



TESIS DOCTORAL

**EFECTOS DE UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN BASADO EN
REALIDAD VIRTUAL Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA Y EL
PATRÓN MOTOR EN TAREAS SIMPLES Y DUALES EN MUJERES CON
FIBROMIALGIA**

JUAN PEDRO MARTÍN MARTÍNEZ

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DEPORTE

2020



TESIS DOCTORAL

**EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN BASADO EN
REALIDAD VIRTUAL Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA Y EL
PATRÓN MOTOR EN TAREAS SIMPLES Y DUALES EN MUJERES CON
FIBROMIALGIA**

JUAN PEDRO MARTÍN MARTÍNEZ

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DEL DEPORTE

Conformidad del director

La conformidad del director de la tesis consta en el original en papel de esta Tesis Doctoral

Fdo: Jorge Pérez Gómez

2020



Dr. D. JORGE PÉREZ GÓMEZ, profesor del Área de Educación Física y Deportiva del departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal de la Universidad de Extremadura,

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral realizada por **D. Juan Pedro Martín Martínez**, con el título: **“Efectos de un programa de intervención basado en realidad virtual y evaluación de la condición física y el patrón motor en tareas simples y duales en mujeres con Fibromialgia”**, bajo mi dirección, reúne los requisitos necesarios de calidad, originalidad y presentación para optar al grado de Doctor, y está en condiciones de ser sometida a valoración de la Comisión encargada de juzgarla.

Y para que conste a los efectos oportunos, firmo la presente en Cáceres, a 28 de Septiembre de 2020.

El “Certifica” del director de la tesis consta en el original en papel de esta Tesis Doctoral

Dr. D. JORGE PÉREZ GÓMEZ

Esta Tesis Doctoral ha sido desarrollada en el marco del proyecto “Coste-efectividad de un programa de ejercicio físico de realidad virtual sobre el envejecimiento cerebral y motor en fibromialgia”, cofinanciado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad (número de referencia DEP2015-70356) en el marco del Plan Nacional Español de I+D+i

AGRADECIMIENTOS

Decía Steve Jobs en su famoso discurso de Stanford que a veces miramos hacia atrás y vemos cómo claramente se pueden unir los puntos que nos han llevado hasta el presente.

Si yo miro hacia atrás compruebo que, aquella tesis con la que soñaba en mi cabeza cuando empecé, poco o nada tiene que ver con la que hoy presento con estas líneas. Y dejo constancia de ello para recordarme a mí mismo que a veces en la vida las cosas no salen como uno quiere o las tenía planeadas desde el principio. Pero que a pesar de todo y de todos, es necesario persistir y nunca desistir para, sea como sea, alcanzar los objetivos que uno se marca. Cueste lo que cueste. Después de todo, parafraseando a C.W. Lewis, *“las dificultades preparan a personas comunes para destinos extraordinarios”*.

A lo largo de todo el proceso que supone elaborar una tesis doctoral se producen muchos cambios en tu vida. Cinco años dan para mucho. Ni uno es el mismo de entonces, ni los que tiene alrededor lo son. Algunos por elección propia. Otros, porque nos dejaron en este tiempo. Pero todos forman parte de mí. A todos ellos, y a los que siguen a mi lado, van dirigidos estos agradecimientos.

En primer lugar, a las personas más importantes de mi vida:

A vosotros, papá y mamá: por vuestro amor incondicional. Por inculcarme valores de superación, esfuerzo y trabajo. Por apoyarme y animarme a seguir para cumplir mis sueños y objetivos. Por no bajar nunca los brazos y reponernos y levantarnos juntos ante cualquier adversidad. En definitiva, por dármelo todo, siempre. Gracias en mayúsculas.

A mi hermano, Antonio José. Por estar siempre ahí. Por ser mi referente y ejemplo a seguir. Sobre todo de constancia, perseverancia y sacrificio.

A ti, La. Por haber sido en estos años la luz que iluminaba mi vida. Por acompañarme en casi todo el camino, apoyarme y haber aguantado cualquier estado de ánimo y circunstancia. Gracias.

A mi familia: los que están, los que estuvieron y los que nos dejaron; por regalarme la más feliz de las infancias y por llenar mi cabeza, hasta hoy, de momentos y recuerdos eternos.

También quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis, Jorge Pérez. Sobre todo por plantar en mí, hace más de 7 años, la semilla del gusto por la investigación. Gracias por acompañarme en este camino en el que, creo, hemos aprendido de lo que hasta entonces era algo desconocido para los dos. Ambos hemos realizado un viaje conjunto de continuo aprendizaje. Tú de dirección y yo de realización de la tesis. Nos hemos encontrado muchas piedras en este camino que ahora llega a su fin. Pero de eso se trata. Analizar, aprender y mejorar. Pura ciencia.

Gracias también a mis compañeros del Grupo AFYCAV: a Narcis, sin cuyo respaldo no habría podido trabajar en el laboratorio y llegar hasta aquí; a Mocholi, Farias, Arkaitz y Adsuar, por enseñarme en mis primeros pasos; a Faico, por su ayuda, las risas y los buenos momentos durante los largos días de mediciones; a Dani, por ser fuente infinita y desinteresada de información, conocimiento y ayuda. Y especialmente a Santos, por ser más que compañero y amigo, implicarse en mi trabajo y estar siempre cuando lo he necesitado aun teniendo mil cosas más por delante. Sin ti no habría conseguido llegar hasta el final. Te estaré siempre agradecido.

Por otro lado, quiero dejar constancia de mi agradecimiento eterno a lo que me ha dado la vida en todo este tiempo; sacándome sonrisas, compartiendo momentos y experiencias inolvidables, y proporcionándome la más sincera y absoluta felicidad: mis niñas y jugadoras del CP. Licenciados Reunidos. A ellas y a sus familias. Porque su cariño, reconocimiento y agradecimiento me han alimentado hasta en el peor de los momentos.

A mis compañeros del Club durante todos estos años: Paco, Antonio, Fran, Javi, Luis, Carlos... Por compartir tanto tiempo y experiencias en esa fiebre que tanto nos apasiona. A mis dos Antonias (Amalia y Raquel), por sus siempre necesarias y divertidas charlas en nuestro Consejo de Sabios. Y especialmente a mis dos mosqueteros, Manolo y Guille. Por llevar el término amistad a su máximo exponente. Por compartir conversaciones, viajes, partidos, entrenamientos, problemas y soluciones.

A mis CAFYDES, los que conocí allá por 2010 cuando empezábamos la aventura más importante de nuestras vidas y a día de hoy siguen ahí, cerquita y conmigo. María, Paula, Chule, Mancha, Pedro, Portu, Sergio, Jordan, Alberto, Manolo y Santos. Gracias por ser los protagonistas de una historia, nuestra historia, a la que aún le quedan muchos capítulos por escribir.

A mis compañeros del Colegio Licenciados Reunidos. Por acogerme y descubrirme el apasionante mundo de la educación durante los últimos años de realización de la tesis.

A mis amig@s. Por mantener la esencia de la amistad a pesar de la distancia. Por demostrar que Cáceres puede no estar lejos de Almendralejo, Madrid, Barcelona, Inglaterra o cualquier parte del mundo si hay un vínculo sincero que los une.

A toda la gente que me quiere y sienta esta alegría como suya. Gracias de corazón.

“Fui a los bosques porque deseaba vivir deliberadamente. Hacer frente sólo a los hechos esenciales de la vida. Y ver si era capaz de aprender todo lo que ella me tenía que enseñar. Quise vivir profundamente y desechar todo aquello que no fuera vida. No quería descubrir, a la hora de la muerte, que no había vivido”

H.D. Thoreau

Esta tesis doctoral se presenta como un compendio de publicaciones de cinco artículos científicos que conforman el cuerpo de la misma, de los cuales tres han sido publicados en revistas indexadas en el Journal Citation Report (JCR) y dos en revistas nacionales. A continuación, presentamos dichos trabajos:

ARTÍCULO N°1

- **Martín-Martínez JP**, Collado-Mateo D, Domínguez-Muñoz FJ, Villafaina S, Gusi N, Pérez-Gómez J (2019). Reliability of the 30-s Chair Stand Test in Women with Fibromyalgia. *Int J Environ Res Public Health*. 16(13):2344.

Cuartil: Q2 **Factor de Impacto:** 2,849

ARTÍCULO N°2

- **Martín-Martínez JP**, Villafaina S, Pérez-Gómez J (2020). Análisis del patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia. *Revisión Sistemática*. (2020) JONNPR. ACEPTADO (14-07-2020)

ARTÍCULO N°3

- **Martín-Martínez JP**, Villafaina S, Collado-Mateo D, Fuentes-García JP, 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. *Physiol Behav*. Sep 18:113171. doi: 10.1016/j.physbeh.2020.113171. Epub ahead of print. PMID: 32956683

Cuartil: Q2 **Factor de Impacto:** 2,826

ARTÍCULO N°4

- **Martín-Martínez JP**, Villafaina S, Collado-Mateo D, Gusi N, Pérez-Gómez J (2019). Efectos de un programa de intervención basado en Exergames en el patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia. Archivos de Medicina del Deporte. EN REVISIÓN.

ARTÍCULO N°5

- **Martín-Martínez JP**, Villafaina S, Collado-Mateo D, Pérez-Gómez 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. Scand J Med Sci Sports. 29(10):1610-1617

Cuartil: Q1

Factor de Impacto: 3,255

ÍNDICE

ABREVIATURAS	19
ÍNDICE DE TABLAS	21
ÍNDICE DE FIGURAS	23
ÍNDICE DE ANEXOS	25
RESUMEN	27
ABSTRACT	31
INTRODUCCIÓN	35
<u>PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE COHERENCIA E IMPORTANCIA UNITARIA DE LA TESIS</u>	37
<u>INTRODUCCIÓN GENERAL COMÚN</u>	39
HIPÓTESIS	47
OBJETIVOS	51
<u>OBJETIVOS GENERALES</u>	53
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	53
METODOLOGÍA	55
<u>DISEÑOS</u>	57
<u>MUESTRA</u>	61
<u>INSTRUMENTOS</u>	62
<u>PROGRAMA DE INTERVENCIÓN</u>	65
<u>ESTADÍSTICA</u>	67
RESUMEN GLOBAL ESTRUCTURADO DE LOS ARTÍCULOS	71
❖ <u>ARTÍCULO Nº1. RELIABILITY OF THE 30 S CHAIR STAND TEST IN WOMEN WITH FIBROMYALGIA</u>	73
❖ <u>ARTÍCULO Nº2. ANÁLISIS DEL PATRÓN DE LA MARCHA EN MUJERES CON FIBROMIALGIA. REVISIÓN</u>	
<u>SISTEMÁTICA</u>	78
❖ <u>ARTÍCULO Nº3. IMPACT OF COGNITIVE TASKS ON BIOMECHANICAL AND KINEMATIC PARAMETERS OF GAIT IN</u>	

<u>WOMEN WITH FIBROMYALGIA: A CROSS-SECTIONAL STUDY</u>	84
❖ ARTÍCULO N°4. <u>EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN BASADO EN EXERGAMES EN EL PATRÓN DE LA MARCHA EN MUJERES CON FIBROMIALGIA</u>	87
❖ ARTÍCULO N°5. <u>EFFECTS OF 24-WEEK EXERGAMES INTERVENTION ON PHYSICAL FUNCTION UNDER SINGLE- AND DUAL-TASK CONDITIONS IN FIBROMYALGIA: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL</u>	92
DISCUSIÓN GENERAL	97
<u>RELACIÓN ENTRE LOS ARTÍCULOS</u>	99
<u>INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</u>	104
IMPLICACIONES PRÁCTICAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO	111
LIMITACIONES	115
FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	119
CONCLUSIONES	123
CONCLUSIONS	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	147
❖ ANEXO 1. <u>ARTÍCULO N°1: RELIABILITY OF THE 30 s CHAIR STAND TEST IN WOMEN WITH FIBROMYALGIA</u>	149
❖ ANEXO 2. <u>ARTÍCULO N°2: ANÁLISIS DEL PATRÓN DE LA MARCHA EN MUJERES CON FIBROMIALGIA. REVISIÓN SISTEMÁTICA</u>	161
❖ ANEXO 3. <u>ARTÍCULO N°3: IMPACT OF COGNITIVE TASKS ON BIOMECHANICAL AND KINEMATIC PARAMETERS OF GAIT IN WOMEN WITH FIBROMYALGIA: A CROSS-SECTIONAL STUDY</u>	185
❖ ANEXO 4. <u>ARTÍCULO N°4: EFECTOS DE UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN BASADO EN EXERGAMES EN EL PATRÓN DE LA MARCHA EN MUJERES CON FIBROMIALGIA</u>	189
❖ ANEXO 5. <u>ARTÍCULO N°5: EFFECTS OF 24-WEEK EXERGAME INTERVENTION ON PHYSICAL FUNCTION UNDER SINGLE- AND DUAL-TASK CONDITIONS IN FIBROMYALGIA: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL</u>	208

ABREVIATURAS

ACR: *American College of Rheumatology*, Colegio Americano de Reumatología

ANOVA: *Analysis Of Variance*, Análisis de la Varianza

AVC: Actividades de la Vida Cotidiana

CBO: *Dutch Institute for Healthcare Improvement*, Instituto Holandés para la Mejora de la Asistencia Sanitaria

CF: Condición Física

30-CST: *30-seconds Chair Stand Test*, Test de 30 segundos de levantarse y sentarse de una silla

DT: *Dual Task*, Tareas Duales

FAB: *Functional Assessment of Biomechanics*, Medida Funcional Biomecánica

FIQ: *Fibromyalgia Impact Questionnaire*, Cuestionario sobre el impacto de la fibromialgia

FM: Fibromialgia

GC: Grupo Control

GE: Grupo Experimental

ICC: *Intraclass Correlation Coefficient*, Coeficiente de Correlación Intra-clase.

IP: *Impulse Phase*, Fase de Impulso

ISRCTN: *International Standard Randomised Controlled Trial Number*, Registro Internacional Estándar de Ensayos Controlados Aleatorizados

JCR: *Journal Citation Reports*

10-MWT: 10-Meters Walking Test, Test de 10 metros caminando

NCP: *Non-Contact Phase*, Fase de No-Contacto o Aérea

PEDro: *Physiotherapy Evidence Database*, Base de Datos de Evidencia en Fisioterapia

PICOS: *Participants, Interventions, Comparisons, Outcomes, Study Design*, Participantes (características), Intervención, Comparación entre grupos, Resultados Obtenidos y Diseño del Estudio

PRISMA: *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses*, Informe de Elementos Preferentes para las Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis.

ROM: *Range of Motion*, Rango de Movimiento

SEM: *Standard Error of Measurement*, Error Estándar en la Medida

SRD: *Smallest Real Difference*, Mínima Diferencia Real

TUG: Timed-up and Go, Test que consiste en levantarse de una silla, recorrer una distancia de 3 metros, girar alrededor de una señal y volver de nuevo a la silla lo más rápido posible.

VAS: *Visual Analog Scale*, Escala Visual Analógica

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SESGO Y NIVEL DE EVIDENCIA DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS EN EL ARTÍCULO N°2	59
TABLA 2. TAMAÑO Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	61
TABLA 3. T-TEST ENTRE EL TEST Y EL RETEST Y ANÁLISIS DE FIABILIDAD DEL 30-CST.....	75
TABLA 4. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO Y MIEDO DE SUFRIR CAÍDAS Y VARIABLES CINEMÁTICAS DEL 30-CST	75
TABLA 5. VARIABLES, CARACTERÍSTICAS DE LOS TEST Y EFECTOS (I) DEL ARTÍCULO N°2.....	80
TABLA 6. VARIABLES, CARACTERÍSTICAS DE LOS TEST Y EFECTOS (II) DEL ARTÍCULO N°2	81
TABLA 7. DIFERENCIAS EN EL RENDIMIENTO Y EL PATRÓN MOTOR ENTRE CONDICIONES SIMPLES Y DUALES EN EL 10-MWT.	85
TABLA 8. EFECTOS DEL PROGRAMA DE INTERVENCIÓN EN EL PATRÓN DE LA MARCHA BAJO CONDICIONES SIMPLES	88
TABLA 9. EFECTOS DEL PROGRAMA DE INTERVENCIÓN EN EL PATRÓN DE LA MARCHA BAJO CONDICIONES DUALES	89
TABLA 10. EFECTOS DEL PROGRAMA DE INTERVENCIÓN EN LA CONDICIÓN FÍSICA BAJO CONDICIONES SIMPLES	93
TABLA 11. EFECTOS DEL PROGRAMA DE INTERVENCIÓN EN LA CONDICIÓN FÍSICA BAJO CONDICIONES DUALES	94

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. REPRESENTACIÓN DISPOSICIÓN DE LOS SENSORES DEL FAB.	64
FIGURA 2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS SESIONES	65
FIGURA 3. NÚMERO DE ESTUDIOS QUE ESTUDIAN CADA VARIABLE	79
FIGURA 4. CONTRIBUCIÓN DE LOS ARTÍCULOS AL CONTENIDO DE LA TESIS.....	99
FIGURA 5. RELACIÓN ENTRE LOS ARTÍCULOS QUE COMPONEN LA TESIS	101

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ARTÍCULO Nº1: RELIABILITY OF THE 30 S CHAIR STAND TEST IN WOMEN WITH FIBROMYALGIA	149
ANEXO 2. ARTÍCULO Nº2: ANÁLISIS DEL PATRÓN DE LA MARCHA EN MUJERES CON FIBROMIALGIA. REVISIÓN SISTEMÁTICA.....	161
ANEXO 3. ARTÍCULO Nº3: IMPACT OF COGNITIVE TASKS ON BIOMECHANICAL AND KINEMATIC PARAMETERS OF GAIT IN WOMEN WITH FIBROMYALGIA: A CROSS-SECTIONAL STUDY	185
ANEXO 4. ARTÍCULO Nº4: EFECTOS DE UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN BASADO EN EXERGAMES EN EL PATRÓN DE LA MARCHA EN MUJERES CON FIBROMIALGIA.....	189
ANEXO 5. ARTÍCULO Nº5: EFFECTS OF 24-WEEK EXERGAME INTERVENTION ON PHYSICAL FUNCTION UNDER SINGLE- AND DUAL-TASK CONDITIONS IN FIBROMYALGIA: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL.....	208

RESUMEN

Introducción: La fibromialgia es una enfermedad reumatológica, que afecta fundamentalmente a mujeres, cuyos síntomas asociados más relevantes como dolor muscularto-articular, rigidez, alteraciones cognitivas y déficits motrices provocan alteraciones en el patrón motor y bajos niveles de condición física en las personas que la sufren. Esto genera una gran dificultad para realizar sus actividades de la vida cotidiana, lo que repercute negativamente en su calidad de vida relacionada con la salud.

Para abordar esta problemática, la valoración y evaluación de estos dos elementos (patrón motor y condición física) bajo condiciones lo más parecidas posibles a las que se encuentran los sujetos en su día a día resultan de gran importancia en la gestión de sus tratamientos. Es por ello por lo que se recurre a las evaluaciones bajo las denominadas “*Dual Tasks*” o tareas duales, que aúnan el desempeño motriz y cognitivo de manera simultánea.

Además, las personas que sufren fibromialgia tienden a adoptar estilos de vida muy sedentarios que no benefician en nada el pronóstico de su enfermedad. En este sentido, las terapias basadas en actividad física han resultado ser muy útiles, aunque la baja adherencia a las mismas es el principal hándicap encontrado en la literatura científica sobre este tipo de tratamientos. En este contexto surgen los conocidos como “*Exergames*”, programas de actividad física basados en realidad virtual que resultan motivantes y efectivos en este tipo de poblaciones. Sin embargo, hasta la fecha no se han estudiado sus efectos bajo condiciones duales sobre el patrón motor y la condición física en mujeres con fibromialgia.

Objetivos: Los objetivos principales propuestos para esta tesis doctoral en base a dichos antecedentes fueron los siguientes: 1) aumentar el conocimiento sobre el análisis y la

evaluación del patrón motor en mujeres con fibromialgia; 2) analizar el impacto de las tareas duales en el patrón motor y condición física relacionados con las actividades de la vida cotidiana, y cómo esto puede afectar a la calidad de vida de mujeres con fibromialgia; 3) estudiar el efecto de un programa de intervención basado en realidad virtual o *Exergames* en diferentes variables relacionadas con la capacidad funcional y la calidad de vida de mujeres con fibromialgia.

Metodología: Un total de cinco artículos componen la presente tesis doctoral. En primer lugar se realizó un análisis de fiabilidad del *30- seconds chair stand test*, un test que consiste en sentarse y levantarse de una silla el máximo número de veces posible en 30 segundos, desde el punto de vista de la duración de las fases del movimiento durante la prueba. Vista la información tan valiosa que el análisis del movimiento nos podía revelar, en segundo lugar realizamos una revisión sistemática sobre el análisis del patrón motor en mujeres con fibromialgia centrado la marcha, por su presencia en gran cantidad de actividades de la vida cotidiana. A continuación, en el tercero de los artículos, evaluamos el impacto que las tareas duales ejercían sobre la marcha en el *10-meters walking test*, una prueba que consiste en recorrer 10 metros en el menor tiempo posible. Por último, los otros dos artículos resultaron del ensayo controlado aleatorizado que realizamos durante 24 semanas en el que aplicamos un programa de intervención basado en realidad virtual y analizamos sus efectos en el patrón motor y en la condición física en mujeres con fibromialgia bajo condiciones simples y duales. La población total que tomó parte en esta tesis doctoral fue de 121 mujeres, todas ellas con fibromialgia.

Resultados: Los resultados encontrados en los cinco artículos que componen esta tesis fueron los siguientes: a) el análisis de fiabilidad del *30 – seconds chair stand test* mostró buena fiabilidad atendiendo a la duración de las fases del movimiento, y además éstas

muestran una alta correlación con el miedo a sufrir caídas; b) nuestra revisión reveló que las mujeres con fibromialgia muestran un patrón motor alterado durante la marcha, lo que puede acarrear un mayor riesgo de sufrir caídas y un descenso en la habilidad para realizar actividades de la vida cotidiana; c) las tareas duales empeoran el rendimiento y alteran el patrón motor cuando el factor velocidad está presente; d) un programa de intervención de 24 semanas basado en realidad virtual produce mejoras en la condición física y en el patrón motor de mujeres con fibromialgia tanto bajo condiciones simples como duales, lo que contribuye a mejorar su capacidad funcional y, en consecuencia, su calidad de vida. Por tanto, en base a estos resultados, esta tesis doctoral contribuye al aumento del conocimiento sobre el análisis del patrón motor en mujeres con fibromialgia, la importancia de la evaluación bajo el paradigma de las tareas duales y la efectividad de un programa de ejercicio físico basado en realidad virtual no inmersiva tanto en la condición física como en el patrón de la marcha de mujeres con esta enfermedad, contribuyendo a la búsqueda de la mejora de su calidad de vida.

Palabras clave: Exergames, calidad de vida, actividades vida cotidiana, riesgo caídas, marcha, cinemática

ABSTRACT

Introduction: Fibromyalgia is a rheumatologic disease, which mainly affects women, whose most common symptoms such as muscle-joint pain, stiffness, cognitive disorders and motor deficits, may cause alterations in motor pattern and low levels of physical function for those suffering from it. . This creates great difficulty in carrying out their daily living activities, which negatively affects their health-related quality of life.

To address this problem, the evaluation of both motor pattern and physical function under conditions as close as possible to those that the subjects encounter in their day-to-day life are of great importance to the management of their treatments. That is why evaluations are used under the so-called "Dual Tasks", which simultaneously combine motor and cognitive performance.

Furthermore, patients suffering from fibromyalgia tend to adopt very sedentary lifestyles that do not benefit the prognosis of their disease. On the contrary, therapies based on physical activity have proven to be very useful, yet low adherence is the main handicap found in the recent scientific literature on this type of treatment. Within this context, interventions programs based on virtual reality, also known as Exergames, became the preferred way to implement a physical activity therapy that was more attractive and effective for the target group. However, to our knowledge, its effects under simple and dual task conditions on the motor pattern and physical condition in women with fibromyalgia have not yet been studied.

Objectives: The main objectives proposed for this doctoral thesis based on this backgrounds information as previously cited were as follows: 1) Increase knowledge about the analysis and evaluation of motor pattern in women with fibromyalgia; 2) Analyze the impact of dual tasks on motor pattern and physical function linked to daily

living activities and its consequences in the quality of life in women with fibromyalgia; 3) Check the effects of an Intervention programs based on virtual reality or Exergames on different variables related to functional capacity and quality of life of women with fibromyalgia.

Methodology: A total of five papers have been included in this doctoral thesis. First at all, a reliability analysis of the 30-seconds chair stand test was carried out. This test consists of sitting and getting up from a chair as many times as possible in thirty seconds. Our reliability analysis was focused on the duration of the different movements phases in that test. Given the valuable information revealed by the analysis of movement, in the second paper we achieved a systematic review about the walking motor pattern in women with fibromyalgia, due to the presence of walking in daily living activities. Then, in the third article, we evaluated the impact of dual tasks on walking in the 10- meters walking test, which consist of covering a distance of ten meters as fast as possible. Finally, the other two papers resulted from a 24-week randomized controlled trial in which we applied an intervention program based on virtual reality, and analyzed its effects on motor pattern and physical function in women with fibromyalgia under single and dual task conditions. The total sample that took part in the current doctoral thesis were composed by 121 women, all of them suffering from fibromyalgia.

