



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Tesinas de Grado

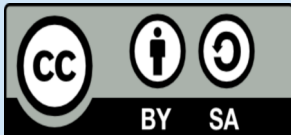
Ybañez, Camila

La respiración como herramienta terapéutica sobre la neuromodulación del dolor persistente musculoesquelético en mujeres adultas con fibromialgia

Instituto de Ciencias de la Salud

*Carrera: Licenciatura en Kinesiología y
Fisiatría*

2024



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.
Atribución – Compartir igual 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Ybañez, C. (2024). *La respiración como herramienta terapéutica sobre la neuromodulación del dolor persistente musculoesquelético en mujeres adultas con fibromialgia* [Tesis de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche]. <https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3431>



Instituto de Ciencias de la Salud

TESINA

presentada para acceder al título de grado de la carrera de
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

**“LA RESPIRACIÓN COMO HERRAMIENTA TERAPÉUTICA SOBRE LA
NEUROMODULACIÓN DEL DOLOR PERSISTENTE MUSCULOESQUELÉTICO
EN MUJERES ADULTAS CON FIBROMIALGIA”.**

Autora:

Ybañez, Camila

Nº Legajo: 45032

Directora:

Lic. Genovese, Jimena Gabriela

Co-Director:

Lic. Cozzi, Gerardo Sergio

Fecha de entrega:

11/11/2024

Firma de Autora:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Camila Ybañez', is written over a faint red circular stamp.

Agradecimientos

A mi familia, esto es gracias, por y para ustedes. A Fran, mi compañero de sendero por recordarme todos los días la fortaleza que llevo. A mis compañeros con los que formé una red mutua de sostén y empuje, por un sueño compartido. A mis docentes, formadores. A mis directores, Jimena y Gerardo que desde el día uno, nunca dudaron en sumarse a este proyecto, los admiro y valoro cada dimensión de tiempo que me dedicaron. Amigos y familia por respetar siempre mis tiempos de dedicación al estudio. A la educación pública, que me acompañó durante todas mis formaciones, hoy llegué hasta acá gracias a ella. A cada persona que fue eslabón en este camino. Con los que me fui construyendo. Gracias, gracias, gracias.

Ybañez, Camila.

Abreviaturas

FM: Fibromialgia.

CPM: Condición modulada del dolor.

HRV: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.

SNA: Sistema Nervioso Autónomo.

SNP: Sistema Nervioso Simpático.

SNSP: Sistema Nervioso Parasimpático.

SNC: Sistema Nervioso Central.

GABA: Ácido gamma-aminobutírico.

ACR: Colegio Americano de Reumatología.

TP: Tender Points.

FIQ: Cuestionario del Impacto de Fibromialgia.

CPG: Generador central de patrones.

bCPG: Generador central de patrones respiratorios.

PreBötC: Complejo pre-Bötzinger.

NTS: Núcleo del Tracto Solitario.

FC: Frecuencia cardíaca.

DIP: Vías inhibitorias descendentes del dolor.

EVA: Escala Visual Analógica.

ECG: Electrocardiograma.

COMPASS: Puntuación de síntomas autónomos compositivos.

RCS: Raynaud's Condition Score.

MSNA: Actividad del nervio simpático muscular.

DLCO: Capacidad de difusión de monóxido de carbono del pulmón.

DM: Membrana alveolar-capilar.

Kco: Factor de transferencia de monóxido de carbono.

Vc: Volumen de sangre capilar pulmonar.

GE: Grupo de ejercicio.

GC: Grupo control.

RMT: Entrenamiento de los músculos respiratorios.

CVRS: Calidad de vida relacionada con la salud.

FVC: Capacidad vital forzada.

FEV1: Volumen espiratorio máximo en el primer segundo.

MIP: Presión inspiratoria máxima.

MEP: Presión espiratoria máxima.

SG: Grupo supervisados.

N-SG: Grupo no supervisados.

FIQR: Cuestionario de Impacto de la Fibromialgia Revisado.

PSQI: Inventario de Calidad del Sueño de Pittsburgh.

SAR: Receptores pulmonares de adaptación lenta

Ach: Acetilcolina

Índice

I. Introducción.....	5
I.a Pregunta de Investigación.....	8
II. Objetivos.....	8
II.a. Objetivo general.....	8
II.b. Objetivos específicos.....	8
III. Justificación.....	9
IV. Marco teórico.....	9
IV.a. Definición de Fibromialgia.....	9
IV.a.I. Datos epidemiológicos.....	10
IV.a.II. Criterios diagnósticos.....	10
IV.a.III. Neurofisiopatología del dolor.....	11
IV.b. La respiración.....	12
IV.b.I. Mecánica respiratoria.....	12
IV.b.II. Diafragma.....	12
IV.b.III. Control neural de la respiración.....	14
IV.b.IV. Generador central de patrones respiratorios y el complejo preBötC.....	14
IV.b.V. Funciones del Encéfalo en el control de la respiración.....	15
IV.b.VI. Integración de los centros reguladores.....	15
IV.c Dolor persistente.....	15
IV.c.I. Matrix del dolor.....	16
IV.c.II. La interocepción: camino a la modulación del dolor.....	17
IV.d. Sistema Nervioso Autónomo y Nervio Vago.....	18
IV.d.I. Implicancias del Nervio Vago en el Sistema Nervioso Parasimpático.....	18
IV.d.II. Neuroanatomía del Nervio Vago.....	19
IV.d.III. Inflamación y el Nervio Vago.....	20
IV.e. Definición de la Variabilidad de la frecuencia cardíaca.....	20
IV.e.I. La HRV como medición objetiva del SNA.....	21
V. Estrategia metodológica.....	21
V.a. Fuentes de Información y estrategia de búsqueda.....	22
V.b. Criterios de elegibilidad.....	24
V.c. Proceso de selección de artículos.....	24
VI. Contexto de Análisis.....	24
VII. Resultados.....	27
VIII. Conclusión.....	35
IX. Referencias Bibliográficas.....	39

I. Introducción

La Fibromialgia (FM) es un síndrome que se caracteriza por la presencia de dolor persistente generalizado y una alta sensibilidad en músculos, tendones y articulaciones; como también, presenta síntomas no musculoesqueléticos, como fatiga, alteraciones del sueño, ansiedad y/o depresión. Afecta entre el 2-3% de la población, siendo más prevalente en las mujeres. (1) El dolor musculoesquelético persistente corresponde a alrededor de 1.700 millones de personas a nivel mundial, generando una alta demanda en la búsqueda de un tratamiento efectivo. (2)

La etiología y fisiopatología de la Fibromialgia aún no se esclarecen. Sin embargo, con relación a su fisiopatología, se ha identificado la ausencia de anomalías periféricas visibles también así la naturaleza dispersa del dolor y la disminución de los umbrales del reflejo nociceptivo. (1) Éstos hallazgos sugieren la presencia de un trastorno del Sistema Nervioso Central (SNC), que como resultado responde a un aumento de la sensibilidad al dolor. La existencia de hiperalgesia y alodinia en éstas pacientes, podría deberse a una disminución de la respuesta endógena. (1) De esta manera, el dolor persistente generalizado, podría estar asociado a la presencia de disfunción central en las vías descendentes de inhibición del dolor (DIP). (3) La experiencia del dolor puede provocar desregulaciones físicas como el aumento de la contracción muscular, el tono o la activación de puntos gatillo, inhibición muscular o conductas de evitación motivadas por el miedo (kinesiofobia), el sedentarismo conduce a altos niveles de discapacidad. El 26% de las mujeres con fibromialgia presentan un dolor intenso y catastrófico y el 51% mucho miedo al movimiento. (4)

Se entiende por dolor a una experiencia subjetiva y desagradable que contiene componentes tanto sensoriales como emocionales. (5) Su percepción es el resultado de múltiples y dinámicos mecanismos pertenecientes tanto al SNC y su capacidad principal de modulación, como al Sistema Nervioso Periférico (SNP) en su función sobre las terminaciones nerviosas libres, que modulan el estímulo y la respuesta nociceptiva. (6) La modulación nociceptiva es el proceso mediante el cual la señal dolorosa puede ser modificada en diferentes puntos a lo largo del sistema nervioso, lo que permite tanto un control facilitador como un control inhibitorio. La modulación inhibitoria es centrífuga, descendente y está altamente coordinada proporcionando al sistema un equilibrio entre los diversos estímulos percibidos. (6)

Los mecanismos biológicos del dolor se pueden clasificar en tres categorías, que incluyen: nociceptivos (periféricos), nociplásicos (no nociceptivos) y neuropáticos. La naturaleza del dolor nociplásico se debe a alteraciones en el procesamiento nociceptivo, condicionadas por la sensibilización periférica de éstas neuronas que provocan una tendencia a la prolongación de la experiencia y posterior cronicidad, siendo la Fibromialgia una patología presente de éstas

características. (4) Aunque la etiología de la FM sigue siendo desconocida, la hipótesis mejor respaldada actualmente sobre su fisiopatología es la presencia de disfunción central en las DIP, que implica una deficiencia en la modulación condicionada del dolor (CPM), por lo que, la presencia del dolor nociplásico es independientemente de la actividad de los nociceptores periféricos. (1) (3) (4)

El mecanismo de CPM se produce cuando la presencia de un segundo estímulo nocivo produce una disminución del dolor percibido causado por un estímulo inicial aplicado en un área contralateral. (2) (3) Este fenómeno implica un procesamiento de las señales de dolor a nivel espinal y cortical (corteza cingulada anterior y sustancia gris periacueductal) las cuáles inhiben la entrada nociceptiva que proviene de una región heterotópica. Debido a qué, las redes inhibitorias del dolor desempeñan un función moduladora de la CPM, una insuficiencia en este circuito podría estar asociado a una mayor experiencia del mismo. Este déficit está presente en el dolor persistente, se ha sugerido la utilización de CPM como biomarcador de pronóstico y gravedad de la sintomatología dolorosa en estadios crónicos de la enfermedad, debido que ha mostrado una precisión del 70%, exponiendo así la mayor proporción de patrones alterados de modulación del dolor en esta población. (3)

Aquellos pacientes que presentan dolor musculoesquelético persistente, mostraron mayores probabilidades de presentar eventos cardiovasculares. (2) Algunos estudios exponen que, al estimular el mecanismo de CPM se producen respuestas tanto dolorosas como cardiovasculares significativas, por lo que se observa una correlación entre estos sistemas. De esta manera, se contempló que, las personas con FM que poseen una frecuencia cardíaca elevada en reposo podrían experimentar más intensidad del dolor relacionados a factores como disfunción autonómica y/o estrés psicológico (1).

Se ha expuesto una amplia variabilidad de mediciones fisiológicas íntimamente relacionadas con el dolor, particularmente asociadas a la subdivisión del Sistema Nervioso Autónomo (SNA): Sistema Nervioso Simpático (SNS) y el Parasimpático (SNPS). Éstos dos sistemas regulan respuestas autonómicas como por ejemplo: la sudoración, la frecuencia respiratoria, la frecuencia cardíaca, la presión arterial, vasoconstricción vascular, dilatación pupilar, etc. Pese a que la activación de un sistema responde de manera opuesta al otro, ambos mantienen interacciones complejas con lo que respecta a la actividad cardíaca. (5) En cuanto a la neuromodulación del dolor, se trata de una red compleja de interacción entre regiones específicas del SNC (corteza cingulada anterior y sustancia gris periacueductal, principalmente) y sus neurotransmisores: opioides endógenos, acetilcolina (Ach), serotonina, GABA, entre otros. Estos eslabones involucrados en la modulación del dolor nociceptivo participan tanto en el procesamiento, regulación autonómica, sensorial, cognitiva y emocional. (6) Se ha observado que el fallo de la analgesia endógena está relacionado con el sistema parasimpático, por el contrario, el sistema simpático no interfiere en la activación de sensibilización central, por lo que, parece que responde directamente a estímulos nociceptivos. (2)

Anatómicamente, los centros que controlan el sistema respiratorio y cardiovascular están situados en la médula y su vecindad permite la interacción entre sí. Esto nos brinda la dimensión de que, las oscilaciones respiratorias modifican las oscilaciones cardíacas, impactando sobre la presión arterial. (7) Las oscilaciones simpáticas asociadas con la actividad respiratoria constituyen un mecanismo homeostático crucial que optimiza la perfusión tisular y la captación/entrega de gases en la sangre. (8) Acto vital, la respiración puede controlarse de manera voluntaria a diferencia de otras funciones fisiológicas y esta mecánica podría ser un punto de entrada para la regulación de algunos sistemas (9) y modular las redes autónomas centrales. (10) De manera alentadora, el control neurológico de la respiración podría contribuir a un sistema es estado de reposo fisiológico actuando directo sobre el SNA. Estudios muestran altos niveles de neuroplasticidad y gran capacidad adaptativa a demandas internas y externas a través de la funcionalidad del SNPS bajo un patrón respiratorio lento y profundo. (9) (11) Las oscilaciones de la frecuencia cardíaca están medidas por el tono vagal y durante la respiración lenta se revela el aumento en la variabilidad latido a latido de la frecuencia cardíaca (7) (12), siendo un marcador sólido de la actividad del parasimpática. (13)

El corazón recibe inervación tanto del sistema nervioso simpático como del parasimpático, lo que significa que los incrementos en la actividad simpática se relacionan con aumentos en la frecuencia cardíaca, mientras que los incrementos en la actividad parasimpática se asocia con disminuciones en la frecuencia cardíaca. (14)

