

Efectos de un programa de intervención basado en Exergames en el patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia

Effects of an Exergame-based intervention program on gait pattern in women with fibromyalgia

Juan Pedro Martín-Martínez

Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias del Deporte, Cáceres, España.

Santos Villafaina

Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias del Deporte, Cáceres, España.

Departamento de Desporto e Saúde, Universidade de Évora, Évora, Portugal.

Daniel Collado-Mateo

Centro de estudios del deporte, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.

Narcis Gusi

Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias del Deporte, Cáceres, España.

Jorge Pérez-Gómez

Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias del Deporte, Cáceres, España.

e-MOTION

**Revista de Educación,
Motricidad e Investigación**

VOL. 18 (2022)

ISSN 2341-1473 pp. 30-46

<https://doi.org/10.33776/remo.vi18.7040>

Efectos de un programa de intervención basado en Exergames en el patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia

Effects of an Exergame-based intervention program on gait pattern in women with fibromyalgia

Juan Pedro Martín-Martínez

Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias del Deporte, Cáceres, España.

Santos Villafaina

Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias del Deporte, Cáceres, España. Departamento de Desporto e Saúde, Universidade de Évora, Évora, Portugal.

Daniel Collado-Mateo

Centro de estudios del deporte, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.

Narcis Gusi

Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias del Deporte, Cáceres, España.

Jorge Pérez-Gómez

Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias del Deporte, Cáceres, España.

Contacto:

svillafainfa@unex.es

Resumen

La Fibromialgia es una enfermedad reumatológica cuyos síntomas pueden afectar al patrón motor de la marcha y en consecuencia a la realización de actividades de la vida cotidiana. Estas actividades suelen requerir la habilidad de realizar dos tareas de manera simultánea: una motriz y otra cognitiva, lo que se conoce como tareas duales. Los programas basados en realidad virtual, llamados Exergames, han mostrado importantes beneficios en algunos síntomas de la Fibromialgia. Así, el objetivo fue evaluar el efecto de un programa de intervención de 24 semanas en el patrón motor de la marcha en mujeres con Fibromialgia bajo condiciones simples y duales. Un total de 34 mujeres participaron en el estudio y fueron distribuidas en grupos control y experimental. El grupo control realizó vida normal durante el periodo en el que el grupo experimental se sometió al programa de intervención, al que asistían 2 días en semana durante 60 minutos. Se realizó el 10-meters-walking-test, analizándose el tiempo en completarlo, número de pasos, cadencia, inclinación del tronco y rango de movimiento de cadera y rodillas. El grupo experimental consiguió mejoras significativas en el tiempo invertido en completar el 10-meters-walking-test tanto bajo condiciones simples ($p=0,032$) como duales ($p=0,027$). Además, también se encontraron alteraciones significativas en la cadencia bajo condiciones duales ($p=0,023$). Por tanto, concluimos que un programa de intervención de 24 semanas basado en Exergames provoca alteraciones en el patrón de la marcha de mujeres con Fibromialgia tanto en condiciones simples como duales.

Palabras claves

Tareas duales; cinemática; biomecánica; realidad virtual.

Abstract

Fibromyalgia is a rheumatologic disease whose symptoms can affect walking motor pattern and consequently the ability to perform daily living activities. Those activities often require simultaneous cognitive and physical demands, which is known as dual tasks. Interventions programs based on virtual-reality, called Exergames, has shown significant benefits in some fibromyalgia symptoms. Thus, the main objective of this study was to evaluate the effect of a 24-week intervention program on walking motor pattern in women with fibromyalgia under single and dual task conditions. A total of 24 women took part in the study and were distributed in both control and experimental groups. Control group continued their normal routine, while experimental group underwent 24 weeks of intervention program, which they attended two days a week for 60 minutes. The 10-meters-walking-test was performed, analyzing variables such as time to complete it, number of steps, cadence, trunk tilt and hip and knee range of motions. Results show that experimental group achieved significant improvements in time spent to complete the 10-meters-walking-test under both single ($p=0.032$) and dual task ($p=0.027$) conditions. In addition, significant changes in the cadence were also founded under dual task conditions ($p=0.023$). Therefore, we conclude that a 24-week intervention program based on Exergames causes alterations on walking motor pattern in women with fibromyalgia under both single and dual task conditions.

Keywords

Dual tasks; kinematic; biomechanics; virtual reality.

Fecha de recepción: 25/03/2022

Fecha de aceptación: 25/04/2022

1. Introducción

La Fibromialgia (FM) es una enfermedad reumatológica de origen desconocido caracterizada por baja tolerancia al dolor, rigidez y debilidad muscular (Walker, 2016; Wolfe et al., 2010). Algunos de los síntomas más asociados a este síndrome son la fatiga, depresión y ansiedad (Isik-Ulusoy, 2019), alteraciones del sueño (Moldofsky, 2010), alto riesgo de caídas (Collado-Mateo et al., 2015), disfunción cognitiva y baja condición física.

Las personas con FM muestran alteraciones en parámetros de la marcha como la velocidad, longitud del paso o el rango de movimiento (ROM) (Auvinet et al., 2006; Heredia-Jimenez et al., 2016). De hecho, según algunos estudios, muestran valores similares a los observados en personas de avanzada edad (Góes et al., 2014; Persch et al., 2009). Esto provoca que tengan gran dificultad para desarrollar actividades de la vida cotidiana, sufriendo una reducción en su calidad de vida (Huijnen et al., 2015). Además, estas actividades suelen implicar la realización de una tarea física y cognitiva de manera simultánea (Kleiner et al., 2018), lo que supone focalizar la atención en dos tareas a la vez (Ghai et al., 2017). Este paradigma es conocido como tareas duales o "dual task" (DT), y su evaluación resulta de gran interés visto el protagonismo del mismo en las citadas actividades de la vida cotidiana (Villafaina et al., 2018).