Results: The most important results obtained in our five articles were as follows: a) the reliability analysis of the 30- seconds chair stand test indicated a good reliability concerning the duration of the movement phases in the test. A good correlation between this variable and the fear of falling were also found; b) our systematic review revealed that women with fibromyalgia displayed an altered walking motor pattern, which may carry an increased risk of falling and a decrease in the ability to perform daily living activities; c)

dual tasks worsen performance and alter the walking motor pattern when the component of speed is present; d) a 24- week intervention program based on virtual reality produces improvements in both physical function and motor pattern in women with fibromyalgia under both simple and dual tasks conditions, which contributes to an enhancement of their functional capacity and, consequently, their quality of life. Thus, based on these results, this doctoral thesis contributes to increasing knowledge about motor pattern analysis in women with fibromyalgia, the importance of performing the evaluation under the dual task paradigm and the effectiveness of an intervention program of physical activity based on non-immersive virtual reality on both physical function and walking motor pattern on women with fibromyalgia, enables further research for the improvement in the quality of life for those who suffer from fibromyalgia.

Keywords: Exergames, quality of life, daily living activity, risk falling, walking, analysis of movement, kinematic.

INTRODUCCIÓN

Presentación y Justificación de coherencia e importancia unitaria de la tesis.

Esta tesis doctoral se rige por el artículo 46 de la Normativa de Estudios de Doctorado, presentándose como un compendio de publicaciones. En concreto se han producido un total de cinco artículos científicos que han sido publicados en diferentes revistas nacionales e internacionales. De esos cinco artículos, uno es una revisión sistemática, dos son estudios transversales (de los cuales uno es un estudio de fiabilidad y el otro un estudio observacional) y otros dos son estudios basados en un ensayo controlado aleatorizado.

Todos ellos se articulan y relacionan entre sí siguiendo un orden lógico y coherente a través del cual ha tomado forma esta tesis, tal y como indica la Normativa en cuestión.

En primer lugar, se realizó un estudio transversal de fiabilidad del “30-seconds chair stand test” (30-CST), un test aplicado a la evaluación de la condición física en poblaciones con dolor crónico, como es el caso de la fibromialgia (FM). Dicho análisis de fiabilidad sólo había sido evaluado respecto al número de repeticiones en el test. La aportación de nuestro artículo fue validarlo a partir del análisis de las fases del movimiento durante la ejecución de la prueba. Además de obtener buenos resultados al respecto, este estudio sirvió para señalar la importancia que tiene el análisis del movimiento y la información tan valiosa que puede arrojar respecto a registrar únicamente los datos cuantitativos del test. En consecuencia, procedimos a realizar una revisión sistemática sobre todos aquellos estudios publicados que hubieran realizado un análisis del patrón motor en mujeres con FM. Concretamente nos centramos en la marcha, por tratarse de una actividad de una enorme relevancia en las actividades de la vida cotidiana (AVC). El conocimiento generado a través de la realización de este artículo nos guió hacia el segundo de los estudios transversales. Así, la revisión nos reveló que el patrón de la marcha en mujeres con FM

sufre alteraciones que se deben, en gran medida, a muchos de los síntomas de esta enfermedad. Y además, también se la considera una actividad con una alta implicación cognitiva. Por tanto, el siguiente estudio que realizamos fue un análisis transversal del patrón de la marcha durante el test de 10 metros caminando (10-MWT). Este análisis fue realizado en condiciones simples y en condiciones duales, como veremos más adelante en este documento. De tal forma que valoramos las diferencias que se producían en el movimiento tanto cuando los sujetos se centraban tan sólo en la acción motriz, como cuando tenían que realizar de manera simultánea una actividad cognitiva.

Por último, con todo el conocimiento generado durante el proceso anterior, y plasmado en los tres primeros artículos de esta tesis, el último paso fue realizar un programa de intervención basado en ejercicio físico a través de un programa de realidad virtual. En el que, además, se considerase la influencia de las tareas duales (DT) en la evaluación de la condición física y del patrón motor. Se realizaron ensayos controlados aleatorizados antes y después de dicho programa, y de este proceso resultaron los últimos dos artículos científicos que conforman el cuerpo de la tesis. Uno centrado en los efectos del programa en las variables relacionadas con la condición física y, el otro, en las que analizaban el patrón del movimiento. Estas dos últimas investigaciones, además, fueron registradas previamente en el *International Standard Randomised Controlled Trial Number* (ISRCTN) con número de registro ISRCTN65034180.

Por tanto, como se desprende de lo que acabamos de explicar, las cinco publicaciones tienen un claro nexo de unión y una secuenciación lógica que le aportan coherencia y carácter unitario al documento que pasamos a desarrollar con detalle en los siguientes apartados.

Para ello, abordaremos una introducción general común que desarrolle todos los conceptos e informaciones que contextualicen y profundicen en todo lo que acabamos de explicar.

Introducción General Común

La FM es una enfermedad crónica de origen desconocido caracterizada por baja tolerancia al dolor músculo-articular (1, 2). Es la segunda enfermedad reumatológica más común, afectando al 2% de la población general de entre 18 y 65 años (3). Su prevalencia entre los países europeos, de acuerdo con los criterios establecidos por la American College of Rheumatology (ACR) en 2010, oscila entre el 2.9% y el 4% (4), y es más común en mujeres que en hombres, con un ratio de 22:1 (5). En España, en torno al 4.2% de mujeres sufren FM, mientras que se estima que es un 0.2% la afectación en los hombres. Los pacientes son diagnosticados de acuerdo a una serie de criterios establecidos por la ACR (6). Concretamente se establecen cuatro criterios principales, como son: 1) tener dolor generalizado en al menos 4-5 zonas de las establecidas por la ACR; 2) presentar síntomas a niveles similares durante al menos tres meses; 3) obtener un resultado en el índice de dolor generalizado igual o superior a siete (sobre diecinueve) e igual o superior a cinco (sobre nueve) en la escala de severidad de los síntomas; o bien una puntuación de entre cuatro y seis en el índice de dolor e igual o superior a nueve para la escala de severidad de los síntomas; 4) el diagnóstico de la FM no es excluyente para padecer otro tipo de patología reumatológica o de cualquier otra naturaleza.

Entre la nómina de síntomas asociados que la literatura científica atribuye a este síndrome encontramos los siguientes: rigidez (1), fatiga y debilidad muscular (2), trastornos del sueño (7), depresión y ansiedad (8), alteraciones en el equilibrio (9), alto riesgo de caídas (9), alteraciones cognitivas (10), déficits sensoriales y motrices (11, 12) y niveles muy pobres de condición física (CF) (13). De hecho, algunos estudios revelan que los pacientes con FM muestran niveles de CF más bajos que sujetos sanos (14) y similares a los de

personas de avanzada edad (15). Como consecuencia de todo esto, las personas que sufren FM suelen experimentar dificultades para realizar sus AVC y, por ende, presentan una reducción en su calidad de vida relacionada con la salud (16).

Para tratar de hacer frente a esta situación se han aplicado diferentes tipos de terapias, que estudios recientes clasifican en dos grupos: farmacológicas y no farmacológicas (2, 17).

En el primer grupo encontramos tratamientos basados en la ingesta de diferentes sustancias como la ciclobenzaprina (18), hormona del crecimiento (19), antiinflamatorios (20) o diferentes tipos de opioides (21). Sin embargo, todos estos estudios coinciden en que este tipo de tratamientos producen una gran cantidad de efectos secundarios y contraindicaciones de alto riesgo que hacen que, además de que las mejoras en los síntomas no sean sustanciales porque no actúan en todos ellos por igual, los pacientes acaben abandonándolos.

Es por ello por lo que los tratamientos basados en terapias no farmacológicas han ganado mucho peso en la lucha por paliar algunos de los síntomas característicos de la FM. Además de por la ausencia de efectos secundarios, también por mostrar una mayor eficacia en mayor número de síntomas simultáneamente (21). Además, los estudios que analizan los efectos de este tipo de tratamientos recogen información sobre variables que son de gran interés en nuestro campo, como la actividad física, la CF o el riesgo de sufrir caídas, entre otros (19). Así, encontramos en la literatura científica terapias como la acupuntura (22), la vibración en cuerpo completo (23) o la incorporación de suplementos alimenticios en la dieta tales como la creatina (24), el *Reishi* (25) o la vitamina D (26). Todos ellos han conseguido beneficios en pacientes con FM, fundamentalmente en los niveles de dolor, calidad del sueño y mejora de CF. Sin embargo, numerosos autores señalan a la realización de ejercicio físico como una de las principales y más beneficiosa

de las terapias (2, 27-29), señalándola como una herramienta efectiva de promoción de la salud y mejora de la calidad de vida (27). Son múltiples las ventajas que este tipo de tratamientos ofrecen al paciente con FM. En primer lugar, el hecho de que la habilidad para realizar tareas de la vida cotidiana esté basada en la actividad física y condicionada por la CF, hace que la transferencia entre la realización de estas terapias y la vida real sea muy alta (15, 28). Además, diversos estudios han demostrado que se consigue una reducción en los índices de dolor y provocan alteraciones en la biomecánica del movimiento que contribuye a mejorar la capacidad funcional de los pacientes, favoreciendo que puedan realizar AVC reduciendo el riesgo de lesión (13, 30, 31). En consecuencia, todo ello provoca una mejora sustancial en su calidad de vida relacionada con la salud (32).

Dentro de las diferentes posibilidades que el ejercicio físico ofrece, caminar ha sido una de las terapias más recomendadas (33). Sin embargo, los déficits funcionales y la debilidad muscular en el tren inferior característico de la población con FM pueden influir en la habilidad de realizar esta actividad de manera segura sin que exista riesgo de lesión (31). Por tanto, es necesario conocer los factores de riesgo y grados de afectación de la enfermedad para poder prescribirlo y adaptarlo a las necesidades individuales de cada sujeto (29). En relación con esto, los grupos de pacientes con FM creados por el cumplimiento de los criterios que comentábamos al principio de este epígrafe han resultado ser muy heterogéneos, existiendo la necesidad de realizar diferentes subdivisiones para abordar con mayor efectividad los tratamientos (34), como señalábamos anteriormente. Estas subdivisiones se han realizado en función de variables relacionadas con la depresión, ansiedad, características cognitivas o sensibilidad al dolor (35). Pero estudios más recientes se basan, para identificar subgrupos de la enfermedad, en

biomarcadores donde precisamente el análisis de la marcha es uno de los más destacados (34, 36). Varios estudios avalan esta actividad como herramienta de valoración de la enfermedad por diversas razones. En primer lugar, por tener una alta implicación cognitiva (37), hasta el punto de que una baja velocidad al caminar ha sido identificado como un marcador de deterioro cognitivo (38). Además, otros síntomas característicos de la FM como la depresión o la ansiedad influyen negativamente en la marcha, posiblemente por la reducción en la atención sobre el patrón motor que dichos síntomas provocan (39). Por tanto, su análisis constituye una herramienta clínica muy relevante que puede proporcionar información tanto de patologías motoras (40, 41) como del comportamiento del dolor y el estado físico y cognitivo de personas con FM (34, 42).

Este análisis, además, cobra más importancia aún si atendemos a diferentes estudios que señalan que las personas con esta patología muestran alteraciones en parámetros relacionados con el patrón motor de la marcha como la velocidad, longitud del paso o el rango de movimiento (ROM) de articulaciones como cadera, rodilla o tobillo que provocan que tengan gran dificultad para desarrollar esas actividades cotidianas a las que hemos hecho mención con anterioridad (43-45).

Además, según estudios recientes, estas actividades suelen implicar la habilidad para realizar una tarea motriz principal mientras la atención se centra de manera simultánea en una fuente externa de carácter cognitivo o emocional, lo que supone focalizar la atención en dos tareas a la vez (46, 47). Este paradigma es conocido como DT o “*dual task*” . Según este paradigma, si se limita la capacidad atencional, la habilidad para llevar a cabo una tarea de manera eficiente disminuye (48, 49). Este fenómeno ocurre también en sujetos sanos, pero se vuelve más pronunciado en personas de avanzada edad y en pacientes con enfermedades neurológicas o reumatológicas, como es el caso de la FM

(50). Y, en este caso, lo más importante es que aumenta el riesgo de sufrir una caída y la pérdida de independencia de los pacientes se acrecienta notablemente (51).

Este hecho, junto con la dificultad para desarrollar las AVC a la que hemos hecho referencia a lo largo de toda la introducción, hacen que los pacientes con FM sufran un fuerte descenso en su calidad de vida, que es precisamente lo que queremos combatir con los estudios realizados en esta tesis doctoral.

El impacto de las DT ha sido evaluado en diferentes poblaciones, como pacientes con Parkinson (52), esclerosis múltiple (53), personas de avanzada edad (51, 54) y en la propia FM (55). Sin embargo, su impacto en la ejecución de test estandarizados se ha realizado en términos de rendimiento, es decir, en cuanto a los resultados cuantitativos de las pruebas (números de repeticiones, tiempo final, etc.). Nosotros en esta tesis, además de estas variables, vamos a analizar también el impacto de las DT en términos cualitativos en cuanto a parámetros relacionados con el análisis del movimiento durante la ejecución de dichos test, para comprender mejor qué ocurre para que se originen esos resultados cuantitativos, que por lo general serán peores que los obtenidos por sujetos sanos, como veremos más adelante.

Recapitulando toda la información hasta este punto, se entiende que las alteraciones cognitivas y motrices que sufren las personas con FM, sumados a los síntomas que hemos destacado con anterioridad, provocan que la realización de ejercicio físico y de las propias AVC en general, supongan una dificultad extraordinaria para esta población. Y, en consecuencia, los pacientes con esta enfermedad tienden a adoptar estilos de vida muy sedentarios (56, 57) que pueden ocasionar a su vez mayores alteraciones físicas que se traducen en disminución en la movilidad y en la capacidad funcional (36); alteraciones en el paso y pérdidas en valores de fuerza, resistencia y equilibrio (45). A estos hechos se le

suma la baja adherencia de los pacientes con FM a terapias basadas en ejercicio físico a pesar de que, como indicábamos, resultan altamente recomendables (58, 59). Es por eso por lo que se han buscado nuevas fórmulas que resulten más atractivas y motivantes para los sujetos y así poder aprovecharse de todos los beneficios que este tipo de terapias plantea para la población con FM. Y es en este contexto donde surgen los conocidos como “*Exergames*”, que consisten en programas que combinan la realidad virtual y el ejercicio físico (60, 61).

Estos programas emergentes son implementados a través de videojuegos basados en diferentes tipos de tecnologías (cámaras, sensores, controles remoto, gafas de realidad virtual...) en donde los usuarios deben interactuar a través del movimiento con las imágenes creadas, permitiendo la mejora de sus funciones motoras y cognitivas (62, 63). Comúnmente se tiende a asociar la realidad virtual con gafas o dispositivos similares totalmente inmersivos, pero también se pueden implementar y presentar a través de pantallas, ordenadores o proyectores (64, 65). De esta forma, con pantallas o proyecciones a tamaño real se consigue recrear una experiencia más inmersiva que aumente el sentimiento de presencia en el mundo virtual, pero a su vez permite proporcionar feedback externo del mundo real (66, 67). Las terapias que usan este tipo de programas, según diversos estudios, presentan ventajas frente a los ejercicios convencionales como las siguientes:

- Fomentan la introducción a la práctica de entrenamiento basado en ejercicio físico (68) y, además, consiguen que los pacientes lo realicen durante más tiempo con menor percepción de esfuerzo (69).
- Brindan feedback e información continua e inmediata en tiempo real a los participantes sobre su desempeño y rendimiento en la acción que realizan (70).

- Dicho proceso de retroalimentación o feedback resulta muy útil en el proceso de mejora y aprendizaje motor (71), fundamental en pacientes con FM al presentar alteraciones en su patrón motor, como comentamos anteriormente.
- Aumentan el interés y la motivación hacia la práctica de ejercicio físico, lo que permite mejorar la adherencia al mismo (72).
- Las intervenciones son muy flexibles y se pueden adaptar fácilmente a las diferentes necesidades y capacidades del usuario mediante ajustes de software (73).
- Favorecen la distracción de los sujetos respecto a su sensación de dolor (74).

Los Exergames han sido testados en pacientes de edad avanzada (72, 75) y con déficits cognitivos como Parkinson (76) y la propia FM como formas alternativas de rehabilitación. Sin embargo, en el caso de la FM tan sólo se evaluaron los efectos en variables vinculadas a la enfermedad como el dolor (77, 78), agilidad y equilibrio (79), y fuerza en el tren inferior (80). Todos esos estudios fueron realizados por miembros de nuestro grupo de investigación.

Para la realización de esta tesis, nuestra aportación fue evaluar los efectos de nuestro programa de Exergame en la CF (81) y en el patrón de la marcha (Anexo 4). Además, otra novedad que aportamos fue la valoración de las diferencias obtenidas en dichas variables durante la realización de la evaluación bajo tareas simples y duales.

Estos últimos aspectos constituyen, en definitiva, los ejes principales sobre los que gira el desarrollo de nuestra tesis doctoral, la cual centrará la atención en el análisis del patrón motor durante la realización de diferentes pruebas de evaluación como método para obtener información valiosa que complemente a los resultados cuantitativos obtenidos en dichas pruebas. Con especial mención a los efectos de nuestro programa de intervención

Introducción

basado en Exergames. Y, además, en dichas evaluaciones analizaremos la influencia que ejercen las tareas cognitivas realizadas de manera simultánea a las actividades motrices, las DT, por su estrecha relación con las AVC. Todo ello con el objetivo de mejorar la calidad de vida relacionada con la salud en mujeres que sufren FM.

HIPÓTESIS

En base al marco teórico que acabamos de introducir, las hipótesis que nos planteamos fueron las siguientes:

- 1) Las mujeres con FM evaluadas mostrarán un patrón motor alterado durante la marcha respecto a mujeres sanas.
- 2) El análisis del patrón motor y el rendimiento físico en los test de CF en FM, proporcionará información muy valiosa en cuanto a los ajustes e implantación de los programas de intervención, orientados a mejorar la calidad de vida de los pacientes que sufren esta enfermedad.
- 3) Las DT provocarán un empeoramiento en el rendimiento de las pruebas y alterarán el patrón motor de mujeres con FM.
- 4) Un programa de ejercicio físico basado en realidad virtual mejorará los parámetros de CF, riesgo y miedo de caídas y patrón motor en mujeres con FM, mejorando en consecuencia su capacidad para desempeñar AVC y su calidad de vida.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- 1) Aumentar el conocimiento sobre el análisis y la evaluación del patrón motor en mujeres con FM.
- 2) Analizar el impacto de las DT en el patrón motor y en test de CF relacionados con las AVC, y cómo esto puede afectar a la calidad de vida de mujeres con FM.
- 3) Estudiar el efecto de un programa de intervención basado en realidad virtual o Exergames en diferentes variables relacionadas con la capacidad funcional y la calidad de vida de mujeres con FM.

Objetivos Específicos

Artículo N°1. *Reliability of the 30 s Chair Stand Test in Women with Fibromyalgia*

- 1) Evaluar la fiabilidad del 30-CST a partir del tiempo de dos fases del movimiento en cada repetición en la prueba en mujeres con FM
- 2) Estudiar la relación entre los resultados del 30-CST, tanto desde el punto de vista del número de repeticiones como de la duración de las fases del movimiento, y el número y miedo de sufrir caídas en esta población.

Artículo N°2. *Análisis del patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia. Revisión Sistemática*

- 3) Recopilar información en la literatura científica existente sobre el análisis del patrón motor durante la marcha en personas con FM.
- 4) Esclarecer las causas principales por las que las personas con FM muestran alteraciones en el patrón motor de la marcha.
- 5) Analizar qué variables son las más estudiadas respecto al patrón motor de la

marcha en poblaciones con FM.

Artículo N°3. *Impact of cognitive tasks on biomechanical and kinematic parameters of gait in women with fibromyalgia: a cross-sectional study*

- 6) Investigar cómo afectan las DT en la marcha en mujeres con FM, tanto desde el punto de vista del rendimiento como del patrón motor.
- 7) Analizar e interpretar las causas de las alteraciones en la marcha que el análisis biomecánico y cinemático reflejan.

Artículo N°4. *Efectos de un programa de intervención basado en Exergames en el patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia.*

- 8) Comprobar los efectos de un programa basado en realidad virtual o Exergames en el patrón motor de la marcha en pacientes con FM.
- 9) Comparar los resultados de dichos efectos en condiciones simples (sólo la tarea motriz) y duales (tarea motriz y tarea cognitiva de manera simultánea).

Artículo N°5. *Effects of 24-week exergame intervention on physical function under single- and dual-task conditions in fibromyalgia: A randomized controlled trial.*

- 10) Evaluar los efectos de un programa basado en realidad virtual o Exergame en la CF de mujeres con FM.
- 11) Comparar los efectos del programa evaluados bajo condiciones simples y duales.

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

En este apartado, motivado fundamentalmente por el hecho de que no todos los artículos publicados son en calidad de “Open Access” y por tanto no podemos adjuntar el texto completo, vamos a desarrollar algunos apartados respecto a la metodología que consideramos relevantes con el objetivo de facilitar la comprensión de los diferentes artículos que componen la tesis.

Diseños

Para la puesta en marcha de las diferentes investigaciones y posterior redacción de los artículos incluidos por compendio en nuestra tesis doctoral, se han desarrollado cuatro diseños diferentes, como se citó en el apartado de la introducción. Estos diseños fueron: estudio de fiabilidad test-retest intra-sesión; revisión sistemática, estudio transversal observacional y correlacional; y ensayo controlado aleatorizado.

➤ Artículo N° 1. Estudio de fiabilidad test-retest intra-sesión.

En primer lugar, los participantes rellenaron una serie de cuestionarios que incluyeron datos socio-demográficos, número de caídas en el último año, escala visual analógica (VAS) sobre el miedo de sufrir caídas con un rango de 0 a 100 (validado por Scheffer y col. (82) y empleado previamente en población con FM (9, 79)), cuestionario sobre el impacto de la FM (FIQ) (validado por Burckhardt y col. (83, 84) y desarrollado en España por Esteve-Vives y col. (85)) y, por último, se les evaluó la composición corporal por medio del Tanita Body Composition Analyzer BC-418 MA.

Después de esto, los pacientes fueron informados del procedimiento del 30-CST, y realizaron una primera serie de familiarización. A continuación, tras descansar de la misma, completaron dicha prueba dos veces con un periodo de recuperación entre ambos intentos de cinco minutos. El test consistía en levantarse y sentarse de una silla el máximo

número de veces posible en 30 segundos. Para ello debían partir desde sentados con los brazos cruzados por delante del pecho para evitar que se impulsasen o ayudasen con ellos durante el transcurso del test. Para que la repetición fuera válida, debían levantarse completamente acabando con ambas rodillas extendidas, y al sentarse, apoyar la espalda en el respaldo de la silla. Un miembro del equipo investigador animaba a los sujetos durante la prueba y se situaba detrás de la silla para sujetarla como medida de seguridad, mientras controlaba tanto el tiempo de la prueba como el número de repeticiones realizadas. El tiempo de ambas fases era registrado por un instrumento denominado Chronopic que está explicado en el apartado “*Instrumentos*”.

➤ Artículo N° 2. Revisión Sistemática

Para el segundo de los artículos se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices de la metodología PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (86). Para ello se llevó a cabo una búsqueda en la base de datos Pubmed con los términos “Fibromyalgia AND (walk* OR gait)”, recopilándose todos los artículos publicados hasta el 27 de Febrero de 2020. De los 241 artículos potenciales encontrados inicialmente, un total de 13 fueron incluidos en el análisis cualitativo tras aplicar una serie de criterios de inclusión y de exclusión. Los criterios de inclusión fueron: a) población diagnosticada de FM por un reumatólogo según los criterios de la ACR; b) proporcionar variables relacionadas con el análisis del patrón motor y/o sus alteraciones; c) población mayor de 18 años. Además, los criterios de exclusión fueron: a) no estar aplicados a humanos y b) no estar escritos en inglés.

La evaluación del riesgo de sesgo fue realizada mediante la escala PEDro (87), y el nivel de evidencia de los artículos fue establecido conforme a los criterios del Dutch Institute for Healthcare Improvement (CBO) (88). Ambos conjuntos de datos están recogidos en la tabla 1. Por último, la obtención de datos se realizó de acuerdo al enfoque PICOS.

Tabla 1. Evaluación del riesgo de sesgo y nivel de evidencia de los estudios incluidos en el Artículo N°2

Estudios	Criterios Escala PEDro											Puntuación Total	Nivel Evidencia
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Heredia-Jiménez y col. (2019) (89)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Silva y col. (2016) (90)	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	2	C
Heredia-Jiménez y col. (2016) ^a (91)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Heredia-Jiménez y col. (2016) ^b (44)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Koca y col. (2015) (92)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Goes y col. (2014) (93)	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	3	B
Latorre-rán y col. (2014) (32)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Heredia-Jiménez y col. (2014) (94)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Auvinet y col. (2011) (34)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	5	B
Jones y col. (2010) (45)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Heredia-Jiménez y col. (2009) (42)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Auvinet y col. (2006) (43)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B
Pierrynowski y col. (2004) (95)	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓	4	B

✓: Criterio cumplido; ✗: criterio no cumplido; 1: se especificaron los criterios de elegibilidad; 2: los sujetos fueron asignados aleatoriamente a grupos; 3: la asignación fue oculta; 4: los grupos fueron similares al inicio del estudio; 5: todos los sujetos fueron cegados; 6: todos los terapeutas fueron cegados; 7: todos los evaluadores fueron cegados; 8: se obtuvieron medidas de al menos un resultado clave en más del 85% de los sujetos asignados inicialmente a los grupos; 9: se realizó un análisis de intención de tratamiento en todos los sujetos experimentales o controles según el grupo al que perteneciesen; 10: se proporcionaron resultados de las comparaciones entre-grupos para al menos un resultado clave; 11: se proporcionaron tanto medidas exactas como de variabilidad para al menos un resultado clave; Puntuación total: cada criterio cumplido (excepto el primero) suma 1 punto al total, rango 0-10; B: nivel de evidencia para estudios comparativos sin cegado; C: Nivel de evidencia para estudios no comparativos (sin grupo control).