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), indica la variación en los intervalos de tiempo entre latidos cardíacos consecutivos, proporciona parámetros que indican el funcionamiento del sistema nervioso parasimpático. Este parámetro de medición es de relevante interés debido a la vinculación del sistema nervioso parasimpático con los mecanismos de autorregulación. Con lo que respecta a la regulación cardíaca, un sistema está en equilibrio, cuando el mismo puede dar respuesta a demandas tanto físicas como ambientales. La adaptabilidad del sistema se relaciona con la oscilación de la HRV: un corazón adaptable exhibe una alta variabilidad de la frecuencia cardíaca, por el contrario, mostrará una variabilidad reducida. Si bien la HRV puede representar un indicador de la salud cardíaca, también podría ofrecer un índice del nivel en el que el sistema "integrador" del cerebro brinde un control flexible sobre la periferia para la regulación adaptativa. Algunas investigaciones respaldan que una HRV baja se correlaciona con un mayor riesgo de mortalidad, y se ha sugerido que puede servir como un indicador de enfermedad. Por lo contrario, una alta HRV se relaciona con niveles más bajos de estrés y mejores resultados de salud y enfermedades. (15) En conformidad, se ha observado una baja variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) en reposo, es decir, un déficit en la adaptabilidad a demandas del sistema. (1)

A través de los plexos cardíacos, el SNA ejerce su acción de marcapasos sobre el nódulo sinoauricular (SA). La sincronización de los latidos cardíacos, se debe a la naturaleza de las acciones de los neurotransmisores del sistema nervioso simpático (norepinefrina) y parasimpático (acetilcolina). En una escala de tiempo de segundos, los efectos simpáticos son lentos, mientras que los efectos parasimpáticos son rápidos, en una escala de tiempo de milisegundos. Por lo tanto, las influencias parasimpáticas son las únicas capaces de inducir cambios rápidos en el ritmo cardíaco. (14)

El nervio vago es el principal nervio craneal del sistema nervioso parasimpático. Por lo tanto, si hablamos de actividad parasimpática, nos referiremos a ella como tono vagal. (15) Su participación es crucial en la integración del sistema corazón-cerebro, y la HRV mediada por el tono vagal podría ofrecer información sobre el funcionamiento de dicho sistema. (14) Implicado en la interocepción, su función es fundamental en la transmisión de señales viscerales (órganos ubicados en las cavidades torácica y abdominal) al cerebro. Es de interés enfatizar sobre el tono vagal cardíaco, que representa la contribución del sistema nervioso parasimpático a la regulación cardíaca. (15)

I.a Pregunta de Investigación

Por consiguiente formulamos la siguiente pregunta de investigación: Según la bibliografía actualizada, ¿Cuál es la influencia neurofisiológica que tiene la respiración como herramienta terapéutica sobre la neuromodulación del dolor persistente musculoesquelético en mujeres adultas con fibromialgia?. A continuación se describen los objetivos planteados para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo.

II. Objetivos

II.a. Objetivo general

Analizar los hallazgos bibliográficos del uso de la respiración como herramienta terapéutica sobre la neuromodulación del dolor persistente musculoesquelético en mujeres adultas con fibromialgia.

II.b. Objetivos específicos

- Describir los mecanismos neurofisiológicos por los cuáles la respiración como herramienta terapéutica repercute sobre la neuromodulación del dolor persistente musculoesquelético en mujeres adultas con Fibromialgia teniendo en cuenta los parámetros de tono vagal y variabilidad de la frecuencia cardíaca.
- Analizar los parámetros óptimos de modulación respiratoria en relación a los tiempos, frecuencia y mecánica respiratoria, para el manejo terapéutico del dolor persistente en mujeres adultas con Fibromialgia.

III. Justificación

Este trabajo tiene por finalidad exponer a la respiración es una herramienta terapéutica aplicable a para el abordaje integral del dolor persistente restableciendo el equilibrio autónomo ya que es un método simple, económico y alcanzable para los pacientes. (12)

Existe una amplia variabilidad de enfoques de atención, debido que alrededor del 10% de la población mundial padece de dolor persistente generalizado, siendo la fibromialgia (FM) el diagnóstico más común. La carga de enfermedad y discapacidad para los pacientes es significativa, lo que conlleva a un uso extenso de la atención médica y a costos psicosociales sustanciales. (16) Ha surgido el conocimiento de que muchas intervenciones de fisioterapeutas tienen múltiples mecanismos de acción y, por lo tanto, se consideran tratamientos multimodales para el abordaje del dolor. (4)

Debido a que la medición del dolor continúa siendo dificultosa particularmente desde una perspectiva psicofisiológica (5), el tono vagal y la variabilidad de la frecuencia cardíaca representa una medición no invasiva, indolora, económica y sencilla (15) con la que se podrían establecer los parámetros de mecánica respiratoria a emplearse en la práctica clínica.

IV. Marco teórico

IV.a. Definición de Fibromialgia

La OMS define la entidad clínica de la Fibromialgia (FM) como: "aquella alteración o interrupción de la estructura o función de una parte del cuerpo, con síntomas y signos característicos y cuya etiología, patogenia y pronóstico pueden ser conocidos o no"

Se sugiere que, se combinan factores genéticos y epigenéticos que resultan en una alteración persistente del sistema de autorregulación y control del dolor y del estrés en el Sistema Nervioso Central (SNC). Esto se traduce en una serie de síntomas característicos, como dolor musculoesquelético generalizado, fatiga, problemas de sueño, dificultades cognitivas, entre otros. La experiencia del dolor puede provocar desregulaciones físicas como el aumento de la contracción muscular, el tono o la activación de puntos gatillo, inhibición muscular o conductas de evitación motivadas por el miedo (kinesiofobia), lo que conduce al desuso y la discapacidad. El 26% de las mujeres con fibromialgia presentan un dolor intenso y catastrófico y el 51% mucho miedo al movimiento. (17) La etiología de la fibromialgia no está completamente comprendida, pero se cree que involucra una interacción compleja de factores biológicos, genéticos, psicológicos y ambientales.(18)

IV.a.I. Datos epidemiológicos

La fibromialgia afecta en promedio al 2,10% de la población mundial, con una prevalencia significativamente mayor en mujeres (4,2%) en comparación con hombres (0,2%), resultando en una relación mujer/hombre de aproximadamente 21:1. El grupo etario con mayor prevalencia es el de mujeres, en el rango de 40 a 49 años. En servicios sanitarios no especializados, las consultas por fibromialgia representan entre el 2,1% y el 5,7% del total, mientras que en consultas especializadas de reumatología, esta cifra se eleva hasta el 10-20%.

A nivel global, la prevalencia varía según las regiones continentales: Europa tiene una prevalencia del 2,31%, Norteamérica del 1,90%, Asia del 1,64%, y Sudamérica del 1,12%. (19) En Argentina, aproximadamente 1 de cada 20 personas, es decir, el 5% de la población, tienen diagnóstico de FM. De estos, 9 de cada 10 son mujeres, lo que refleja una significativa disparidad de género en la prevalencia de esta enfermedad. A nivel mundial, se estima que 400 millones de personas padecen fibromialgia, y alrededor de 2 millones de ellos se encuentran en Argentina. (20)

IV.a.II. Criterios diagnósticos

En 2016, el Colegio Americano de Reumatología (ACR) publicó una versión revisada de los criterios de diagnóstico de Fibromialgia (FM) de 2010, esta actualización mantuvo la distinción entre los criterios evaluados por el médico y los criterios autoinformados por el paciente y añadió un criterio de "dolor generalizado" y cambió los métodos de evaluación y puntuación. (21), (22)

Los criterios diagnósticos actuales por la ACR incluyen: a) Dolor generalizado, presente en al menos 4 de las 5 regiones del cuerpo (izquierda superior, derecha superior, izquierda inferior, derecha inferior, y axial) y haber estado presente durante al menos tres meses, b) Índice de Dolor Generalizado (WPI) -7: Se evalúa el número de áreas del cuerpo con dolor sobre una escala de 0 a 19, d) Escala de Severidad de los Síntomas (SS) -5: Evalúa la gravedad de los síntomas comunes, incluyendo fatiga, sueño no reparador, y problemas cognitivos, en una escala de 0 a 12 y, e) Exclusión de Otros Trastornos: el diagnóstico de fibromialgia debe considerar y excluir otras posibles causas de los síntomas del paciente.(21), (23)

Es importante mencionar que, ACR 1990 estableció como criterios diagnósticos la presencia de dolor difuso de más de tres meses de evolución y sensibilidad al dolor aumentada a la presión digital de más o menos 4 Kg, en al menos 11 de los 18 puntos dolorosos o *tender points (TP)*: occipital, cervical bajo, trapecio, supraespinoso, segundo espacio intercostal en la unión costocondral, epicóndilo, glúteo, trocánter y rodilla). Reporta una sensibilidad del 88.4% y una especificidad del 81.1%, lo que permite diferenciar el dolor de la FM de otras condiciones reumatológicas. (24)

El cuestionario de Impacto de Fibromialgia (FIQ)

En 1994, Burckhardt et al. desarrollaron una herramienta específica para medir el impacto del SFM en la capacidad funcional y en la calidad de vida de las personas que lo presentan: el Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ). Es un cuestionario multidimensional diseñado para que el paciente se lo pueda autoadministrar. El FIQ evalúa el impacto del SFM en la capacidad física, la posibilidad de realizar el trabajo habitual y, en el caso de realizar una actividad laboral remunerada, el grado en el que el SFM ha afectado esta actividad así como ítems subjetivos muy relacionados con el cuadro de SFM (dolor, fatiga, sensación de cansancio y rigidez) y con el estado emocional (ansiedad y depresión). Consta de 10 ítems: a) el primero, en número de 10, valora la capacidad funcional del paciente mediante preguntas acerca de actividades relacionadas con la vida diaria: comprar, conducir, hacer la colada, etc; b) el segundo y tercer ítems corresponden a escalas numéricas que hacen referencia a días de la semana: el segundo en una escala del 1 al 7, y el tercero del 1 a 5. c) el resto de los ítems se valora mediante escalas visuales analógicas (EVA) del 0 al 10. (25)

IV.a.III. Neurofisiopatología del dolor

Se entiende por dolor a una experiencia subjetiva y desagradable que contiene componentes tanto sensoriales como emocionales. (26) Su percepción es el resultado de múltiples y dinámicos mecanismos pertenecientes tanto al sistema nervioso central (capacidad principal de modulación), como al periférico (en las terminaciones nerviosas libres), que modulan el estímulo y la respuesta nociceptiva. La modulación nociceptiva es el proceso mediante el cual la señal dolorosa puede ser modificada en diferentes puntos a lo largo del sistema nervioso, lo que permite tanto un control facilitador como un control inhibitorio. La modulación inhibitoria es centrifuga, descendente y está altamente coordinada proporcionando al sistema un equilibrio entre los diversos estímulos percibidos. (27)

Los mecanismos biológicos del dolor se pueden clasificar en tres categorías, que incluyen: nociceptivos (periféricos), nociplásicos (no nociceptivos) y neuropáticos. La naturaleza del dolor nociplásico se debe a alteraciones en el procesamiento nociceptivo, condicionadas por la sensibilización periférica de éstas neuronas que provocan una tendencia a la prolongación de la experiencia y posterior cronicidad, siendo la Fibromialgia una patología presente de éstas características. Aunque la etiología de la fibromialgia (FM) sigue siendo desconocida, la hipótesis mejor respaldada actualmente sobre su fisiopatología es la presencia de disfunción central en las vías descendentes de inhibición del dolor, que implica una deficiencia en la modulación condicionada del dolor (CPM), (27) por lo que, la presencia del dolor nociplásico es independientemente de la actividad de los nociceptores periféricos. (17) (27) (28)

El mecanismo de CPM se produce cuando la presencia de un segundo estímulo nocivo produce una disminución del dolor percibido causado por un estímulo inicial aplicado en un área contralateral. (2), (27) Este fenómeno implica un procesamiento de las señales de dolor a nivel espinal y cortical (corteza cingulada anterior y sustancia gris periacueductal) la cuales inhiben la entrada nociceptiva que proviene de una región heterotópica. Debido a que las redes inhibitorias del dolor desempeñan un función moduladora de la CPM, una insuficiencia en este circuito podría estar asociado a una mayor sensación del mismo. Este déficit está presente en el dolor persistente, por este motivo, se ha sugerido la utilización de CPM como biomarcador de pronóstico y gravedad de las sintomatología dolorosa en estadios crónicos de la enfermedad. Este paradigma ha mostrado una precisión del 70%, exponiendo así la mayor proporción de patrones alterados de modulación del dolor en esta población.(27)

IV.b. La respiración

La mecánica de un músculo esquelético está determinada esencialmente por la anatomía del músculo y las estructuras que desplaza cuando se contrae. En el contexto de la respiración, es crucial entender cómo los músculos y las estructuras óseas del tórax interactúan para facilitar este proceso vital. La pared torácica está compuesta por dos compartimentos principales: la caja torácica y el abdomen, que están separados por el diafragma, una estructura musculotendinosa delgada. (29)