Estudios recientes clasifican las terapias actuales para combatir los síntomas de la FM en farmacológicas y no farmacológicas (Walker, 2016). Dentro de las no farmacológicas, diferentes autores destacan el ejercicio físico como una de las principales (Bidonde et al., 2014; Busch et al., 2008; Walker, 2016). Además, algunos estudios realizados en adolescentes con FM señalan que la actividad física no solo presenta beneficios a nivel de condición física, sino que también pueden provocar alteraciones en la biomecánica del movimiento que contribuiría a mejorar su capacidad funcional para realizar ejercicio físico y actividades de la vida cotidiana reduciendo el riesgo de lesión (Sil et al., 2015; Tran et al., 2016).

Sin embargo, a pesar de ser altamente recomendable este tipo de terapias, la adherencia a los mismos en pacientes con FM es muy baja (Fontaine et al., 2011; Gowans & deHueck, 2004), mostrando niveles de sedentarismo muy altos (Kop et al., 2005; Korszun et al., 2002). Por ello, se han buscado nuevas fórmulas que resulten más atractivas, motivantes y socialmente convenientes. Es en este contexto donde surgen los conocidos como "Exergames", programas que combinan la realidad virtual y el ejercicio físico (Lange et al., 2010). Los Exergames han sido utilizados en pacientes de avanzada edad (Choi et al., 2017; van Diest et al., 2013) y con déficits cognitivos como Parkinson (García-Agundez et al., 2019) o la propia FM como formas alternativas de rehabilitación. En el caso de la FM, diferentes estudios han analizado los efectos de los Exergames en la condición física (Martin-Martinez et al., 2019), dolor (Collado-Mateo, Javier Dominguez-Munoz, et al., 2017), agilidad y equilibrio (Collado-Mateo, Dominguez-Munoz, et al., 2017), calidad de vida (Villafaina, Collado-Mateo, et al., 2019) y fuerza del tren inferior (Villafaina, Borrega-Mouquinho, et al., 2019). Sin embargo, ninguno de ellos ha focalizado la atención en conocer qué efectos tiene sobre el patrón de la marcha.

No obstante, un estudio transversal previo analizó y mostró que las personas con FM durante la marcha en tarea dual aumentaron el número de pasos, cadencia, balanceo del tronco y caderas, y rango de movimiento de la rodilla en condición dual en comparación con la misma prueba pero durante

tarea simple (Martín-Martínez et al., 2020). Es por ello que se hace necesario estudiar los efectos de programas de intervención en el patrón de la marcha durante estas situaciones. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue comprobar los efectos de un programa de intervención basado en realidad virtual (Exergame) en el patrón motor de la marcha en pacientes adultos con FM bajo condiciones simples (solo la tarea motriz) y duales (tarea motriz y tarea cognitiva de manera simultánea).

2. Método

2.1 Diseño

El presente estudio consistió en una prueba controlada aleatorizada donde los evaluadores estaban cegados respecto a qué sujetos pertenecían al grupo control o al grupo experimental. Esta investigación fue registrada en el ISRCTN con número de registro ISRCTN65034180, y en ella se aborda una de las medidas principales reflejadas en dicho registro, y que hace referencia a la evaluación del patrón motor y la condición física en mujeres con FM en actividades vinculadas a la vida cotidiana, con y sin tareas cognitivas simultáneamente realizadas.

La muestra fue aleatoriamente asignada a un grupo control o experimental por un miembro del equipo investigador que no realizó las evaluaciones. El proceso de aleatorización y distribución de los sujetos en ambos grupos fue llevado a cabo por un ordenador que atribuía a cada sujeto un número al azar, que correspondía con un grupo u otro. El grupo control debía someterse a la evaluación inicial y final, y continuar durante el periodo de intervención con su rutina diaria normal. Por el contrario, el grupo experimental debió someterse durante un total de 24 semanas al programa de intervención.

Todas las participantes firmaron el consentimiento informado antes de comenzar el estudio. Además, la investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la Universidad de Extremadura (España; número de autorización: 62/2017).

2.2 Participantes

Todas las participantes que tomaron parte en nuestro estudio fueron reclutados a través de una asociación local de FM. Debían cumplir los siguientes criterios de inclusión: 1) Ser mujer de entre 30 y 75 años; 2) Estar diagnosticada de FM por un reumatólogo siguiendo las pautas de la American College of Rheumatology (Wolfe et al., 2010); 3) Ser capaz de comunicarse adecuadamente con los miembros del staff; 4) Haber leído, entendido y firmado el consentimiento informado. Además, fueron excluidos si cumplían con alguno de los siguientes criterios de exclusión: 1) Ser incapaces de realizar ejercicio físico; 2) Estar embarazada; 3) Cambiar la rutina diaria durante las 24 semanas de la intervención; 4) No asistir, al menos, al 75% de las sesiones del programa de intervención; 5) Abandonar y/o no asistir a la sesión de post-evaluación.

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo de los participantes. Inicialmente tomaron parte en el estudio un total de 56. Sin embargo, tras aplicar los criterios de inclusión y de exclusión, finalmente 34 fueron incluidas en los análisis, cuyas características se muestran en la tabla 1.

Figura 1: Diagrama de flujo de los participantes en el estudio.