➤ Artículo N° 3. Estudio transversal

En el tercer estudio los participantes debían realizar un test de 10 metros caminando (10-MWT). Se trata de un test empleado para evaluar la velocidad de la marcha (96), y su fiabilidad ha sido contrastada para personas de avanzada edad y para poblaciones con alteraciones cognitivas, con unos coeficientes de correlación intraclase (ICC) de 0.98 y 0.97 respectivamente (96, 97). Este test consiste en cubrir una distancia de 10 metros lo más rápido posible en línea recta, y en nuestro artículo los sujetos debían realizarlo dos veces: una bajo condiciones simples y otra bajo DT, donde los participantes debían contar de dos en dos hacia atrás empezando desde un número al azar que le asignaba un miembro del equipo investigador. El tiempo empleado en recorrer los 10 metros era registrado por un dispositivo denominado Functional Assessment Biomechanic (FAB) (ver apartado instrumentos). Además del tiempo, otras variables cinemáticas fueron evaluadas a partir de este instrumento, como el número de pasos realizados a lo largo de la prueba, la cadencia, inclinación del tronco o los rangos de movimiento (ROM) de rodillas y cadera. Por último, los sujetos también fueron evaluados de su composición corporal empleando la Tanita Body Composition con el software Suite Biologica 8.0 (Tanita Corp., Japan) y rellenaron un cuestionario con datos demográficos y duración de los síntomas de la FM.

➤ Artículos N° 4 y 5. Ensayo controlado aleatorizado

Los Artículos N°4 y 5 estuvieron basados en un ensayo controlado aleatorizado en donde los miembros del equipo investigador que llevaron a cabo las evaluaciones estaban cegados respecto a qué sujetos pertenecían al grupo control (GC) o al experimental (GE). Como dijimos también en la introducción, esta investigación fue registrada en el ISRCTN con número de registro ISRCTN65034180. Los sujetos fueron distribuidos en ambos grupos por

uno miembro del equipo investigador que no realizó las evaluaciones a través de un proceso simple de aleatorización en el que un ordenador generaba una lista al azar de números, siendo 1 los que irían al GC y 2 los que irían al GE. El GC debía someterse a la evaluación inicial y final, continuando durante el periodo de intervención con su rutina diaria normal; mientras que el GE se sometió, entre las debidas evaluaciones, a un programa de intervención de 24 semanas. Los detalles de dicho programa de intervención están reflejados en un epígrafe específico más adelante. En todos los artículos, salvo el N°2 que está exento al tratarse de una revisión sistemática, los participantes que tomaron parte en los estudios firmaron el consentimiento informado antes de tomar parte en los mismos. Además, todas las investigaciones contaron con el visto bueno del Comité de Ética de la Universidad de Extremadura (España; número de autorización 62/2017).

Muestra

La muestra total de participantes que tomaron parte en nuestra tesis, derivada del cómputo de sujetos que participaron en los diferentes artículos que la conforman, fue de 121 mujeres, todas ellas diagnosticadas de FM. Fueron reclutadas a través de una Asociación local de FM y por un Hospital de Cáceres, a través de su traumatólogo. Sus características aparecen reflejadas en la tabla 2.

Tabla 2. Tamaño y características de la muestra

Artículo	Tamaño de la Muestra	Edad (años) Media \pm SD	IMC (kg/m ²)	Duración de los Síntomas (años)	
N°1	30	54.8 \pm 10.3	27.13 \pm 4.1	11.0 \pm 6.9*	
N°3	36	54.6 \pm 10.2	27.29 \pm 4.8	19.31 \pm 11.2	
N° 4 y 5	55	G.E (n=28)	54.0 \pm 10.0	27.36 \pm 3.3	19.20 \pm 11.4
		G.C. (n=27)	53.1 \pm 9.9	28.84 \pm 6.7	16.76 \pm 9.7

G.E.: Grupo Experimental; G.C.: Grupo Control; SD: desviación estándar; IMC: Índice de Masa Corporal;

*: estos datos hacen referencia a los años desde el diagnóstico inicial.

Metodología

Para el ensayo controlado aleatorizado, del que salieron dos estudios, y tal y como aparece reflejado en nuestro Artículo N°5 (81), el cálculo del tamaño de la muestra fue realizado a través del FIQ (83). Está demostrado que una reducción del 14% en este cuestionario es la mínima diferencia clínicamente relevante (98). Además, un estudio previo de Esteve-Vives y col. (85) obtuvo una media de 70.5 ± 11.8 en mujeres con FM. Por tanto, teniendo en cuenta estos datos, un mínimo de 26 participantes debían formar cada grupo para poder detectar diferencias entre grupos de al menos un 14% con un valor de *alfa* de 0.05% y un 85% de potencia. Finalmente, 28 personas formaron el GE y 27 el GC.

Todos los sujetos que participaron en nuestros estudios debieron cumplir con una serie de criterios de inclusión, como fueron: a) ser mujer de entre 30 y 75 años; b) haber sido diagnosticada de FM por un reumatólogo de acuerdo a lo establecido por la ACR; c) ser capaz de comunicarse correctamente con los miembros del equipo investigador; 4) haber leído, entendido y firmado el consentimiento informado. Además, los participantes fueron excluidos si cumplían con alguno de los siguientes criterios de exclusión: a) Ser incapaces de realizar ejercicio físico; b) estar embarazada; c) cambiar de tratamiento y/o rutina durante las 24 semanas que duraba el programa de intervención; d) no asistir a, al menos, el 75% de las sesiones del programa de intervención.

Instrumentos

En este apartado vamos a desarrollar dos de los instrumentos utilizados en las mediciones de las distintas investigaciones realizadas en el marco de esta tesis doctoral. Así, más allá del material estándar para elaborar las mediciones de CF (cronómetro, metro, etc.) o incluso de la Tanita para la evaluación de la composición corporal de los sujetos, cuyo modelo se definió en el apartado de “Diseño”, vamos a centrarnos en los dos dispositivos empleados para el análisis del movimiento. En primer lugar, hablaremos sobre el Chrono-jump,

empleado en el análisis de fiabilidad del Artículo N°1 y, a continuación, del FAB.

- Chrono-jump: se trata de un software libre (Chronojump-BoscoSystem, Barcelona, España) con un hardware abierto denominado Chronopic (99). Este dispositivo consiste en un cronómetro automático que permite registrar el tiempo transcurrido cuando un circuito eléctrico interior está abierto (por ejemplo, cuando el sujeto que participa en la prueba no está en contacto con el dispositivo) y cuando está cerrado (cuando sí está en contacto con él). Se trata de un método previamente validado (100). En nuestro caso, en el Artículo N° 1, las fases del movimiento durante el 30-CST fueron calculadas en función de esto. El dispositivo se situaba fijado en el respaldo de la silla, de forma que la fase de contacto (IP) tenía lugar durante el tiempo en el que el participante estaba sentado en la misma con la espalda cerrando el circuito, mientras que la fase de no contacto (NCP) se iniciaba en el momento en el que el circuito del dispositivo se abría cuando dejaba de presionarlo con su espalda para levantarse de la silla; extendiéndose hasta el instante cuando volvía a sentarse y cerrar de nuevo el circuito.

- FAB: el Functional Assessment of Biomechanics™ System (Biosyn System Inc.; Surrey, BC, Canada), FAB, como ya lo nombramos en el apartado de “Diseños”, es un instrumento empleado para evaluar las variables cinemáticas y biomecánicas durante las diferentes pruebas a las que se sometieron los participantes en nuestros estudios. Se trata de un dispositivo compuesto por trece sensores (acelerómetros, magnetómetros y giroscopios) que permiten calcular, en tiempo real y en tres dimensiones, variables como ángulos de movimiento, posiciones, velocidad y aceleraciones de los distintos segmentos corporales durante el movimiento con una

Metodología

frecuencia de registro de 100 Hz. Además, consta de unas plantillas que registran cuándo el pie está apoyado y cuándo no. De esta forma, se representa el movimiento a través de su software y queda grabado para su posterior análisis. Este instrumento ha sido previamente utilizado en la evaluación de mujeres con FM (101, 102). La disposición de cada uno de los sensores se puede apreciar en la figura 1.



Figura 1. Representación disposición de los sensores del FAB.

Programa de Intervención

Mediante este epígrafe vamos a desarrollar el programa de intervención empleado para nuestro ensayo controlado aleatorizado, del que resultaron los Artículos Nº 4 y 5. Éste consistió en sesiones de ejercicio físico basadas en realidad virtual, también conocidos como *Exergames*, como hemos comentado a lo largo del presente documento. El programa recibe el nombre de VirtualEx-FM, y fue diseñado por nuestro grupo de investigación con el objetivo de mejorar la CF orientada a la realización de AVC en pacientes con FM. Se trata de un programa de realidad virtual no inmersiva en el que a través de proyecciones de gran tamaño en la pared se proporcionaba feedback visual inmediato sobre sus movimientos a cada una de las participantes mientras realizaban ejercicios con los que trabajar diferentes componentes de la CF (fuerza del tren inferior y superior, resistencia, flexibilidad...), equilibrio, coordinación y control postural.

Cada sesión estaba dividida en tres partes bien diferenciadas, cuyo esquema está representado en la figura 2.

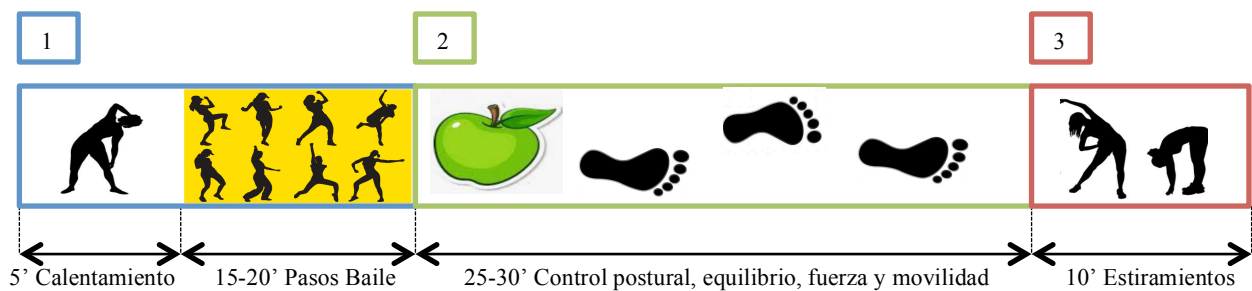


Figura 2. Representación gráfica de las estructuras de las sesiones

La primera parte se iniciaba con un calentamiento de cinco minutos, en donde se realizaba movilidad articular de cuerpo completo siguiendo las indicaciones de los movimientos

proyectados por el Exergame. Las imágenes eran proyectadas a gran tamaño y los pacientes tenían que repetir los movimientos al mismo tiempo bajo la supervisión de un miembro del equipo investigador encargado de gestionar las sesiones, siguiendo así las recomendaciones de Lewis y Rosie (2012) (103) respecto a la implementación de juegos basados en realidad virtual. Esta persona, además de supervisar la escena, era la encargada de regular la velocidad de los movimientos, que podían oscilar entre 0,5X hasta 2X en intervalos de 0,5. A continuación los sujetos trataban de reproducir pasos de baile basados en diferentes estilos como Zumba, bachata o salsa realizados por una instructora de baile. Se realizaban tres vídeos de con una duración total de entre 15 y 20 minutos en función de la canción, y con una recuperación de 60 segundos entre cada uno. De esta manera, en la primera parte se trabajaba la capacidad aeróbica.

En la segunda parte de la sesión, con una duración de entre 25 y 30 minutos, se trabajaba control postural, equilibrio, movilidad, coordinación y fuerza del tren inferior y superior a través de dos actividades principales. La primera consistía en perseguir con diferentes partes del cuerpo, según fuese indicando el Exergame, una manzana que aparecía y desaparecía alrededor de los avatares que representaban a cada sujeto en la pantalla. Las variaciones respecto a las partes del cuerpo con las que atrapar la manzana, podían ser controladas tanto por el propio dispositivo como por el miembro del equipo investigador. Por otro lado, la segunda actividad de esta parte consistía en realizar un recorrido por un circuito virtual caminando 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.). El trabajo en esta parte estaba focalizado en la mejora del equilibrio, la agilidad y la fuerza del tren inferior.

Por último, la tercera parte de la sesión, de unos 10 minutos de duración, estaba destinada a realizar estiramientos estáticos como vuelta a la calma, bajo la dirección y supervisión del miembro del equipo investigador.

Estadística

En este apartado vamos a dejar constancia de los cálculos estadísticos que se han realizado en todos los artículos salvo en la revisión. Para el resto de estudios que conforman esta tesis doctoral se realizaron los distintos análisis con el programa estadístico SPSS statistical package (versión 20.0; SPSS, Inc., Chicago, I11). Todas las pruebas de normalidad se contrastaron aplicando las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov. Todos los artículos salvo el N° 4, cuyos datos resultaron dentro de la normalidad y por tanto se aplicaron pruebas paramétricas, tuvieron que emplear pruebas no paramétricas. Los explicamos a continuación de manera específica por cada uno de ellos.

➤ **Artículo N°1. Reliability of the 30 s Chair Stand Test in Women with Fibromyalgia**

En el artículo de fiabilidad del 30-CST se realizó, después de las pruebas mencionadas anteriormente, el test de Wilcoxon para evaluar las diferencias entre el test y el retest tanto en el número de repeticiones como en las variables cinemáticas de la prueba, en este caso las dos fases del movimiento que considerábamos y que hemos explicado con anterioridad. Este análisis estadístico también fue el empleado para determinar las diferencias entre la repetición inicial y final del 30-CST tanto en el test como en el retest.

Por otro lado, el análisis de fiabilidad se realizó siguiendo las recomendaciones de Weir (104) respecto al análisis de varianza del ICC y del error estándar de la medida (SEM). Éste último, con el objetivo de analizar la fiabilidad absoluta, se calculó a partir de la fórmula siguiente: $SEM = SD \sqrt{1 - ICC}$, donde SD es la desviación estándar de dos repeticiones de la prueba. También se calculó la mínima diferencia real (SRD) a partir del resultado del cálculo anterior. Para ello nos basamos en la fórmula $1.96 * SEM * \sqrt{2}$. Tanto este resultado como el SEM fueron expresados como porcentajes para facilitar la comparación entre estudios similares realizados con anterioridad.

Por último, el coeficiente de correlación de Spearman fue utilizado para evaluar y establecer la relación entre las variables relacionadas con el número y el miedo a sufrir caídas y la duración media, inicial y final de las fases del movimiento estudiadas en el 30-CST.

- **Artículo N°3.** *Impact of cognitive tasks on biomechanical and kinematic parameters of gait in women with fibromyalgia: a cross-sectional study.*

En el Artículo transversal N°3, al igual que en el artículo anterior, se llevaron a cabo pruebas no paramétricas para determinar las diferencias intra-grupo respecto a las variables cinemáticas evaluadas bajo condiciones simples y duales. Concretamente se volvió a emplear el test de Wilcoxon. Además, el tamaño del efecto también fue calculado para todas las comparaciones, basándonos en los procedimientos de Fritz y col. (105). El nivel de significación de alpha se estipuló en 0.05, y fue ajustado mediante el procedimiento de Benjamini-Hochberg para controlar los ratios de falsos descubrimientos (106).

- **Artículo N°4.** *Efectos de un programa de intervención basado en Exergames en el patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia.*

Para el primero de los artículos de efectos la prueba de Shapiro-Wilk reveló una distribución normal de los datos. Por tanto, para evaluar los efectos de nuestro programa de intervención se llevó a cabo un análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas aplicando la corrección de Bonferroni para las comparaciones múltiples para controlar el error tipo I a la hora de explorar dichos efectos. Además, se realizó una prueba T para muestras relacionadas con el fin de comparar los resultados intra-grupos. El tamaño del efecto, Eta parcial al cuadrado, fue reportado para todos los test estadísticos.

- Artículo N°5. *Effects of 24-week exergames intervention on physical function under single- and dual-task conditions in fibromialgia: A randomized controlled trial.*

En el caso de este último artículo de efectos, después de realizar los test de normalidad, tuvieron que aplicarse pruebas no paramétricas. Así, el test de Wilcoxon fue empleado con el fin de analizar las diferencias intra-grupos entre el pre-test y el post-test. Además, el test de U de Mann-Whitney se aplicó en el análisis de las diferencias entre grupos en los test cognitivos y de CF tanto en condiciones simples como DT; y en los propios efectos del impacto de las DT.

Al igual que en el artículo anterior, los tamaños del efecto se calcularon para las pruebas no paramétricas a través de r , que se clasifica de la siguiente forma: 0.5 es un efecto grande, 0.3 es un efecto medio y 0.1 es un efecto reducido (105).

Por último, y como también ocurría en el Artículo N°3, el nivel de alpha se ajustó de acuerdo a la corrección de Benjamini-Hochberg para comparaciones múltiples con el propósito de evitar el incremento del error tipo I (106).

RESUMEN GLOBAL ESTRUCTURADO DE LOS ARTÍCULOS

En este apartado del documento, conforme a lo indicado en el epígrafe 1.b del Artículo 46 de la Normativa de los Estudios de Doctorado, que hace referencia a las tesis presentadas como compendio de publicaciones, como es este caso, vamos a desarrollar un resumen global estructurado de los resultados, discusión y conclusiones finales de cada uno de los artículos que conforman esta tesis.

❖ **Artículo N°1. *Reliability of the 30 s Chair Stand Test in Women with Fibromyalgia***

Durante todo el documento ha quedado patente la importancia de evaluar el estado de CF en pacientes con FM por su estrecho vínculo con muchos de los síntomas citados en la Introducción y que por ende afectan a su calidad de vida y a la capacidad para realizar AVC (15, 32). En este estudio, de entre todos esos síntomas, nos centramos especialmente en el número de caídas y en el miedo de sufrirlas, por su relación con la reducción en la cantidad de actividad física que realizan pacientes que sufren esta enfermedad (107). Además, el 30-CST es uno de los test más empleados por implicar el patrón de sentarse y levantarse que tan presente está en muchas de las AVC. De hecho, ha sido empleado para discriminar entre la presencia o ausencia de FM y la severidad de los síntomas asociados (108). Sin embargo, como ya hemos comentado también, aunque el rendimiento en la prueba en cuanto al número de repeticiones está estrechamente ligado al impacto físico de la FM, diversos estudios han sugerido que los datos cinemáticos implicados en el desarrollo de los tests pueden ser incluso más relevantes que los datos cuantitativos obtenidos hasta ahora. Un estudio previo ya analizó el 30-CST desde este punto de vista (109), pero no realizó un análisis de fiabilidad, del que tan sólo se ha realizado en FM desde el punto de vista del rendimiento en la prueba a partir del total de repeticiones

obtenidas en la misma (110). Por tanto, tal y como quedó reflejado en el apartado “Objetivos”, con este estudio tratamos de analizar la fiabilidad del 30-CST desde el punto de vista de la duración de las fases del movimiento, a las que denominamos IP y NCP, y comprobar su relación con el número de caídas y el miedo a sufrirlas en mujeres con FM.

Los resultados que obtuvimos están reflejados en la tabla 3. La primera mitad de las columnas representan los valores de los tiempos obtenidos para el test y el retest. Los resultados reflejan diferencias significativas en el total de repeticiones durante el 30-CST, la duración media de la NCP y las duraciones medias de IP y NCP en las últimas repeticiones entre el test y el retest.

Por otro lado, la fiabilidad en cuanto al número de repeticiones en la prueba fue de 0.876, como podemos observar también en la tabla 3. Este resultado puede considerarse como bueno atendiendo a la clasificación de Munro y col. (111), quienes establecen este estatus si el ICC se encuentra entre los valores >0.70 y < 0.90 . Respecto a la duración de las fases, como reflejan los resultados de dicha tabla, el ICC para la IP es de 0.866 y de 0.929 para la NCP. Esta última, siguiendo la misma clasificación a la que acabamos de hacer referencia, tendría un estatus de “excelente” al superar los valores de >0.90 . El %SEM, por su parte, fue de 6.28% para la IP y 6.56% para la NCP, unos valores ligeramente inferiores a los obtenidos para el número de repeticiones. Por último, los porcentajes de SRD fueron del 17.41% y 18.18% para la IP y la NCP respectivamente.

En la tabla 4 se muestran las correlaciones entre las fases estudiadas en el 30-CST y el número y miedo a sufrir caídas en el último año. Como se puede observar, tanto en el número de repeticiones en el test como en la duración de ambas fases se encuentra relación con el miedo a sufrir una caída, pero no en el número de caídas.

Tabla 3. T-Test entre el Test y el Retest y Análisis de Fiabilidad del 30-CST

Variables	Test	Retest	<i>p</i> -valor	D de Cohen	ICC (95% CI)	SEM	%SEM	SRD	%SRD
Repeticiones	11.37 ± 2.13	11.88 ± 2.25	0.016	0.275	0.876 (.755 - .939)	0.77	6.64	2.14	18.41
Media IP	1.23 ± 0.22	1.18 ± 0.20	0.098	0.206	0.866 (.718 - .936)	0.07	6.28	0.21	17.41
Media NCP	1.55 ± 0.37	1.47 ± 0.37	0.023	0.327	0.929 (.850 - .966)	0.09	6.56	0.27	18.18
IP inicial ¹	1.20 ± 0.29	1.19 ± 0.25	0.713	0.113	0.596 (.306 - .785)	0.17	14.34	0.47	39.77
IP final ²	1.23 ± 0.26	1.16 ± 0.18	0.041	0.469	0.674 (.419 - .830)	0.21	13.99	0.58	38.80
NCP inicial ¹	1.53 ± 0.43	1.48 ± 0.31	0.262	0.144	0.726 (.499 - .859)	0.11	9.81	0.32	27.20
NCP final ²	1.57 ± 0.42	1.49 ± 0.42	0.023	0.288	0.902 (.804 - .952)	0.13	8.54	0.36	23.68

IP: Fase Impulso; NCP: Fase de no-contacto; 1 Tiempo de la primera repetición de IP y NCP; 2 Tiempo de la última repetición de IP y NCP; SD: desviación estándar; ICC: Coeficiente de Correlación Intraclase; SEM: Error estándar en la medida; SRD: Mínima diferencia real

Tabla 4. Relación entre el número y miedo de sufrir caídas y variables cinemáticas del 30-CST

Variables	Estadísticos	Número de caídas		Miedo caídas	
		Test	Retest	Test	Retest
Número de repeticiones en el 30-CST	Coefficiente Correlación	-.183	-.006	-.474*	-.375*
	<i>p</i> -valor	.333	.976	.008	.041
Duración repetición inicial IP	Coefficiente Correlación	.341	-.031	.306	.458*
	<i>p</i> -valor	.065	.873	.100	.011
Media Duración IP	Coefficiente Correlación	.218	-.011	.422*	.366*
	<i>p</i> -valor	.247	.954	.020	.047
Duración repetición final IP	Coefficiente Correlación	.179	.129	.387*	.430*
	<i>p</i> -valor	.343	.496	.035	.018
Duración repetición inicial NCP	Coefficiente Correlación	.172	.018	.380*	.306
	<i>p</i> -valor	.362	.927	.038	.101
Media Duración NCP	Coefficiente Correlación	.137	-.051	.481*	.383*
	<i>p</i> -valor	.470	.789	.007	.037
Duración repetición final NCP	Coefficiente Correlación	.112	-.040	.500*	.365*
	<i>p</i> -valor	.555	.835	.005	.048

30-CST: 30s-chair stand test; IP: fase de contacto; NCP: fase de no contacto; * *p*-valor menor que 0.05. Para el análisis correlacional se utilizó la rho de Spearman

En base a estos resultados, se podría decir que las principales conclusiones que sacamos son que la fiabilidad respecto al número de repeticiones y a la duración media de las dos fases del movimiento analizadas en el 30-CST fue buena y excelente respectivamente para mujeres con FM.

Este estudio suponía la primera vez que se estudiaba la fiabilidad del 30-CST respecto a las fases del movimiento con un instrumento de relativa fácil accesibilidad, al tratarse el Chronopic de un instrumento bastante asequible. Los valores del ICC obtenidos para el número de repeticiones y la duración de IP y NCP fueron ligeramente más bajos que los obtenidos por estudios previos donde se analizó la fiabilidad en cuanto a las repeticiones en mujeres con FM (110), pacientes con fracturas (112) y adultos ancianos con diabetes tipo 2 (113). Estas pequeñas diferencias pueden deberse a factores como la edad de las muestras de dichos estudios o el estado de CF de los mismos. En el caso del estudio de Carbonell y col. (110), también el grado de afectación y la severidad de los síntomas de la FM podrían influir en la diferencia entre dichos valores.

Respecto al SEM, nuestros resultados son similares e incluso más bajos que dichos estudios, probablemente por la precisión mayor que otorga el Chronopic respecto al cronómetro manual que manejaban en estas investigaciones previas. Además, los valores del %SRD rondaron el 18% en cuanto al número de repeticiones y la duración media de ambas fases. Sin embargo, estos valores ascendían al 20% cuando las variables eran analizadas al final de la prueba y cercanas al 40% al principio de la misma. No obstante, los valores de fiabilidad revelaron que la duración de las fases al comienzo de la prueba no eran recomendables. Por tanto, en base a todos estos datos, se sugiere que la duración media de las fases al final del test sea utilizada.

Como también hemos comentado respecto a los resultados de la tabla 4, resulta interesante el hecho de que tanto el número de repeticiones como las variables cinemáticas estudiadas

en el 30-CST correlacionen significativamente con el miedo a sufrir una caída, pero no así con el número de las mismas. Este hecho podría estar relacionado con lo observado en un estudio previo en el que la percepción del equilibrio estaba relacionada con el miedo a las caídas, mientras que los datos objetivos del equilibrio se asociaban con el número de caídas sufridas (9).

Además, las correlaciones más altas fueron observadas en la duración de la NCP al final de la prueba, lo que podría reflejar el comienzo de la aparición de la fatiga como consecuencia del cansancio acumulado durante la misma. Esto, sumado a la excelente fiabilidad que muestran los valores del ICC para esta variable, que recordamos que es superior a 0.90, hace que se recomiende el uso de dicha variable en futuros estudios para evaluar el rendimiento en cuanto al análisis cinemático del 30-CST en mujeres con FM.

