 kg/m ² ; 55,09 ± 36,80 meses	Cámara térmica T300 de FLIR Systems. Los voluntarios se aclimataron durante 15 min en una habitación a 23°C. Análisis térmico sin especificar	Sin correlación entre temperatura de la piel y dolor. Correlación negativa entre temperatura de la piel y actividad EMG en reposo. Correlación entre temperatura de la piel y ROM flexión cervical. La IRT muestra que los pacientes con dolor crónico de cuello que tengan una reducción de la temperatura en los MTrPs del trapecio superior, tienen un ROM reducido de flexión cervical
(Costa et al. 2013)	64 mujeres; Grupo control (n=32); Grupo con TMD (n=32)	Grupo control: 22,18 ± 2,45 años; 21,18 ± 2,14 kg/m ² Grupo con TMD: 25,63 ± 3,85 años; 21,60 ± 2,45 kg/m ²	Cámara térmica T360 de FLIR Systems. Las voluntarias se aclimataron durante 20 min en una habitación a 22° C aprox. Análisis térmico: punto y lineal.	La IRT tiene una excelente fiabilidad intra e inter examinador en la medida de la temperatura de la piel sobre los músculos masetero, temporal anterior, suprahioides y trapecio superior

<i>Estudio (autor y año)</i>	<i>Muestra</i>	<i>Edad media e IMC medio</i>	<i>Equipamiento y procedimiento</i>	<i>Resultados y Conclusiones</i>
(Dibai-Filho et al. 2015)	24 voluntarios con MTrPs activo (23 mujeres; 1 hombre)	22,12 ± 2,54 años; 21,04 ± 1,95 kg/m ²	Cámara térmica T300 de FLIR Systems. Los voluntarios se aclimataron durante 15 min en una habitación a 22° ± 2°C. Análisis térmico: área, punto y lineal	Fiabilidad intra e inter examinador estadísticamente significativa. La IRT muestra valores aceptables de fiabilidad intra e inter evaluador en los MTrPs activos del trapecio superior
(Dibai-Filho et al. 2013-B)	104 mujeres; Grupo control (n=52) y grupo con TMD (n=52)	Grupo control: 21,80 (2,82) años; 21,41 (2,14)kg/m ² Grupo con TMD: 24 (4,83) años; 21,42 (2,15)kg/m ²	Cámara térmica T360 de FLIR Systems. Los voluntarios se aclimataron durante 20 min, en una habitación a 22° C aprox. Análisis térmico tipo punto.	La IRT no es un instrumento preciso para el diagnóstico miogénico de TMD.
(Rodrigues-Bigaton et al. 2014)	104 mujeres; Grupo control (n=52) y Grupo con TMD (n=52)	Grupo control: 21,80 ± 2,82 años; 21,41 (2,14)kg/m ² Grupo con TMD: 24,00 ± 2,14 años; 21,42 (2,15)kg/m ²	Cámara térmica T360 de FLIR Systems. Los voluntarios se aclimataron durante 20 min, en una habitación a 22° ± 1° C. Análisis térmico área y lineal.	Ninguna de las formas analizadas con la IRT es compatible para el diagnóstico de TMD miogénico en mujeres.
(Haddad et al. 2014)	23 pacientes; Grupo control (n=13) y grupo con TMD (n=10)	41 años; no especifica IMC	Cámara térmica ThermaCAM T400 de FLIR Systems. Los voluntarios se aclimataron durante 15 min, en una habitación a 23° C. Análisis térmico con ROI	La IRT puede ser útil para evaluar el TMD miogénico y puede usarse como un método de detección clínica para mejorar la precisión diagnóstica

Anexos III. Glosario.

ACRÓNIMO	TÉRMINO
EMG	Electromiografía
IMC	Índice de Masa Corporal
IRT	Termografía infrarroja (Infrared Radiation Thermography)
LDF	Fluometría de láser Doppler (Laser Doppler Flowmetry)
MTrPs	Puntos gatillos miofasciales (myofasial trigger points)
PPT	Umbral de dolor por presión (pressure pain thresholds)
ROI	Región de interés
ROM	Rango de movimiento (Range Of Motion)
SDM	Síndrome de Dolor Miofascial
TMD	Trastornos temporomandibulares (Temporomandibular Disorder)