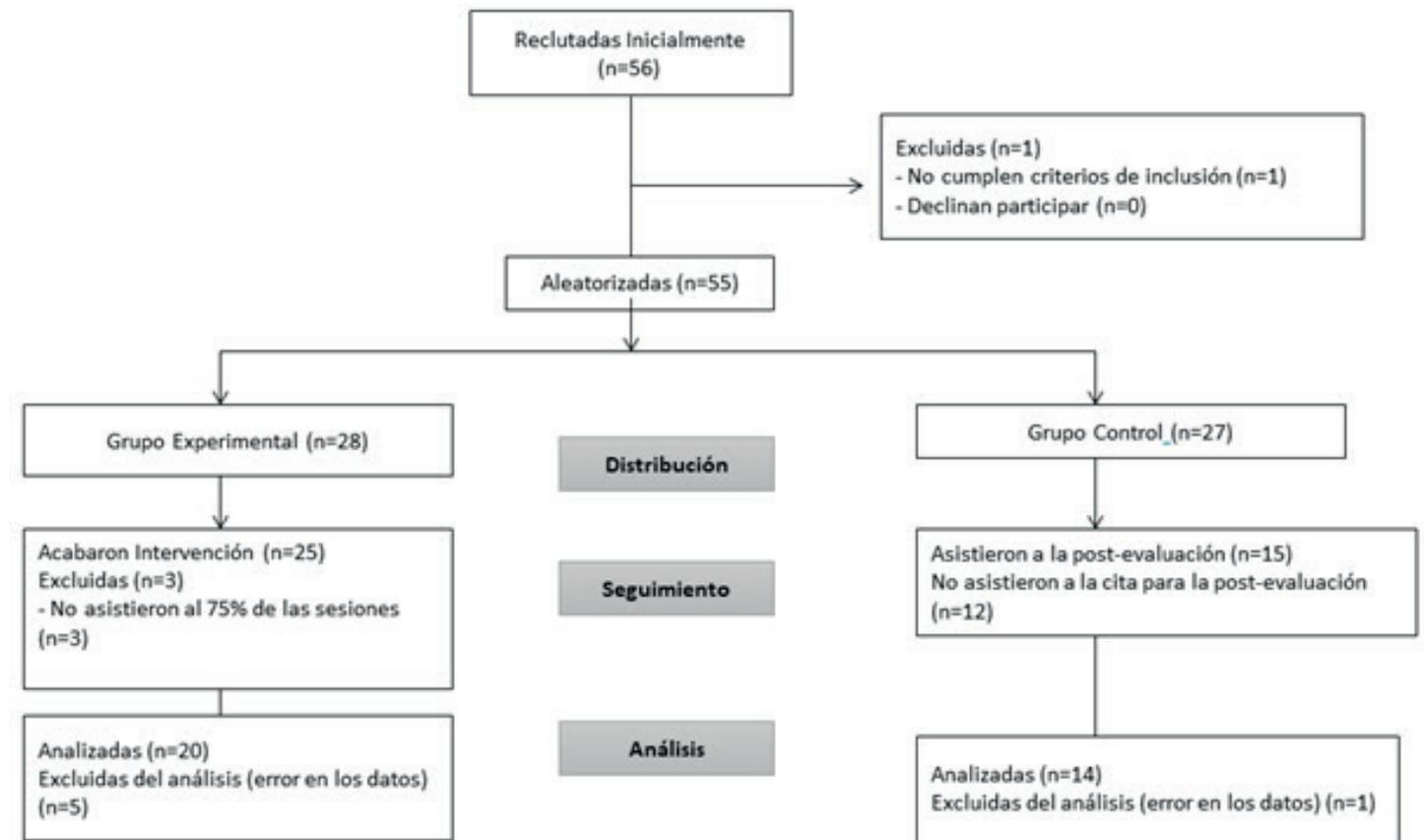


Tabla 1. Características descriptivas de los participantes

Participantes	Grupo Control Media (DE)	Grupo Exergames Media (DE)
Tamaño muestral	14	20
Edad (años)	55,57 (10,44)	54,76 (8,83)
VAS de dolor (0-100)	54,29 (20,65)	63,81 (16,58)

VAS: Escala Visual Analógica

2.3. Intervención

Las participantes que constituyeron el grupo control, tras la evaluación inicial, realizaron su rutina diaria normal durante el periodo de tiempo en el que se desarrolló la intervención. Por su parte, el grupo experimental completó 24 semanas de programa basado en realidad virtual en el que asistieron 2 veces por semana durante 1 hora en grupos reducidos de dos o tres personas. Esto permitía aumentar la adherencia al programa y mejorar tanto la motivación como las relaciones sociales entre las mujeres con FM.

El programa de intervención estuvo basado en un Exergame, denominado VirtualEX-FM, diseñado por el grupo de investigación con el objetivo de mejorar la condición física orientada a la realización de actividades de la vida cotidiana en pacientes con FM. Dicho programa ofrecía feedback visual inmediato a cada uno de los participantes mientras realizaban movimientos con los que trabajaban equilibrio, coordinación, control postural, fuerza de tren inferior y superior y capacidad aeróbica.

Las sesiones del programa de intervención estaban divididas en 3 partes. En primer lugar, se iniciaba con un calentamiento de 5 minutos en los que las participantes realizaban movilidad articular de tren inferior y superior reproduciendo los movimientos indicados y proyectados por el Exergame. Un miembro del staff supervisaba la escena y regulaba la velocidad de los movimientos, que podían oscilar desde 0,5X hasta 2X en intervalos de 0,5. Además, dentro de la primera parte el programa continuaba con la realización de tres vídeos de bailes basados en Zumba con una duración de entre 15 y 20 minutos con una recuperación de 60 segundos entre cada uno de los bailes, trabajando así la capacidad aeróbica.

La segunda parte de la sesión abarcaba entre 25 y 30 minutos, y consistía, por un lado, en la realización de ejercicios en los que se trabajaba control postural, equilibrio, coordinación y fuerza de tren superior. En concreto las participantes debían perseguir una manzana que aparecía y desaparecía alrededor de ellas con diferentes partes del cuerpo, según fuese indicando el Exergame a partir de las modificaciones realizadas por el miembro del staff. Por otro lado, la segunda actividad de esta parte consistió en andar sobre las huellas que el programa proyectaba en el suelo a diferentes distancias, velocidades y tipos de apoyo (de puntillas, andando con los talones, etc.). De esta forma trabajaban equilibrio, agilidad y fuerza del tren inferior.

Por último, la tercera parte de la sesión consistía en la realización, durante 10 minutos, de estiramientos estáticos dirigidos y controlados por un miembro del equipo de investigación.