En resumen, este artículo se trata del primero que analiza la fiabilidad respecto a la duración de las fases del movimiento en el 30-CST. Dicho análisis reveló unos valores buenos y excelentes de fiabilidad en mujeres con FM, excepto cuando las variables eran analizadas al principio de la prueba. Asimismo, tanto el número de repeticiones como la duración de las fases del movimiento estuvieron significativamente asociadas al miedo de sufrir caídas, pero no al número de las mismas.

Mediante este artículo, por tanto, apreciamos la relevancia que la información proveniente del análisis del movimiento puede proporcionar. Sin embargo, mediante este dispositivo no es posible saber qué ocurre con más detalle durante el tiempo que los sujetos están en la fase de NCP. Por tanto, esto nos llevó a buscar otros dispositivos que sí pudieran registrar estos datos durante el transcurso de los tests al completo. Y por ello recurrimos al FABTM. Pero antes, realizamos una revisión para ver el estado de la cuestión respecto al análisis del patrón motor en mujeres con FM. Lo desarrollamos a continuación.

❖ **Artículo N°2.** *Análisis del patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia. Revisión Sistemática*

El objetivo de esta revisión sistemática, tal y como hemos dejado patente en epígrafes anteriores, fue recopilar información sobre el análisis del patrón de la marcha en mujeres con FM. Nos centramos concretamente en la marcha por su protagonismo en las AVC, como también hemos explicado, y por su implicación cognitiva, un elemento fundamental en el desarrollo de esta tesis y que ha sido abordado a través de las DT. Además, con la recopilación de artículos científicos publicados sobre esta temática, quisimos también aumentar nuestro conocimiento sobre las causas que provocan las citadas alteraciones en el patrón motor en esta población, y comprobar qué variables eran las más estudiadas en este tipo de análisis. Asimismo, según estudios previos como el de Silva y col. (90), el conocimiento sobre el patrón motor de la marcha en pacientes con FM constituye un proceso muy importante respecto a las decisiones que se tomen a la hora de abordar su tratamiento cuando éste se centra en terapias no farmacológicas basadas en ejercicio físico, como ha sido nuestro caso con nuestro posterior programa de intervención. Por último, a todo lo anterior se le sumó el hecho de que hasta el momento no existía ninguna otra revisión que abordase este asunto.

El proceso de extracción y análisis de los estudios incluidos en la revisión está detallado en el apartado “*Diseño*”, así como la evaluación del riesgo de sesgo y el nivel de evidencia de los mismos. Como se puede observar en la tabla 1, los valores de los trece artículos incluidos en esta revisión oscilaron de 2 a 5 en cuanto a su riesgo de sesgo, con una media de 3,83. Respecto al nivel de evidencia según la guía del CBO, todos los artículos obtuvieron un nivel de evidencia B que hace referencia a estudios comparativos sin doble ciego excepto uno, con categoría C al tratarse de un estudio no comparativo.

Los datos recopilados de cada artículo se obtuvieron a partir del enfoque PICOS, de forma

que se extrajeron las características de los participantes, de los test de evaluación, los resultados para los GE y GC y el diseño de los estudios.

Así, en las tablas 5 y 6 aparecen reflejadas las variables que analizó cada artículo, las características de los tests que implementaron y los efectos sobre dichas variables que se observaron. Dichos resultados indican que las personas con FM muestran alteraciones en el patrón de la marcha, caracterizada fundamentalmente por una reducción significativa en la velocidad, longitud de zancada y cadencia respecto a sujetos sanos. Esta variables, de hecho, son las más analizadas junto con el balanceo, como se muestra en la figura 3.

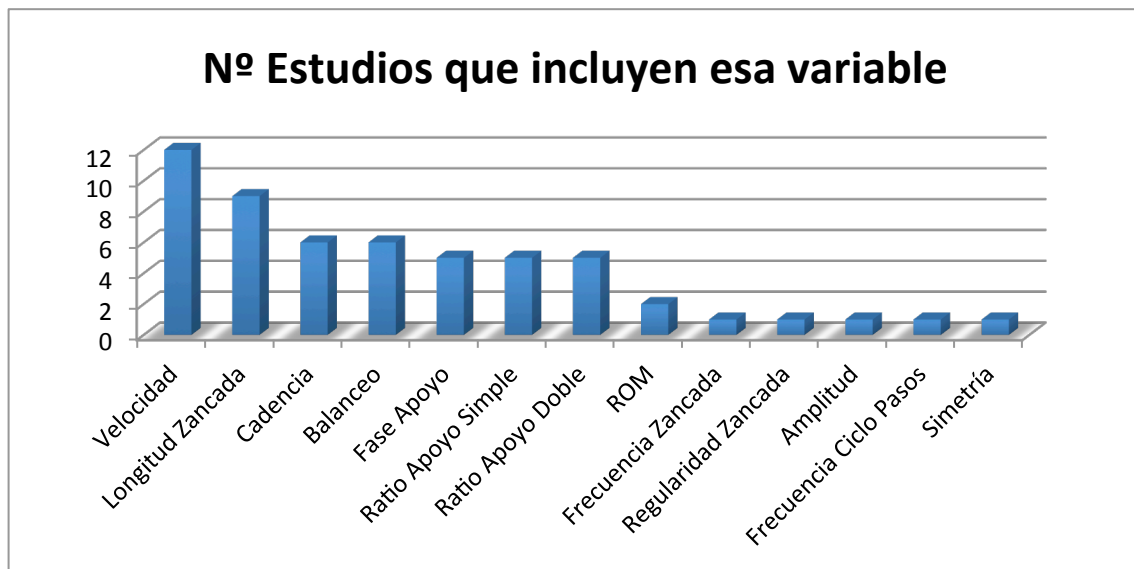


Figura 3. Número de estudios que estudian cada variable

En este sentido, la reducción en la velocidad de la marcha ha sido asociada con un descenso en la habilidad para realizar AVC (114), problemas cognitivos (115) y riesgo de sufrir caídas (116). Dicha reducción en la velocidad es debida a múltiples factores, entre los que destacan la reducción tanto en la longitud de zancada como en la cadencia (42). De ahí la conveniencia incluir estas variables en los análisis del patrón motor. En nuestra revisión, doce de los trece artículos incluyeron la velocidad entre su análisis.

Tabla 5. Variables, características de los test y efectos (I) del Artículo N°2

Estudio (Año)	Variables Evaluadas	Test			Efecto				
		D (m)	Reps.	V					
Heredia-Jiménez y col. (2019) (89)	Velocidad	18,6	5	AE + M	↓				
	Cadencia				↓				
	Longitud Zancada				↓				
	Balanceo				↓				
	Apoyo Simple				↓				
	Fase Apoyo				↓				
Heredia-Jiménez y col. (2016) ^a (91)	Velocidad	18,6	5	AE+M	↓				
	Longitud Zancada				↑*				
	Balanceo				↑*				
	Amplitud Paso				↑*				
	Heredia-Jiménez y col. (2016) ^b (44)				Velocidad	6-MWT			↓
					Cadencia				↓
Longitud Zancada		↓							
Balanceo		↓							
Apoyo Simple		↓							
Fase Apoyo		↑							
Koca y col. (2015) (92)	Velocidad	6	3	VC	↓				
	Apoyo Doble				↑				
Latorre-Román y col. (2014) (32)	Velocidad	6-MWT			↓				
	Cadencia				↓				
	Longitud Zancada				↓				
	Balanceo				∅				
	Apoyo Simple				∅				
	Apoyo Doble				Δ				
Heredia-Jiménez y col. (2014) (94)	Velocidad	18,6	5	VC	↓				
	Cadencia				↓				
	Longitud Zancada				↓				
	Balanceo				∅				
	Fase Apoyo				Δ				
	Apoyo Doble				Δ				
	Apoyo Simple				∅				

D (m): Distancia (metros); Reps.: Repeticiones; V: Velocidad; *ft= pies; AE: Auto-elegida; M: Máxima; VC: Velocidad Confortable; 6-MWT: Test de 6 minutos caminando; F: Frecuencia; R: Regularidad; ↓: Valores grupo fibromialgia significativamente más bajos que control; ↑: Valores grupo fibromialgia significativamente más altos que control; *Hace referencia al coeficiente de variación del paso; ∅: Valores grupo fibromialgia más bajos pero no significativos; Δ: Valores grupo fibromialgia más altos pero no significativos.

Tabla 6. Variables, características de los test y efectos (II) del Artículo N°2

Estudio (Año)	Variables Evaluadas	Test			Efecto
		D (m)	Reps.	V	
Auvinet y col. (2011) (34)	Velocidad	19-21 ciclos de paso		AE	↓
	F Zancada				
	R Zancada				
	Simetría				
Jones y col. (2010) (45)	Velocidad	30-ft*	1	AE + M	↓
Heredia-Jiménez y col. (2009) (42)	Velocidad	18,6	5	VC	↓
	Cadencia				↓
	Longitud Zancada				↓
	Apoyo Simple				↓
	Balanceo				↓
	Apoyo Doble				↑
	Fase Apoyo				↑
Auvinet y col. (2006) (43)	Velocidad	40	1	VC	↓
	F Ciclo Pasos				
	Longitud Zancada				
Silva y col. (2016) (90)	Subtalar ROM	7	3	AE	Ω
Pierrynowski y col. (2004) (95)	Velocidad	5	20	AE + M+ VC	∅
	Longitud Zancada				
Goes y col. (2014) (93)	Velocidad	6	10	VC	∅
	Longitud Zancada				∅
	Cadencia				Δ
	ROM tobillo				Δ
	ROM rodilla				Δ
	ROM cadera				Δ

D (m): Distancia (metros); Reps.: Repeticiones; V: Velocidad; *ft= pies; AE: Auto-elegida; M: Máxima; VC: Velocidad Confortable; 6-MWT: Test de 6 minutos caminando; F: Frecuencia; R: Regularidad; ↓ : Valores grupo fibromialgia significativamente más bajos que control; ↑: Valores grupo fibromialgia significativamente más altos que control; *Hace referencia al coeficiente de variación del paso; ∅ : Valores grupo fibromialgia más bajos pero no significativos; Δ : Valores grupo fibromialgia más altos pero no significativos; Ω : No hay grupo control.

Además, de todos ellos, diez (32, 34, 43-45, 89, 91, 92, 94) obtuvieron descensos significativos en sus valores respecto a sus GC tanto en velocidades confortables como en máxima velocidad. Aunque las diferencias eran mayores cuando aumentaba la velocidad respecto a cuando la podían auto-elegir. Las causas de estos resultados parecen estar en

síntomas como la rigidez, debilidad muscular en el tren inferior y el dolor (45). Esto a su vez produce bradicinesia y alteraciones en el reclutamiento muscular, lo que también está asociado a la reducción de otras variables como la frecuencia del ciclo de paso y la regularidad y frecuencia de zancada (34, 43).

Pero la velocidad no es la única variable relacionada con el riesgo de sufrir caídas. Otras como la variabilidad en el balanceo, amplitud y frecuencia de zancada son también indicadores de la posibilidad de sufrirlas (117-119). En los estudios incluidos en esta revisión, un total de siete incluyeron alguna de estas variables (32, 34, 42, 44, 89, 91, 94), y todos excepto dos (32, 94) encontraron diferencias significativas al respecto entre el grupo de FM y el GC.

Otras de las variables más recurrentes encontradas en los artículos analizados son la fase de apoyo y los ratios de apoyo. La fase de apoyo y el ratio de apoyo doble son las únicas variables cuyos valores son superiores a los del GC (tablas 5 y 6). No obstante, esto significa un empeoramiento de los datos en cualquier caso respecto a los sujetos sanos. Los estudios que incluyeron estas variables en sus análisis (32, 42, 44, 89, 94) apuntan a la alteración muscular, el dolor generalizado y el sobrepeso en los pacientes con FM como las causas que justifican estos resultados, pues impiden que éstos puedan soportar su peso corporal sobre un solo miembro durante un periodo de tiempo prolongado, disminuyendo el que pasan en un solo apoyo y aumentando el que ambos miembros están apoyados. Por último, otras de las variables estudiadas son los ROM de varias articulaciones. Los dos artículos que incluyeron este tipo de variables en sus análisis no obtuvieron diferencias significativas. En el caso de Goes y col. (120), comparan sus resultados con un grupo de personas ancianas. Por tanto, la inexistencia de diferencias significativas supone que el patrón de la marcha de los pacientes con FM es similar al de esta población. En este caso, el riesgo de caída de las personas con FM aumenta doblemente conforme avancen los

años, cuando además de las alteraciones a causa de la FM se le sumen las propias de la edad, según estos autores. En el caso de Silva y col. (90), como aparece reflejado en la tabla 6, la comparación entre los ROM es respecto a los miembros derecho e izquierdo, concluyendo que ambas extremidades presentan un ROM alterado en la articulación subtalar al caminar, lo que provoca que durante la fase de apoyo del ciclo del paso puedan producirse lesiones en el sistema músculo-esquelético.

Por tanto, en base a estos resultados, se concluyó que el análisis de los parámetros relacionados con el patrón de la marcha reveló alteraciones en el mismo que puede provocar una reducción en la movilidad y un incremento en el riesgo de sufrir caídas y lesiones en pacientes con FM, lo que produciría un importante impacto en su calidad de vida (42, 45). Estos estudios apuntan como las causas principales de estos resultados a la falta de actividad física, bradicinesia, reducción en los valores de fuerza del tren inferior, fatiga y dolor que sufren los pacientes con FM. Además, los autores señalan que el análisis de este tipo de variables proporciona información objetiva sobre la capacidad funcional de personas con esta enfermedad, impacto de la FM, adecuación de terapias basadas en ejercicio físico o efectos de dichos tratamientos en esta población. Por tanto, su análisis resulta clínicamente muy relevante.

A partir de esta revisión, además, seleccionamos aquellas variables que consideramos de mayor interés para el análisis del patrón motor en nuestros futuros estudios, basándonos en los resultados representados en la figura 3. Así, como veremos a continuación, en nuestros artículos incluimos el tiempo (vinculado a la velocidad), número de pasos (relacionado con la longitud de zancada al recorrer siempre la distancia de 10m, como veremos), cadencia, inclinación del tronco o *trunk tilt* (asociado al balanceo) y ROM de distintas articulaciones.

❖ **Artículo N°3.** *Impact of cognitive tasks on biomechanical and kinematic parameters of gait in women with fibromyalgia: a cross-sectional study*

El siguiente artículo que presentamos fue el estudio transversal observacional, cuyos objetivos principales, como se indicó en el apartado de Metodología, fue analizar cómo afectan las DT en la marcha de mujeres con FM tanto desde el punto de vista del rendimiento como del patrón motor en el 10-MWT, y tratar de explicar e interpretar las causas que originan posibles alteraciones en el aspecto cualitativo del movimiento.

Estos objetivos se sustentan en el hecho de que el impacto de realizar una tarea cognitiva de manera simultánea a una motriz, las DT, se han estudiado bajo la perspectiva del rendimiento pero no respecto al análisis del movimiento (121). Y por tanto, la ausencia de otras variables como las que en este estudio abordamos, dificulta la comprensión de las razones que provocan los descensos en el rendimiento de los test que la literatura científica que aborda este tema reporta. Villafaina y col. (102) fueron los primeros que sí evaluaron las DT en términos biomecánicos en mujeres con FM. Sin embargo, este análisis estaba centrado tan sólo en las extremidades superiores, por lo que es necesario estudiar cómo afectan a los miembros inferiores cuyo papel es fundamental en la actividad de la marcha, protagonista como ha quedado patente a lo largo de este documento en muchas de las AVC más comunes.

Los resultados obtenidos, reflejados en la tabla 7, muestran que el rendimiento en el 10-MWT bajo condiciones de DT fue peor comparado con su realización en condiciones simples. Además, respecto a las variables cinemáticas y biomecánicas estudiadas, el número de pasos y el tiempo empleado en recorrer la distancia del test aumentaron de manera significativa. Mientras que la cadencia, la inclinación del tronco y los ROM de cadera y rodilla sufrieron un descenso significativo en las DT respecto a cuando completaron el test en condiciones simples.

Tabla 7. Diferencias en el rendimiento y el patrón motor entre condiciones simples y duales en el 10-MWT.

Variable	Condiciones Simples	Condiciones Duales	Valor de Contraste (Z)	p-valor	Tamaño del Efecto
Rendimiento en el 10-MWT (s)	6.76 ±1.55	7.95 ±1.88	-5.232	<0.001*	-0.872
Número de pasos	14.81 ±1.47	15.56 ±1.86	-3.584	<0.001*	-0.597
Cadencia (pasos/s)	2.26 ±0.35	2.02 ±0.34	-4.650	<0.001*	-0.775
Inclinación del tronco (grados)	1.79 ±1.60	1.59 ±1.25	-3.221	0.001*	-0.537
ROM cadera (grados)	64.54 ±6.36	62.88 ±5.11	-2.137	0.033*	-0.356
ROM rodilla (grados)	24.53 ±5.11	17.96 ±9.74	-3.048	0.002*	-0.508

10-MWT: Test 10 m caminando; ROM: Rango de movimiento; *p-valor < 0.05; El tamaño del Efecto corresponde a r; Valores expresados como medias ± desviación estándar

Estos resultados revelan que cuando los sujetos centran su atención en dos tareas simultáneas, una cognitiva y otra motriz, el rendimiento en la prueba disminuye y el patrón de la marcha se ve alterado.

Los datos cinemáticos analizados en nuestro artículo (número de pasos, cadencia y tiempo en la prueba) están estrechamente relacionados con la velocidad del paso (122). Y por tanto, como comentamos también en la Introducción, son un importante predictor del riesgo de caídas (123, 124). Nuestros resultados muestran que las mujeres con FM redujeron su velocidad bajo condiciones de DT. Pero además, este hecho estuvo ligado a una serie de alteraciones en el patrón motor. En concreto, las mujeres aumentaron el número de pasos realizados para cubrir la distancia del test. Esto significa que dichos pasos fueron más cortos, dado que la distancia era la misma en ambas repeticiones. Además, el hecho de que invirtieran más tiempo para recorrer dicha distancia hizo que los valores de la cadencia también disminuyeran. Esta variable se define como el número de

pasos por segundo, lo que significa que nuestros sujetos incrementaron el tiempo por cada paso. Por ello, tanto la reducción en la longitud del paso como el aumento del tiempo por cada paso que nos revelan estas dos variables cinemáticas, nos llevan a pensar que cuando nuestros sujetos deben centrar su atención en dos tareas a la vez, estas alteraciones surgen como medidas de seguridad y precaución durante la marcha. Estos resultados son consistentes con otros estudios similares que reportaron reducciones en los valores de la cadencia y longitud del paso; y aumento del tiempo por cada paso comparando una población de FM con sujetos sanos durante la prueba de 6 minutos caminando (44, 125).

Respecto a las variables biomecánicas, nuestros pacientes redujeron de manera significativa la inclinación del tronco y los ROM de cadera y rodilla durante la repetición en condiciones de DT. Estos resultados concuerdan con los mostrados por estudios previos (102, 126). Sin embargo, en concordancia con lo anterior, interpretamos también estos datos como mecanismos de seguridad. De forma que los sujetos tienden a realizar un patrón de marcha más estable bajo DT, reduciendo velocidad, realizando pasos más cortos, inclinando menos el tronco hacia delante y reduciendo la amplitud del movimiento de la cadera y rodillas.

En definitiva, en base a estos resultados, podemos concluir que los pacientes con FM empeoran el rendimiento y alteran su patrón motor cuando el componente de la velocidad está presente (como es el caso del 10-MWT) y deben focalizar su atención tanto en una tarea cognitiva como en una motriz. Estas alteraciones pueden ser interpretadas como una manera de realizar la marcha con mayor estabilidad y seguridad. No obstante, son necesarios más estudios al respecto para poder asegurar esto. Además, la principal limitación que presenta este estudio es la ausencia de GC.

❖ **Artículo N°4.** *Efectos de un programa de intervención basado en Exergames en el patrón de la marcha en mujeres con Fibromialgia.*

Llegados a este punto, con el conocimiento generado por los artículos anteriores, presentamos el primero de los artículos derivados del ensayo controlado aleatorizado que llevamos a cabo a partir de nuestro programa de intervención, cuyos detalles aparecen desarrollados en el apartado de Metodología. Se trata del primer estudio, en nuestro conocimiento, que se centra en el análisis de los efectos de un programa basado en realidad virtual en el patrón motor de la marcha en mujeres con FM. Y, además, abordando de nuevo la relevancia de las tareas cognitivas simultáneamente realizadas y su vínculo con las AVC, comparamos dichos efectos bajo condiciones simples y duales.

Los detalles del diseño, muestra, características del programa de intervención, instrumentos utilizados y estadísticas están desarrollados en sus epígrafes correspondientes dentro del apartado de “*Metodología*”.

En este estudio, en la evaluación a la que se sometieron los sujetos antes y después de realizar el programa de intervención, los pacientes debieron realizar de nuevo el 10-MWT, por todas las razones que hemos argumentado con anterioridad. Este test debieron completarlo dos veces: una centrándose únicamente en la tarea motriz (condiciones simples) y otra realizando simultáneamente una tarea cognitiva (condiciones duales). En concreto la tarea cognitiva consistía en contar de dos en dos hacia atrás en voz alta partiendo desde un número al azar entre el 50 y el 90 proporcionado por un miembro del equipo investigador. Además del tiempo empleado en terminar el test, las variables que evaluamos, en concordancia con los estudios anteriores, fueron el número de pasos, cadencia, inclinación del tronco y ROM de cadera y rodillas.

Los resultados obtenidos aparecen recogidos en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Efectos del programa de intervención en el patrón de la marcha 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)	G.E	6,78 ± 1,67	6,41 ± 1,14	1,318	0,062	0,250	5,032	0,032	0,132
	G.C	6,78 ± 1,67	8,16 ± 3.18	-1,598	0,134	-0,535			
Cadencia (pasos/s)	G.E	2,22 ± 0.34	2,13 ± 0.58	0,679	0,505	0,199	0,476	0,495	0,014
	G.C	2,28 ± 0.37	2,06 ± 0.39	2,041	0,062	0,588			
Pasos (número)	G.E	14,55 ± 1.47	13,95 ± 1,43	1,879	0,076	0,414	3,566	0,068	0,100
	G.C	15,07 ± 1.54	15,79 ± 2.97	-1,022	0,325	-0,280			
Inclinación tronco (°)	G.E	1,47 ± 0.55	1,75 ± 0.74	-1,770	0,093	0,422	1,115	0,299	0,034
	G.C	2,22 ± 2.45	1,88 ± 1.14	0,508	0,620	0,133			
ROM Rodilla (°)	G.E	65,56 ± 6.34	63,95 ± 4.67	1,397	0,178	0,279	<0,000	1,000	<0,001
	G.C	62,52 ± 6.38	60,91 ± 6.86	0,895	0,387	0,488			
ROM Cadera (°)	G.E	25,70 ± 11.95	25,98 ± 11.32	-0,119	0,907	-0,025	2,219	0,146	0,065
	G.C	21,00 ± 7,61	27,15 ± 10,84	-1,904	0,079	0,653			

10-MWT: test 10 metros caminando; s: segundos; ROM: Rango de movimiento; (°): grados; G.E.: Grupo Experimental; G.C: Grupo Control

Tabla 9. Efectos del programa de intervención en el patrón de la marcha 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)	G.E	7,95 ± 2,12	7,27 ± 1,73	1,979	0,062	0,352	5,334	0,027	0,139
	G.C	8,01 ± 1,60	9,25 ± 3,41	-1,404	0,184	-0,444			
Cadencia (pasos/s)	G.E	1,96 ± 0,36	2,08 ± 0,40	-1,764	0,093	-0,310	5,729	0,023	0,148
	G.C	2,07 ± 0,30	1,91 ± 0,35	1,580	0,138	0,481			
Pasos (número)	G.E	15,05 ± 1,91	14,62 ± 1,72	1,183	0,251	0,241	1,488	0,231	0,043
	G.C	16,21 ± 1,63	16,71 ± 3,05	-0,657	0,523	-0,195			
Inclinación del tronco (°)	G.E	1,36 ± 0,48	1,65 ± 0,92	1,403	0,176	0,388	0,847	0,364	0,025
	G.C	1,85 ± 1,90	1,70 ± 0,50	0,302	0,767	0,100			
ROM Rodilla (°)	G.E	64,39 ± 4,85	62,72 ± 4,06	1,659	0,113	0,378	0,253	0,618	0,008
	G.C	60,68 ± 4,85	62,72 ± 4,06	0,551	0,591	0,149			
ROM Cadera (°)	G.E	21,50 ± 8,70	23,30 ± 13,09	-0,561	0,581	-0,171	3,220	0,083	0,097
	G.C	17,24 ± 6,24	26,95 ± 9,65	-3,475	0,006	-0,978			

10-MWT: test 10 metros caminando; s: segundos; ROM: Rango de movimiento; (°): grados; G.E.: Grupo Experimental; G.C: Grupo Control

Los resultados más destacables que se desprenden de ambas tablas son, por un lado, las mejoras significativas en el rendimiento del 10-MWT tanto bajo condiciones simples como duales en el GE respecto al GC. Además, en el caso de esta última condición, también se encontraron mejoras significativas en el GE respecto a la cadencia de paso ($p=0.023$). Para el resto de variables analizadas no se encontraron diferencias significativas bajo ninguna de las condiciones evaluadas.