IV.b.I. Mecánica respiratoria

Con respecto a la mecánica de la respiración, se pueden describir dos momentos durante la inspiración: Un primer tiempo, que se caracteriza por el descenso del centro frénico, el diafragma continúa su recorrido hasta que toma punto fijo en el paquete visceral debido a la presión que ejerce sobre él. En segunda instancia, los movimientos reflejados en la parrilla costal, que están determinados por la dirección de las articulaciones costocorpóreas y costotransversas: en las costillas superiores, el eje es casi frontal, lo que incrementa el diámetro anteroposterior del tórax mediante un movimiento conocido como “brazo de bomba” y, en las costillas inferiores, el eje se acerca al plano sagital, aumentando el diámetro transversal del tórax mediante un movimiento conocido como “asa de balde”. (29)

IV.b.II. Diafragma

El diafragma es el principal músculo de la inspiración, cuando se activa tiene un movimiento de descenso en donde la presión abdominal aumenta y la presión torácica cae permitiendo el ingreso de aire. En relación a su estructura, el diafragma está formado por una porción central denominado “centro frénico”, el entrecruzamiento de sus fibras forman los orificios diafragmáticos: hiato

esofágico, hiato aórtico, foramen vena cava, orificios de los pilares. Es de allí, donde se irradian las fibras musculares que van a formar la porción periférica del diafragma. Ésta se caracteriza por ser muscular y se pueden identificar: a) la porción crural o vertebral que se inserta en la cara ventrolateral de las tres primeras vértebras lumbares y en los ligamentos arqueados aponeuróticos, b) la porción costal que se inserta en la apófisis xifoides del esternón y, c) las porciones costochondrales que se insertan en los márgenes superiores de las seis costillas inferiores. (29)

La innervación del diafragma está dada por a) en su parte central por el nervio frénico que tiene su origen en el plexo cervical, específicamente en los niveles C3, C4 y C5. b) su porción muscular periférica recibe innervación de los intercostales. c) los pilares del diafragma reciben innervación vagal (par craneal X) que los conectan directamente con el sistema nervioso parasimpático, y por último, d) recibe innervación del plexo solar, ganglio cervical superior que lo conectan con el sistema nervioso simpático. (29), (30), (31)

El nervio frénico tiene una función crucial debido a que contiene fibras del generador central de patrones (CPG) que lo conectan con el sistema nervioso parasimpático. Además, en su porción diafragmática, el nervio frénico se conecta con los ganglios del plexo solar, los cuales proporcionan innervación simpática a las vísceras abdominales. Esta conexión permite que el nervio frénico actúe como un sensor de la actividad simpática, lo que a su vez puede modificar el tono y ritmo del diafragma. En cuanto a las vías aferentes del nervio frénico, el diafragma está innervado por propioceptores que pueden proyectar información aferente a los núcleos centrales posteriores del tálamo y a los centros respiratorios. Esto significa que el nervio frénico no solo tiene un papel motor, sino también sensorial, contribuyendo a la regulación y modulación de la respiración mediante la transmisión de señales propioceptivas al sistema nervioso central. (29), (30)

El diafragma contiene propioceptores que detectan cambios en la tensión y el movimiento del músculo. Las señales sensoriales del diafragma son transmitidas al sistema nervioso central a través del nervio frénico. La información sensorial del diafragma es una parte integral de la regulación de la respiración, y esta regulación se lleva a cabo a través de varios niveles de control neurológico: a) voluntario a nivel de la corteza cerebral, que permite el control respiratorio consciente; b) involuntario a nivel de la protuberancia el centro respiratorio bulbar y del bulbo raquídeo, el centro neumotáxico y apnéusico, estas áreas aseguran la automatización y precisión del proceso; y c) a nivel emocional el sistema límbico modula la respiración en respuesta a las emociones. De esta manera, se refleja la función esencial y fundamental para la vida, que tiene la respiración, siendo un comportamiento motor rítmico vital que influye ampliamente en el cerebro y el cuerpo, ya que puede desarrollarse tanto de manera voluntaria como involuntaria. (29)

IV.b.III. Control neural de la respiración

El sistema de control neuronal es un proceso complejo que involucra múltiples regiones del cerebro, conexiones recíprocas y sistemas de retroalimentación que mantienen la homeostasis en un entorno en constante cambio. En la médula espinal se encuentra el generador de patrones centrales de respiración (bCPG), una red neuronal compuesta por varias estructuras neuronales interconectadas con la finalidad de producir y transmitir el ritmo, frecuencia y profundidad de la respiración, y modela la respuesta del músculo esquelético. Este sistema ajusta cada respiración para asegurar un suministro adecuado de Oxígeno (O_2) y la eliminación de Dióxido de Carbono (CO_2) en respuesta a las demandas metabólicas cambiantes y las condiciones ambientales, protege la permeabilidad de las vías respiratorias, la salud pulmonar, y coordinarse con otros comportamientos vitales. (32)

El bCPG incluye una columna de núcleos relacionados con la respiración a lo largo de la médula ventral que interactúan con el preBötC, con el tronco encefálico (bulbo y protuberancia) y las regiones suprapontinas (corteza cerebral, el hipotálamo, la amígdala y la sustancia periaqueductal). Estas regiones reciben proyecciones de las neuronas del preBötC, tanto excitadoras como inhibitorias, lo que representa circuitos recurrentes para la modulación de la respiración, coordinación de la actividad respiratoria con otras funciones fisiológicas: dando una respuesta eferente activando el diafragma y la musculatura accesoria de la respiración. (30)

IV.b.IV. Generador central de patrones respiratorios y el complejo preBötC

El complejo preBötzinger (preBötC), una estructura bilateral ubicada en la parte ventrolateral de la médula, que forma parte del bCGP y se plantea como el motor de la ritmogénesis inspiratoria, ya que procesa e integra continuamente una serie de entradas sensoriales. Conformado por una red de múltiples neuronas interconectadas con propiedades de marcapasos, colabora en generar, mantener y finalizar las ráfagas que impulsan el ritmo respiratorio. El bCPG recibe aferencias vagales continuamente de quimiorreceptores, barorreceptores, receptores de estiramiento pulmonar y aferencias de los músculos respiratorios, así como del sistema límbico, corteza, cognición, movimiento y temperatura.

La dinámica flexible del preBötC es ventajosa en muchos sentidos, ya que permite cambios rápidos en la duración de las fases, amplitudes y frecuencia respiratoria, con los consiguientes ajustes en la ventilación. Las ráfagas de neuronas de salida se propagan a través de poblaciones discretas de neuronas premotoras y motoneuronas respiratorias para activar los músculos durante la inspiración.

El preBötC recibe importantes entradas del núcleo del tracto solitario (NTS), que transmite señales sensoriales de quimiorreceptores, barorreceptores y mecanorreceptores a través de los nervios vago, facial y glossofaríngeo, participando en conductas respiratorias. (32)

IV.b.V. Funciones del Encéfalo en el control de la respiración

A nivel del tronco encefálico, la protuberancia desempeña un papel crucial debido a que integra la información sensorial y regula la actividad del bCPG, conectando y desconectando las neuronas inspiratorias. Por otro lado, en el bulbo raquídeo se encuentran dos estructuras muy importantes en el control neural de la respiración: a) el centro neumotáxico, que limita la duración de la inspiración y, b) el centro apnéustico, que prolonga la duración de la inspiración. Por lo tanto, el bulbo raquídeo también recibe información del bCPG y modula su función.

En el cerebro participan la corteza prefrontal, la amígdala y el hipocampo. Estos componentes del sistema límbico están involucrados en la regulación emocional, la toma de decisiones y la cognición, y pueden ser modulados por señales respiratorias provenientes de diversas fuentes. Múltiples entradas de sitios suprapontinos convergen en el bCPG para transmitir información sensorial y comandos motores que modulan la dinámica del bCPG y coordinan la respiración con otras conductas vitales. Entre las proyecciones que afectan comportamientos con un componente de flujo de aire se encuentran: (a) la sustancia gris periacueductal, que integra información motora, límbica y sensorial para modular la vocalización; (b) los colículos superiores e inferiores, que transmiten señales visuales y auditivas que modulan el patrón respiratorio; (c) proyecciones aferentes descendentes desde el prosencéfalo, que reflejan estados emocionales, cognitivos y fisiológicos que impactan la respiración, suspiros y jadeos con valencia emocional; y (d) los núcleos hipotalámicos, que influyen en conductas reguladoras como la alimentación, la temperatura corporal, el sueño/vigilia, el estrés y conductas específicas del sexo como el apareamiento y la agresión. Estas regiones son ricas en neuronas que secretan péptidos y hormonas como grelina, orexina y hormona concentradora de melanina, que pueden afectar la respiración en diferentes estados. (30), (32)

IV.b.VI. Integración de los centros reguladores

En síntesis, el CGP contiene a las neuronas somáticas de la médula espinal y le da órdenes a la musculatura inspiratoria. Por lo que, las áreas superiores, cuando se conectan con el CPG, permiten la respiración voluntaria, mientras que las áreas intermedias, al modular el CPG, regulan la respiración autónoma. De esta manera, los tres centros reguladores de la respiración se coordinan constantemente entre sí para asegurar una adecuada adaptación tanto al medio interno como al externo. (32)

IV.c Dolor persistente

El dolor que se prolonga por más de tres meses se clasifica como crónico o persistente y representa uno de los problemas de salud más importantes en los países desarrollados. Afecta a aproximadamente el 20% de la población adulta, con una mayor prevalencia entre mujeres y ancianos. Aunque el manejo y tratamiento del dolor agudo son generalmente efectivos, las necesidades de

quienes sufren dolor persistente no se satisfacen adecuadamente, lo que provoca una gran carga emocional y financiera para los pacientes, sus cuidadores y la sociedad en general.

Se han identificado cambios en el SNC debido al dolor persistente, esto refuerza la idea de considerarlo como una enfermedad por derecho propio. Los mecanismos que contribuyen a la aparición y su mantenimiento son complejos y multifacéticos. (33)

IV.c.I. Matrix del dolor

La percepción del dolor, surge del flujo y la integración de información entre áreas cerebrales específicas. Se introduce el término de “matriz del dolor” a una extensa red cerebral interconectada, involucrada en el procesamiento del dolor. Este sustrato es modulado de manera significativa y activado por diversas regiones del cerebro, y es esta interacción la que, en gran medida, determina la experiencia del dolor. Dentro de las estructuras se encuentra: el tálamo, hipotálamo, corteza cingulada anterior, sustancia gris periacueductal, locus coeruleus, ínsula, corteza posterior que interactúan con el SNA. La activación autonómica forma parte de la respuesta al dolor, ya que es esencial para la homeostasis y la adaptación del organismo. (33), (34)

Las áreas del prosencéfalo y del tronco del encéfalo controlan la actividad de las neuronas simpáticas y parasimpáticas preganglionares, que participan en la modulación de las funciones de los órganos internos, el mantenimiento de la homeostasis y la adaptación del cuerpo a los factores estresantes.

Los cambios en la red moduladora descendente del dolor se han asociado con el dolor crónico y los trastornos funcionales del dolor. Estos cambios se caracterizan por un sistema inhibitorio descendente disfuncional o un sistema facilitador descendente activado y potenciado. El dolor crónico podría considerarse un trastorno neurodegenerativo que afecta especialmente a la corteza prefrontal (PFC), lo que a su vez podría tener efectos negativos sobre el sistema inhibitorio descendente y contribuir a su estado crónico. Estas estructuras, además del asta dorsal, juegan un papel crucial en la generación y mantenimiento del dolor persistente. (33)

A nivel del prosencéfalo, se ve facilitada la integración entre la modulación autónoma y la modulación del dolor para la homeostasis y la adaptación. Las áreas límbicas anteriores están implicadas en la integración de sensaciones corporales con respuestas autónomas emocionales, entre ellas se distinguen: el hipotálamo, la amígdala y la sustancia gris periacueductal (PAG). (34)

A su vez, existe evidencia convincente sobre la participación diferencial de la PAG, el núcleo rostral ventromedial (RVM), el núcleo paraventricular (NPB), el núcleo reticular dorsal y el núcleo cuneiforme (NCF) en la generación y mantenimiento de estados de sensibilización central e hiperalgesia de la sensibilización central. (33)

De esta manera, es importante distinguir el rol de: a) La amígdala que actúa como el núcleo central que inicia las salidas autonómicas, endocrinas y motoras fundamentales para la expresión de respuestas emocionales. b) Las áreas hipotalámicas posterior y lateral involucradas en el control autónomo y la modulación del dolor, c) la PAG en el mesencéfalo, que coordina las respuestas autonómicas, somatomotoras y de regulación del dolor al estrés, como también participa en la coordinación del reflejo de la micción y el control de la respiración, d) el PBN en la protuberancia dorsolateral, que contribuye a la modulación del dolor y actúa como un centro autónomo participando de controlar los reflejos cardiovasculares, respiratorios y gastrointestinales y, e) el NTS quien se encuentra en la porción caudal del bulbo raquídeo, allí es donde terminan y proyectan las fibras aferentes viscerales y cardiovasculares de los nervios glosofaríngeo (IX) y el nervio vago (X) hacia el sistema nervioso central.