2.4. Procedimiento y variables

Tanto el programa de intervención como la recogida de datos tuvo lugar en las instalaciones del grupo de investigación en la Facultad de Ciencias del Deporte (Cáceres, España). Se tomaron las siguientes variables antes y después de la aplicación del programa de intervención:

- Tiempo empleado en completar el "10 meters walking test" (10-MWT). Este test permite medir la velocidad de la marcha, mostrando una buena fiabilidad entre (>0.75 y < 0.9) y excelente (≥ 0.9) tanto en tarea simple (ST) como en tarea dual (DT) en personas con FM (Murillo-García et al., 2021). Las mujeres realizaron este test dos veces: una centrándose únicamente en la tarea motriz (tarea simple, ST), y otra realizando al mismo tiempo una tarea cognitiva (tarea dual, DT). En concreto, bajo esta última condición, las participantes debían completar los 10 metros de la prueba contando en voz alta de dos en dos hacia atrás desde un número al azar entre el 50 y el 90 asignado por un miembro del staff. El tiempo empleado fue determinado por el dispositivo Functional Assessment of Biomechanics™ (FAB), empezando a contar desde que el talón del pie que realizaba el primer paso despegaba del suelo hasta que el talón del primer paso una vez rebasada la marca de los 10 metros tomaba contacto de nuevo con el suelo.

- Número de pasos empleados en recorrer la distancia del 10-MWT.
- Cadencia, calculada como el número de pasos entre el tiempo invertido en realizar el test.
- Inclinación del tronco, definido como la media del valor absoluto de la oscilación mediolateral del tronco.
- Rangos de Movimiento (ROM) de rodillas y cadera, calculadas a partir de las mínimas y máximas angulaciones de dichas articulaciones durante la realización del 10-MWT. Los resultados están expresados como la media entre los lados derecho e izquierdo.

2.5. Materiales

El "Functional Assessment of Biomechanics™ (FAB) System" (Biosyn System Inc.; Surrey, BC, Canada) fue utilizado para evaluar las variables cinemáticas. Este dispositivo funciona con 13 sensores compuestos por acelerómetros, magnetómetros y giroscopios que permiten calcular, en tiempo real, ángulos, posiciones de los segmentos corporales, velocidades y aceleraciones de dichos segmentos durante el movimiento en tres dimensiones. Además, permite a su vez estimar variables cinéticas.

2.6. Análisis estadístico

El programa estadístico SPSS statistical package (versión 20.0; SPSS, Inc., Chicago, Ill.) fue utilizado para analizar los datos. La normalidad de los datos fue constatada con la prueba de Shapiro-Wilk. Para evaluar los efectos del programa de intervención se realizó un ANOVA de medidas repetidas aplicando corrección de Bonferroni para las comparaciones múltiples con el fin de controlar el error tipo I a la hora de explorar los efectos del programa de intervención. Las comparaciones intra-grupo se realizaron mediante una prueba T de muestras relacionadas. El tamaño del efecto, Eta parcial al cuadrado, fue reportado para todos los test estadísticos. Se estableció como nivel de significación un p-valor < 0.05.

3. Resultados

La Figura 1 representa el diagrama del flujo de participantes que tomaron parte en nuestro estudio. Inicialmente 56 mujeres fueron reclutadas de una Asociación Local. Sin embargo, una de ellas fue excluida por no cumplir con todos los criterios de inclusión. Por tanto, un total de 55 fueron aleatoriamente distribuidas en dos grupos: experimental (n=28) y control (n=27). Tras las 24 semanas de duración de nuestro programa de intervención, 8 participantes experimentales y 13 controles fueron excluidas de los análisis, por lo que la muestra final incluyó 20 participantes en el grupo experimental y 14 en el control, cuyas características aparecen reflejadas en la tabla 1.

En la tabla 2 se expresan los resultados antes y después del programa de intervención en condiciones simples (ST) para ambos grupos. El rendimiento en el 10-MWT mejora significativamente (p=0,032) en el grupo experimental tras la realización de nuestro programa. Sin embargo, respecto a las variables cinéticas y biomecánicas, pese a que se producen alteraciones, estas no llegan a ser significativas para ninguna de las variables estudiadas.

Por el contrario, en la tabla 3 se pueden observar los efectos de nuestro programa bajo condiciones duales (DT) en la que los sujetos realizaban el 10-MWT simultáneamente con una tarea cognitiva. En este caso, además de las mejoras que muestran los valores del grupo experimental respecto al rendimiento en dicho test ($p=0,027$), se producen también alteraciones significativas en la cadencia de paso ($p=0,023$).

Por el contrario, los cambios en los valores del número de pasos, la inclinación del tronco y el ROM de rodilla y cadera no fueron significativos ni en condiciones de ST ni en DT.

Tabla 2. Efectos del programa de intervención en las variables estudiadas bajo condiciones simples

Variables	Tarea Simple	Comparaciones intra grupos		Comparaciones entre grupos					
		Pre	Post	t de Student	P-valor	Tamaño del efecto	F de Fisher	P-valor	Tamaño del efecto
10-MWT (s)	Exercise (N= 20)	6,78 (1,67)	6,41 (1,14)	1,318	0,062	0,250	5,032	0,032	0,132
	Control (N= 14)	6,78 (1,67)	8,16 (3,18)	-1,598	0,134	-0,535			
Cadencia (pasos/ segundos)	Exercise (N= 20)	2,22 (0,34)	2,13 (0,58)	0,679	0,505	0,199	0,476	0,495	0,014
	Control (N= 14)	2,28 (0,37)	2,06 (0,39)	2,041	0,062	0,588			
Pasos (número)	Exercise (N= 20)	14,55 (1,47)	13,95 (1,43)	1,879	0,076	0,414	3,566	0,068	0,100
	Control (N= 14)	15,07 (1,54)	15,79 (2,97)	-1,022	0,325	-0,280			
Inclinación del tronco (grados)	Exercise (N= 20)	1,47 (0,55)	1,75 (0,74)	-1,770	0,093	0,422	1,115	0,299	0,034
	Control (N= 14)	2,22 (2,45)	1,88 (1,14)	0,508	0,620	0,133			
ROM de Rodilla (grados)	Exercise (N= 20)	65,56 (6,34)	63,95 (4,67)	1,397	0,178	0,279	<0,000	1,000	<0,001
	Control (N= 14)	62,52 (6,38)	60,91 (6,86)	0,895	0,387	0,488			
ROM de Cadera (grados)	Exercise (N= 20)	25,70 (11,95)	25,98 (11,32)	-0,119	0,907	-0,025	2,219	0,146	0,065
	Control (N= 14)	21,00 (7,61)	27,15 (10,84)	-1,904	0,079	0,653			

10-MWT: 10-meters walking test; ROM: Rango de movimiento.