El presente estudio se trata del primero que evaluó el 10-MWT desde el punto de vista del análisis del patrón motor en mujeres con FM. Consideramos muy relevante el uso de este test en este contexto si nos basamos en el vínculo que existe entre la reducción de la velocidad habitual del paso y la pérdida de la habilidad para realizar AVC (127, 128). En este sentido nuestros resultados revelan mejoras significativas en el rendimiento de esta prueba tanto en condiciones simples como duales en el GE respecto al GC. Estas mejoras son similares a las obtenidas por Santos y col. (127) tras aplicar un programa basado en Exergames durante 12 semanas en mujeres de avanzada edad. En esta misma línea, partiendo de la base de que las mejoras en este test se vinculan a una mejora en la capacidad funcional, encontramos otros estudios que también consiguen una mejora en dicha capacidad en mujeres con FM gracias a otros programas basados en Exergames. En uno de ellos emplearon un diseño de Exergames similar al de este estudio durante 8 semanas (79) y en otro se utilizó la Xbox para implementar un programa basado en bailes de Zumba durante 12 semanas (129).

Respecto a la cadencia, como comentamos con anterioridad, sólo se encontró un aumento significativo en el GE bajo condiciones duales tras aplicar nuestro programa de intervención. En condiciones simples, tanto el GE como el GC mostraron valores más reducidos entre el pre-test y el post-test, pero no de manera significativa. Estos resultados son comparables a los obtenidos por otros estudios previos en los que la cadencia

disminuía durante el test de 6 minutos caminando a causa, según sus autores, de la fatiga acumulada a lo largo del test (44, 125). Sin embargo, las mejoras en la cadencia que muestra nuestro GE en un test más corto como es el caso del 10-MWT podría ser indicador de mejoras en la capacidad funcional que nuestro programa de intervención provoca aún cuando la atención se divide en dos tareas realizadas de manera simultánea durante las DT.

En cuanto a las alteraciones en el resto de variables, pese a que no se encontraron alteraciones significativas ni en condiciones simples ni duales, destacamos los valores de la inclinación del tronco en el GE, cuyos valores revelan un incremento en ambas condiciones, aunque éstos no llegaron a ser significativos. En un estudio previo (126), Collado y col. Identificaron el aumento en la inclinación del tronco con un mayor riesgo de caída en mujeres con FM que subían unas escaleras transportando bolsas con peso en cada mano respecto a cuando lo hacían sin nada. Sin embargo, en nuestro caso vinculamos el aumento de velocidad que se produce por parte del GE al obtener menos tiempo en el 10-MWT con un aumento en los valores de esta variable. Justo lo contrario que ocurre en el GC, donde tanto en condiciones simples como duales se produce un aumento del tiempo invertido en finalizar la prueba y un descenso en los valores de la inclinación del tronco. Por último, aunque no se encontraron datos significativos relacionados con el número de pasos o los ROM, sus datos nos ayudarán aún así a interpretar y sacar conclusiones respecto a este tipo de análisis y sus implicaciones, como veremos más adelante en la “*Discusión General*”.

Concluimos que un programa de realidad virtual de 24 semanas provoca alteraciones en el patrón motor de mujeres con FM tanto en condiciones simples como duales. En concreto en la velocidad y la cadencia. Estas alteraciones pueden estar relacionadas con mejoras en su capacidad funcional y, en consecuencia, en su calidad de vida.

❖ **Artículo N°5.** *Effects of 24-week exergames intervention on physical function under single- and dual-task conditions in fibromyalgia: A randomized controlled trial.*

A continuación vamos a presentar el último de los artículos que conforman la estructura de esta Tesis Doctoral, y que constituye el segundo de los estudios derivados del ensayo controlado aleatorizado que llevamos a cabo durante la realización de la misma.

En este caso, a diferencia del artículo anterior, las variables analizadas estaban relacionadas con la evaluación de la CF. De forma que tratamos de averiguar los efectos de nuestro programa de intervención en dicho contexto, de nuevo bajo condiciones simples y duales. Concretamente las variables que se midieron fueron las siguientes:

- Fuerza del tren superior, a partir del “*Arm Curl Test*” (130).
- Flexibilidad en el tren superior, mediante el Back Scratch (131).
- Flexibilidad en el tren inferior, realizando el Sit and Reach (130).
- Agilidad y movilidad, evaluadas a través del test Timed-up and Go (TUG) (132).

Los resultados obtenidos tanto bajo condiciones simples como duales se encuentran reflejados en las tablas 10 y 11 respectivamente.

Bajo condiciones simples, el GE mejoró sus resultados de manera significativa en el Arm Curl Test, Sit and Reach y TUG. Además, el GC empeoró su rendimiento en el Back Scratch y el TUG respecto a la evaluación inicial. En consecuencia, la comparación entre grupos después de aplicar el programa de intervención durante 24 semanas reflejó mejoras significativas en el GE en todos los test de CF excepto para el Back Scratch, donde se observa cierta tendencia ($p=0.071$) pero sin ser significativa.

En cuanto a las condiciones duales, los resultados expresados en la tabla 11 reflejan las mejoras significativas del GE en los mismos tests que bajo condiciones simples, mientras que el GC disminuye sus valores de manera significativa tanto en el Back Scratch como en el TUG.

Tabla 10. Efectos del programa de intervención en la condición física bajo condiciones simples

Tests Condición Física		Condiciones Simples		Comparación Intra-grupo			Comparación Entre-grupos		
		Pre	Post	Valor del contraste	P-valor	Tamaño del Efecto	Valor del contraste	P-valor	Tamaño del Efecto
Arm Curl (rep)	GE	13.70 ± 5.38	15.96 ± 4.91	-3.129	0.005	-0.59	-3.365	0.002	-0.45
	GC	14.24 ± 5.66	14.45 ± 5.20	-1.821	0.069	-0.35			
Back Scratch (cm)	GE	-7.45 ± 9.88	-7.91 ± 9.99	-0.319	0.749	-0.06	-1.803	0.071	-0.24
	GC	-14.56 ± 10.63	-18.31 ± 14.98	-2.313	0.021	-0.44			
Sit and Reach (cm)	GE	0.87 ± 8.53	6.15 ± 8.62	-2.936	0.005	-0.55	-2.858	0.005	-0.38
	GC	-3.31 ± 10.16	-6.92 ± 13.83	-1.187	0.235	-0.23			
Time up and go (s)	GE	7.51 ± 2.00	6.72 ± 1.29	-2.846	0.005	-0.54	-4.449	<0.000	-0.60
	GC	7.74 ± 1.59	8.79 ± 2.75	-3.467	0.001	-0.67			

GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Control; rep: repeticiones; cm: centímetros; s: segundos

Tabla 11. Efectos del programa de intervención en la condición física bajo condiciones duales

Tests Condición Física		Condiciones duales		Comparación Intra-grupo			Comparación Entre-grupos		
		Pre	Post	Valor del contraste	P-valor	Tamaño del Efecto	Valor del contraste	P-valor	Tamaño del Efecto
Arm Curl (rep)	GE	13.45 ± 4.37	16.08 ± 5.06	-3.119	0.008	-0.59	-3.134	0.002	-0.42
	GC	12.47 ± 4.86	12.47 ± 4.86	-1.187	0.235	-0.23			
Back Scratch (cm)	GE	-12.22 ± 11.82	-10.93 ± 13.97	-0.940	0.347	-0.18	-3.033	0.002	-0.41
	GC	-17.85 ± 12.35	-21.63 ± 15.36	-2.987	0.012	-0.57			
Sit and Reach (cm)	GE	0.16 ± 8.50	4.34 ± 9.91	-2.102	0.048	-0.40	-2.912	0.004	-0.39
	GC	-3.09 ± 8.07	-8.50 ± 13.81	-2.007	0.060	-0.39			
Time up and go (s)	GE	8.00 ± 2.37	7.06 ± 1.76	-2.281	0.046	-0.43	-3.489	<0.000	-0.47
	GC	8.65 ± 2.21	10.14 ± 4.02	-2.623	0.018	-0.50			

GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Control; rep: repeticiones; cm: centímetros; s: segundos

Por su parte, las comparaciones entre grupos tras aplicar el programa de Exergames muestran una mejora significativa a favor del EG para todos los tests de CF evaluados.

En resumen, podemos afirmar que nuestro programa de intervención consiguió efectos significativos en la fuerza del tren superior, flexibilidad, agilidad y movilidad en mujeres con FM tanto en condiciones simples como duales. Nuestro estudio se trata del primero que evalúa estas variables en esta población y en las citadas condiciones.

Dos estudios previos de Collado y col. (77, 79) también evaluaron los efectos de los Exergames, pero sólo en condiciones simples y en un programa de intervención cuya duración fue de 8 semanas. Nuestros resultados en el TUG son similares a los de estos artículos, que también encontraron efectos significativos. Sin embargo, en nuestro caso el tamaño del efecto fue mayor y superó, al contrario que dichos estudios previos, la mínima diferencia real reportada para este test en mujeres con FM (133). Además, en nuestro programa hubo también mejoras en flexibilidad y fuerza del tren superior, cosa que en las intervenciones de 8 semanas no se produjo. Por tanto, hipotetizamos que la duración de la intervención resulta clave para la obtención de mejoras significativas. Aunque aspectos como la motivación y la adherencia a los programas deberían ser tenidos en cuenta cuando éstos se alargan.

Además, nuestros resultados en el Arm Curl Test, aun en condiciones duales, se sitúan por encima de los valores normativos para pacientes con FM (134). Asimismo, los valores del Back Scratch mejoran en el GE bajo condiciones duales, posiblemente por el efecto distractor que las DT ejercen sobre el dolor, en este caso durante la prueba de flexibilidad.

Estos resultados son muy relevantes desde el punto de vista funcional y de las AVC, pues al requerir la mayoría de dichas AVC la habilidad para realizar tareas motrices y cognitivas de manera simultánea, el hecho de mejorar los parámetros de CF evaluados bajo este paradigma hace que se pueda hipotetizar con una mejora en su calidad de vida

gracias a programas de intervención como el nuestro.

Por tanto, concluimos en base a todos estos resultados que nuestro programa de intervención basado en realidad virtual y con una implementación de 24 semanas produjo efectos significativos en la CF de mujeres con FM en condiciones simples y duales. Destacamos especialmente los resultados bajo estas últimas condiciones, pues hasta la fecha es algo poco estudiado pero resulta altamente relevante para investigadores y trabajadores del ámbito clínico-médico por su estrecha relación con las AVC y la calidad de vida en esta población.

DISCUSIÓN GENERAL

Relación entre los artículos

Todos nuestros artículos presentan unos nexos de unión a través de los cuales se consiguen alcanzar los objetivos generales y específicos planteados para esta tesis. En este apartado vamos a tratar de desarrollar esas relaciones desde el punto de vista de los hallazgos y resultados principales encontrados. Para ello, nos basaremos en las figuras 4 y 5, donde aparecen resumidas las informaciones más relevantes que aportaron cada uno de los artículos y los vínculos entre cada uno de ellos, respectivamente.



Figura 4. Contribución de los artículos al contenido de la tesis

En la figura 4, aparecen en azul los fundamentos a partir de los cuales se articulan cada uno de los artículos, basados en los objetivos principales. En verde, las ideas relacionadas con dos de los ejes principales de esta tesis, como son la evaluación y análisis bajo condiciones lo más similares posibles a las AVC, donde las DT son especialmente protagonistas por un lado; y el análisis del patrón motor por el otro. Y por último, en negro representamos los contenidos relacionados con aquellos elementos vinculados a la capacidad funcional y el desempeño en dichas AVC, como son el riesgo de caídas y las alteraciones en el patrón motor en pacientes con FM y que afecta, todo ello, a su calidad de vida relacionada con la salud.

El objetivo principal de esta tesis doctoral y de los artículos que la componen fue aumentar el conocimiento sobre cómo mejorar la calidad de vida de personas que sufren FM. En este caso, desde el punto de vista del análisis del patrón motor, la mejora de la CF y la aplicación de terapias basadas en actividad física y realidad virtual. También ha quedado de manifiesto a lo largo del presente documento, que dos de las principales aportaciones más destacadas incluidas en nuestra tesis son la inclusión del paradigma de las DT y el análisis del patrón motor que complementa a los resultados cuantitativos de los test empleados para evaluar diferentes parámetros en nuestra población diana. Estos dos elementos están presentes en los 5 artículos que conforman la tesis. El objetivo del análisis del patrón motor es tratar de buscar información complementaria al rendimiento en los test que explique el por qué de esos resultados. Y además, la mejora de la funcionalidad e independencia de los pacientes con FM y la disminución del riesgo de caídas en esta población está estrechamente relacionado con el análisis del patrón de la marcha (43). Por otro lado, el análisis de las AVC nos llevan a darle una gran relevancia a las DT, cuyo objetivo es tratar de evaluar en condiciones más semejantes a lo que los pacientes de FM en este caso se encuentran en su día a día, que no es otra cosa que realizar acciones

motrices y cognitivas de manera simultánea (47).

A partir de estas informaciones, que constituyen los pilares fundamentales de nuestros artículos, podemos elaborar las relaciones entre cada uno de ellos. Dichos vínculos aparecen representados en la figura 5.

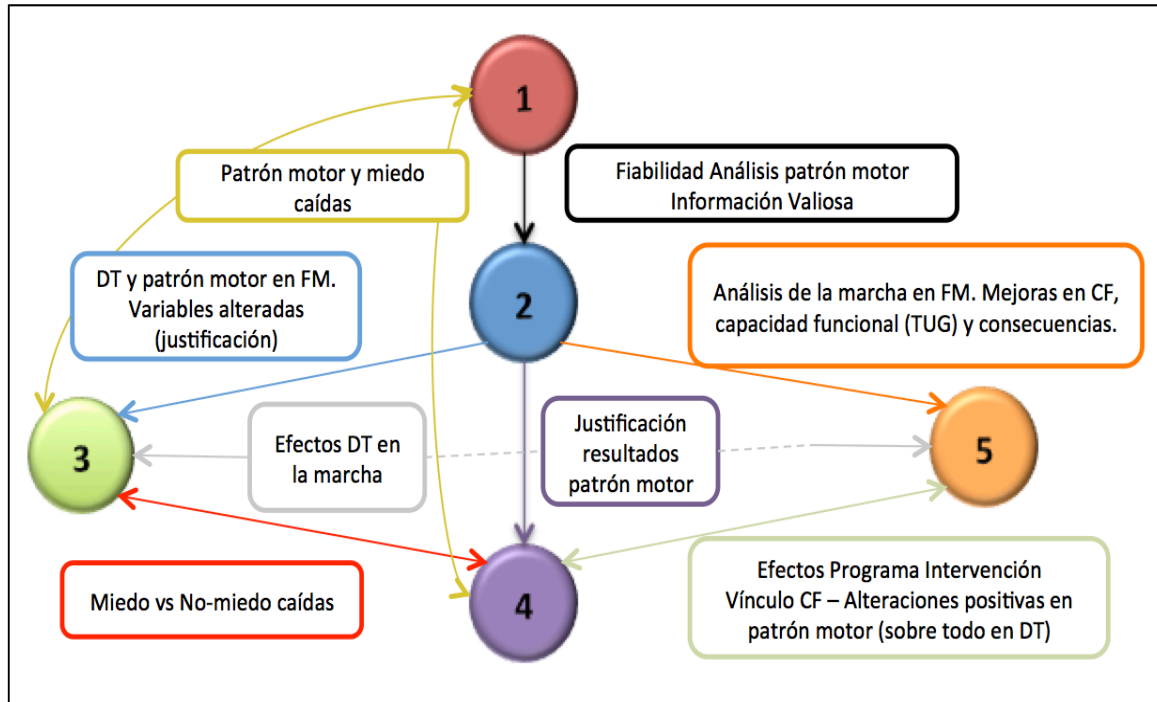


Figura 5. Relación entre los artículos que componen la tesis

DT: Tareas Duales; FM: Fibromialgia; CF: Condición Física

La primera relación, entre los artículos N° 1 y N° 2, está representada en color negro. Dicha relación se sustenta en la relevancia que el análisis del patrón motor tiene en ambos. En el N°1 se realiza un análisis de fiabilidad del 30-CST, un test muy recurrente en la evaluación de CF en población con FM (108), desde una perspectiva relacionada con el análisis del movimiento durante la prueba. Algo totalmente novedoso hasta el momento. Además, como comentamos con anterioridad, el hecho de analizar las fases del movimiento de manera complementaria al rendimiento en cuanto al número de repeticiones, proporciona información muy valiosa y relevante. Por ejemplo, que el

aumento del tiempo en la fase NCP al final del test puede reflejar la aparición de la fatiga como consecuencia de las repeticiones durante el mismo. Y, además, el tiempo de esta variable en la parte final del test coincide con la fiabilidad y los valores de correlación más altos. Además, este test representa el patrón de sentarse y levantarse, estrechamente vinculado a las AVC. En base a este artículo, decidimos abordar la realización de la revisión (Artículo N°2) para ampliar información sobre qué más datos, justificaciones y explicaciones puede proporcionar el análisis del patrón motor en la población con FM.

Pero en este test también analizamos la correlación entre nuestras dos fases (IP y NCP) y el número y miedo a sufrir caídas. Esto último, clave en la independencia, capacidad funcional y calidad de vida en mujeres con FM según estudios previos (45, 93), está relacionado con lo analizado también en los Artículos N° 3 y 4, y lo representamos en color amarillo. En el caso de estos dos artículos, el miedo a las caídas está presente en las conclusiones obtenidas respecto a las alteraciones en el patrón motor que realizan los sujetos, como veremos con más detalle en el siguiente apartado.

Las siguientes relaciones entre artículos se establecen entre el N°2 y el resto de los artículos, además de las ya comentadas con el N°1. Y es que la revisión sobre el patrón motor de la marcha arroja justificaciones e informaciones muy importantes que se tuvieron en cuenta para los posteriores estudios. Así, aparecen coloreadas de azul, morado y naranja las relaciones con los Artículos N° 3, 4 y 5 respectivamente. En el caso de los primeros, la revisión nos proporcionó información sobre las variables que sufrieron alteraciones en estudios previos y las que arrojaban información más relevante, y fueron las que se usaron en el N°3. Además, el conocimiento generado con dicha revisión nos sirvió para justificar y explicar nuestros resultados en el análisis de la marcha en condiciones simples y duales en el estudio transversal. Lo mismo ocurre con su relación con los Artículos N°4 y 5. Los resultados obtenidos en el N°4 respecto al análisis del

patrón motor son justificados y comparados con los recopilados en la revisión. Mientras que el N°2 y 5 se relacionan desde el punto de vista del impacto que las mejoras en la CF pueden originar en el patrón motor, como se recoge en el Artículo N°2. Además, en ambos se incluye el análisis de la marcha. En el N°2 con un carácter más global y extenso, y en el N°5 en el desempeño de los sujetos en el TUG respecto al rendimiento en este test.

También observamos en la figura 5, en color rojo y gris, la relación establecida entre el Artículo N° 3 con el N°4 y 5 respectivamente. En este sentido, las alteraciones que sufren las mujeres con FM en el patrón motor como consecuencia de las DT y las mejoras al respecto gracias a nuestro programa de intervención basado en Exergames interactúan en torno a un elemento común: el miedo a sufrir una caída. Como veremos a continuación, los datos cualitativos del análisis del movimiento nos ayudan a sacar una serie de conclusiones respecto a este elemento tan importante para la calidad de vida de esta población. Respecto a su vínculo con el N°5, en ambos estudios se lleva a cabo el 10-MWT y se evalúa el impacto de las DT. En el N°3 respecto al patrón motor y en el N°5 respecto al rendimiento en diferentes pruebas de valoración de la CF y sus mejoras aplicando nuestro programa de intervención basado en Exergames.

Por último, otra relación que podemos observar en la figura 5, representada en color verde, es la que se establece entre los Artículos N° 4 y 5. Estos dos estudios constituyen los dos ensayos controlados aleatorizados, donde se trató de evaluar el efecto de nuestro programa de intervención sobre diferentes variables. En todo caso, las mejoras obtenidas en la CF en el Artículo N°5 pueden estar vinculadas a las alteraciones positivas en el patrón motor que resultan del Artículo N° 4, como veremos en el siguiente epígrafe. Esto último, además, está avalado por la información recogida en la revisión del Artículo N°2.

Interpretación de los resultados

Una vez establecidas las relaciones entre los artículos que componen la tesis, en este apartado vamos a centrarnos en la interpretación de los resultados más relevantes obtenidos en cada uno de ellos.

En el Artículo N°1, como ya hemos comentado en apartados anteriores, los principales resultados que podemos destacar son la buena fiabilidad reportada respecto a la duración de las fases del movimiento, sobre todo en la NCP en las fases finales del test; y la correlación entre la duración de ambas fases y el miedo a sufrir una caída en mujeres con FM. Estos resultados están relacionados con el objetivo general 1 y con los objetivos específicos 1 y 2 de la presente tesis doctoral.

Nuestros resultados de fiabilidad, reflejados en la tabla 3 y comentados en el apartado del resumen global estructurado de los artículos, reflejan valores buenos y excelentes según la clasificación de Munro y col. (111). En la actualidad, además del nuestro, conocemos otros dos artículos que hayan analizado la fiabilidad del 30-CST en mujeres con FM (110, 135). Nuestros resultados, sobre todo los de la fiabilidad de las fases del movimiento en los instantes finales del test, fueron similares y ligeramente mejores, en el caso de la NCP, que los aportados por Carbonell y col. (110), aunque este estudio se centraba en el número de repeticiones. La comparativa entre los valores de nuestro estudio y el de Carbonell y col. ya se realizó previamente en el resumen general estructurado del Artículo N°1. Por tanto, en este apartado nos vamos a centrar en la comparativa con el otro estudio que analizó también la fiabilidad de este test en mujeres con FM y que fue publicado con posterioridad al nuestro. Se trata del estudio de Leon-Llamas y col. (135), quienes introdujeron la novedad de que dicho análisis de fiabilidad fue realizado bajo condiciones simples y duales. Además, emplearon el mismo instrumental que en nuestro estudio: el Chronopic. Sin embargo, a pesar de ello nuestros resultados revelan un SEM más bajo que

el suyo en ambas condiciones: 6,64% atendiendo al porcentaje del SEM, frente al 8.48% y 13.82% bajo tareas simples y duales respectivamente que registró el otro estudio. Respecto al SRD, el estudio de Leon-Llamas y col. reportó un porcentaje del 23,52% y 38,30% para ambas condiciones. Dichos valores son similares a los que obtuvimos para la duración de nuestras fases, IP y NCP, en el final del 30-CST, siendo de un 27.20% y un 23.68% respectivamente.

Además, como también quedó patente con anterioridad, los resultados de las correlaciones mostraron los valores más altos entre la duración de las fases del 30-CST y el miedo a sufrir caídas en las fases finales del test. Esta información resulta de gran relevancia si la analizamos en el contexto de lo que esta tesis nos ha aportado sobre el patrón motor, sus alteraciones y sus causas. El miedo a sufrir caídas parece estar relacionado con la percepción de equilibrio (9). Este hecho, junto con nuestros datos cinemáticos, nos lleva a pensar que el aumento del tiempo en fase NCP al final del test respecto al inicio (ver anexo 1), así como la correlación con el miedo a sufrir una caída, vincula este último elemento con la aparición de la fatiga durante el test. En el 30-CST, el mayor esfuerzo se produce al levantarse de la silla, realizando fuerza con el tren inferior. El aumento en el tiempo en NCP quiere decir que o bien los sujetos descansan más al llegar arriba antes de empezar de nuevo el descenso a la silla, o bien que tardan más en subir una vez que despegan de la superficie de contacto. Pudiendo estar influenciado por la percepción de equilibrio y fatiga que comentábamos con anterioridad. Y esto relaciona directamente las variables del análisis del movimiento con el miedo a sufrir caídas.

Lo mismo ocurre con las conclusiones a las que llegamos tras analizar los resultados de los Artículos N° 3 y 4. En el N° 3, los resultados muestran que los sujetos alteran su patrón motor cuando realizan el test bajo condiciones de DT en comparación a cuando realizan únicamente la tarea motriz. Concretamente disminuyen la velocidad (ya que aumentan el

tiempo en recorrer la misma distancia), aumentan el número de pasos (por lo que disminuye la longitud de zancada) y disminuyen la cadencia e inclinación del tronco para recorrer la distancia del 10-MWT. Dado que la velocidad de la marcha es considerada un buen predictor del riesgo de caídas (115, 116, 123, 124), debemos analizar con el resto de datos qué supone esa disminución en la misma. Según nuestro Artículo N° 2, era consecuencia de la reducción en la longitud de zancada y la cadencia. En este sentido, un estudio de Sil y col. (31) reportó que pacientes jóvenes con FM acortaban dichos parámetros cuando podían elegir la velocidad a la que recorrer una distancia de 3 metros respecto a cuando se le imponía un ritmo determinado. Por otro lado, un estudio previo determinó que bajo DT la inclinación del tronco aumentaba en mujeres con FM cuando subían unas escaleras cargadas con bolsas, lo que suponía un aumento en el riesgo de sufrir una caída (126). En nuestro estudio ocurre todo lo contrario. Las mujeres, al realizar el 10-MWT bajo condiciones duales, tienden a inclinar menos el tronco respecto a cuando lo realizaban en condiciones simples. En consecuencia, en base a estos resultados, la disminución en la velocidad sumada a la reducción en los datos cinemáticos que acabamos de comentar, hace que interpretemos nuestros resultados como un establecimiento de un patrón de la marcha más estable y seguro cuando los sujetos centraban su atención en dos tareas a la vez. Por tanto, vemos cómo de nuevo las alteraciones en el patrón motor están vinculadas al riesgo de sufrir una caída. Esta vez, intentando evitarlas y estando incentivado por el impacto de las DT. Estas conclusiones, además, están relacionadas con la consecución de los objetivos generales 1 y 2; y los específicos 6 y 7.