Las proyecciones de las neuronas en la vía aferente hacia el NTS y PBN revelan los principales sitios de integración donde la percepción del dolor se conecta con la regulación de la homeostasis. En síntesis, el nivel superior del tronco encefálico del sistema autónomo integra el control autónomo con la modulación del dolor y las respuestas conductuales al estrés. Por lo que, con la respiración, se activan los barorreceptores tanto del nervio vago como el glosofaríngeo, que transmiten esta información al NTS, éste se conecta e integra con la matriz del dolor. (34)

IV.c.II. La interocepción: camino a la modulación del dolor

La interocepción va más allá de la integración sensorial central de aferencias provenientes únicamente de las vísceras, es una integración multimodal que no se limita a ningún canal sensorial específico ni a meras sensaciones, se basa en asociaciones, recuerdos y emociones aprendidas, integrando estas en la experiencia total que es la representación subjetiva del estado corporal. La experiencia fenomenológica del estado corporal es un producto del SNC, independientemente de la información que el cerebro use para construir esta experiencia. Se relaciona con una amplia gama de temas, como el dolor, las emociones, la ansiedad y la toma de decisiones, entre otros. La Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP) define el dolor como "una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con un daño tisular real o potencial, o descrita en términos de dicho daño". Los estudios sobre el papel del condicionamiento interoceptivo proporcionan un paradigma para evaluar la percepción subjetiva de cambios en el estado corporal, es decir, la interocepción. Esta incluye cualquier forma de dolor, tanto visceral como somático. De esta manera, este concepto abarca todas las formas de dolor, no solo el visceral, sino también el somático.

Nuestro sistema nervioso analiza continuamente toda la información del medio interno, gracias a la mecanotransducción, las terminaciones nerviosas libres presentes en el tejido facial proporcionan mucha información al SNC a través del movimiento. (35)

IV.d. Sistema Nervioso Autónomo y Nervio Vago

El SNA mantiene la homeostasis de las células, tejidos y órganos en todo el cuerpo, protegiéndolo contra las alteraciones provocadas por factores estresantes externos e internos. Por medio de, el control de la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la digestión, la respiración, la reactividad pupilar, la sudoración, la micción y la excitación sexual, además de regular las funciones de los órganos internos.

Se puede dividir en dos sistemas principales: el sistema nervioso simpático o toracolumbar y, el sistema nervioso parasimpático, constituido por una región craneal (par craneal III-VII-IX-X) y una sacra (S2-S3-S4). Esta constitución estructural se debe a la presencia de los cuerpos celulares de las neuronas preganglionares, en cambio, las neuronas posganglionares están presentes en el órgano diana. Las fibras parasimpáticas amielínicas, cortas y posganglionares liberan acetilcolina (ACh) como neurotransmisor. Por otro lado, las fibras simpáticas largas y amielínicas posganglionares liberan norepinefrina (NE). (34)

Funcionalmente, el sistema simpático aumenta el estado de alerta, vasomotricidad para aumentar, la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, preparando al cuerpo para situaciones de lucha o huida (disposición para gasto de energía). Así también podemos observar sus funciones durante la sudoración, eyaculación e inflamación.

Por otro lado, el sistema parasimpático, en el que el nervio vago desempeña un papel crucial, tiene por función general disminuir el estado de alerta, reduciendo la presión arterial y la frecuencia cardíaca. Además, facilita la relajación, la digestión y la calma. Como resultado, el nervio vago también ayuda en la excitación sexual, la micción y la defecación, contribuyendo a las funciones de descanso y recuperación del cuerpo. Cumple un papel fundamental en la recuperación, regeneración, disminuyendo la inflamación, y la modulación del dolor. (36)

IV.d.I. Implicancias del Nervio Vago en el Sistema Nervioso Parasimpático

El nervio vago, un nervio craneal que se extiende desde el tronco del encéfalo hasta el abdomen, es responsable de comunicarse con nuestro sistema nervioso. Cuando se estimula, activa el sistema nervioso parasimpático y libera el neurotransmisor acetilcolina, que además de ser crucial para el aprendizaje y la memoria, actúa como un importante agente antiinflamatorio. Este nervio inerva el

músculo liso del corazón, la tráquea, los bronquios de los pulmones y el sistema gastrointestinal, donde aumenta el peristaltismo intestinal y disminuye la frecuencia cardíaca y respiratoria.

IV.d.II. Neuroanatomía del Nervio Vago

El nervio vago se origina en el bulbo raquídeo y sale del cráneo a través del agujero yugular, junto con los nervios glossofaríngeo y accesorio. Dentro del cráneo, surge la rama auricular, que proporciona sensación a la porción posterior del conducto auditivo externo y al oído externo.

En el cuello, el nervio vago entra en la vaina carotídea y viaja hacia abajo junto con la vena yugular interna y la arteria carótida común. En la parte inferior del cuello, los nervios vago derecho e izquierdo siguen trayectorias diferentes: a) el nervio vago derecho pasa por delante de la arteria subclavia y por detrás de la articulación esternoclavicular, entrando en el tórax. El nervio vago izquierdo pasa entre las arterias carótida común izquierda y subclavia izquierda, posterior a la articulación esternoclavicular, y también entra en el tórax.

Desde el cuello, se originan dos ramas: a) ramas faríngeas: proporcionan inervación motora a la mayoría de los músculos del paladar blando y la faringe, b) nervio laríngeo superior: se divide en ramas externa e interna. La rama externa inerva el músculo cricotiroideo de la laringe, mientras que la rama interna proporciona inervación sensorial a la mayor parte de la laringe y la laringofaringe y, c) en el lado derecho, el nervio laríngeo recurrente se engancha debajo de la arteria subclavia derecha y asciende hacia la laringe, activando la mayoría de los músculos intrínsecos de la laringe.

En el tórax, el nervio vago derecho forma el tronco vagal posterior, mientras que el izquierdo forma el tronco vagal anterior. Las ramas de estos troncos contribuyen al desarrollo del plexo esofágico, que estimula el músculo liso del esófago. Surgen dos ramas adicionales: a) nervio laríngeo recurrente izquierdo: se engancha debajo del arco aórtico y asciende para inervar la mayoría de los músculos intrínsecos de la laringe, b) ramas cardíacas: dentro de la vaina carotídea, el nervio vago libera el nervio cardíaco, que regula el ritmo cardíaco y proporciona sensación visceral al corazón y, c) el nervio vago derecho inerva el nódulo sinusal, mientras que el nervio vago izquierdo inerva el nódulo auriculoventricular.

Los troncos vagales ingresan al abdomen a través del hiato esofágico en el diafragma. En el abdomen, se dividen en ramas que inervan el esófago, el estómago y el intestino grueso y delgado hasta el ángulo esplénico. El nervio vago emite ramas bronquiales anteriores y posteriores. Las ramas anteriores forman el plexo pulmonar anterior, mientras que las ramas posteriores forman el plexo pulmonar posterior. (36)

IV.d.III. Inflamación y el Nervio Vago

Principalmente, el nervio vago es un nervio aferente, con el 80% de sus fibras llevando información sensorial del cuerpo al cerebro, implicando que los órganos internos son fuentes importantes de información sensorial para el sistema nervioso. Sin embargo, también tiene funciones eferentes (motoras), llevando mensajes desde el cerebro a los músculos lisos de los órganos.

La inflamación es generalmente un evento temporal y local que, tras su resolución fisiológica, restablece la homeostasis. Sin embargo, una alteración en la regulación inmune innata puede llevar a una actividad continua de citoquinas proinflamatorias y a una inflamación crónica o excesiva. El reflejo inflamatorio es un mecanismo fisiológico centralmente integrado en el que los nervios vagos aferentes se activan mediante citocinas o elementos derivados de patógenos, y está conectado funcionalmente con la salida mediada por el nervio vago eferente para controlar la producción de citoquinas proinflamatorias y la inflamación. En los tejidos periféricos, el receptor nicotínico de acetilcolina $\alpha 7$ ($\alpha 7nAChR$) es vital para mediar la señalización antiinflamatoria dentro del brazo eferente del reflejo inflamatorio.

El sistema nervioso vago contrarresta el sistema de lucha o huida, debido a esto proporciona una respuesta de relajación en el cuerpo. Es uno de los nervios craneales que conecta la mente con el cuerpo y es fundamental para el funcionamiento de ambos. Una de las principales formas de estimular el nervio vago es mediante la respiración abdominal lenta y profunda, lo que puede ayudar a desviar la atención del dolor o el estrés.(36)

IV.e. Definición de la Variabilidad de la frecuencia cardíaca

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) es la medición de la variación en el tiempo entre los latidos cardíacos. Es una medida no invasiva crucial que indica la variación en el tiempo entre los intervalos RR del electrocardiograma, reflejando la actividad del SNA sobre la función cardíaca. Esta variabilidad refleja cómo el corazón se adapta a distintas exigencias, indicando que la función cardíaca no es completamente automatizada y que tiene una capacidad significativa de respuesta y adaptación.

La HRV se ve afectada por la respuesta del sistema simpático y parasimpático, que generan efectos inotrópicos (fuerza contráctil del corazón) y cronotrópicos (frecuencia cardíaca). El sistema nervioso autónomo juega un papel fundamental en la modulación de factores cardiovasculares, tales como la frecuencia cardíaca, la fuerza contráctil del corazón, la distribución del flujo sanguíneo y el control a corto plazo de la presión arterial. Estos efectos se logran a través de distintos receptores simpáticos y parasimpáticos que influyen en la VFC.

El SNP, a diferencia del sistema nervioso simpático, disminuye la frecuencia cardíaca y contrarresta los efectos simpáticos sobre el corazón mediante la liberación de ACh a través del nervio vago. Esta acción genera efectos inotrópicos y cronotrópicos negativos, aumentando así el tiempo de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. En estado de reposo, la predominancia del SNP es beneficiosa para la circulación coronaria, ya que permite una diástole más prolongada, reduciendo los periodos de hipoxia en el ventrículo izquierdo. (37)

IV.e.I. La HRV como medición objetiva del SNA

Para medir la variabilidad de la frecuencia cardíaca se utilizan diversos métodos. Uno de los más comunes en deportistas es la banda Polar + ELITE HRV (app) , que permite cuantificar los intervalos RR mientras la persona está en reposo o realizando ejercicio físico. Las mediciones suelen realizarse durante 2-5 minutos para comparar la VFC antes y después de la exposición a estímulos del sistema nervioso autónomo, proporcionando así información valiosa sobre la respuesta adaptativa del corazón. (37)

Los índices de medición de la HRV, están determinados en tiempo o frecuencia que pueden ser una herramienta útil para evaluar el equilibrio del sistema nervioso autónomo cardíaco

Tiempo (milisegundos): a) SDNN (desviación estándar de los intervalos RR): indica la flexibilidad metabólica sus valores normales son entre 141 +- 39 ms (110-200 ms ideal), menos de 50 ms refleja simpaticotonía y riesgo cardíaco con FC basal alta y, b) RMSSD (Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias entre intervalos R-R elevados al cuadrado): indica inflamación de bajo grado, señala el tono vagal, sus valores normales son entre 27 +- 12 ms, (45 ms ideal), menos de 15 ms: refleja un tono vagal bajo, con inflamación crónica de bajo grado, asociado a enfermedades neurodegenerativas y autoinmunes.

Frecuencia (Hertz): a) HF (Alta frecuencia), indica una mayor capacidad del SNA para adaptarse a diferentes condiciones y exigencias. Tiene un predominio del sistema parasimpático, y un sistema cardíaco con alta flexibilidad metabólica y capacidad adaptativa y, b) LF (Baja frecuencia), con predominio del sistema nervioso simpático, refleja una baja adaptabilidad del SNA a distintas exigencias, mayor susceptibilidad al estrés, menor capacidad de recuperación. (38), (39)

V. Estrategia metodológica

Para llevar a cabo este trabajo, se realizó una revisión bibliográfica. Con el objetivo de presentar la documentación de manera transparente y mejorar la calidad metodológica para este tipo de estudio, se utilizó algunos aspectos de la recomendación de la guía de redacción PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), versión 2020. De esta manera, quedan detallados

tanto, la revisión de la literatura, los términos de búsqueda como también, la selección y exclusión de estudios.

V.a. Fuentes de Información y estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se definió y aplicó en PubMed, centrándose en el título, resumen y subapartados de los artículos. Un único revisor evaluó los títulos y resúmenes para seleccionar los artículos pertinentes. Posteriormente, se examinaron los artículos completos según los criterios de inclusión y exclusión detallados. Este enfoque metodológico tenía como objetivo asegurar la exhaustividad y precisión en la identificación de la literatura relevante. La búsqueda se realizó utilizando descriptores DeCs/MeSH, los cuales se detallan en la tabla N°1.

Tabla N°1. Términos para la búsqueda en las bases de datos.

N°	Término libre	DeCs	MeSH
#1	<i>kinesiología</i>	quinesiologia aplicada	kinesiology, Applied
#2	<i>rehabilitación</i>	rehabilitación	rehabilitation
#3	<i>fibromialgia</i>	fibromialgia	fibromyalgia
#4	<i>respiración</i>	respiración	respiration
#5	<i>ejercicios respiratorios</i>	ejercicios respiratorios	breathing exercise
#6	<i>modulación del dolor</i>		
#7	<i>dolor musculoesquelético</i>	dolor musculoesquelético	musculoskeletal pain
#8	<i>terapéutica</i>	terapéutica	therapeutics
#9	<i>manejo del dolor</i>	manejo del dolor	pain management
#10	<i>variabilidad de la frecuencia cardiaca</i>		

Se expone en la Tabla X, cómo se llevó a cabo la búsqueda estructurada y la aplicación de filtros, para la combinación de términos de manera sistemática. Fue replicada en cada una de las bases de datos utilizadas en la revisión bibliográfica. Esta tabla proporciona una organización clara de los criterios de búsqueda, facilitando la elaboración de consultas eficaces en bases de datos biomédicas.