Tabla 3. Efectos del programa de intervención en las variables estudiadas bajo condiciones duales

Variables		Tarea Dual		Comparaciones intra grupos		Comparaciones entre grupos			
		Pre	Post	t de Student	P-valor	Tamaño del efecto	F de Fisher	P-valor	Tamaño del efecto
10-MWT (s)	Exercise (N= 20)	7,95 (2,12)	7,27 (1,73)	1,979	0,062	0,352	5,334	0,027	0,139
	Control (N= 14)	8,01 (1,60)	9,25 (3,41)	-1,404	0,184	-0,444			
Cadencia (pasos/ segundos)	Exercise (N= 20)	1,96 (0,36)	2,08 (0,40)	-1,764	0,093	-0,310	5,729	0,023	0,148
	Control (N= 14)	2,07 (0,30)	1,91 (0,35)	1,580	0,138	0,481			
Pasos (número)	Exercise (N= 20)	15,05 (1,91)	14,62 (1,72)	1,183	0,251	0,241	1,488	0,231	0,043
	Control (N= 14)	16,21 (1,63)	16,71 (3,05)	-0,657	0,523	-0,195			
Inclinación del tronco (grados)	Exercise (N= 20)	1,36 (0,48)	1,65 (0,92)	1,403	0,176	0,388	0,847	0,364	0,025
	Control (N= 14)	1,85 (1,90)	1,70 (0,50)	0,302	0,767	0,100			
ROM de Rodilla (grados)	Exercise (N= 20)	64,39 (4,85)	62,72 (4,06)	1,659	0,113	0,378	0,253	0,618	0,008
	Control (N= 14)	60,68 (4,85)	62,72 (4,06)	0,551	0,591	0,149			
ROM de Cadera (grados)	Exercise (N= 20)	21,50 (8,70)	23,30 (13,09)	-0,561	0,581	-0,171	3,220	0,083	0,097
	Control (N= 14)	17,24 (6,24)	26,95 (9,65)	-3,475	0,006	-0,978			

10-MWT: 10-meters walking test; ROM: Rango de movimiento.

4. Discusión

El presente estudio tenía por objetivo analizar los efectos de un programa de intervención de 24 semanas basado en ejercicio físico y realidad virtual en el patrón motor de mujeres con FM.

Estudios previos han demostrado la efectividad de los Exergames respecto a las mejoras de la fuerza, capacidad cardiorrespiratoria (Villafaina, Borrega-Mouquinho, et al., 2019) y condición física en mujeres con FM (Pedro Martín-Martínez et al., 2019). Sin embargo, en nuestro conocimiento, se trata del primer estudio que se centra en analizar la marcha y evaluar los cambios en variables cinemáticas y biomecánicas que se producen en la misma gracias a los Exergames bajo condiciones simples y duales en personas con FM. No obstante, un estudio transversal, utilizando el 10-MWT, mostró que las personas con FM sufrieron un descenso significativo en el rendimiento, así como un incremento del número de pasos, cadencia, balanceo del tronco y caderas, y rango de movimiento de la rodilla en condición dual en comparación con condición simple (Martín-Martínez et al., 2020). Es por esto que concluyeron que el patrón de la marcha se ve significativamente alterado (hipotéticamente para hacerlo más estable) en esta población cuando se añade una tarea cognitiva simultánea (Martín-Martínez et al., 2020). En este sentido, el 10-MWT es uno de los test con mejor fiabilidad para evaluar la velocidad de la marcha tanto en personas de avanzada edad como en personas con déficits cognitivos (Peters et al., 2013; Steffen & Seney, 2008), así como en personas con FM donde ha demostrado una fiabilidad de buena a excelente en condición simple y dual (Murillo-García et al., 2021). Además, consideramos relevante usar este test basándonos en la relación existente entre la reducción en la velocidad habitual del paso y la pérdida de la habilidad para realizar actividades de la vida cotidiana (Hortobágyi et al., 2003; Santos et al., 2019). Un estudio previo observó una mejora significativa en el rendimiento de este test después de realizar 13 semanas de acupuntura y estabilidad del CORE (Garrido-Ardila et al., 2020). Por el contrario, otro ensayo controlado aleatorizado no observó cambios significativos después de 12 semanas de entrenamiento acuático en personas con FM (Tomas-Carus et al., 2007).

Nuestros resultados mostraron mejoras estadísticamente significativas en el rendimiento del 10-MWT tanto en ST como en DT para las mujeres que se sometieron a nuestro programa de intervención. Estas mejoras son similares a las obtenidas por Santos et al. (2019) tras aplicar un programa de entrenamiento basado en Exergames durante 12 semanas a mujeres de edad avanzada. En este caso emplearon el dispositivo Xbox 360 (Microsoft Inc., Redmond, WA, USA) con dos intensidades: moderada y vigorosa. Para ambos casos los resultados reflejaron mejoras en el 10-MWT, aumentando la velocidad de la marcha y argumentando en consecuencia una mejora en la capacidad funcional de las mujeres evaluadas. No obstante, basándonos en el estudio de Martín-Martínez et al. (2020) donde se reportaron los niveles considerados como la mínima diferencia real (el mínimo cambio que se puede interpretar como una diferencia real) las mejoras alcanzadas en el presente ensayo controlado aleatorizado no superaron los 2,17 s o el 31,49% de mejora en condición simple o los 2,48% o 32,33% de mejora en condición dual que marcó este estudio previo. Es por ello que los resultados de este estudio deben tomarse con precaución.