9. Bibliografía

- Anbar M, Gratt BM. The possible role of nitric oxide in the physiopathology of pain associated with temporomandibular joint disorders. *J Oral Maxillofac Surg.* 1998;56(7):872-82; discussion 883-884.
- Arinci A, Ademoglu E, Aslan A, Mutlu-Turkoglu U, Karabulut AB, Karan A. Molecular correlates of temporomandibular joint disease. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;99(6):666-70.
- Barão VAR, Gallo AKG, Zuim PRJ, Garcia AR, Assunção WG. Effect of occlusal splint treatment on the temperature of different muscles in patients with TMD. *J Prosthodont Res.* 2011;55(1):19-23.
- Bernard V, Staffa E, Mornstein V, Bourek A. Infrared camera assessment of skin surface temperature - Effect of emissivity. *Physica Medica.* 2013;29(6):583-91.
- Cojocaruc MC, Cojocaruc IM, Voiculescu VM, Cojan-Carlea NA, Dumitru VL, Berteancu M. Trigger points--ultrasound and thermal findings. *J Med Life.* 2015;8(3):315-8.
- Costa ACS, Dibai Filho AV, Packer AC, Rodrigues-Bigaton D. Intra and inter-rater reliability of infrared image analysis of masticatory and upper trapezius muscles in women with and without temporomandibular disorder. *Braz J Phys Ther.* 2013;17(1):24-31.
- de Melo DP, Bento PM, Peixoto LR, Martins SKLD, Martins CC. Is infrared thermography effective in the diagnosis of temporomandibular disorders? A systematic review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology.* 2019;127(2):185-92.
- Dibai Filho AV, Packer AC, Costa AC de S, Rodrigues-Bigaton D. Accuracy of Infrared Thermography of the Masticatory Muscles for the Diagnosis of Myogenous Temporomandibular Disorder. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics.* 2013;36(4):245-52.
- Dibai-Filho AV, de Souza Costa AC, Packer AC, Rodrigues-Bigaton D. Correlation between skin surface temperature over masticatory muscles and pain intensity in women with myogenous temporomandibular disorder. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2013;26(3):323-8.
- Dibai-Filho AV, Guirro ECO, Ferreira VTK, Brandino HE, Vaz MMOLL, Guirro RRJ. Reliability of different methodologies of infrared image analysis of myofascial trigger points in the upper trapezius muscle. *Braz J Phys Ther.* 2015;19(2):122-8.
- Dibai-Filho AV, Guirro RR de J. Evaluation of Myofascial Trigger Points Using Infrared Thermography: A Critical Review of the Literature. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics.* 2015;38(1):86-92.
- Dibai-Filho AV, Packer AC, de Souza Costa AC, Rodrigues-Bigaton D. The chronicity of myogenous temporomandibular disorder changes the skin temperature over the anterior temporalis muscle. *JBodyw Mov Ther.* 2014;18(3):430-4.
- Faust O, Rajendra Acharya U, Ng EYK, Hong TJ, Yu W. Application of infrared thermography in computer aided diagnosis. *Infrared Physics and Technology.* 2014;66:160-75.
- Fraser J. Hot bodies; Cold War: the forgotten history of breast thermography. *Canadian Medical Association Journal.* 2017;189(15):E573-5.

- Girasol CE, Dibai-Filho AV, de Oliveira AK, de Jesus Guirro RR. Correlation Between Skin Temperature Over Myofascial Trigger Points in the Upper Trapezius Muscle and Range of Motion, Electromyographic Activity, and Pain in Chronic Neck Pain Patients. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2018;41(4):350-7.
- Gratt BM, Pullinger A, Sickles EA, Lee JJ. Electronic thermography of normal facial structures: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1989;68(3):346-51.
- Haddad DS, Brioschi ML, Arita ES. Thermographic and clinical correlation of myofascial trigger points in the masticatory muscles. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41(8):621-9.
- Haddad DS, Brioschi ML, Vardasca R, Weber M, Crosato EM, Arita ES. Thermographic characterization of masticatory muscle regions in volunteers with and without myogenous temporomandibular disorder: preliminary results. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014;43(8):20130440.
- Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors (Basel)*. 2010;10(5):4700-15.
- Jiang LJ, Ng EYK, Yeo ACB, Wu S, Pan F, Yau WY, et al. A perspective on medical infrared imaging. *Journal of Medical Engineering & Technology*. 2005;29(6):257-67.
- Keevil SF. Physics and medicine: A historical perspective. *The Lancet*. 2012;379(9825):1517-24.
- Kimura Y, Ge H-Y, Zhang Y, Kimura M, Sumikura H, Arendt-Nielsen L. Evaluation of sympathetic vasoconstrictor response following nociceptive stimulation of latent myofascial trigger points in humans. *Acta Physiol (Oxf)*. 2009;196(4):411-7.
- Lawson R. Implications of surface temperatures in the diagnosis of breast cancer. 1956;2.
- Merla A, Ciuffolo F, D'Attilio M, Tecco S, Festa F, De Michele G, et al. Functional infrared imaging in the diagnosis of the myofascial pain. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2004;2:1188-91.
- Prato CA, Yucha CB. Biofeedback-assisted relaxation training to decrease test anxiety in nursing students. *Nurs Educ Perspect*. 2013;34(2):76-81.
- Ring EFJ. The historical development of thermal imaging in medicine. *Rheumatology*. 2004;43(6):800-2.
- Ring EFJ. The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine. *Journal of Medical Engineering & Technology*. 2006;30(4):192-8.
- Rodrigues-Bigaton D, Dibai-Filho AV, Packer AC, Costa AC de S, de Castro EM. Accuracy of two forms of infrared image analysis of the masticatory muscles in the diagnosis of myogenous temporomandibular disorder. *J Bodyw Mov Ther*. 2014;18(1):49-55.
- Valera Garrido F, Minaya Muñoz F. *Fisioterapia invasiva*. 2017.
- Zhang Y, Ge H-Y, Yue S-W, Kimura Y, Arendt-Nielsen L. Attenuated skin blood flow response to nociceptive stimulation of latent myofascial trigger points. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(2):325-32.