En el Artículo N° 4 encontramos algo muy interesante. Los resultados de nuestro ensayo controlado, reflejados en las tablas 8 y 9, muestran que en este caso se producen una serie de mejoras en los parámetros relacionados con el patrón de la marcha gracias a los efectos de nuestro programa de intervención basado en Exergames bajo condiciones duales,

coincidiendo con los objetivos generales 1, 2 y 3; y los específicos 8 y 9. Estas mejoras estarían relacionadas con una posible pérdida de ese miedo a sufrir caídas del que venimos hablando. Y, además, en este caso se traducen en cambios en los valores de dichas variables opuestos a los encontrados en el Artículo N° 3. Y explicamos por qué. En el estudio transversal, los valores de la cadencia y la velocidad se reducían cuando los sujetos realizaban el 10-MWT bajo DT. En el Artículo N° 4, el GC también obtuvo resultados similares. Sin embargo, el GE, tras las 24 semanas de intervención, aumentaron los valores de la cadencia y redujeron de manera significativa el tiempo en realizar dicho test, por lo que se entiende que la velocidad aumentó. Además, los datos del número de pasos reflejan que el GE realizó en el post-test menos pasos que en el pre, aunque esta diferencia no fue significativa. Aún así, de esto se desprende que el GE aumentó la amplitud de su zancada (al cubrir la misma distancia con menos pasos) y la velocidad de sus pasos, al realizar más pasos por segundo (cadencia). Por tanto, este análisis del patrón motor podría revelar que nuestro programa de intervención logró disminuir el miedo a sufrir caídas que apuntábamos en el Artículo N° 3 en el GE, al presentar un patrón y rendimiento motor mejor en la post-evaluación respecto a la evaluación inicial. Además, al contrario que en el estudio anterior, en este la inclinación del tronco aumenta en el GE, aunque de manera no-significativa. Esto podría estar relacionado con la postura adoptada por los sujetos para alcanzar una mayor velocidad. Justo lo contrario que lo que muestran los valores del GC.

Además, las mejoras en el patrón motor encontradas tras la realización de nuestro programa de intervención, fundamentalmente bajo DT, se sustentan y complementan también con los resultados obtenidos en el Artículo N°5 respecto a la CF de las mujeres con FM. Así, como reflejan las tablas 10 y 11, nuestros sujetos del GE mostraron mejoras significativas en las variables de fuerza del tren superior, flexibilidad del tren inferior y

movilidad (TUG) respecto al GC en condiciones simples. Y bajo condiciones duales, se encontraron mejoras significativas entre ambos grupos para todas las variables estudiadas (tabla 11). En este sentido, estudios previos han señalado 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 y jóvenes que sufren FM (30, 31) . Esto es consistente, por tanto, con lo encontrado en nuestros estudios, donde tras aplicar nuestro programa basado en Exergames las mujeres consiguieron mejorar su CF y su patrón motor de la marcha, sobre todo bajo DT. Lo cual resulta especialmente relevante y determinante dada la ya comentada relación entre las DT y las AVC. Además, esto reforzaría el potencial mostrado por las terapias basadas en Exergames para la mejora de la salud relacionada con el ejercicio físico (77, 79, 136). En nuestro caso, nuestro estudio revela más mejoras respecto a estudios previos basados en Exergames en población con FM, pero con una duración de 8 semanas (77, 79). Por tanto, sería recomendable alargar la duración de dichos programas para conseguir más mejoras. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esto también podría aumentar el riesgo de pérdida de adherencia al programa, en base a la comparativa entre nuestros datos y los de los estudios de Collado y col. que acabamos de citar.

Por último, queremos resaltar de nuevo la importancia de los resultados obtenidos en condiciones duales, donde se produjeron las mayores mejoras en nuestros sujetos. Esto resulta de gran relevancia en base a los estudios que avisan del descenso en la habilidad para realizar más de una tarea de manera simultánea en pacientes con FM respecto a sujetos sanos (101), lo que implica un impacto sustancial en la eficacia de la realización de AVC y un aumento en el riesgo de sufrir caídas mientras se realiza una tarea motriz (116). Por tanto, las mejoras producidas por nuestro programa en este sentido, tanto desde el

punto de vista del patrón motor como de la CF, indican que las mujeres con FM pueden mejorar su desempeño en las AVC, sobre todo bajo DT, con la consiguiente mejora en su calidad de vida relacionada con la salud. Que es precisamente el objetivo primordial de esta tesis, como ya hemos indicado en varias ocasiones.

**IMPLICACIONES PRÁCTICAS Y
PERSPECTIVAS DE FUTURO**

En base a los resultados y hallazgos más importantes que acabamos de compartir, podríamos establecer las siguientes implicaciones prácticas y perspectivas de futuro derivadas de la realización de esta tesis doctoral:

- 1) El análisis del movimiento puede plantearse como una opción novedosa para el análisis de fiabilidad, proporcionando además información cualitativa muy útil y complementaria a la cuantitativa en diferentes test aplicados a una población con el patrón motor alterado como es el caso de la FM.
- 2) El análisis del patrón motor puede aportar información clínicamente muy relevante para el diagnóstico de la FM, la determinación de la capacidad funcional de los pacientes y la adecuación de terapias apropiadas para su tratamiento.
- 3) El paradigma de las DT debería ser tenido en cuenta en la valoración de sujetos que sufren FM, por aproximarse de manera sustancial a la realidad a la que se enfrentan en sus AVC y por haberse contrastado su alto impacto en las mismas.
- 4) Las terapias basadas en realidad virtual o Exergames de carácter no inmersivo deben considerarse como un buen método para abordar tratamientos basados en realización de actividad física, por sus buenos resultados mostrados respecto a la mejora de la capacidad funcional y calidad de vida en mujeres con FM.

LIMITACIONES

La tesis doctoral que acabamos de presentar en este documento presenta también una serie de limitaciones que deberían tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados y conclusiones que se exponen en la misma, como son las siguientes:

- 1) Algunas variables contaminantes como la hora del día en la que se realizaron los test de evaluación o la imposibilidad de controlar la actividad rutinaria de los sujetos exactamente no fueron controladas.
- 2) El hecho de que la población estuviera compuesta tan solo por mujeres hace que resulte imposible extrapolar los resultados y conclusiones de esta tesis doctoral a toda la población que sufre FM, si bien es cierto que los hombres constituyen un porcentaje más bajo de prevalencia, como comentamos en la introducción.
- 3) El tamaño de la muestra es relativamente pequeño, por lo que muchas conclusiones deberían ser ratificadas por estudios con mayor tamaño muestral.
- 4) Otra limitación importante radica en la imposibilidad de comparar los resultados de nuestros sujetos con FM con sujetos sanos, además de los controles con FM que participaron en los ensayos controlados. Si hubiera existido esta posibilidad, las comparativas entre los tres grupos podrían arrojar mayores certezas sobre las variables analizadas. Además, en el estudio transversal la ausencia de grupo control hace imposible comparar nuestros resultados del análisis del patrón motor en sujetos sanos bajo condiciones simples y duales.

Limitaciones

- 5) El hecho de que nuestros sujetos controles, en el caso de los ensayos controlados, no realizaran ninguna actividad sistemática en lugar de una terapia física alternativa, hace que desconozcamos si los programas basados en realidad virtual son los más eficaces por sus ventajas y particularidades ya mencionadas o las mejoras en la CF y el patrón motor son debidos simplemente a la realización de ejercicio físico frente a la inactividad del GC.

- 6) La escasa bibliografía publicada sobre el análisis del patrón motor en FM hace necesaria la realización de más estudios al respecto para poder sacar conclusiones más firmes. Lo mismo ocurre con el paradigma de las DT, cuyo impacto está siendo cada vez más demostrado. Pero más investigaciones son necesarias para conocer con exactitud más sobre ellas en diferentes contextos de la vida cotidiana.

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Tras la explicación pormenorizada de los estudios que han conformado esta tesis doctoral, observamos que las cuatro hipótesis planteadas inicialmente se han cumplido con creces. Pero también han quedado de manifiesto una serie de limitaciones y mejoras sustanciales que se podrían abordar en el futuro, y cuyas líneas maestras podrían asentarse sobre las siguientes premisas:

- 1) Evaluar las alteraciones del patrón motor en mujeres con FM con un tamaño muestral más alto y con un GC sano que permita comparar las mejoras con nuestra población objetivo.
- 2) Aplicar programas basados en Exergames en población con FM y en mujeres de la misma edad sanas, con dos GC (sanas y FM) con el fin de poder contrastar la efectividad de este tipo de terapias con mayores certezas empíricas.
- 3) Añadir el componente cognitivo (DT) en las terapias físicas aplicadas en FM y comprobar las mejoras que se producen en la CF y el patrón motor, vinculando la evaluación de estas variables y en estas condiciones a las AVC.

CONCLUSIONES

En base a los resultados y los análisis expuestos a lo largo del desarrollo de la presente tesis doctoral, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- ❖ El análisis de fiabilidad del 30-CST realizado en base a la duración de las fases del movimiento, en este caso sobre todo la NCP en la parte final del test, muestra excelentes resultados. Esto permite recomendar su uso con este enfoque en mujeres con FM, puesto que además proporciona información extra complementaria y relevante como la aparición de la fatiga durante la prueba o su estrecha relación con el miedo de sufrir caídas en esta población.
- ❖ Las mujeres con FM muestran un patrón de la marcha alterado que puede provocar desde reducción en la movilidad hasta el incremento de lesiones y riesgo de caídas.
- ❖ El análisis de variables relacionadas con el patrón motor proporcionan información relevante y objetiva sobre la capacidad funcional de mujeres con FM, lo que puede emplearse como herramienta para adecuar las terapias basadas en ejercicio físico en este colectivo.
- ❖ Las DT empeoran el rendimiento y provocan alteraciones en el patrón motor de la marcha en mujeres con FM cuando el componente de la velocidad está presente, lo que influye en su habilidad para realizar AVC.
- ❖ Un programa de 24 semanas basado en Exergames consigue provocar alteraciones positivas en el patrón motor de mujeres con FM, así como producir mejoras significativas en variables de CF que permiten mejorar la calidad de vida de estas

Conclusiones

personas.

- ❖ Los Exergames producen dichas mejoras tanto en condiciones simples como en DT. Esto último resulta especialmente relevante teniendo en cuenta la estrecha relación entre las DT y las AVC. En este sentido, las mejoras inducidas por nuestro programa de intervención mejoran su capacidad funcional y su habilidad para realizar varias tareas de manera simultánea, reduciendo así el riesgo de sufrir caídas, mejorando su desempeño en dichas AVC y aumentando de manera sustancial su calidad de vida relacionada con la salud.

CONCLUSIONS

The main conclusions of this doctoral thesis, based on the results and analyses outlined throughout this document, are as follows:

- ❖ The reliability analysis of the 30-CST based on the duration of the movement phases, especially in NCP in the final part of the test, shows excellent results. This allows us to recommend its use with this approach in women with FM, since it also provides additional and relevant information such as when the fatigue appears during the test or its close relation with the fear of falling in this population.
- ❖ Women with FM show an altered walking motor pattern that may have consequences such as a reduction in the mobility or an increment of injuries and risk of falls.
- ❖ The analysis of variables related to motor pattern provide relevant and objective information about the functional capacity of women with FM, which can be used as a tool to adapt the therapies based on physical exercise in this population.
- ❖ The DT worsen performance and cause alterations in walking motor pattern in women with FM when the component of speed is present, thereby influencing their ability to perform AVC.
- ❖ A 24-week intervention program based on Exergames manages to cause positive alterations in the motor pattern on women with FM, as well as producing significant improvements in variables of CF, which also allow improving the quality of life in those persons.

Conclusions

- ❖ Exergames produce these improvements in both simple and DT conditions. This is particularly relevant considering the close links between DT and AVC. In this sense, the improvements induced by our intervention program enhance their functional capacity and their ability to carry out several tasks simultaneously, reducing the risk of falling; improving their performance in that AVC and considerably increasing their health-related quality of life.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wolfe F, Clauw DJ, Fitzcharles MA, Goldenberg DL, Katz RS, Mease P, et al. The American College of Rheumatology Preliminary Diagnostic Criteria for Fibromyalgia and Measurement of Symptom Severity. *Arthritis Care & Research*. 2010;62(5):600-10.
2. Walker J. Fibromyalgia: clinical features, diagnosis and management. *Nursing standard (Royal College of Nursing (Great Britain))* : 1987). 2016;31(5):51-63.
3. Marques AP, do Espirito Santo AdS, Berssaneti AA, Matsutani LA, King Yuan SL. Prevalence of fibromyalgia: literature review update. *Revista Brasileira De Reumatologia*. 2017;57(4):356-63.
4. Branco JC, Bannwarth B, Failde I, Abello Carbonell J, Blotman F, Spaeth M, et al. Prevalence of Fibromyalgia: A Survey in Five European Countries. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 2010;39(6):448-53.
5. Mas AJ, Carmona L, Valverde M, Ribas B, Grp ES. Prevalence and impact of fibromyalgia on function and quality of life in individuals from the general population: results from a nationwide study in Spain. *Clinical and Experimental Rheumatology*. 2008;26(4):519-26.
6. Wolfe F, Smythe HA, Yunus MB, Bennett RM, Bombardier C, Goldenberg DL, et al. The American-College-of-Rheumatology 1990 Criteria for the Classification of Fibromyalgia - Report of the Multicenter Criteria Committee. *Arthritis and Rheumatism*. 1990;33(2):160-72.
7. Moldofsky H. Rheumatic manifestations of sleep disorders. *Current Opinion in Rheumatology*. 2010;22(1):59-63.
8. Isik-Ulusoy S. Evaluation of affective temperament and anxiety-depression levels in fibromyalgia patients: a pilot study. *Revista Brasileira De Psiquiatria*. 2019;41(5):428-32.
9. Collado-Mateo D, Gallego-Diaz JM, Adsuar JC, Dominguez-Munoz FJ, Olivares PR, Gusi N. Fear of Falling in Women with Fibromyalgia and Its Relation with Number of Falls and Balance Performance. *Biomed Research International*. 2015.
10. Buskila D. Developments in the scientific and clinical understanding of fibromyalgia. *Arthritis Research & Therapy*. 2009;11(5).

Referencias Bibliográficas

11. Jones KD, Horak FB, Winters-Stone K, Irvine JM, Bennett RM. Fibromyalgia Is Associated With Impaired Balance and Falls. *Jcr-Journal of Clinical Rheumatology*. 2009;15(1):16-21.
12. Bayazit YA, GURSOY S, OZER E, KARAKURUM G, MADENCI E. Neurotologic manifestations of the fibromyalgia syndrome. *Journal of the Neurological Sciences*. 2002;196(1-2):77-80.
13. Carbonell-Baeza A, Aparicio VA, Sjoström M, Ruiz JR, Delgado-Fernandez M. Pain and Functional Capacity in Female Fibromyalgia Patients. *Pain Medicine*. 2011;12(11):1667-75.
14. Jones KD, Clark SR, Bennett RM. Prescribing exercise for people with fibromyalgia. *AACN clinical issues*. 2002;13(2):277-93.
15. Panton LB, Kingsley JD, Toole T, Cress ME, Abboud G, Sirithienthad P, et al. A comparison of physical functional performance and strength in women with fibromyalgia, age- and weight-matched controls, and older women who are healthy. *Physical Therapy*. 2006;86(11):1479-88.
16. Huijnen IPJ, Verbunt JA, Meeus M, Smeets RJE. Energy Expenditure during Functional Daily Life Performances in Patients with Fibromyalgia. *Pain Practice*. 2015;15(8):748-56.
17. Arnold LM, Clauw DJ, Dunegan LJ, Turk DC, FibroCollaborative. A Framework for Fibromyalgia Management for Primary Care Providers. *Mayo Clinic Proceedings*. 2012;87(5):488-96.
18. Tofferi JK, Jackson JL, O'Malley PG. Treatment of fibromyalgia with cyclobenzaprine: A meta-analysis. *Arthritis & Rheumatism-Arthritis Care & Research*. 2004;51(1):9-13.
19. Perrot S, Russell IJ. More ubiquitous effects from non-pharmacologic than from pharmacologic treatments for fibromyalgia syndrome: A meta-analysis examining six core symptoms. *European Journal of Pain*. 2014;18(8):1067-80.
20. Choy E, Marshall D, Gabriel ZL, Mitchell SA, Gylee E, Dakin HA. A Systematic Review and Mixed Treatment Comparison of the Efficacy of Pharmacological Treatments for Fibromyalgia. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 2011;41(3):335-45.
21. Macfarlane GJ, Kronisch C, Dean LE, Atzeni F, Haeuser W, Fluss E, et al. EULAR

- revised recommendations for the management of fibromyalgia. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2017;76(2):318-28.
22. Bai Y, Guo Y, Wang H, Chen B, Wang Z, Liu Y, et al. Efficacy of acupuncture on fibromyalgia syndrome: a Meta-analysis. *Journal of Traditional Chinese Medicine*. 2014;34(4):381-91.
23. Collado-Mateo D, Adsuar JC, Olivares PR, del Pozo-Cruz B, Parraca JA, del Pozo-Cruz J, et al. Effects of Whole-Body Vibration Therapy in Patients with Fibromyalgia: A Systematic Literature Review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2015.
24. Alves CRR, Santiago BM, Lima FR, Otaduy MCG, Calich AL, Tritto ACC, et al. Creatine Supplementation in Fibromyalgia: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Arthritis Care & Research*. 2013;65(9):1449-59.
25. Collado Mateo D, Pazzi F, Dominguez Munoz FJ, Martin Martinez JP, Olivares PR, Gusi N, et al. Ganoderma lucidum improves physical fitness in women with fibromyalgia. *Nutricion Hospitalaria*. 2015;32(5):2126-35.
26. Karras S, Rapti E, Matsoukas S, Kotsa K. Vitamin D in Fibromyalgia: A Causative or Confounding Biological Interplay? *Nutrients*. 2016;8(6).
27. Busch AJ, Schachter CL, Overend TJ, Peloso PM, Barber KAR. Exercise for fibromyalgia: A systematic review. *Journal of Rheumatology*. 2008;35(6):1130-44.
28. Bidonde J, Busch AJ, Bath B, Milosavljevic S. Exercise for adults with fibromyalgia: an umbrella systematic review with synthesis of best evidence. *Current rheumatology reviews*. 2014;10(1):45-79.
29. Busch AJ, Barber KAR, Overend TJ, Peloso PMJ, Schachter CL. Exercise for treating fibromyalgia syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2007(4).
30. Tran ST, Thomas S, DiCesare C, Pfeiffer M, Sil S, Ting TV, et al. A pilot study of biomechanical assessment before and after an integrative training program for adolescents with juvenile fibromyalgia. *Pediatric Rheumatology*. 2016;14.
31. Sil S, Thomas S, DiCesare C, Strotman D, Ting TV, Myer G, et al. Preliminary Evidence

Referencias Bibliográficas

of Altered Biomechanics in Adolescents With Juvenile Fibromyalgia. *Arthritis Care & Research*. 2015;67(1):102-11.

32. Latorre-Roman P, Santos-Campos M, Heredia-Jimenez J, Delgado-Fernandez M, Soto-Hermoso V. Analysis of the performance of women with fibromyalgia in the six-minute walk test and its relation with health and quality of life. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2014;54(4):511-7.

33. Bennett RM, Jones J, Turk DC, Russell IJ, Matallana L. An internet survey of 2,596 people with fibromyalgia. *Bmc Musculoskeletal Disorders*. 2007;8.

34. Auvinet B, Chaleil D, Cabane J, Dumolard A, Hatron P, Juvin R, et al. The interest of gait markers in the identification of subgroups among fibromyalgia patients. *Bmc Musculoskeletal Disorders*. 2011;12.

35. Mueller W, Schneider M, Joos T, Hsu HY, Stratz T. Subgroups of fibromyalgia. *Schmerz*. 2007;21(5):424-+.

36. Auvinet B, Chaleil D. Identification of subgroups among fibromyalgia patients. *Reumatismo*. 2012;64(4):250-60.

37. Hausdorff JM, Yogev G, Springer S, Simon ES, Giladi N. Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. *Experimental Brain Research*. 2005;164(4):541-8.

38. Waite LM. Gait slowing as a predictor of dementia. *Journal of the Neurological Sciences*. 2005;229:365-.

39. Hausdorff JM, Peng C-K, Goldberger AL, Stoll AL. Gait unsteadiness and fall risk in two affective disorders: a preliminary study. *Bmc Psychiatry*. 2004;4.

40. Dobbs RJ, Charlett A, Bowes SG, Oneill CJA, Weller C, Hughes J, et al. IS THIS WALK NORMAL. *Age and Ageing*. 1993;22(1):27-30.

41. Macellari V, Giacomozzi C, Saggini R. Spatial-temporal parameters of gait: reference data and a statistical method for normality assessment. *Gait & Posture*. 1999;10(2):171-81.

42. Heredia Jimenez JM, Aparicio Garcia-Molina VA, Porres Foulquie JM, Delgado

Fernandez M, Soto Hermoso VM. Spatial-temporal parameters of gait in women with fibromyalgia. *Clinical Rheumatology*. 2009;28(5):595-8.

43. Auvinet B, Bileckot R, Alix A-S, Chaleil D, Barrey E. Gait disorders in patients with fibromyalgia. *Joint Bone Spine*. 2006;73(5):543-6.

44. Heredia-Jimenez J, Latorre-Roman P, Santos-Campos M, Orantes-Gonzalez E, Soto-Hermoso VM. Spatio-temporal gait disorder and gait fatigue index in a six-minute walk test in women with fibromyalgia. *Clinical Biomechanics*. 2016;33:1-6.

45. Jones CJ, Rutledge DN, Aquino J. Predictors of Physical Performance and Functional Ability in People 50+With and Without Fibromyalgia. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2010;18(3):353-68.

46. Ghai S, Ghai I, Effenberg AO. Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Interventions in Aging*. 2017;12:557-77.

47. Kleiner M, Wong L, Dube A, Wnuk K, Hunter SW, Graham LJ. Dual-Task Assessment Protocols in Concussion Assessment: A Systematic Literature Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2018;48(2):87-+.

48. Marois R, Ivanoff J. Capacity limits of information processing in the brain. *Trends in Cognitive Sciences*. 2005;9(6):296-305.

49. Kelly VE, Eusterbrock AJ, Shumway-Cook A. A Review of Dual-Task Walking Deficits in People with Parkinson's Disease: Motor and Cognitive Contributions, Mechanisms, and Clinical Implications. *Parkinsons Disease*. 2012.

50. Fritz NE, Cheek FM, Nichols-Larsen DS. Motor-Cognitive Dual-Task Training in Persons With Neurologic Disorders: A Systematic Review. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 2015;39(3):142-53.

51. Verghese J, Buschke H, Viola L, Katz M, Hall C, Kuslansky G, et al. Validity of divided attention tasks in predicting falls in older individuals: A preliminary study. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002;50(9):1572-6.

52. Dujardin K, Tard C, Duhamel A, Delval A, Moreau C, Devos D, et al. The pattern of

Referencias Bibliográficas

attentional deficits in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2013;19(3):300-5.

53. Paul RH, Beatty WW, Schneider R, Blanco C, Hames K. Impairments of attention in individuals with Multiple Sclerosis. *Multiple Sclerosis*. 1998;4(5):433-9.

54. Li KZH, Lindenberger U, Freund AM, Baltes PB. Walking while memorizing: Age-related differences in compensatory behavior. *Psychological Science*. 2001;12(3):230-7.

55. Dailey DL, Keffala VJ, Sluka KA. Do Cognitive and Physical Fatigue Tasks Enhance Pain, Cognitive Fatigue, and Physical Fatigue in People With Fibromyalgia? *Arthritis Care & Research*. 2015;67(2):288-96.

56. Kop WJ, Lyden A, Berlin AA, Ambrose K, Olsen C, Gracely RH, et al. Ambulatory monitoring of physical activity and symptoms in fibromyalgia and chronic fatigue syndrome. *Arthritis and Rheumatism*. 2005;52(1):296-303.

57. Korszun A, Young EA, Engleberg NC, Brucksch CB, Greden JF, Crofford LA. Use of actigraphy for monitoring sleep and activity levels in patients with fibromyalgia and depression. *Journal of Psychosomatic Research*. 2002;52(6):439-43.

58. Gowans SE, deHueck A. Effectiveness of exercise in management of fibromyalgia. *Current Opinion in Rheumatology*. 2004;16(2):138-42.

59. Fontaine KR, Conn L, Clauw DJ. Effects of Lifestyle Physical Activity in Adults With Fibromyalgia Results at Follow-Up. *Jcr-Journal of Clinical Rheumatology*. 2011;17(2):64-8.

60. Lange BS, Requejo P, Flynn SM, Rizzo AA, Valero-Cuevas FJ, Baker L, et al. The Potential of Virtual Reality and Gaming to Assist Successful Aging with Disability. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2010;21(2):339-+.

61. Wueest S, van de langenberg R, de Bruin ED. Design considerations for a theory-driven exergame-based rehabilitation program to improve walking of persons with stroke. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2014;11(2):119-29.

62. Donath L, Rossler R, Faude O. Effects of Virtual Reality Training (Exergaming) Compared to Alternative Exercise Training and Passive Control on Standing Balance and Functional Mobility in Healthy Community-Dwelling Seniors: A Meta-Analytical Review. *Sports*

Medicine. 2016;46(9):1293-309.

63. Skjaeret N, Nawaz A, Morat T, Schoene D, Helbostad JL, Vereijken B. Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. *International Journal of Medical Informatics*. 2016;85(1):1-16.

64. Sims J, Cosby N, Saliba EN, Hertel J, Saliba SA. Exergaming and Static Postural Control in Individuals With a History of Lower Limb Injury. *Journal of Athletic Training*. 2013;48(3):314-25.

65. Ibrahim MS, Mattar AG, Elhafez SM. Efficacy of virtual reality-based balance training versus the Biodex balance system training on the body balance of adults. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(1):20-6.

66. Feasel J, Whitton MC, Kassler L, Brooks FP, Jr., Lewek MD. The Integrated Virtual Environment Rehabilitation Treadmill System. *Ieee Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2011;19(3):290-7.

67. Yang Y-R, Tsai M-P, Chuang T-Y, Sung W-H, Wang R-Y. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: A randomized controlled trial. *Gait & Posture*. 2008;28(2):201-6.

68. Klompstra L, Jaarsma T, Stromberg A. Exergaming to increase the exercise capacity and daily physical activity in heart failure patients: a pilot study. *Bmc Geriatrics*. 2014;14.