En esta misma línea encontramos estudios que reportan mejoras en la capacidad funcional en mujeres con FM gracias a programas de intervención basados en Exergames (Collado-Mateo, Domínguez-Munoz, et al., 2017; Norouzi et al., 2020). El primero de ellos emplea un diseño de Exergame similar al utilizado en nuestro estudio durante 8 semanas, mientras que en el segundo utilizan la

Xbox 360 (Microsoft Inc., Redmond, WA, USA) para implementar un programa basado en bailes de Zumba, similar a nuestro programa, y ejercicios aeróbicos durante 12 semanas. En ambos estudios, aunque el test empleado es el Timed Up and Go (TUG) (Podsiadlo & Richardson, 1991), lo relevante es que concluyen que programas de entrenamiento basados en Exergames provocan mejoras significativas en la capacidad funcional de mujeres con FM.

Respecto a las alteraciones en el resto de parámetros estudiados, nos encontramos con un doble paradigma. En primer lugar, la presencia de las DT. Según algunos estudios, el hecho de realizar una tarea cognitiva de manera simultánea a la motriz provoca alteraciones en la biomecánica del movimiento debido a la división de la atención que se produce (Villafaina et al., 2018; Villafaina, Polero, et al., 2019). Por el otro, nos encontramos ante estudios que señalan que programas de intervención basados en la mejora de la condición física pueden modificar también la biomecánica del movimiento orientada a la mejora de la capacidad funcional, en este caso en mujeres adolescentes que sufren FM (Sil et al., 2015; Tran et al., 2016).

En este sentido nuestros resultados reflejan alteraciones significativas en la cadencia de la marcha (número de pasos realizados por segundo) bajo condiciones de DT tras aplicar nuestro programa de intervención. Algunos estudios muestran un descenso en la cadencia durante tests que evalúan la marcha como el 6-minutes walking test en mujeres con FM (Costa et al., 2017; Heredia-Jimenez et al., 2016). Estos autores justifican estos datos como los efectos que la acumulación de la fatiga tiene sobre los sujetos a lo largo del test. Nuestros resultados revelan que tanto el grupo experimental como el control sufren un ligero descenso en los valores de la cadencia entre el pre-test y el post-test bajo condiciones simples, pero estas no son significativas. Sin embargo, cuando fueron evaluados bajo DT, el grupo control sufre también un descenso en la cadencia en el post-test respecto al pre-test. Por el contrario, el grupo experimental reflejó una mejora significativa, lo que podría indicar que cuando la atención debe dividirse en dos tareas, una cognitiva y otra motriz, las mejoras funcionales provocadas por nuestro programa de intervención en las pacientes experimentales provocan alteraciones positivas en la marcha respecto a las mujeres que no fueron sometidas a ningún entrenamiento.

Para el resto de variables evaluadas no se encontraron alteraciones significativas ni en ST ni en DT. Destacan los valores de la inclinación del tronco, para el que los datos del grupo experimental muestran un incremento en ambas condiciones, aunque no significativa; y el grupo control sufre un descenso tanto en ST como en DT. Un estudio previo de Collado-Mateo et al. (2016) identificó un aumento de la inclinación del tronco cuando mujeres con FM debían subir unas escaleras transportando unas bolsas con peso en cada mano respecto a cuando lo hacían sin nada, lo que implicaba un mayor esfuerzo. En nuestro caso, nuestros resultados podrían relacionar un aumento de la velocidad, como es el caso del grupo experimental al obtener menos tiempo en el 10-MWT, con un aumento en la inclinación del tronco. Justo lo opuesto a los sujetos del grupo control, donde los resultados muestran tanto en ST como en DT un aumento del tiempo en el 10-MWT en el post-test respecto al pre-test y un descenso en los valores de la inclinación del tronco.

Este estudio cuenta con algunas limitaciones. En primer lugar, la pérdida de participantes en la muestra final respecto a la inicial (Figura 1). En segundo lugar, el hecho de que la muestra solo es-

tuviera compuesta por mujeres, lo que hace que no puedan extrapolarse los resultados a hombres que sufran FM. En tercer lugar, un total de cinco participantes del grupo experimental y una del grupo control no pudieron incluirse en los análisis debido a un fallo con el instrumento de evaluación. Este fallo se debió a un error de calibración de los sensores, proporcionando datos de aceleración y velocidad angular incorrectos. Por ello, se procedió a la eliminación de los mismos. Por último, la imposibilidad de supervisar la actividad rutinaria del grupo control durante el periodo de tiempo en el que se implantó el programa de intervención en el grupo experimental.

5. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, podemos afirmar que un programa de intervención de 24 semanas basado en realidad virtual y ejercicio físico provoca alteraciones en el patrón motor de mujeres con FM durante la marcha tanto en condición simple como dual. En concreto en la velocidad y la cadencia de la marcha. Futuros estudios deberán vincular este incremento en el rendimiento con mejoras en la capacidad funcional y en la calidad de vida de mujeres con FM.

Sin embargo, más estudios son necesarios para esclarecer e interpretar los beneficios que estas alteraciones en la biomecánica del movimiento durante la marcha pueden acarrear en personas que sufren FM.

7. Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

8. Financiación

The funders played no role in the study design, the data collection, and analysis, the decision to publish, or the preparation of the manuscript. In the framework of the Spanish National R + D + i Plan, the current study was co-funded by the Spanish Ministry of Sciences and Innovation (reference PID2019-107191RB-I00/AEI/10.13039/501100011033). This study was also funded by the Research Grant for Groups (GR21176) funded by the Junta de Extremadura and the European Regional Development Fund (ERDF/FEDER) "a way of doing Europe". This study was supported by the Biomedical Research Networking Center on Frailty and Healthy Aging (CIBERFES) and FEDER funds from the European Union (CB16/10/00477) "a way of doing Europe". The author SV was supported by a grant from the Universities Ministry of Spain and the European Union (NextGenerationUE) "Ayuda del Programa de Recualificación del Sistema Universitario Español, Modalidad de ayudas Margarita Salas para la formación de jóvenes doctores" (MS-03).