Tabla X. Búsqueda estructurada, filtros, resultados. Base de datos Pubmed.

N°	Término	Conector	Término	Conector	Término
#1	"Fibromyalgia"[Mesh]	OR	"chronic pain"[Mesh]		
#2	"Respiration"[Mesh]	AND	"chronic pain"[Mesh]		
#3	"Respiration"[Mesh]	AND	"Autonomic Nervous System"[Mesh]		
#4	"Breathing Exercises"[Mesh]	AND	"Fibromyalgia"[Mesh]		
#5	"Fibromyalgia"[Mesh]	AND	<i>Heart Rate Variability</i>		
#6	"Respiration"[Mesh]	AND	"Autonomic Nervous System"[Mesh]	AND	"Fibromyalgia"[Mesh]

La Tabla N°2 presenta la estrategia que se utilizó para llevar a cabo la búsqueda estructurada en la base de datos de PubMed.

Tabla N°2. Estructura de búsqueda en PubMed

Término	Filtros	Resultados
#1	Últimos 10 años,	18 results
#2	Texto completo,	18 results
#3	Informes de casos,	510 results
#4	Ensayo clínico,	8 results
	Estudio comparativo,	
	Estudio observacional,	
	Ensayo controlado aleatorio	

#5		8 results
#6		2 results

V.b. Criterios de elegibilidad

Tendrán como criterios de inclusión aquellos artículos que: **a)** se encuentren dentro del periodo de tiempo que comprende entre el año 2014 y 2024, **b)** estudios en los que se hayan evaluado los ejercicios de respiración en la terapéutica para Fibromialgia, **c)** estudios en los que incluyan un grupo etario de adultos de sexo femenino mayor o igual a 18 años que cursen un estadio crónico de dolor musculoesquelético diagnosticadas con fibromialgia, **d)** estudios en los que se hayan analizado la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la actividad vagal en mujeres adultas con fibromialgia.

Serán excluidos: **a)** aquellos estudios en los que el análisis de las variables sea en personas que además cursan con dolor musculoesquelético de origen traumático y/o quirúrgico, **b)** estudios en los que las personas diagnosticadas con fibromialgia cursen con dolor musculoesquelético en un tiempo menor a 3 meses de evolución y, **c)** revisiones sistemáticas y metanálisis.

V.c. Proceso de selección de artículos

Este proyecto revisó de forma independiente los títulos y resúmenes de los estudios seleccionados. Se identificaron los ensayos que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión para ser incorporados en el estudio.

VI. Contexto de Análisis

Debido a la superposición de múltiples trastornos y patologías concomitantes, al médico no sólo le resulta difícil hacerse una idea correcta de los síntomas para el diagnóstico de Fibromialgia y no siempre tiene en cuenta la modalidad/calidad de la respiración en estos pacientes. Cerca del 45% de esta población presenta trastornos de equilibrio, que sugiere una falta de equilibrio motor. Se cree que, una menor estabilización del tronco puede estar vinculada a una disminución en la propiocepción, pero no se ha identificado una causa definitiva. Como también, no se ha investigado cómo la respiración influye en el equilibrio postural y el control motor en estos pacientes. Considerando que el enfoque no farmacológico es adecuado para controlar los cambios nociplásticos, poner énfasis en las funciones respiratorias puede ser una estrategia eficaz para desarrollar un tratamiento integral y alentador. (40)

En primer lugar, el dolor generalizado que experimentan las personas con FM tiene un impacto en la mecánica del sistema respiratorio, provocando alteraciones tanto en la expansión torácica, volúmenes ventilatorios y las presiones inspiratorias y espiratorias máximas. (41)

La presencia de fatiga y disnea se vincula con la debilidad en los músculos respiratorios, especialmente el diafragma. Se observó que, los problemas respiratorios pueden intensificar el dolor en músculos como los paravertebrales cervicales, intercostales y toracolumbares, afectando principalmente la mitad superior del cuerpo, lo que compromete las actividades de la vida diaria. La implementación de programas de ejercicios respiratorios, enfocados en la respiración profunda y la relajación psicológica tienen como finalidad disminuir la frecuencia y el esfuerzo respiratorio, mejorando el patrón respiratorio y el control motor. (42)

Durante la fase inspiratoria, el diafragma se mueve hacia abajo y adelante, estimulado por los nervios frénicos controlados por el área preBötC. Aproximadamente el 10-20% de las neuronas preBötC envían señales de manera autónoma que son moduladas por el sistema límbico, quien procesa la información propioceptiva y regula la conducta motora. El 95% de la información propioceptiva es recibida por el NTS quien libera señales inhibitorias hacia el área caudal ventrolateral de la médula, lo que inhibe el área rostroventrolateral (RVLM) de la médula, donde se encuentran las neuronas simpáticas preganglionares. Esta inhibición disminuye la actividad simpática, aumenta la actividad parasimpática, impactando en la homeostasis corporal, emocional, mejorando la expresión neuromotora y del dolor.

Se ha propuesto que los pacientes con FM presentan una mayor actividad del sistema nervioso simpático en comparación con personas sanas. Como también, se observó un patrón de respiración superficial que podría intensificar la activación del sistema simpático. El diafragma, el principal músculo de la inspiración, también transmite señales al núcleo del tracto solitario, por lo tanto, cuando la función contráctil del diafragma está alterada, las aferencias que envía son inconsistentes. El impacto sobre el funcionamiento del NTS da como resultado, un déficit en la capacidad para inhibir la actividad del sistema simpático, contribuyendo al desarrollo y perpetuación del estrés y el dolor persistente.

Es relevante señalar que en esta población, el volumen del nervio vago está reducido en comparación con personas sanas. Dado que este nervio constituye entre el 80% y el 90% de las aferencias parasimpáticas, se plantea la hipótesis de que su disminución, junto con una respiración ineficaz, podría favorecer el desarrollo y progresión de la patología. En este contexto, la respiración profunda cobra especial importancia, ya que estimula el nervio vago y activa el sistema nervioso parasimpático, lo que puede ayudar a mitigar los síntomas. (40)

En segundo lugar, el corazón cuenta con una doble inervación autónoma, aunque su regulación principal proviene del sistema parasimpático. Los sistemas periféricos y centrales que controlan la función cardiovascular interactúan con las estructuras neuronales asociadas a la percepción del dolor realizando un circuito de aferencias y eferencias para que el individuo abastezca las demandas del entorno.

En conformidad, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, que mide las variaciones en la frecuencia cardíaca de un latido a otro, se utiliza como un indicador indirecto de la actividad del nervio vago. Este parámetro proporciona un índice del grado en que el sistema "integrador" del cerebro ejerce un control flexible sobre la periferia para facilitar la regulación adaptativa. Se ha observado que tiende a disminuir en personas con dolor persistente, lo que sugiere una mayor activación del sistema simpático y un tono parasimpático reducido.

A su vez, el NTS juega un papel importante como punto de interacción entre los sistemas autónomo y sensorial, facilitando las conexiones entre el nervio vago y la nocicepción. Al recibir información de los nervios vagos, actúa como el primer centro de procesamiento en la modulación del dolor. Esta red bidireccional incluye tanto vías ascendentes como vías inhibitorias descendentes (DIP), las cuales conectan diversas estructuras cerebrales con el asta dorsal de la médula espinal, modulando el procesamiento de las señales nociceptivas. (43)

La reducción en la comunicación entre el tálamo y la corteza somatosensorial, afecta el equilibrio entre los neurotransmisores GABA como inhibidor y el glutamato como excitador del SNC. Además, todas las áreas corticales y subcorticales vinculadas a la red respiratoria muestran una reducción de materia gris, junto con una actividad neuronal anormal en el nervio olfativo y una disminución en el volumen del bulbo olfatorio. Estos hallazgos sugieren que los pacientes con FM experimentan disfunciones respiratorias que afectan tanto a nivel neural como morfofuncional. (40)

Tanto la percepción como el procesamiento del dolor se encuentran alterados en pacientes con FM, y las disfunciones neuroendocrinas asociadas evidencian una alteración en la sensibilidad central. La sensibilización de las neuronas nociceptivas del asta dorsal y la disfunción del sistema inhibitorio descendente, son probablemente patógenos de la hipersensibilidad a todo tipo de estímulos. La teoría de que la FM es un síndrome de dolor mantenido por la actividad simpática está respaldada por estudios que muestran una hiperactividad simpática. En estos estudios, los síntomas de dolor se alivian con el bloqueo del sistema simpático y reaparecen tras la administración de norepinefrina, reforzando la idea de que el sistema nervioso simpático conforma un rol importante en la persistencia del dolor. (44)

Dado que la HRV se considera un indicador de la actividad vagal, se hipotetiza que el dolor persistente, al estar asociado con un control alterado de las DIP, podría correlacionarse con una baja adaptabilidad al entorno. Además, se reconoce el papel crucial del sistema parasimpático en la regulación de los procesos inflamatorios, que son mecanismos clave en muchas condiciones de dolor persistente y fibromialgia.(43)

Por último, la mayoría de los pacientes con FM padecen de alteraciones significativas en el inicio o mantenimiento del sueño y se observan relaciones sólidas entre la gravedad del dolor y la alteración del sueño. (45) Dado que el dolor es el desencadenante de este circuito, su manejo puede mejorar la calidad de vida y modular este proceso.

Es crucial entonces, resaltar el papel del sueño en la función autonómica. Se observó que, la hiperactividad simpática durante la noche está relacionada con trastornos del sueño y con la desregulación del SNA. De esta manera, se genera un círculo vicioso donde la intensidad del dolor y el estrés incrementan la activación cardiovascular simpática, y a medida que aumenta el impulso simpático hacia el corazón y los vasos, también lo hace la percepción del dolor. Como resultado, disminuye la calidad del sueño, un control neural cardiovascular anormal y una alta sensibilidad al dolor. (46)

VII. Resultados

Para el contexto de análisis se incluyeron 6 artículos, de los cuales 2 fueron ensayos controlados y aleatorizados, 2 estudio experimentales de casos y control, 1 estudio exploratorio cuasiexperimental y 1 ensayo piloto no controlado sin un grupo de comparación de control.

En cuanto a los criterios diagnósticos de Fibromialgia, 5 artículos utilizaron la clasificación del Colegio Americano de Reumatología (ACR).

Las escalas más utilizadas en los artículos fueron el Cuestionario de Impacto de la Fibromialgia (FQI) para evaluar la calidad de vida y en segundo lugar, la Escala Visual Analógica (EVA) para evaluar la intensidad del dolor.

Los artículos son pertenecientes a EEUU, Italia, Portugal y España.

A continuación, se detalla el lugar y el año de cada estudio en el orden por el cual fueron analizados: Italia (2016), Portugal (2022), España (2022), Portugal (2019), Italia (2017), EEUU (2019).

El estudio de Rizzi et al. (44) en Italia 2016, realizaron un estudio experimental de casos-control con el objetivo de evaluar si la capacidad de difusión pulmonar está alterada en pacientes con fibromialgia

(FM) como lo está en aquellos con otras enfermedades caracterizadas por disfunción del sistema nervioso autónomo (SNA).

Se examinaron 45 pacientes femeninas caucásicas de $50,1 \pm 5,6$ años con FM y anticuerpos antinucleares (ANA) negativos, se compararon con 45 mujeres sanas de control, emparejadas por edad e índice de masa corporal (IMC). Los controles no eran fumadores ni consumidores de alcohol ni drogadictos, y ninguno estuvo afectado por algún trastorno médico, neurológico o psiquiátrico. Todas las participantes completaron la puntuación de síntomas autónomos compositivos (COMPASS) que evalúa el grado de disfunción autonómica y el cuestionario de impacto de la fibromialgia (FQI). El número de puntos sensibles (TP) se contó utilizando el protocolo de Wolfe y la intensidad del dolor somático se evaluó utilizando una escala analógica visual (EVA) de 100 mm. La gravedad del fenómeno de Raynaud se evaluó mediante el Raynaud's Condition Score (RCS).

La función autonómica se evaluó mediante electrocardiografía (ECG), presión arterial en los dedos, respiración y la actividad del nervio simpático muscular (MSNA), tanto en reposo como durante una prueba de inclinación gradual de hasta 75° . El perfil autonómico se elaboró en base a la MSNA, se analizaron parámetros como los niveles de catecolaminas plasmáticas, la modulación cardíaca simpática y vagal, y el control vasomotor simpático a través de la variabilidad de los intervalos RR y la presión arterial sistólica (PAS).

También se evaluaron los volúmenes pulmonares y parámetros de espirometría dinámica mediante pletismografía. El factor de transferencia (la capacidad de difusión de monóxido de carbono del pulmón, DLCO) se midió mediante la técnica de respiración única (Transfer Test, Morgan Kent, Reino Unido), de acuerdo con las recomendaciones de la Sociedad Europea de Respiración (ERS). Con las pacientes en sedestación, la DLCO se midió usando niveles bajos (CO 0,25%; He 14%, O₂ 20%) y altas concentraciones de oxígeno (CO 25%; He 14%, O₂ 85-75%), un tiempo de retención de la respiración de al menos 10 segundos y un volumen de lavado de 0,75 L con 5 minutos de intervalo entre pruebas. También se evaluaron: el coeficiente del factor de transferencia de monóxido de carbono (K_{CO}), la capacidad de difusión de la membrana alveolar-capilar (DM) y el volumen de sangre capilar pulmonar (V_c).