69. Glen K, Eston R, Loetscher T, Partitt G. Exergaming: Feels good despite working harder. *Plos One*. 2017;12(10).

70. Skjaeret-Maroni N, Vonstad EK, Ihlen EAF, Tan X-C, Helbostad JL, Vereijken B. Exergaming in Older Adults: Movement Characteristics While Playing Stepping Games. *Frontiers in Psychology*. 2016;7.

71. Sihvonen SE, Sipila S, Era PA. Changes in postural balance in frail elderly women during a 4-week visual feedback training: A randomized controlled trial. *Gerontology*. 2004;50(2):87-95.

72. Choi SD, Guo L, Kang D, Xiong S. Exergame technology and interactive interventions for elderly fall prevention: A systematic literature review. *Applied Ergonomics*. 2017;65:570-81.

Referencias Bibliográficas

73. de Bruin ED, Schoene D, Pichierri G, Smith ST. Use of virtual reality technique for the training of motor control in the elderly Some theoretical considerations. *Zeitschrift Fur Gerontologie Und Geriatrie*. 2010;43(4):229-34.
74. Malloy KM, Milling LS. The effectiveness of virtual reality distraction for pain reduction: A systematic review. *Clinical Psychology Review*. 2010;30(8):1011-8.
75. van Diest M, Lamoth CJC, Stegenga J, Verkerke GJ, Postema K. Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2013;10.
76. Garcia-Agundez A, Folkerts A-K, Konrad R, Caserman P, Tregel T, Goosses M, et al. Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2019;16.
77. Collado-Mateo D, Javier Dominguez-Munoz F, Carmelo Adsuar J, Angel Garcia-Gordillo M, Gusi N. 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*. 2017;98(9):1725-31.
78. Villafaina S, Collado-Mateo D, Dominguez-Munoz FJ, Fuentes-Garcia JP, Gusi N. 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*. 2019;8(6):380-6.
79. Collado-Mateo D, Dominguez-Munoz FJ, Adsuar JC, Merellano-Navarro E, Gusi N. Exergames for women with fibromyalgia: a randomised controlled trial to evaluate the effect on mobility skills, balance and fear of falling. *Peerj*. 2017;5.
80. Villafaina S, Borrega-Mouquinho Y, Fuentes-Garcia JP, Collado-Mateo D, Gusi N. 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*. 2019;17(1).
81. Pedro Martin-Martinez J, Villafaina S, Collado-Mateo D, Perez-Gomez J, Gusi N. 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*. 2019;29(10):1610-7.

82. Scheffer AC, Schuurmans MJ, vanDijk N, van der Hooft T, de Rooij SE. Reliability and Validity of the Visual Analogue Scale for fear of falling in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2010;58(11):2228-30.

83. Bennett R. The Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ): a review of its development, current version, operating characteristics and uses. *Clinical and Experimental Rheumatology*. 2005;23(5):S154-S62.

84. Burckhardt CS, Clark SR, Bennett RM. The Fibromyalgia Impact Questionnaire - Development and Validation. *Journal of Rheumatology*. 1991;18(5):728-33.

85. Esteve-Vives J, Rivera Redondo J, Isabel Salvat Salvat M, de Gracia Blanco M, de Miquel CA. Proposal for a consensus version of the Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ) for the Spanish population. *Reumatologia clinica*. 2007;3(1):21-4.

86. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of clinical epidemiology*. 2009;62(10):e1-34.

87. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*. 2003;83(8):713-21.

88. Rosenbrand K, Van Croonenborg J, Wittenberg J. Guideline development. *Studies in health technology and informatics*. 2008;139:3-21.

89. Heredia-Jimenez J, Orantes-Gonzalez E. Gender differences in patients with fibromyalgia: a gait analysis. *Clinical Rheumatology*. 2019;38(2):513-22.

90. Silva AP, Chagas DdV, Cavaliere ML, Pinto S, de Oliveira Barbosa JS, Batista LA. Kinematic analysis of subtalar eversion during gait in women with fibromyalgia. *Foot (Edinburgh, Scotland)*. 2016;28:42-6.

Referencias Bibliográficas

91. Heredia-Jimenez J, Orantes-Gonzalez E, Soto-Hermoso VM. Variability of gait, bilateral coordination, and asymmetry in women with fibromyalgia. *Gait & Posture*. 2016;45:41-4.
92. Koca I, Savas E, Ozturk ZA, Boyaci A, Tutoglu A, Alkan S, et al. The evaluation in terms of sarcopenia of patients with fibromyalgia syndrome. *Wiener Klinische Wochenschrift*. 2016;128(21-22):816-21.
93. Goes SM, Leite N, de Souza RM, Homann D, Osiecki ACV, Stefanello JMF, et al. Gait characteristics of women with fibromyalgia: a premature aging pattern. *Revista Brasileira De Reumatologia*. 2014;54(5).
94. Heredia-Jimenez JM, Soto-Hermoso VM. Kinematics gait disorder in men with fibromyalgia. *Rheumatology International*. 2014;34(1):63-5.
95. Pierrynowski MR, Tiidus PM, Galea V. Women with fibromyalgia walk with an altered muscle synergy. *Gait & Posture*. 2005;22(3):210-8.
96. Peters DM, Fritz SL, Krotish DE. 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*. 2013;36(1):24-30.
97. Steffen T, Seney M. 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*. 2008;88(6):733-46.
98. Bennett RM, Bushmakina AG, Cappelleri JC, Zlateva G, Sadosky AB. Minimal Clinically Important Difference in the Fibromyalgia Impact Questionnaire. *Journal of Rheumatology*. 2009;36(6):1304-11.
99. Busca B, Font A. A low-cost contact system to assess load displacement velocity in a resistance training machine. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2011;10(3):472-7.
100. De Blas X, Gonzalez-Gomez J, Gomez R. Validity of new Chronopic v.3 open hardware to measure time on jump related tests. *Medicine and Science in Sport and Exercise, Supplement*2009. p. 61.
101. Villafaina S, Collado-Mateo D, Dominguez-Munoz FJ, Fuentes-Garcia JP, Gusi N. Impact

of adding a cognitive task while performing physical fitness tests in women with fibromyalgia A cross-sectional descriptive study. *Medicine*. 2018;97(51).

102. Villafaina S, Polero P, Collado-Mateo D, Fuentes-Garcia JP, Gusi N. Impact of adding a simultaneous cognitive task in the elbow's range of movement during arm curl test in women with fibromyalgia. *Clinical Biomechanics*. 2019;65:110-5.

103. Lewis GN, Rosie JA. Virtual reality games for movement rehabilitation in neurological conditions: how do we meet the needs and expectations of the users? *Disability and Rehabilitation*. 2012;34(22):1880-6.

104. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005;19(1):231-40.

105. Fritz CO, Morris PE, Richler JJ. Effect Size Estimates: Current Use, Calculations, and Interpretation. *Journal of Experimental Psychology-General*. 2012;141(1):2-18.

106. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the False Discovery Rate - A practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society Series B-Statistical Methodology*. 1995;57(1):289-300.

107. de Bruijn ST, van Wijck AJM, Geenen R, Snijders TJ, van der Meulen WJTM, Jacobs JWG, et al. Relevance of Physical Fitness Levels and Exercise-Related Beliefs for Self-Reported and Experimental Pain in Fibromyalgia An Explorative Study. *Jcr-Journal of Clinical Rheumatology*. 2011;17(6):295-301.

108. Aparicio VA, Carbonell-Baeza A, Ruiz JR, Aranda P, Tercedor P, Delgado-Fernandez M, et al. Fitness testing as a discriminative tool for the diagnosis and monitoring of fibromyalgia. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2013;23(4):415-23.

109. Collado-Mateo D, Adsuar JC, Dominguez-Munoz FJ, Olivares PR, Gusi N. Impact of Fibromyalgia in the Sit-to-Stand-to-Sit Performance Compared With Healthy Controls. *Pm&R*. 2017;9(6):588-95.

110. Carbonell-Baeza A, Alvarez-Gallardo IC, Segura-Jimenez V, Castro-Pinero J, Ruiz JR, Delgado-Fernandez M, et al. Reliability and Feasibility of Physical Fitness Tests in Female

Referencias Bibliográficas

Fibromyalgia Patients. *International Journal of Sports Medicine*. 2015;36(2):157-62.

111. Munro B, Visintainer M, Page E. *Statistical Methods for Health Care Research*. Lippincott William & Wilkins: Philadelphia: PA, USA; 1986.

112. Johansen KL, Stistrup RD, Schjott CS, Madsen J, Vinther A. Absolute and Relative Reliability of the Timed 'Up & Go' Test and '30second Chair-Stand' Test in Hospitalised Patients with Stroke. *Plos One*. 2016;11(10).

113. Alfonso-Rosa RM, del Pozo-Cruz B, del Pozo-Cruz J, Sanudo B, Rogers ME. Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change Scores for Fitness Assessment in Older Adults with Type 2 Diabetes. *Rehabilitation Nursing*. 2014;39(5):260-8.

114. Lopopolo RB, Greco M, Sullivan D, Craik RL, Mangione KK. Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: A meta-analysis. *Physical Therapy*. 2006;86(4):520-40.

115. Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, et al. Gait Speed and Survival in Older Adults. *Jama-Journal of the American Medical Association*. 2011;305(1):50-8.

116. Montero-Odasso M, Schapira M, Soriano ER, Varela M, Kaplan R, Camera LA, et al. Gait velocity as a single predictor of adverse events in healthy seniors aged 75 years and older. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences*. 2005;60(10):1304-9.

117. Brach JS, Studenski S, Perera S, VanSwearingen JM, Newman AB. Stance time and step width variability have, unique contributing impairments in older persons. *Gait & Posture*. 2008;27(3):431-9.

118. Owings TM, Grabiner MD. Variability of step kinematics in young and older adults. *Gait & Posture*. 2004;20(1):26-9.

119. Meireles SA, Antero DC, Kulczycki MM, Skare TL. Prevalence of falls in fibromyalgia patients. *Acta Ortopedica Brasileira*. 2014;22(3):163-6.

120. Góes SM, Leite N, de Souza RM, Homann D, Osiecki ACV, Stefanello JMF, et al. Gait characteristics of women with fibromyalgia: a premature aging pattern. *Revista Brasileira de Reumatologia (English Edition)*2014. p. 335-41.

121. Pichierri G, Wolf P, Murer K, de Bruin ED. Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: A systematic review. *Bmc Geriatrics*. 2011;11.
122. Kwon JW, Son SM, Lee NK. Changes of kinematic parameters of lower extremities with gait speed: a 3D motion analysis study. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(2):477-9.
123. Maki BE. Gait changes in older adults: Predictors of falls or indicators of fear? *Journal of the American Geriatrics Society*. 1997;45(3):313-20.
124. de Rekeneire N, Visser M, Peila R, Nevitt MC, Cauley JA, Tylavsky FA, et al. Is a fall just a fall: Correlates of falling in healthy older persons. The health, aging and body composition study. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2003;51(6):841-6.
125. Costa ID, Gamundi A, Miranda JGV, Franca LGS, De Santana CN, Montoya P. Altered Functional Performance in Patients with Fibromyalgia. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2017;11:9.
126. Collado-Mateo D, Adsuar JC, Olivares PR, Dominguez-Munoz FJ, Maestre-Cascales C, Gusi N. Performance of women with fibromyalgia in walking up stairs while carrying a load. *Peerj*. 2016;4.
127. Santos GOR, Wolf R, Silva MM, Rodacki ALF, Pereira G. 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*. 2019;116:25-30.
128. Hortobagyi T, Mizelle C, Beam S, DeVita P. Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences*. 2003;58(5):453-60.
129. Norouzi E, Hosseini F, Vaezmosavi M, Gerber M, Puhse U, Brand S. Zumba dancing and aerobic exercise can improve working memory, motor function, and depressive symptoms in female patients with Fibromyalgia. *European Journal of Sport Science*.
130. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 1999;7(2):129-61.

Referencias Bibliográficas

131. Phillips WT. Senior fitness test manual. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2002;10(1):110-1.
132. Podsiadlo D, Richardson S. THE TIMED UP AND GO - A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(2):142-8.
133. Collado-Mateo D, Dominguez-Munoz FJ, Adsuar JC, Merellano-Navarro E, Olivares PR, Gusi N. Reliability of the Timed Up and Go Test in Fibromyalgia. *Rehabilitation Nursing*. 2018;43(1):35-9.
134. Alvarez-Gallardo IC, Carbonell-Baeza A, Segura-Jimenez V, Soriano-Maldonado A, Intemann T, Aparicio VA, et al. Physical fitness reference standards in fibromyalgia: The al-Andalus project. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2017;27(11):1477-88.
135. Luis Leon-Llamas J, Villafaina S, Murillo-Garcia A, Collado-Mateo D, Javier Dominguez-Munoz F, Sanchez-Gomez J, et al. Strength Assessment Under Dual Task Conditions in Women with Fibromyalgia: A Test-Retest Reliability Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(24).
136. Larsen LH, Schou L, Lund HH, Langberg H. The Physical Effect of Exergames in Healthy Elderly-A Systematic Review. *Games for Health Journal*. 2013;2(4):205-12.

ANEXOS




❖ **Anexo 1. Artículo N°1: Reliability of the 30-s Chair**

Stand Test in Women with Fibromyalgia



Article

Reliability of the 30 s Chair Stand Test in Women with Fibromyalgia

Juan Pedro Martín-Martínez ¹, Daniel Collado-Mateo ^{1,2,*} ,
Francisco Javier Domínguez-Muñoz ¹, Santos Villafaina ^{1,*} , Narcís Gusi ¹ 
and Jorge Pérez-Gómez ¹

¹ Faculty of Sport Science, University of Extremadura, Avda. Universidad S/N, 10003 Cáceres, Spain

² Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Chile, Talca 1670, Chile

* Correspondence: danicolladom@gmail.com (D.C.-M.); svillafaina@unex.es (S.V.)

Received: 12 June 2019; Accepted: 1 July 2019; Published: 2 July 2019



Abstract: *Background:* The 30 s chair stand test is often used to evaluate physical fitness in chronic pain populations. In patients with fibromyalgia, physical fitness is closely related to pain, quality of life, and fear of falling. However, the reliability of this test has only been evaluated concerning the number of repetitions. *Objective:* To evaluate the test–retest reliability of the 30 s chair stand test in women with fibromyalgia ($n = 30$), using data from the contact and non-contact time registered with an automatic chronometer (chronojump). *Methods:* Participants carried out the 30 s chair stand test twice with five minutes as a rest period, while an automatic chronometer recorded the time elapsed in contact with the chair (impulse phase) and not in contact (non-contact phase). Number and fear of falls in the last year and in the last six weeks were also recorded. *Results:* The reliability of duration of both phases was good. A relationship between these results and the number and fear of falling was also found. *Conclusion:* The analysis of movement phases in the 30 s chair stand test showed a good reliability in females with fibromyalgia, providing further useful information about the onset of muscle fatigue during the test.

Keywords: intraclass correlation coefficient; standard error of measurement; chronic pain; reliability analysis; physical fitness tests

1. Introduction

Fibromyalgia (FM) is defined as a chronic disease characterized by widespread persistent pain and associated with other symptoms, such as non-restorative sleep, anxiety, depression, stiffness, fatigue, balance, and mobility problems [1,2]. Therefore, people affected by FM often have a reduced health-related quality of life [3], and experience difficulties in performing their daily activities [4].

The prevalence of FM depends on the country and the criteria. The modification of the American College of Rheumatology Preliminary Diagnostic Criteria for FM in 2010 has allowed researchers to determine whether a patient is suffering from FM or not, outside of the clinical setting [5]. Using this criteria, the prevalence of FM is 1.8% in the United States [6]. In Europe, the prevalence ranges from 2.9 to 4% of the general population [7]. FM is 20 times more frequent among women than men, according to Mas et al. [8], who stated that FM affects more than 4% of Spanish women, while the prevalence among men is only 0.2%.

Physical fitness is an important measurement in patients with FM, since it is closely related to pain [9], quality of life [10], fear of falling [2], and psychological disorders [11]. Furthermore, the ability to perform daily activities is conditioned by physical fitness [12] and fear of falling [2]. In this regard, poor physical fitness, recent falls, or fear of falling, may cause avoidance of motor activities of daily living [13].

One of the most widely used test is the 30 s chair stand test [14], which involves the repetition of the sit-to-stand-to-sit pattern. The evaluation of the sit-to-stand-to-sit task provides relevant information in chronic pain populations [15]. In women with FM, the 30 s chair stand test has been used to discriminate the presence/absence of FM and the severity of the associated symptoms [16].

Although the number of repetitions in the 30 s chair stand test are closely related to the physical impact of FM and pain levels [17], previous research has suggested that the kinematics involved in performing this test may be even more relevant. In this regard, Collado-Mateo et al. [18] divided the task into two (sit-to-stand and stand-to-sit phases) and three phases (stand-up, sit down, and impulse phases) using the Functional Assessment of Biomechanics (FAB) device (Biosyn Systems, Inc.; Surrey, BC, Canada). They observed that the duration of phases was related to relevant FM-related variables, and suggested that division into either two or three phases provides useful information. However, the reliability of the duration of phases of the 30 s chair stand test in women with FM has never been reported. Given that the score achieved in a test is variable and may differ from one repetition to another performed in the same condition, this reliability information is necessary for clinicians and researchers in order to interpret changes in variables after a specific intervention.

A previous study [19] has evaluated the reliability of the 30 s chair stand test in women with FM. However, it was focused only on the number of repetitions, and, to our knowledge, no study has evaluated the reliability of the test taking into account the duration of the movement phases in each repetition. Furthermore, the FAB device is expensive, so we propose this analysis, focusing on the impulse phase (IP) and non-contact phase (NCP), using a cheaper instrument: the Chronojump (Chronojump).

Therefore, the main objective of this study was to evaluate the reliability of two phases of the 30 s chair stand test in women with FM, using data from the contact time registered with the Chronojump device.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

A total of 30 women from a local association of FM took part in this study. Their main characteristics are shown in Table 1. A total 73.33% of the participants were overweight or obese. Furthermore, 40% and 33% of the participants were under antidepressant and analgesic treatments respectively, and physiotherapy was the main complementary therapy (26.7% of the participants). They were required to fulfil the following inclusion criteria: (a) Have been diagnosed with FM by a rheumatologist according to the 2010 criteria established by the American College of Rheumatology [20]; (b) Be able to communicate effectively with the study staff; (c) Be older than 18 years old; and (d) Have understood and signed the informed consent in accordance with the updated Declaration of Helsinki. On the other hand, participants were excluded if they were not able to stand and sit on the chair once without help. This study obtained the agreement of the Biomedical Ethics Committee of the University of Extremadura (Spain) (62/2017).

2.2. Procedure

First, participants answered some socio-demographic questions, a question about the number of falls in the last year, as well as a visual analogical scale (VAS) about fear of falling ranging from 0 to 100, where 0 meant “no fear” and 100 meant “extreme fear,” which was validated by Scheffer et al. [21]. This VAS has been previously used in women with fibromyalgia [2,22]. They also completed the Fibromyalgia Impact Questionnaire [23,24], which evaluates the impact of the symptoms on fibromyalgia from 0 (minimum impact) to 100 (maximum impact). In Spain, this questionnaire was developed by Esteve-Vives et al. [25]. Then, participants were measured and weighed using the Tanita Body Composition Analyzer BC-418 MA.

After that, all the participants were informed of the essential instructions and considerations on the development of the 30 s chair stand test and performed one repetition in order to get used to it. Then, they completed the 30 s chair stand test twice with a rest period of five minutes between both attempts.

2.3. The 30 s Chair Stand Test

To perform the 30 s chair stand test, the participants began seated on a chair with their arms crossed at the chest level and the hands over their shoulders. They had to stand up from this seated position until they reached a complete knee extension, and then sit down again until the back touched the backrest of the chair. This cycle was repeated as many times as they could in 30 seconds. Before starting the 30 s chair stand test, a member of the study staff explained the protocol to the participants, encouraging them to maintain the arms crossed position throughout the test, as well as reaching a complete knee extension and touching the backrest of the chair when sitting down. Moreover, as a security measure, a member of the study staff was always holding the back of the chair in order to restrict its movement, and he was in charge of monitoring the time of the test.

2.4. Outcomes

Durations of IP and NCP were calculated by using the free software chrono-jump (Chronojump-BoscoSystem, Barcelona, Spain) with the open hardware Chronopic [26]. In our case, the Chronopic was placed on the chair seat. This automatic chronometer allows recording of the time elapsed when an electric circuit is opened (i.e., the participant was not touching the device, NCP), and when it is closed (i.e., the participant was in contact with the device, IP). The IP takes place when subjects are seated on the chair, and they began to stand in order to adopt a standing position, whereas the NCP starts at the moment when they leave the surface of the chair, and continues until the instant when participants touch the tape of Chronopic. This method is a valid way to record the time elapsed, since the circuit is opened until it is closed again [27].

2.5. Statistical Analysis

2.5.1. Normality Analysis and Differences between Test and Retest

For the statistical analysis, Kolmogorov–Smirnov and Shapiro–Wilk tests were conducted. Based on the results from those tests, non-parametric statistical analysis was chosen. The Wilcoxon rank test was conducted to evaluate differences between test and retest in both the number of repetitions and the kinematic variables of the 30 s chair stand test, including the mean duration of IP and NCP during the 30 s, and also the mean duration of the IP in the first and last repetitions. This statistical analysis was also conducted to detect differences between the initial and the last repetition of the 30 s chair stand test both in the test and the retest.

2.5.2. Reliability Analysis

Reliability was estimated using recommendations by Weir [28] concerning the intraclass correlation coefficient (ICC) random effects model analysis of variance. Furthermore, absolute reliability was established by calculating the standard error of measurement (SEM) following this formula:

$$\text{SEM} = \text{SD} \sqrt{1 - \text{ICC}} \quad (1)$$

where SD is the mean standard deviation of the two repetitions. The smallest real difference (SRD) was calculated according to the formula:

$$1.96 \times \text{SEM} \times \sqrt{2} \quad (2)$$

Both SEM and SRD are expressed in percentages in order to facilitate the comparability with previous studies.

2.5.3. Correlation Analyses

Finally, Spearman's rho correlation analyses were used to evaluate the relationship between fall-related variables (number of falls and fear of falling) and the mean duration and the duration of the initial and final phases in both IP and NCP.

3. Results

The main characteristics of the participants, including age, anthropometric measures, the impact of FM assessed using the Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ), and years since FM was diagnosed are shown in Table 1.

Table 1. Descriptive characteristics of the participants.

Participants	Mean ± SD
Sample size	30
Age (years)	54.8 ± 10.3
FIQ-80	43.3 ± 13.4
Year since initial diagnosis	11.0 ± 6.9
Height (cm)	160.1 ± 6.3
Weight (kg)	69.5 ± 10.9
BMI (kg/m ²)	27.13 ± 4.15
BMI (kg/m ²) classification (n of patients)	
18.5–24.9	8 (26.67%)
25.0–29.9	13 (43.33%)
30–34.9	7 (23.33%)
35–39.9	1 (3.33%)
Medication (n of patients)	
Antidepressants	12 (40%)
Analgesics/relaxants	10 (33%)
Complementary therapies (n of patients)	
Massages	5 (16.7%)
Physiotherapy	8 (26.7%)

FIQ: Fibromyalgia Impact Questionnaire; SD: Standard deviation.

Table 2 shows the means and SD of the total number of repetitions of test and retest performed by subjects, as well as the mean duration of IP and NCP during test and retest, and also the mean duration of IP and NCP at the first and last repetition in test and retest. Significant differences were found between test and retest in the total number of repetitions, the mean NCP duration, and the mean duration of IP and NCP in the last repetition comparing test and retest.

In order to explore the influence of the fatigue within the 30 s chair stand test, Table 3 included comparisons between the initial (the first repetition of the test) and the final repetition (the last repetition of the test) in both IP and NCP. There were no significant differences either in the test or in the retest assessment.

Table 2. T-test between test and retest.

Measures	Test (Mean ± SD)	Retest (Mean ± SD)	p-Value	Cohen's D
Total repetitions	11.37 ± 2.13	11.88 ± 2.25	0.016	0.275
Mean_IP	1.23 ± 0.22	1.18 ± 0.20	0.098	0.206
Mean_NCP	1.55 ± 0.37	1.47 ± 0.37	0.023	0.327
IP initial ¹	1.20 ± 0.29	1.19 ± 0.25	0.713	0.113
IP final ²	1.23 ± 0.26	1.16 ± 0.18	0.041	0.469
NCP initial ¹	1.53 ± 0.43	1.48 ± 0.31	0.262	0.144
NCP final ²	1.57 ± 0.42	1.49 ± 0.42	0.023	0.288

IP: impulse phase; NCP: non-contact phase; ¹ IP and NCP time of the first repetition; ² IP and NCP of the last repetition.

Table 3. Impulse phase and non-contact phase comparison between initial and final repetition in the test and retest.

Measures (s)	Initial (Mean ± SD)	Final (Mean ± SD)	p-Value	Cohen's D
Test measures				
IP ¹	1.20 ± 0.29	1.23 ± 0.26	0.688	0.141
NCP ²	1.53 ± 0.43	1.57 ± 0.42	0.711	0.09
Retest measures				
IP ¹	1.19 ± 0.25	1.16 ± 0.18	0.544	0.108
NCP ²	1.48 ± 0.31	1.49 ± 0.42	0.537	0.033

IP: Impulse Phase; NCP: non-contact phase. ¹ Differences between IP in first and last repetition; ² Differences between NCP in first and last repetition.

The reliability of the number of repetitions in the 30 s chair stand test was 0.876, which is good (>0.70 and <0.90) according to the classification by Munro et al. [29]. Regarding phase durations, we obtained an ICC of 0.866 (0.178–0.936) in the mean IP duration, and 0.929 (0.850–0.966) in the mean NCP duration. This last score represents an excellent (>0.90) reliability [29]. The %SEM was 6.28% for IP and 6.56% for NCP, which was slightly lower than the observed for the number of repetitions in the test. Finally, the SRD and %SRD are also reflected in Table 4 for both phase durations. Thus, we found a %SRD of 17.41% for IP, and 18.18% for NCP duration (see Table 4).