Referencias

- Auvinet, B., Bileckot, R., Alix, A.-S., Chaleil, D., & Barrey, E. (2006). Gait disorders in patients with fibromyalgia. *Joint Bone Spine*, 73(5), 543-546. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2005.10.020>
- Bidonde, J., Busch, A. J., Bath, B., & Milosavljevic, S. (2014). Exercise for adults with fibromyalgia: an umbrella systematic review with synthesis of best evidence. *Current rheumatology reviews*, 10(1), 45-79. <Go to ISI>://MEDLINE:25229499

- Busch, A. J., Schachter, C. L., Overend, T. J., Peloso, P. M., & Barber, K. A. R. (2008). Exercise for fibromyalgia: A systematic review. *Journal of Rheumatology*, *35*(6), 1130-1144. <Go to ISI>://WOS:000256503900032
- Choi, S. D., Guo, L., Kang, D., & Xiong, S. (2017). Exergame technology and interactive interventions for elderly fall prevention: A systematic literature review. *Applied Ergonomics*, *65*, 570-581. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.10.013>
- Collado-Mateo, D., Adsuar, J. C., Olivares, P. R., Dominguez-Munoz, F. J., Maestre-Cascales, C., & Gusi, N. (2016). Performance of women with fibromyalgia in walking up stairs while carrying a load. *Peerj*, *4*, Article e1656. <https://doi.org/10.7717/peerj.1656>
- Collado-Mateo, D., Dominguez-Munoz, F. J., Adsuar, J. C., Merellano-Navarro, E., & Gusi, N. (2017). Exergames for women with fibromyalgia: a randomised controlled trial to evaluate the effect on mobility skills, balance and fear of falling. *Peerj*, *5*, Article e3211. <https://doi.org/10.7717/peerj.3211>
- Collado-Mateo, D., Gallego-Diaz, J. M., Adsuar, J. C., Dominguez-Munoz, F. J., Olivares, P. R., & Gusi, N. (2015). Fear of Falling in Women with Fibromyalgia and Its Relation with Number of Falls and Balance Performance. *Biomed Research International*, Article 589014. <https://doi.org/10.1155/2015/589014>
- Collado-Mateo, D., Javier Dominguez-Munoz, F., Carmelo Adsuar, J., Angel Garcia-Gordillo, M., & Gusi, N. (2017). Effects of Exergames on Quality of Life, Pain, and Disease Effect in Women With Fibromyalgia: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *98*(9), 1725-1731. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.02.011>
- Costa, I. D., Gamundi, A., Miranda, J. G. V., Franca, L. G. S., De Santana, C. N., & Montoya, P. (2017). Altered Functional Performance in Patients with Fibromyalgia [Article]. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 9, Article 14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00014>
- Fontaine, K. R., Conn, L., & Clauw, D. J. (2011). Effects of Lifestyle Physical Activity in Adults With Fibromyalgia Results at Follow-Up. *Jcr-Journal of Clinical Rheumatology*, *17*(2), 64-68. <https://doi.org/10.1097/RHU.0b013e31820e7ea7>
- Garcia-Agundez, A., Folkerts, A.-K., Konrad, R., Caserman, P., Tregel, T., Goosses, M., . . . Kalbe, E. (2019). Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, *16*, Article 17. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0492-1>
- Garrido-Ardila, E. M., González-López-Arza, M. V., Jiménez-Palomares, M., García-Nogales, A., & Rodríguez-Mansilla, J. (2020). Effectiveness of acupuncture vs. core stability training in balance and functional capacity of women with fibromyalgia: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, *34*(5), 630-645.
- Ghai, S., Ghai, I., & Effenberg, A. O. (2017). Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Interventions in Aging*, *12*, 557-577. <https://doi.org/10.2147/cia.s125201>

- Góes, S. M., Leite, N., de Souza, R. M., Homann, D., Osiecki, A. C. V., Stefanello, J. M. F., & Rodacki, A. L. F. (2014). Gait characteristics of women with fibromyalgia: a premature aging pattern. In (Vol. Volume 54, Issue 5, pp. 335-341). *Revista Brasileira de Reumatologia (English Edition)*.
- Gowans, S. E., & deHueck, A. (2004). Effectiveness of exercise in management of fibromyalgia. *Current Opinion in Rheumatology*, 16(2), 138-142. <https://doi.org/10.1097/00002281-200403000-00012>
- Heredia-Jimenez, J., Latorre-Roman, P., Santos-Campos, M., Orantes-Gonzalez, E., & Soto-Hermoso, V. M. (2016). Spatio-temporal gait disorder and gait fatigue index in a six-minute walk test in women with fibromyalgia. *Clinical Biomechanics*, 33, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.01.009>
- Hortobagyi, T., Mizelle, C., Beam, S., & DeVita, P. (2003). Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(5), 453-460. <Go to ISI>://WOS:000182673400012
- Huijnen, I. P. J., Verbunt, J. A., Meeus, M., & Smeets, R. J. E. M. (2015). Energy expenditure during functional daily life performances in patients with fibromyalgia. *Pain Practice*, 15(8), 748-756.
- Isik-Ulusoy, S. (2019). Evaluation of affective temperament and anxiety-depression levels in fibromyalgia patients: a pilot study. *Revista Brasileira De Psiquiatria*, 41(5), 428-432. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2018-0057>
- Kleiner, M., Wong, L., Dube, A., Wnuk, K., Hunter, S. W., & Graham, L. J. (2018). Dual-Task Assessment Protocols in Concussion Assessment: A Systematic Literature Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(2), 87-+. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7432>
- Kop, W. J., Lyden, A., Berlin, A. A., Ambrose, K., Olsen, C., Gracely, R. H., . . . Clauw, D. J. (2005). Ambulatory monitoring of physical activity and symptoms in fibromyalgia and chronic fatigue syndrome. *Arthritis and Rheumatism*, 52(1), 296-303. <https://doi.org/10.1002/art.20779>
- Korszun, A., Young, E. A., Engleberg, N. C., Brucksch, C. B., Greden, J. F., & Crofford, L. A. (2002). Use of actigraphy for monitoring sleep and activity levels in patients with fibromyalgia and depression. *Journal of Psychosomatic Research*, 52(6), 439-443, Article Pii s0022-3999(01)00237-9. [https://doi.org/10.1016/s0022-3999\(01\)00237-9](https://doi.org/10.1016/s0022-3999(01)00237-9)
- Lange, B. S., Requejo, P., Flynn, S. M., Rizzo, A. A., Valero-Cuevas, F. J., Baker, L., & Winstein, C. (2010). The Potential of Virtual Reality and Gaming to Assist Successful Aging with Disability [Article]. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 21(2), 339-+. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2009.12.007>
- Martín-Martínez, J. P., Villafaina, S., Collado-Mateo, D., Fuentes-García, J. P., Pérez-Gómez, J., & Gusi, N. (2020). Impact of cognitive tasks on biomechanical and kinematic parameters of gait in women with fibromyalgia: a cross-sectional study. *Physiology & behavior*, 227, 113171.
- Moldofsky, H. (2010). Rheumatic manifestations of sleep disorders. *Current Opinion in Rheumatology*, 22(1), 59-63. <https://doi.org/10.1097/BOR.0b013e328333b9cc>
- Murillo-Garcia, A., Villafaina, S., Leon-Llamas, J. L., Sánchez-Gómez, J., Domínguez-Muñoz, F. J., Collado-Mateo, D., & Gusi, N. (2021). Mobility Assessment under Dual Task Conditions in Women With Fibromyalgia: A Test-Retest Reliability Study. *PM&R*, 13(1), 66-72.