Resultados

Los resultados no mostraron diferencias en los volúmenes pulmonares entre los pacientes con FM y los controles sanos, pero sí en la DLCO, el factor de transferencia del pulmón, la capacidad de difusión de la membrana alveolocapilar y el volumen de sangre capilar pulmonar, que fueron significativamente menores en los pacientes con FM. Las puntuaciones de los cuestionarios

COMPASS, escala EVA y RCS se correlacionaron significativamente con los valores de DLCO, Kco y Vc.

La fibromialgia (FM) afecta la capacidad de difusión pulmonar (DLCO) debido a una reducción en el volumen capilar. Este defecto en la DLCO está inversamente relacionado con la gravedad de la disfunción, lo que sugiere una conexión entre la alteración de la DLCO y la disfunción autónoma en pacientes con FM.

Se ha incluido un estudio realizado en Portugal 2022. (42) donde realizaron un ensayo piloto controlado y aleatorizado. Este estudio tuvo como objetivo examinar los efectos de un programa de ejercicios de respiración sobre la tolerancia del umbral del dolor en los puntos sensibles ubicados en la mitad superior del cuerpo y el impacto de la FM en la vida diaria. Se incluyeron 35 mujeres con Fibromialgia de 34 a 67 años de edad, las cuales fueron asignadas aleatoriamente a un grupo de ejercicio (GE) y a un grupo control (GC). Todas las participantes cumplían con el diagnóstico de FM según el Colegio Americano de Reumatología (ACR 1990). Debido a la falta de adherencia, sólo 30 pacientes completaron el estudio. Se les indicó la realización de ejercicios de respiración con una duración de 30 min/sesión, 7 veces/semana; durante 12 semanas: 1 vez supervisada por un experto en ejercicios respiratorios, y 6 veces/ semana no supervisada en casa con entrenamiento audiovisual. Consistieron en: un ejercicio de conciencia de la respiración, un ejercicio de expansión costal y tres ejercicios de respiración diafragmática.

La evaluación de los puntos sensibles fue realizada por el mismo especialista para reducir la variabilidad y mejorar la consistencia en el proceso de evaluación, utilizando un algómetro de presión digital (Digital Pain Meter, Miacalcic®, PB de NIM brevettato, Siena) que incluyó: cervicales bajas, segunda costilla, occipucio, trapecio y supraespinoso, la presión se aumentó gradualmente a un ritmo de * 1 kg/cm² por segundo. Se utilizó la versión portuguesa del Cuestionario de Impacto de la Fibromialgia (FQI) para evaluar el impacto de la FM en la vida diaria que mide la capacidad funcional para caminar, cocinar, limpiar, etc., el bienestar, el trabajo perdido, la capacidad laboral, junto con síntomas de dolor, fatiga, cansancio matutino, rigidez, ansiedad y depresión. Ambos se realizaron al inicio y al final del estudio.

Resultados

Después de 12 semanas de intervención, se observaron beneficios significativos en la tolerancia de los umbrales de dolor en los 5 puntos sensibles, especialmente en los pares de la segunda costilla, el occipucio y el supraespinoso. Además, la intervención de ejercicios condujo a mejoras en los valores medios de los efectos del tratamiento, que se encontraron en la capacidad funcional para realizar las

actividades de la vida diaria, el dolor y la fatiga a favor del GE. Aunque la tendencia fue de mejora, los resultados no fueron suficientes para obtener resultados significativos en la puntuación total del FIQ.

Carus et al (41). Se realizó un estudio de ensayo controlado y aleatorizado con el objetivo de examinar los efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios (RMT) sobre la eficiencia respiratoria y la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en mujeres con FM. en España, 2022.

Las participantes fueron un total de 35 mujeres con FM según los criterios de la ACR. Luego de firmar el consentimiento informado por escrito, las participantes fueron aleatorizadas por pares en un grupo de ejercicio (GE) y un grupo de control (CG). La intervención consistió en 12 semanas de entrenamiento de los músculos respiratorios (RTM). Cada sesión de RMT incluyó cinco ejercicios de respiración (3 minutos para cada uno), que se realizaron en forma de circuito: un ejercicio de conciencia de la respiración, un ejercicio de expansión costal y tres ejercicios de respiración diafragmática.

La Calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) se evaluó mediante la Encuesta de Salud Short Form 36 (SF-36), para la función física (PF), rol físico (RP), dolor corporal (BP), salud general (GH), vitalidad (VT), función social (FS), rol emocional (RE) y salud mental (SM).

Se midió con pletismografía la evaluación funcional respiratoria y una la prueba de función pulmonar convencional, la cual se basó en la determinación por espirometría (prueba ventilatoria) y presión respiratoria máxima (PRM). Se monitorean los siguientes parámetros: capacidad vital forzada (FVC), volumen espiratorio máximo en el primer segundo (FEV1), Tiffeneau = relación FEV1/FVC y flujo espiratorio máximo al 50% de FVC (MEF50).

Resultado

En cuanto a los cambios en las puntuaciones de la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS), evaluadas mediante la Encuesta de Salud Short Form 36, versión portuguesa, los resultados fueron significativos. La presión inspiratoria máxima (MIP) mejoró en un 17,5 %, la presión espiratoria máxima (MEP) aumentó en un 21,6 % y la presión de oclusión máxima (P0,1 máx) se incrementó en un 27,7 % en comparación con los valores previos al entrenamiento. En cambio, el grupo de control (GC) no mostró cambios o incluso presentó una disminución en estos valores. Estos resultados podrían explicar el favorecimiento de la funcionalidad respiratoria debido a el fortalecimiento del diafragma y de los músculos intercostales, abdominales, escalenos y esternocleidomastoideos, implicados en la respiración mecánica.

Además de las mejoras observadas en las variables relacionadas con la eficiencia respiratoria, los individuos del grupo experimental también experimentaron mejoras en la mitad de las dimensiones de la CVRS, como el funcionamiento físico, el rol físico, el dolor corporal y la vitalidad tras el entrenamiento con respiración mecánica (RMT).

De naturaleza exploratoria cuasiexperimental, el estudio de Portugal en 2019 (47) se realizó para conocer la eficacia y seguridad del régimen de ejercicios respiratorios no supervisados con la finalidad de promover un herramienta para el autocuidado de los pacientes, mejorar el dolor y su impacto en la vida diaria.

Este estudio, realizado entre abril y julio de 2014, incluyó a 51 mujeres con fibromialgia (FM), quienes fueron distribuidas en tres grupos: un grupo con régimen de ejercicios respiratorios supervisados (SG), un grupo con régimen de ejercicios respiratorios no supervisados (N-SG) y un grupo de control. De estas, 16 mujeres fueron asignadas al grupo no supervisado (N-SG), en el que debían seguir el mismo programa de ejercicios que las participantes del grupo supervisado, pero realizándose en casa sin supervisión.

El grupo supervisado (SG) siguió un programa de ejercicios respiratorios durante 12 semanas, que consistía en sesiones diarias de 30 minutos. Cada semana, asistían a una clase supervisada por un instructor especializado en ejercicios respiratorios. Además, llevaban a cabo seis sesiones semanales en casa utilizando un entrenamiento audiovisual proporcionado en un disco de video digital (DVD). Este DVD, junto con una guía visual y una explicación oral, fue entregado al inicio del estudio para garantizar que las participantes comprendieran cómo realizar correctamente los ejercicios.

Por otro lado, el grupo no supervisado (N-SG) también realizó un programa de ejercicios respiratorios en casa durante 12 semanas. Sin embargo, a diferencia del grupo supervisado, solo asistieron a una única sesión con el instructor al comienzo del programa. A partir de entonces, realizaron el resto de las sesiones de manera autónoma, guiándose por el mismo material audiovisual en formato DVD, con una duración de 30 minutos por sesión, durante los 7 días de la semana.

Se evaluó la tolerancia al umbral de dolor en puntos sensibles localizados en el tronco y el cuello (cervicales bajas, segunda costilla, occipucio, trapecio y supraespinoso) tanto al inicio como después de 12 semanas, utilizando un algómetro de presión digital (Digital Pain Meter, Miacalcic®, PB de NIM brevettato, Siena). Los pacientes informaron en qué momento la presión aplicada comenzaba a causar dolor. Además, el impacto de la fibromialgia (FM) en la vida diaria de los pacientes se midió a través de la versión en portugués del Cuestionario de Impacto de la Fibromialgia (FIQ), herramienta que permite evaluar cómo afecta esta condición en las actividades cotidianas.

Resultados

Después de 12 semanas de ejercicios de respiración, no se encontraron diferencias estadísticas entre el régimen supervisado y el no supervisado. Sin embargo, el régimen supervisado mostró mejoras adicionales en la tolerancia del umbral del dolor y en la subescala FIQ del dolor.

Para el régimen supervisado, los cambios relativos con respecto al estado inicial mostraron beneficios significativos en el grupo supervisado (SG), con un tamaño del efecto (ES) grande. En cuanto a la capacidad funcional evaluada por el FIQ, se observó una mejora del 43,4%, mientras que el dolor se redujo un 20,2% y la fatiga disminuyó un 39,5%. Además, la tolerancia al dolor en los puntos sensibles mostró un incremento notable, con un aumento del 27,3% en la media de la suma de cinco pares de puntos sensibles, del 48,2% en el occipucio y del 63,1% en el supraespinoso. También se observó un aumento moderado del 33,2% en la tolerancia al dolor en la segunda costilla. La tasa de cumplimiento fue del 93,6%.

Para el régimen no supervisado, los cambios relativos con respecto al estado inicial mostraron beneficios significativos a favor del N-SG, en la capacidad funcional-FIQ se redujo un 45,9%, la fatiga-FIQ un 37,5% y; los umbrales de dolor en el supraespinoso aumentó un 47,2% y para la segunda costilla un 30,1%. La tasa de cumplimiento fue del 81.3%.

En conclusión, no se encontraron diferencias significativas entre los regímenes de ejercicios supervisados y no supervisados en cuanto al umbral del dolor en los puntos sensibles ni en el impacto de la fibromialgia (FM). Sin embargo, los cambios porcentuales sugirieron una tendencia favorable hacia el régimen de ejercicios supervisados, que podría ofrecer beneficios adicionales en la mejora del umbral de dolor.

Por lo tanto, los ejercicios respiratorios realizados en un régimen no supervisado pueden considerarse efectivos y seguros para los pacientes con FM, siempre y cuando se implementen ciertas condiciones. Estas incluyen un entrenamiento inicial guiado por un especialista, el apoyo de material audiovisual en DVD, un seguimiento telefónico para asegurar la adherencia al régimen, y una motivación semanal adecuada de los participantes. Este enfoque podría ayudar a los pacientes a promover el autocontrol de su condición.

El estudio realizado en Italia por el Dr. Rizzi et al. (46) en el 2017 tuvo por objetivo evaluar la influencia de la disfunción del SNA en la génesis de los trastornos del sueño.

Se llevó a cabo un estudio experimental de casos y controles, en el cual compararon cincuenta mujeres entre los $51,2 \pm 7,3$ años promedio de edad con diagnóstico de Fibromialgia según los criterios de clasificación ACR 2010, con 45 controles femeninos sanos emparejados por edad e índice de masa corporal. El reclutamiento de sujetos abarcó del 1 de mayo de 2014 a el 1 de mayo de 2016.

Quedó suspendido cualquier tratamiento farmacológico relacionado con FM. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes. Todos los sujetos inscritos se sometieron a una evaluación clínica y a una prueba autonómica.

Para describir la intensidad del dolor somático se utilizó la escala analógica visual (EAV) y para la calidad del sueño la Escala de somnolencia de Epworth (ESS). Durante la noche se les realizó un examen de polisomnografía en un laboratorio del sueño con sonido atenuado y temperatura controlada. Se realizó un examen electrocardiográfico (ECG), para medir la presión arterial de forma no invasiva, se utilizó un algoritmo basado en la transformada rápida de Fourier (FFT) para el análisis espectral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y se les midió la actividad respiratoria mediante fuelles torácicos conectados a un transductor de presión. La actividad nerviosa simpática muscular (MSNA) se midió a partir del nervio peroneo derecho utilizando una técnica de microneurografía. La adquisición de datos se inició 30 minutos después de la línea base y se extrajo una muestra de sangre para la evaluación de catecolaminas.

Resultado

Este artículo parece demostrar que el sueño provoca los mismos efectos que una prueba estresante en pacientes con FM. Esta población presenta una disfunción del sistema nervioso autónomo que es compatible con una hiperactividad simpática debida a la intensidad del dolor crónico durante la vigilia y el sueño. Se crea un círculo vicioso durante el sueño: el dolor aumenta la activación cardiovascular simpática y reduce la eficiencia del sueño, y aumenta la aparición de la respiración paradójica (PB), la cual aumenta la ganancia de barorreceptores, y el flujo simpático causa un patrón de respiración oscilatoria como resultado del acoplamiento barorespiratorio. Esto da lugar a un control neural cardiovascular anormal y una sensibilidad aumentada al dolor.