- Norouzi, E., Hosseini, F., Vaezmosavi, M., Gerber, M., Puhse, U., & Brand, S. (2020). Zumba dancing and aerobic exercise can improve working memory, motor function, and depressive symptoms in female patients with Fibromyalgia. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1683610>
- Pedro Martin-Martinez, J., Villafaina, S., Collado-Mateo, D., Perez-Gomez, J., & Gusi, N. (2019). Effects of 24-week exergame intervention on physical function under single-and dual-task conditions in fibromyalgia: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(10), 1610-1617. <https://doi.org/10.1111/sms.13502>
- Persch, L. N., Ugrinowitsch, C., Pereira, G., & Rodacki, A. L. F. (2009). Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: A randomized controlled trial. *Clinical Biomechanics*, 24(10), 819-825. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.07.012>
- Peters, D. M., Fritz, S. L., & Krotish, D. E. (2013). Assessing the Reliability and Validity of a Shorter Walk Test Compared With the 10-Meter Walk Test for Measurements of Gait Speed in Healthy, Older Adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 36(1), 24-30. <https://doi.org/10.1519/JPT.0b013e318248e20d>
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed up and go - a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Santos, G. O. R., Wolf, R., Silva, M. M., Rodacki, A. L. F., & Pereira, G. (2019). Does exercise intensity increment in exergame promote changes in strength, functional capacity and perceptual parameters in pre-frail older women? A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*, 116, 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.12.009>
- Sil, S., Thomas, S., DiCesare, C., Strotman, D., Ting, T. V., Myer, G., & Kashikar-Zuck, S. (2015). Preliminary Evidence of Altered Biomechanics in Adolescents With Juvenile Fibromyalgia. *Arthritis Care & Research*, 67(1), 102-111. <https://doi.org/10.1002/acr.22450>
- Steffen, T., & Seney, M. (2008). Test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation tests, the 36-Item Short-Form Health Survey, and the unified Parkinson disease rating scale in people with parkinsonism. *Physical Therapy*, 88(6), 733-746. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070214>
- Tomas-Carus, P., Häkkinen, A., Gusi, N., Leal, A., Häkkinen, K., & Ortega-Alonso, A. (2007). Aquatic training and detraining on fitness and quality of life in fibromyalgia. *Medicine & science in sports & exercise*, 39(7), 1044-1050.
- Tran, S. T., Thomas, S., DiCesare, C., Pfeiffer, M., Sil, S., Ting, T. V., . . . Kashikar-Zuck, S. (2016). A pilot study of biomechanical assessment before and after an integrative training program for adolescents with juvenile fibromyalgia. *Pediatric Rheumatology*, 14, Article 43. <https://doi.org/10.1186/s12969-016-0103-7>
- van Diest, M., Lamoth, C. J. C., Stegenga, J., Verkerke, G. J., & Postema, K. (2013). Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 10, Article 101. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-101>

- Villafaina, S., Borrega-Mouquinho, Y., Fuentes-Garcia, J. P., Collado-Mateo, D., & Gusi, N. (2019). Effect of Exergame Training and Detraining on Lower-Body Strength, Agility, and Cardiorespiratory Fitness in Women with Fibromyalgia: Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *International journal of environmental research and public health*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph17010161>
- Villafaina, S., Collado-Mateo, D., Dominguez-Munoz, F. J., Fuentes-Garcia, J. P., & Gusi, N. (2018). Impact of adding a cognitive task while performing physical fitness tests in women with fibromyalgia A cross-sectional descriptive study. *Medicine*, 97(51), Article e13791. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000013791>
- Villafaina, S., Collado-Mateo, D., Dominguez-Munoz, F. J., Fuentes-Garcia, J. P., & Gusi, N. (2019). Benefits of 24-Week Exergame Intervention on Health-Related Quality of Life and Pain in Women with Fibromyalgia: A Single-Blind, Randomized Controlled Trial. *Games for Health Journal*, 8(6), 380-386. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0023>
- Villafaina, S., Polero, P., Collado-Mateo, D., Fuentes-García, J. P., & Gusi, N. (2019). Impact of adding a simultaneous cognitive task in the elbow's range of movement during arm curl test in women with fibromyalgia. *Clinical Biomechanics*, 65, 110-115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.04.006>
- Walker, J. (2016). Fibromyalgia: clinical features, diagnosis and management. *Nursing standard (Royal College of Nursing (Great Britain) : 1987)*, 31(5), 51-63. <https://doi.org/10.7748/ns.2016.e10550>
- Wolfe, F., Clauw, D. J., Fitzcharles, M. A., Goldenberg, D. L., Katz, R. S., Mease, P., . . . Yunus, M. B. (2010). The American College of Rheumatology Preliminary Diagnostic Criteria for Fibromyalgia and Measurement of Symptom Severity [Article]. *Arthritis Care & Research*, 62(5), 600-610. <https://doi.org/10.1002/acr.20140>