EEUU, Asimina Lazaridou, 2019,(45) este estudio, que fue un ensayo piloto no controlado sin un grupo de comparación de control para investigar la eficacia del ejercicio diario basado en yoga en la mejoría de los síntomas de la FM M, incluido el dolor y los trastornos del sueño, y con un enfoque en el papel de las cogniciones negativas sobre el dolor, como la catastrofización.

Para este estudio, se incluyeron 43 mujeres de 18 a 75 años de edad con dolor crónico durante más de 6 meses y diagnóstico de FM según los criterios de Wolfe et al. 2011. Se excluyeron aquellos participantes que realizaban una práctica meditativa regular actual durante 20 minutos por semana. Solo 36 participantes completaron el tratamiento.

El programa de intervención tuvo una duración de 6 semanas. El estudio incluyó 5 ciclos/grupos de yoga consecutivos separados, con 6 a 10 participantes que completaron el programa de yoga por ciclo.

Fue dirigido por un instructor de yoga certificado y un psicólogo con un doctorado. Cada semana, había una sesión presencial que duraba 1,5 horas e incluía asanas, meditación y otras prácticas basadas en la atención plena. Para fomentar la integración de estas prácticas en la vida cotidiana, también se pidió a los participantes que siguieran un video de yoga diario de 30 minutos mientras estaban en casa entre las clases presenciales con el instructor. Al final de cada semana del programa de yoga (es decir, el día antes de cada clase de yoga), los participantes completaron una encuesta de “registro semanal”, informando el número de días y la cantidad de tiempo/número de días que practicaron yoga en casa desde la última clase de yoga (durante un período de 5 días).

Para medir la sintomatología general de FM, se utilizó el Cuestionario de Impacto de la Fibromialgia Revisado (FIQR). La Escala de Catastrofismo del Dolor (PCS) se utilizó para medir el pensamiento catastrófico (rumiación, magnificación e impotencia) sobre el dolor. Para evaluar la calidad del sueño se utilizó el Inventario de Calidad del Sueño de Pittsburgh (PSQI). Los participantes completaron el Inventario Breve de Dolor (BPI) que incluye 4 preguntas sobre la intensidad del dolor (dolor actual, dolor promedio, peor dolor, menor dolor) calificadas en una escala de 0 a 10. Los participantes utilizaron un actígrafo de muñeca (Actiwatch 2) durante la semana de evaluación inicial y durante la sexta semana del programa de yoga para estimar la eficiencia del sueño y la vigilia. Se tomaron registros en la semana 0 y en la semana 6 para todas las evaluaciones.

Los resultados del estudio mostraron que los cambios en los síntomas de la fibromialgia (FM) variaron entre los participantes después de las 6 semanas de práctica de yoga.

En promedio, las puntuaciones del dolor disminuyeron tanto en el BPI como en el dolor diario autoinformado. Se observó que aquellos que dedicaron más tiempo a la práctica de yoga en casa experimentaron una mayor reducción del dolor. El mayor beneficio se registró en los participantes que practicaban al menos 25 minutos al día (28% de los sujetos), en comparación con aquellos que practicaban menos de 25 minutos al día.

Hubo una leve mejora en los trastornos del sueño, medida con el PSQI, aunque no se observaron mejoras significativas en el FIQR ni en la eficiencia del sueño medida por actigrafía. Sin embargo, al final de la sexta semana, se registró una mayor eficiencia del sueño, la cual se correlacionó con disminuciones en la alteración del sueño, una reducción de la fatiga y un aumento en la actividad física autoinformada.

Se observó una disminución general en los pensamientos catastróficos sobre el dolor, y una mayor reducción de la catastrofización se correlacionó con una disminución de los síntomas de la FM. El sistema PROMIS reveló una interacción significativa entre la ansiedad y la catastrofización en relación con la eficiencia del sueño, la fatiga y el dolor. Los pacientes que tenían niveles altos de

catastrofización inicial pero baja ansiedad inicial informaron de menos dolor y fatiga, así como una mejor eficiencia del sueño al finalizar las seis semanas de yoga.

En resumen, los participantes que practicaron yoga de manera más constante y durante más tiempo experimentaron mayores beneficios en la reducción del dolor, la fatiga y los trastornos del sueño, con una mejora general en los síntomas de la fibromialgia, especialmente en aquellos con una mayor predisposición a la catastrofización inicial.

VIII. Conclusión

A lo largo del tiempo, la respiración ha sido un eslabón muy importante para diversas culturas en todo el mundo de manera terapéutica. Desde sus creencias, con esta herramienta buscaban movilizar “energía o fuerza de vida” con la finalidad de mejorar la vitalidad y alargar la vida, al modificar los patrones respiratorios generaban cambios a nivel del Sistema Nervioso que les permitía alcanzar niveles superiores de la conciencia. En un marco conceptual, para el hinduismo y el budismo se llama energía vital, los chinos lo denominan Qi, los Yoguis el prana y el espíritu para el cristianismo, diferentes maneras de nombrarla pero todas con un propósito, restablecer el equilibrio de la energía del cuerpo. Con sus particularidades, desarrollaron técnicas de respiración y movimiento para desobstruir o equilibrar esa energía que fluye por el cuerpo, en caso contrario, el cuerpo presenta dolor y se originan las enfermedades. La respiración “consciente” que nos invitan estas disciplinas, hacen referencia a tomar conciencia de la respiración y observar la sensación física involucrada en ese proceso.

Entender que la respiración, función básica y vital, es la única llave de entrada que tenemos para ingresar información directamente al Sistema Nervioso Autónomo, debido a la particularidad de tener un componente involuntario, y un componente voluntario. Todo lo que realicemos a través de la respiración, tendrá un impacto directo en el SN. En los últimos años, estas corrientes milenarias crecieron fuertemente en la práctica kinésica, como también los pacientes recurren de manera independiente por fuera del ámbito profesional. Poder darle un sustento desde la evidencia científica a las técnicas de respiración que emplean las terapias complementarias, refuerzan la idea de, no solo considerar al sistema respiratorio como una herramienta para el abordaje integral del paciente, si no también para entender la integridad del individuo.

La respiración lenta y profunda activa los receptores de estiramiento en los pulmones y los bronquios, los cuales están inervados por fibras aferentes mielinizadas de conducción rápida y lenta, sensibles tanto a los aspectos estáticos como dinámicos del volumen pulmonar y la presión transmural. En la respiración rápida, se activan principalmente los receptores de rápida adaptación (RAR), mientras que las inhalaciones profundas activan los receptores pulmonares de adaptación lenta (SAR). Estos

últimos responden a un estiramiento extremo de los pulmones, terminan la inspiración y facilitan la espiración como parte del reflejo de Hering-Breuer (HBR), el cual limita la expansión pulmonar dentro de un rango fisiológico seguro, inhibiendo el impulso inspiratorio central a través del nervio vago. Los SAR responden a hiperinflaciones significativas (aproximadamente 30 cm H₂O) durante todo el estímulo. Por lo tanto, la respiración profunda activa selectivamente las vías dependientes de SAR que permanecen activos durante la fase prolongada de inspiración en una respiración lenta. En cambio, los RAR tienden a volverse inactivos durante inspiraciones prolongadas, lo cual disminuye su efecto excitador sobre los circuitos del sistema nervioso central. Los aferentes SAR se proyectan a neuronas de segundo orden del NTS, gran fuente de relevamiento sensorial, específicamente a la región ventrolateral. A través del nervio vago, envía conexiones sinápticas divergentes a una variedad de regiones del cerebro, especialmente aquellas involucradas en la regulación autónoma (núcleo ambiguo, locus coeruleus, núcleo paraventricular, núcleo central de la amígdala), el sistema límbico y la corteza cerebral. Este circuito proporciona un control noradrenérgico inhibitorio de la red autónoma central que, como resultado da una respuesta parasimpática. (10)

La importancia de la respiración diafragmática se despliega sobre la diversa inervación que posee: por un lado, obtenemos un control voluntario sobre la respiración por la información del nervio frénico, que no es puramente motor y que a su vez envía vías aferentes a nivel del tálamo y, a los centros respiratorios, y por otro lado, contiene un control autonómico involuntario, gracias a la inervación del nervio vago y su influencia parasimpática, y la del plexo solar y el ganglio cervical superior en su influencia simpática. Además, al activar el diafragma, los mecanorreceptores vagales presentes en varias estructuras extrarrespiratorias, como el vena porta, el bazo, el plexo de meissner y de auerbach en el intestino, generan impulsos parasimpáticos que cumplen funciones claves en la regulación de procesos autónomos. El principal neurotransmisor utilizado por el nervio vago es la Acetilcolina (ACh), que tiene un potente efecto antiinflamatorio. En patologías como la Fibromialgia, en donde el componente inflamatorio es significativo, la liberación de ACh podría contribuir a la reducción de la inflamación y regular la respuesta inmunológica en condiciones de estrés. Por lo tanto, utilizar un patrón respiratorio diafragmático favorece el equilibrio simpátovagal.

A su vez, el sistema de control neuronal integra diversas regiones cerebrales, conexiones recíprocas y mecanismos de retroalimentación, destinado a mantener la homeostasis en un entorno en constante cambio. En primer lugar, ubicado en la médula espinal, el bCGP contiene a las neuronas somáticas motoras de la musculatura respiratoria, por lo que modula el comando en ritmo, frecuencia y profundidad de la inspiración. En segundo lugar, las áreas intermedias a nivel del tronco encefálico, el bulbo y la protuberancia reciben e integran la información aferente del bCPG para delimitar la inspiración, y a su vez, modulan la actividad del bCPG, este mecanismo es puramente involuntario. En tercer lugar, las áreas superiores a nivel de la corteza cerebral, encargadas de la regulación

emocional, la cognición y la toma de decisiones, entre otras funciones, permiten que la respiración se desarrolle en base a las emociones y/o el raciocinio, que además, éstas estructuras pueden ser moduladas con señales de patrones respiratorios. De esta manera, los tres centros reguladores de la respiración se coordinan constantemente entre sí: las áreas superiores, cuando se conectan con el bCPG, permiten la respiración voluntaria, mientras que las áreas intermedias, al modular el bCPG, regulan la respiración autónoma.

La frecuencia cardíaca está determinada por la tasa de despolarización intrínseca de las células en el nódulo sinoauricular. El intervalo entre latidos, conocido como intervalo RR en el electrocardiograma (ECG), es regulado tanto por el sistema nervioso simpático, que acelera la despolarización, como por el sistema nervioso parasimpático, que la ralentiza. La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) se mide la distancia entre los intervalos RR en un período determinado. Esta variabilidad en el intervalo RR es un indicador directo del tono autónomo cardíaco. Una mayor VFC se asocia con una actividad elevada del sistema nervioso parasimpático. Uno de los principales factores que influye en la VFC es el cambio en el volumen pulmonar durante el ciclo respiratorio. Se observó que, los ejercicios de respiración nasal alterna conducen a cambios a favor del aumento en la HRV que sugieren una actividad elevada del sistema nervioso parasimpático. (13)

La respiración lenta y profunda genera variaciones cíclicas en la presión intratorácica, lo que impacta en el retorno venoso, el gasto cardíaco y por consiguiente, en la presión arterial. Los barorreceptores periféricos, localizados principalmente en el arco aórtico y el seno carotídeo, responden a fluctuaciones de la presión arterial que se sincronizan con los ciclos cardíaco y respiratorio. (10) El sistema barorreflejo desempeña un papel importante en la protección del cuerpo frente a cambios repentinos en la presión arterial, desencadenando reflejos que ajustan la frecuencia cardíaca de manera compensatoria. La respiración induce oscilaciones en la frecuencia cardíaca y la presión arterial a través del fenómeno de arritmia sinusal respiratoria (RSA): durante la inhalación, el ritmo cardíaco tiende a aumentar, y durante la exhalación, disminuye. Se encontró que, la mejor frecuencia respiratoria para maximizar la variabilidad de la frecuencia cardíaca es de 5,5 respiraciones por minuto (0,092 Hz), en donde se sincroniza el ritmo cardíaco con la presión arterial. A esta frecuencia, el barorreflejo opera con máxima eficacia y aumenta la HRV, mejorando la capacidad del sistema nervioso autónomo para responder a variaciones en la presión arterial y estabilizar la frecuencia cardíaca. Esta sincronización optimiza la actividad del sistema nervioso autónomo, promoviendo un equilibrio entre los sistemas simpático y parasimpático. Este efecto también repercute en la regulación emocional, ya que el barorreflejo está conectado con el sistema límbico, responsable de controlar las emociones. (48) De esta manera, nos proporciona una retroalimentación útil para ajustar el estado interno y mejorar la regulación emocional, la respuesta al estrés y la modulación del dolor. La

respiración nos permite comprender cómo una mayor coherencia y sincronía en el cerebro puede favorecer la autogestión emocional y promover el bienestar general. (49)

La práctica de respiración nasal lenta y profunda ayuda a sincronizar el ritmo respiratorio con el sistema cardiovascular, generando un estado de resonancia que optimiza la comunicación entre corazón, pulmones y la corteza cerebral. El ciclo nasal refleja la lateralización dinámica del SNA: a) la inhalación por la fosa nasal derecha se asocia con una mayor actividad simpática inducida por la estimulación del hemisferio cerebral izquierdo, y una disminución en la HRV; b) mientras que inhalar por la fosa nasal izquierda incrementa el tono vagal, inducida por la estimulación del hemisferio derecho, aumentando la HRV, lo cual se relaciona con una mayor actividad del SNPS y equilibrio autonómico.(50)

A diferencia de la respiración bucal, la respiración nasal influye de manera significativa en la regulación del sistema nervioso autónomo permite un flujo de aire controlado, filtrado, calentado y humidificado antes de llegar a los pulmones. Al inhalar por la nariz, se activa el nervio vago, el incremento de su actividad, estimula al sistema nervioso parasimpático, que impacta sobre la reducción de la frecuencia cardíaca y la presión arterial e induce un estado de calma. Por otro lado, la respiración nasal también potencia la producción de óxido nítrico (NO) en las vías respiratorias, una molécula liberada en los senos paranasales con propiedades vasodilatadoras y antimicrobianas. En primer lugar, el óxido nítrico, tiene un efecto descongestivo debido a que produce una vasoconstricción y estimula las cilias en las fosas nasales, cuando llega a nivel del parénquima pulmonar, tiene los efectos sistémicos: como la regulación de la presión arterial, fortalecer el sistema inmunológico, mejora la oxigenación sanguínea como contribuir en la reducción de procesos inflamatorios. (51)

La posibilidad de que el acoplamiento neurovascular tenga por finalidad mantener la integridad de las neuronas activas, aumentando el flujo sanguíneo y el suministro de oxígeno en esa región específica, refleja la interacción entre la actividad neuronal y la respuesta hemodinámica, facilitada por la comunicación compleja entre el sistema nervioso autónomo y el sistema cardiorrespiratorio. (52) Este comportamiento del Sistema Nervioso representa su alta capacidad plástica para generar nuevas conexiones neuronales a respuesta a una nuevo estímulo o información, aprovechar su potencialidad para generar nuevos patrones respiratorios (9) y de esta manera, favorecer el equilibrio autónomo es un herramienta alentadora en el abordaje de la Fibromialgia.

Los pacientes con FM suelen experimentar diversas comorbilidades, como deterioro de la coordinación neuromotora y desequilibrios posturales, se destaca que la inspiración influye positivamente en las acciones motoras, estimulando el sistema parasimpático. Pensar a la Fibromialgia desde un abordaje psicosocial es fundamental en la formación de las diferencias individuales de cada

persona y su experiencia en la percepción del dolor. El efecto negativo de la ansiedad y una actitud catastrófica pueden intensificar la sensibilidad al dolor y afectar su modulación. Actualmente, no existe un enfoque farmacológico o no farmacológico que resuelva de manera completa la fibromialgia. No se dispone de exámenes instrumentales específicos ni biomarcadores que puedan predecir o diagnosticar la enfermedad; el diagnóstico se basa en la historia clínica y en la evaluación objetiva.

Si bien en los resultados de la búsqueda no se especifican los tiempos inspiratorios y espiratorios o periodos de pausa, se han encontrado cambios significativos a largo plazo en los ejercicios de respiración diafragmática sobre el impacto de la calidad del sueño y calidad de vida. El desafío de encontrar una rutina de ejercicios respiratorios que sea lo suficientemente suaves como para prevenir o atenuar la aparición de dolor y molestias, y que además sea adaptable a las necesidades de cada persona y sostenible a largo plazo, representa una propuesta alentadora. La intención del concepto de respiración terapéutica tiene por finalidad desarrollar ejercicios accesibles, prácticos y fáciles de aprender, para generar cambios de hábitos en los pacientes. Entender el cómo, el cuándo y el por qué de la respiración, no da la posibilidad como profesionales del razonamiento clínico y terapéutico para ser específicos e individuales a la hora de diseñar un programa de ejercicios y poder facilitar su utilidad. Es necesario realizar más investigaciones para comprender mejor los procedimientos terapéuticos para los pacientes con FM, considerando las relaciones neuronales implicadas en la respiración. (40), (13)

IX. Referencias Bibliográficas

1. Chalaye, Philippe, et al. "The Role of Cardiovascular Activity in Fibromyalgia and Conditioned Pain Modulation." *Pain*, vol. 155, June 2014.
2. Rodrigues, Pedro, et al. "Patients with impaired descending nociceptive inhibitory system present altered cardiac vagal control at rest." *Pain physician*, 2018.
3. Gil-Ugidos, A., et al. "Conditioned Pain Modulation (CPM) Paradigm Type Affects Its Sensitivity as a Biomarker of Fibromyalgia." *Scientific Reports*, 2 Apr. 2024.
4. Chimenti, Ruth L, et al. "A Mechanism-Based Approach to Physical Therapist Management of Pain." *Physical Therapy*, 16 Apr. 2018.
5. Kyle, Brandon N, and Daniel W McNeil. "Autonomic Arousal and Experimentally Induced Pain: A Critical Review of the Literature." *Pain Research and Management*, 2014.
6. Wen, S. Muñoz, J. Mancilla, M. Bornhardt, T. Riveros, A. & Iturriaga, V. "Mecanismos de modulación central del dolor: Revisión de la literatura." *Int. J. Morphol*, 2020.
7. Om Lata Bhagat, Chhaya Kharya, Ashok Jaryal & Kishore Kumar Deepak. "Acute Effects on Cardiovascular Oscillations during Controlled Slow Yogic Breathing." *Department of Physiology, All India Institute of Medical Sciences, New Delhi, India*, 12 Apr. 2017.

8. Zoccal, Daniel B., et al. "The Nucleus of the Solitary Tract and the Coordination of Respiratory and Sympathetic Activities." *Frontiers in Physiology*, 2014.
9. Courtney, Rosalba. "The Functions of Breathing and Its Dysfunctions and Their Relationship to Breathing Therapy." *International Journal of Osteopathic Medicine*, 2017.
10. Noble, Donald J., and Shawn Hochman. "Hypothesis: Pulmonary Afferent Activity Patterns during Slow, Deep Breathing Contribute to the Neural Induction of Physiological Relaxation." *Frontiers in Physiology*, 13 Sept. 2019.
11. Jerath, Ravinder, et al. "Dynamic Change of Awareness during Meditation Techniques: Neural and Physiological Correlates." *Frontiers in Human Neuroscience*, 2012.
12. Li, Changjun, et al. "Effects of Slow Breathing Rate on Heart Rate Variability and Arterial Baroreflex Sensitivity in Essential Hypertension." *Medicine*, May 2018.
13. Levin, Charles J., and Steven J. Swoap. "The Impact of Deep Breathing and Alternate Nostril Breathing on Heart Rate Variability: A Human Physiology Laboratory." *Advances in Physiology Education*, vol. 43, 1 Sept. 2019.
14. Thayer, Julian F., et al. "A Meta-Analysis of Heart Rate Variability and Neuroimaging Studies: Implications for Heart Rate Variability as a Marker of Stress and Health." *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2 Feb. 2012.
15. Laborde, Sylvain, et al. "Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting." *Frontiers in Psychology*, 2017.
16. Wigers, Sigrid Hørven, et al. "Healthcare Experiences of Fibromyalgia Patients and Their Associations with Satisfaction and Pain Relief. A Patient Survey." *Scandinavian Journal of Pain*, 1 Jan. 2024.
17. Chimenti, Ruth L., Laura A. Frey-Law, and Kathleen A. Sluka. "A mechanism-based approach to physical therapist management of pain." *Physical therapy*, 2018.
18. López Espino, Manuel, and José Carlos Mingote Adán. "Fibromialgia." *Clínica y Salud*, 2008.
19. Cabo-Meseguer A, et al. Fibromialgia: prevalencia, perfiles epidemiológicos y costes económicos. *Med Clin (Barc)*. 2017.
20. Mazo, Juan Pablo Sanabria, and Mariana Gers Estrada. "Implications of chronic pain on the quality of life of women with fibromyalgia." *Psicologia em Estudo*, 2020.
21. Ablin, Jacob N., and Frederick Wolfe. "A comparative evaluation of the 2011 and 2016 criteria for fibromyalgia." *The Journal of rheumatology*, 2017.
22. Häuser, Winfried, et al. "Management of fibromyalgia: practical guides from recent evidence-based guidelines." *Pol Arch Intern Med*, 2017.
23. Wolfe, Frederick, et al. "The American College of Rheumatology preliminary diagnostic criteria for fibromyalgia and measurement of symptom severity." *Arthritis care & research*, 2010.
24. Restrepo-Medrano JC, Rojas JG. "Fibromialgia ¿Qué deben saber y evaluar los profesionales de

Enfermería?" Invest Educ Enferm. 2011

25. Monterde, S., et al. "Validación de la versión española del Fibromyalgia Impact Questionnaire." *Rev. esp. reumatol.*(Ed. impr.), 2004.
26. Kyle, Brandon N., and Daniel W. McNeil. "Autonomic arousal and experimentally induced pain: a critical review of the literature." *Pain Research and Management*, 2014.
27. Gil-Ugidos, A., et al. "Conditioned pain modulation (CPM) paradigm type affects its sensitivity as a biomarker of fibromyalgia." *Scientific Reports*, 2024.
28. Chalaye, Philippe, et al. "The role of cardiovascular activity in fibromyalgia and conditioned pain modulation." *PAIN@*, 2014.
29. De Troyer, André, and Aladin M. Boriek. "Mechanics of the respiratory muscles." *Comprehensive Physiology*, 2011.
30. Ghali, Michael George Zaki. "Respiratory rhythm generation and pattern formation: oscillators and network mechanisms." *Journal of integrative neuroscience*, 2019.
31. Andrade, Lydia S., et al. "A study on the variants of phrenic nerve roots with histological correlation." *Translational Research in Anatomy*, 2021.
32. Ashhad, Sufyan, et al. "Breathing rhythm and pattern and their influence on emotion." *Annual review of neuroscience*, 2022.
33. Tracey, Irene, and Patrick W. Mantyh. "The cerebral signature for pain perception and its modulation." *Neuron*, 2007.
34. Arslan, Doruk, and I. Ş. I. N. ÜNAL ÇEVİK. "Interactions between the painful disorders and the autonomic nervous system." *Agri-the journal of the turkish society of algology*, 2022.
35. Ceunen E, Vlaeyen JWS and Van Diest I (2016) "On the Origin of Interoception." *Front. Psychol.*
36. Sharon Copeland. "Vagus Nerve and Polyvagal Theory Exposed: Accessing the Vagus Nerve and the Healing Power of a Healthy Brain-Gut Connection, Ease Gastroparesis, Trauma and Complex PTSD (CPTSD)", 2021.
37. Veloza, Laura, et al. "Variabilidad de la frecuencia cardiaca como factor predictor de las enfermedades cardiovasculares." *Revista Colombiana de Cardiología*, 2019.
38. Politano, Luisa, et al. "Usefulness of heart rate variability as a predictor of sudden cardiac death in muscular dystrophies." *Acta Myol*, 2008.
39. Nunan, David, Gavin RH Sandercock, and David A. Brodie. "A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults." *Pacing and clinical electrophysiology*, 2010.
40. Bordoni, Bruno, and Allan R. Escher. "Motor dysfunctions in fibromyalgia patients: the importance of breathing." *Open Access Rheumatology: Research and Reviews*, 2024.
41. Tomas-Carus, Pablo, et al. "Effects of respiratory muscle training on respiratory efficiency and health-related quality of life in sedentary women with fibromyalgia: a randomised controlled trial." ,2022.

42. Tomas-Carus, Pablo, et al. "Breathing exercises must be a real and effective intervention to consider in women with fibromyalgia: A pilot randomized controlled trial." *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 2018.
43. Koenig, Julian, et al. "Chronic pain and heart rate variability in a cross-sectional occupational sample: evidence for impaired vagal control." *The Clinical journal of pain*, 2016.
44. Rizzi, Maurizio, et al. "Impaired lung transfer factor in fibromyalgia syndrome." *Clin Exp Rheumatol* 34.Suppl 96, 2016.
45. Asimina Lazaridou, Alexandra Koulouris, Jaime K Devine, Monika Haack, Robert N Jamison, Robert R Edwards & Kristin L Schreiber. "Impact of daily yoga-based exercise on pain, catastrophizing, and sleep amongst individuals with fibromyalgia" *Journal of Pain Research*, 2019.
46. Rizzi, Maurizio, et al. "Influence of autonomic nervous system dysfunction in the genesis of sleep disorders in fibromyalgia patients.", 2017.
47. Thomas-Carus P, Garrido Mari, Branco JC, Chestnut MariYolanda, Gomez Maria, BiehlPrintes C, Régimen de ejercicios respiratorios no supervisados en mujeres con fibromialgia: un estudio exploratorio cuasi-experimental, *Terapias complementarias en la práctica clínica*, 2019.
48. Vaschillo, Evgeny G., Bronya Vaschillo, and Paul M. Lehrer. "Characteristics of resonance in heart rate variability stimulated by biofeedback." *Applied psychophysiology and biofeedback*, 2006
49. Bernardi, Luciano, et al. "Modulatory effects of respiration." *Autonomic neuroscience*, 2001.
50. Pendolino, Alfonso Luca, et al. "The nasal cycle: a comprehensive review." *Rhinology online*, 2018.
51. Premont, Richard T., et al. "Role of nitric oxide carried by hemoglobin in cardiovascular physiology: developments on a three-gas respiratory cycle." *Circulation research*, 2020.
52. Pratscher, Steven D., Kimberly T. Sibille, and Roger B. Fillingim. "Conscious connected breathing with breath retention intervention in adults with chronic low back pain: protocol for a randomized controlled pilot study." *Pilot and Feasibility Studies*, 2023.