Table 4. Reliability of 30 s chair stand test.

Variable	ICC (95% CI)	SEM	%SEM	SRD	%SRD
30 s chair Stand test	0.876 (0.755–0.939)	0.77	6.64	2.14	18.41
Mean_IP (s)	0.866 (0.718–0.936)	0.07	6.28	0.21	17.41
Mean_NCP (s)	0.929 (0.850–0.966)	0.09	6.56	0.27	18.18
IP_Initial (s)	0.596 (0.306–0.785)	0.17	14.34	0.47	39.77
NCP_Initial (s)	0.674 (0.419–0.830)	0.21	13.99	0.58	38.80
IP_Final (s)	0.726 (0.499–0.859)	0.11	9.81	0.32	27.20
NCP_Final (s)	0.902 (0.804–0.952)	0.13	8.54	0.36	23.68

ICC: intraclass correlation coefficient; SEM: standard error of measurement; SRD: smallest real difference. IP: impulse phase; NCP: non-contact phase.

Finally, Table 5 shows the correlations between kinematic variables extracted from the 30 s chair stand test and fall-related variables. As can be observed, both the number of repetitions and kinematic variables were significantly related to fear of falling assessed using VAS, whereas no correlation with the number of falls was detected.

Table 5. Relationship between fear of falling, number of falls, and other variables related to phases of movement in the 30 s chair stand test.

Variable	N	Number of Falls in the Last Year		Fear of Falling Last Year		
		Test	Retest	Test	Retest	
Number of repetitions in the 30 s chair stand test	30	Correlation coefficient	−0.183	−0.006	−0.474 *	−0.375 *
		<i>p</i> -value	0.333	0.976	0.008	0.041
Initial impulse phase duration	30	Correlation coefficient	0.341	−0.031	0.306	0.458 *
		<i>p</i> -value	0.065	0.873	0.100	0.011
Mean impulse phase duration	30	Correlation coefficient	0.218	−0.011	0.422 *	0.366 *
		<i>p</i> -value	0.247	0.954	0.020	0.047
Final impulse phase duration	30	Correlation coefficient	0.179	0.129	0.387 *	0.430 *
		<i>p</i> -value	0.343	0.496	0.035	0.018
Initial non-contact phase duration	30	Correlation coefficient	0.172	0.018	0.380 *	0.306
		<i>p</i> -value	0.362	0.927	0.038	0.101
Mean non-contact phase duration	30	Correlation coefficient	0.137	−0.051	0.481 *	0.383 *
		<i>p</i> -value	0.470	0.789	0.007	0.037
Final non-contact phase duration	30	Correlation coefficient	0.112	−0.040	0.500 *	0.365 *
		<i>p</i> -value	0.555	0.835	0.005	0.048

* *p*-value lower than 0.05. For correlation analyses, Spearman's rho was used.

4. Discussion

The results of the study show that the reliability of the number of repetitions and the mean duration of the two phases of 30 s chair stand test was good or excellent in women with fibromyalgia. Interestingly, kinematic variables and the number of repetitions in the 30 s chair stand test were significantly related to fear of falling, but not to the number of falls. The current study is the first to evaluate the reliability of this test using a simple instrument that allows collection of data to determine the movement phases of the sit-to-stand-to sit task in women with fibromyalgia. Reliability analysis showed that duration of phases extracted using the chronopic device is reliable enough to warrant an appropriate assessment. However, in the case of the initial repetition, the low ICC value and the high %SEM and %SRD imply that the use and interpretation of these variables must be done with caution.

The reliability and feasibility of the 30 s chair stand test has already been evaluated in different populations, such as FM females [19], patients with stroke [30], or older adults with type 2 diabetes [31]. However, these authors focused on the reliability of the number of repetitions and, to our knowledge, no studies have investigated the different phases of movement in this test.

The ICC values for stand repetitions, the IP mean, and NCP mean were slightly lower than previous studies [19,30,31]. In this regard, we obtained 0.87, 0.86, and 0.92 as ICC, respectively. On the other hand, Carbonell-Baeza et al. [19] showed an ICC value of 0.91 in a similar study with FM female patients. One possible reason for this slight difference might be the participants' age, since the subjects in our study were four years older. Other factors like the physical fitness of the women and/or their FM severity could also justify the differences.

Concerning SEM, the results of this study are similar to those of previous studies [19,30,31], even lower, probably due to the precision of Chronopic with regard to the assessment of IP and NCP time. Apart from the SEM, the current study also reports the SRD, which states the minimal change that should be achieved to consider it as real. The %SRD were around 18% in the number of repetitions and in the mean duration of IP and NCP. However, the %SRD was higher than 20% when the variables were analyzed at the end of the task, and close to 40% when they were analyzed at the beginning of the task.

Reliability analyses revealed that phase durations in the initial repetition was not reliable. Therefore, the mean duration of phases or the evaluation of durations at the end of the task are recommended.

Similar to the findings of Carbonell-Baeza et al. [19], familiarization or learning effects were observed in retest measures regarding test results (Table 2). In this regard, there was a significant increase in the number of repetitions in the retest compared with the test results. In line with this increase, there was a significant reduction of phase durations at the end of the task in both phases. Regarding the mean duration of phases, there was a reduction in both the IP and NCP, but it only reached significance in the NCP, while the *p*-value for the reduction of IP was 0.08. Thus, it could be possible that the motor pattern was different in the retest as a consequence of familiarization. However, future studies using motion capture techniques should investigate how the motor pattern could change during the 30 s chair stand test, and also how familiarization with the task and learning might modify it.

A previous study, conducted in older adults with a similar protocol, evaluated the test–retest reliability of the IP and NCP using the chronopic device [32]. They found that the number of repetitions and also the mean duration of IP and NCP phases were reliable (ICC higher than 0.80 and lower than 0.90), while the reliability of those variables when analyzing the beginning or the end of the 30 s chair stand test was not always good. Thus, taking into account both these results and those obtained in the present study, the evaluation of the duration of phases along the test must be used with caution.

This study is also in line with the previous one using the chronopic device to extract phases from the sit-to-stand-to-sit cycle [32]. This instrument is a reliable low-cost alternative to obtain further information from a widely used test like the 30 s chair stand test. A previous study focused on sit-to-stand-to-sit evaluation in women with fibromyalgia used the Functional Assessment of Biomechanics (FAB) device, which is much more expensive [18]. The potential of the FAB device is higher, since it allows the extraction of more phases. In this regard, the mentioned previous study divided the NCP into two phases: stand-up and sit-down. Furthermore, they also divided the cycle into the sit-to-stand (beginning when the back is touching the backrest and ending when the standing position is reached) and the stand-to-sit (beginning in the stand position and ending when the back touched the backrest). However, given that, to our knowledge, no study has evaluated the test–retest reliability of the FAB device, reliability comparisons between the two instruments cannot be performed. Therefore, although the chronopic device is reliable for extracting phases, it must be noted that other devices may offer more alternatives to perform kinematic analyses.

Another interesting finding of the current study was that both the kinematic variables and the number of repetitions in the 30 s chair stand test were significantly related to fear of falling, but not to the number of falls. A previous study observed that perceived balance was related to fear of falling, while objective balance was associated with the number of falls [2]. However, in that article, the number of repetitions in the 30 s chair stand test was not significantly associated with either fear of falling (*p*-value = 0.08) or the number of falls (*p*-value = 0.93). The highest correlation coefficient was observed in the final NCP duration, which may reflect the onset of fatigue as a consequence of the execution of the task. Therefore, future studies may include this variable to evaluate kinematic performance in the 30 s chair stand test. Furthermore, that variable achieved excellent reliability (ICC > 0.90) in the current study with women suffering from fibromyalgia.

The current study has some limitations. First, the time of day in which the test was performed was not controlled, the sample size was relatively small, and some uncontrolled factors, including complementary therapies, muscle temperature, depression, or obesity, could affect the results. In this regard, 73.33% of the participants were overweight or obese, which is a usual profile among women with fibromyalgia [16]. Furthermore, data regarding the treatments that participants are receiving must be considered to appreciate the profile of the patients. Finally, although the analysis showed a good reliability, more studies are needed to check why there were significant differences between test and retest.

5. Conclusions

This is the first study that has evaluated the reliability of the duration of the movement phases in repetitions of the 30 s chair stand test with a low-cost instrument. The analysis of phase duration using the Chronopic instrument showed a good to excellent reliability in females with FM, except when the variables were analyzed at the beginning of the task. Thus, duration of phases extracted using the chronopic device is reliable enough to warrant an appropriate assessment. However, in the case of the initial repetition, the low ICC value and the high %SEM and %SRD imply that the use and interpretation of these variables must be taken with caution. Furthermore, the number of repetitions and durations of IP and NCP were significantly associated with fear of falling, but not with the number of falls.

Author Contributions: Conceptualization, D.C.-M., S.V., N.G. and J.P.-G.; Data curation, J.P.M.-M., F.J.D.-M. and S.V.; Formal analysis, J.P.M.-M. and D.C.-M.; Funding acquisition, N.G.; Methodology, D.C.-M., F.J.D.-M. and N.G.; Writing—Original draft, J.P.M.-M.; Writing—Review & editing, J.P.M.-M., D.C.-M., F.J.D.-M., S.V. and J.P.-G.

Funding: In the framework of Spanish National R + D + i Plan, the current study has been co-funded by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness (MINECO) with the reference DEP2015-70356-R. This study was also funded by the Research Grant for Groups (GR18155) funded by Junta de Extremadura (Regional Government of Extremadura) and European Regional Development Fund (ERDF/FEDER) ‘a way of doing Europe’. Moreover, this study has been supported by the Biomedical Research Networking Center on Frailty and Healthy Aging (CIBERFES) and FEDER funds from the European Union (CB16/10/00477). Also, the author SV is supported by a grant from regional department of economy and infrastructure of the Government of Extremadura and European Social Fund (PD16008). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Acknowledgments: We are grateful to the Extremadura Association of Fibromyalgia (AFIBROEX) in Cáceres for helping recruit the participants for this study.

Conflicts of Interest: The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

References

1. Wolfe, F.; Clauw, D.J.; Fitzcharles, M.A.; Goldenberg, D.L.; Katz, R.S.; Mease, P.; Russell, A.S.; Russell, I.J.; Winfield, J.B.; Yunus, M.B. The American College of Rheumatology preliminary diagnostic criteria for fibromyalgia and measurement of symptom severity. *Arthritis Care Res.* **2010**, *62*, 600–610. [[CrossRef](#)]
2. Collado-Mateo, D.; Gallego-Diaz, J.M.; Adsuar, J.C.; Dominguez-Munoz, F.J.; Olivares, P.R.; Gusi, N. Fear of Falling in Women with Fibromyalgia and Its Relation with Number of Falls and Balance Performance. *Biomed Res. Int.* **2015**, *2015*, 589014. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Burckhardt, C.S.; Clark, S.R.; Bennett, R.M. Fibromyalgia and quality of life: A comparative analysis. *J. Rheumatol.* **1993**, *20*, 475–479. [[PubMed](#)]
4. Huijnen, I.P.; Verbunt, J.A.; Meeus, M.; Smeets, R.J. Energy Expenditure during Functional Daily Life Performances in Patients with Fibromyalgia. *Pain Pract.* **2015**, *15*, 748–756. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Wolfe, F.; Clauw, D.J.; Fitzcharles, M.A.; Goldenberg, D.L.; Hauser, W.; Katz, R.S.; Mease, P.; Russell, A.S.; Russell, I.J.; Winfield, J.B. Fibromyalgia criteria and severity scales for clinical and epidemiological studies: A modification of the ACR Preliminary Diagnostic Criteria for Fibromyalgia. *J. Rheumatol.* **2011**, *38*, 1113–1122. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Walitt, B.; Nahin, R.L.; Katz, R.S.; Bergman, M.J.; Wolfe, F. The Prevalence and Characteristics of Fibromyalgia in the 2012 National Health Interview Survey. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0138024. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Branco, J.C.; Bannwarth, B.; Failde, I.; Abello Carbonell, J.; Blotman, F.; Spaeth, M.; Saraiva, E.; Nacci, F.; Thomas, E.; Caubere, J.P.; et al. Prevalence of fibromyalgia: A survey in five European countries. *Semin. Arthritis Rheum.* **2010**, *39*, 448–453. [[CrossRef](#)]
8. Mas, A.J.; Carmona, L.; Valverde, M.; Ribas, B.; Group, E.S. Prevalence and impact of fibromyalgia on function and quality of life in individuals from the general population: Results from a nationwide study in Spain. *Clin. Exp. Rheumatol.* **2008**, *26*, 519–526.
9. Carbonell-Baeza, A.; Aparicio, V.A.; Sjostrom, M.; Ruiz, J.R.; Delgado-Fernandez, M. Pain and functional capacity in female fibromyalgia patients. *Pain Med.* **2011**, *12*, 1667–1675. [[CrossRef](#)]

10. Latorre-Roman, P.; Santos-Campos, M.; Heredia-Jimenez, J.; Delgado-Fernandez, M.; Soto-Hermoso, V. Analysis of the performance of women with fibromyalgia in the six-minute walk test and its relation with health and quality of life. *J. Sport Med. Phys. Fit.* **2014**, *54*, 511–517.
11. Sener, U.; Uçok, K.; Ulaşlı, A.M.; Genc, A.; Karabacak, H.; Coban, N.F.; Simsek, H.; Cevik, H. Evaluation of health-related physical fitness parameters and association analysis with depression, anxiety, and quality of life in patients with fibromyalgia. *Int. J. Rheum. Dis.* **2016**, *19*, 763–772. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Panton, L.B.; Kingsley, J.D.; Toole, T.; Cress, M.E.; Abboud, G.; Sirithienthad, P.; Mathis, R.; McMillan, V. A comparison of physical functional performance and strength in women with fibromyalgia, age- and weight-matched controls, and older women who are healthy. *Phys. Ther.* **2006**, *86*, 1479–1488. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. De Bruijn, S.T.; van Wijck, A.J.; Geenen, R.; Snijders, T.J.; van der Meulen, W.J.; Jacobs, J.W.; Veldhuijzen, D.S. Relevance of physical fitness levels and exercise-related beliefs for self-reported and experimental pain in fibromyalgia: An explorative study. *J. Clin. Rheumatol. Pract. Rep. Rheum. Musculoskelet. Dis.* **2011**, *17*, 295–301. [[CrossRef](#)]
14. Rikli, R.E.; Jones, C.J. Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60–94. *J. Aging Phys. Act.* **1999**, *7*, 162–181. [[CrossRef](#)]
15. Hemming, R.; Sheeran, L.; van Deursen, R.; Sparkes, V. Non-specific chronic low back pain: Differences in spinal kinematics in subgroups during functional tasks. *Eur. Spine J.* **2018**, *27*, 163–170. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Aparicio, V.A.; Carbonell-Baeza, A.; Ruiz, J.R.; Aranda, P.; Tercedor, P.; Delgado-Fernandez, M.; Ortega, F.B. Fitness testing as a discriminative tool for the diagnosis and monitoring of fibromyalgia. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2013**, *23*, 415–423. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Goes, S.M.; Leite, N.; Shay, B.L.; Homann, D.; Stefanello, J.M.; Rodacki, A.L. Functional capacity, muscle strength and falls in women with fibromyalgia. *Clin. Biomech.* **2012**, *27*, 578–583. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Collado-Mateo, D.; Adsuar, J.C.; Dominguez-Munoz, F.J.; Olivares, P.R.; Gusi, N. Impact of Fibromyalgia in the Sit-to-Stand-to-Sit Performance Compared With Healthy Controls. *PM R J. Inj. Funct. Rehabil.* **2017**, *9*, 588–595. [[CrossRef](#)]
19. Carbonell-Baeza, A.; Alvarez-Gallardo, I.C.; Segura-Jimenez, V.; Castro-Pinero, J.; Ruiz, J.R.; Delgado-Fernandez, M.; Aparicio, V.A. Reliability and Feasibility of Physical Fitness Tests in Female Fibromyalgia Patients. *Int. J. Sport. Med.* **2015**, *36*, 157–162. [[CrossRef](#)]
20. Wolfe, F.; Smythe, H.A.; Yunus, M.B.; Bennett, R.M.; Bombardier, C.; Goldenberg, D.L.; Tugwell, P.; Campbell, S.M.; Abeles, M.; Clark, P.; et al. The american-college-of-rheumatology 1990 criteria for the classification of fibromyalgia—Report of the multicenter criteria committee. *Arthritis Rheum.* **1990**, *33*, 160–172. [[CrossRef](#)]
21. Scheffer, A.C.; Schuurmans, M.J.; vanDijk, N.; van der Hooft, T.; de Rooij, S.E. Reliability and validity of the visual analogue scale for fear of falling in older persons. *J. Am. Geriatr. Soc.* **2010**, *58*, 2228–2230. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Collado-Mateo, D.; Dominguez-Munoz, F.J.; Adsuar, J.C.; Merellano-Navarro, E.; Gusi, N. Exergames for women with fibromyalgia: A randomised controlled trial to evaluate the effects on mobility skills, balance and fear of falling. *PeerJ* **2017**, *5*, e3211. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Burckhardt, C.S.; Clark, S.R.; Bennett, R.M. The fibromyalgia impact questionnaire: Development and validation. *J. Rheumatol.* **1991**, *18*, 728–733. [[PubMed](#)]
24. Bennett, R. The Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ): A review of its development, current version, operating characteristics and uses. *Clin. Exp. Rheumatol.* **2005**, *23*, 154–162.
25. Esteve-Vives, J.; Rivera Redondo, J.; Isabel Salvat Salvat, M.; de Gracia Blanco, M.; de Miquel, C.A. Proposal for a consensus version of the Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ) for the Spanish population. *Reum. Clin.* **2007**, *3*, 21–24. [[CrossRef](#)]
26. Busca, B.; Font, A. A low-cost contact system to assess load displacement velocity in a resistance training machine. *J. Sport. Sci. Med.* **2011**, *10*, 472–477.
27. De Blas, X.; Gonzalez-Gomez, J.; Gomez, R. Validity of new Chronopic v.3 open hardware to measure time on jump related tests. *Med. Sci. Sport Exerc.* **2009**, *41*, 61. [[CrossRef](#)]
28. Weir, J.P. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J. Strength Cond. Res.* **2005**, *19*, 231–240. [[CrossRef](#)]

29. Munro, B.; Visintainer, M.; Page, E. *Statistical Methods for Health Care Research*; Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, PA, USA, 1986.
30. Johansen, K.L.; Stistrup, R.D.; Schjott, C.S.; Madsen, J.; Vinther, A. Absolute and Relative Reliability of the Timed 'Up & Go' Test and '30 second Chair-Stand' Test in Hospitalised Patients with Stroke. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0165663. [[CrossRef](#)]
31. Alfonso-Rosa, R.M.; del Pozo-Cruz, B.; del Pozo-Cruz, J.; Sanudo, B.; Rogers, M.E. Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change Scores for Fitness Assessment in Older Adults with Type 2 Diabetes. *Rehab. Nurs.* **2014**, *39*, 260–268. [[CrossRef](#)]
32. Collado-Mateo, D.; Madeira, P.; Dominguez-Muñoz, F.J.; Villafaina, S.; Tomas-Carus, P.; Parraca, J.A. The Automatic Assessment of Strength and Mobility in Older Adults: A Test-Retest Reliability Study. *Medicina* **2019**, *55*, 270. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

❖ **Anexo 2. Artículo N°2: Análisis del patrón de la
marcha en mujeres con fibromialgia. Revisión
Sistemática**

Título: Análisis del patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia. Revisión Sistemática

Autores: Martín-Martínez JP, Villafaina S, Pérez-Gómez J.

Revista: Journal of Negative and No Positive Results (JONNPR)

Enviado: 21-05-2020

Aceptado: 14-07-2020

[JONNPR] Decisión del editor/a

2020-07-14 07:45

Juan Pedro Martín, Santos Villafaina, Jorge Pérez-Gómez:

Tomamos una decisión sobre su envío a Journal of Negative and No Positive Results, "Análisis del patrón de la marcha en mujeres con fibromialgia. Revisión sistemática."

Nuestra decisión es:

Aprobar el artículo para su publicación

ANÁLISIS DEL PATRÓN DE LA MARCHA EN MUJERES CON FIBROMIALGIA. REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Resumen

Objetivo: el objetivo de esta revisión fue recopilar información sobre los artículos publicados hasta la actualidad que se centren en el análisis del patrón de la marcha realizados en una población con fibromialgia, una enfermedad reumatológica con una serie de síntomas asociados que produce en los pacientes que la sufren limitaciones funcionales y alteraciones en el patrón motor que afectan en su rutina diaria y su calidad de vida.

Método: para ello se realizó una búsqueda en la base de datos PubMed, donde un total de 13 artículos fueron finalmente seleccionados tras aplicar una serie de criterios de inclusión y de exclusión. El método PRISMA fue aplicado en la elaboración de esta revisión, obteniendo los datos por el planteamiento PICOS. El nivel de evidencia de los artículos incluidos fue determinado por el Dutch Institute for Healthcare Improvement.

Resultados: los resultados evidenciaron que los pacientes con fibromialgia sufren alteraciones en el patrón motor que se traducen fundamentalmente en una reducción en la velocidad, cadencia y longitud de zancada principalmente. Otras variables como la frecuencia de zancada, el balanceo y las fases de apoyo también mostraron alteraciones respecto a sujetos sanos.

Conclusiones: las alteraciones que mostraron los resultados analizados fueron causadas por síntomas característicos de la fibromialgia como la fatiga, el dolor o la falta de actividad física, y hacen que aumente considerablemente el riesgo de sufrir caídas y lesiones. En base a estas evidencias, se subraya la importancia que tiene el análisis del patrón de la marcha desde un punto de vista clínico, tanto de los resultados significativos como de los no significativos, como valoración complementaria de los pacientes con esta enfermedad y para adecuar las terapias y tratamientos basados en actividad física que se implementen en pacientes con fibromialgia.

Palabras clave: caminar – velocidad – cadencia – zancada – cinemática – bradicinesia

Abstract

Objective: the main aim of this review was to collect information in the current literature about motor walking pattern analyses performed in people suffering from fibromyalgia, a rheumatologic disorder whose associated symptoms produce several consequences such as functional limitations and alterations in the motor walking pattern that affect their daily life routine and quality of life.

Method: to this end, an electronic search was made in the PubMed database, and a total of 13 articles were finally selected after applying a series of inclusion and exclusion criteria. The PRISMA methodology was applied to perform this review Data collections was obtained according to the PICOS approach. The level of evidence for the included articles was established by the Dutch Institute for Healthcare Improvement.

Results: the results obtained evidenced that fibromyalgia patients suffer alterations in the walking motor pattern that mainly translate into a reduction in speed, cadence and stride length. Other variables such as stride frequency swing and support phases also showed alterations with regard to healthy control subjects.

Conclusions: the impairments showed by these results analysed were caused by symptoms characteristic of fibromyalgia such as fatigue, pain, or lack of physical activity. Thus, patients suffering from this syndrome considerably increase their risk of falls and injuries. Based on this evidence, both significant and non-significant walking motor patterns analysis could become a useful tool from a clinical point of view as a complementary assessment of fibromyalgia patients. Furthermore, this analysis may provide objective and thorough information in order to adapt therapies and treatments based on physical activity implemented in patients with fibromyalgia.

Key Words: walking – velocity – cadence – stride – kinematic - bradykinesia

INTRODUCCIÓN

La Fibromialgia (FM) es una enfermedad reumatológica de origen desconocido caracterizada por dolor músculo-esquelético crónico generalizado ⁽¹⁾. Es la segunda enfermedad reumatológica más común, afectando al 2% de la población general de entre 18 y 65 años ⁽²⁾. Su prevalencia entre la población española ha sido estimada en alrededor del 2,4%, siendo mayor en mujeres que en hombres, con un ratio de 22:1 ⁽³⁾. Algunos de los síntomas asociados más destacables son la fatiga muscular, trastorno del sueño, ansiedad, depresión ⁽⁴⁾, disfunción cognitiva ⁽⁵⁾ y una pobre condición física (CF) ⁽⁶⁾. De hecho, varios estudios muestran que los pacientes con FM tienen niveles de CF más bajos que sujetos sanos ⁽⁷⁾ y similares a los de población anciana ⁽⁸⁾. Esto provoca rechazo en los propios pacientes a la hora de participar en actividades físicas, adoptando un estilo de vida sedentario que puede ocasionar alteraciones físicas como disminución en la movilidad y capacidad funcional ⁽⁹⁾, pérdida en valores de fuerza, resistencia y equilibrio, o alteraciones en el paso ⁽¹⁰⁾. En consecuencia, los pacientes con FM sufren una reducción en la habilidad de desarrollar actividades de la vida cotidiana que motiva un descenso en su calidad de vida ⁽¹¹⁾. En este sentido, el ejercicio físico ha sido definido como una herramienta efectiva de promoción de la salud y mejora de dicha calidad de vida en pacientes con FM ⁽¹²⁾. Y, en concreto, caminar ha sido una de las terapias físicas más recomendadas ⁽¹³⁾. Sin embargo, los déficits funcionales y la debilidad muscular en el tren inferior característico de esta población pueden influir en la habilidad de realizar esta actividad de manera segura sin que exista riesgo de lesión ⁽¹⁴⁾. Por tanto, para poder prescribirlo, es importante conocer los factores y grados de afectación de la enfermedad ⁽¹⁵⁾

En relación con esto, los pacientes que sufren FM son diagnosticados de acuerdo a una serie de criterios establecidos por la American College of Rheumatology (ACR)⁽¹⁶⁾. Sin embargo, los grupos creados por el cumplimiento de dichos criterios son muy heterogéneos, existiendo la necesidad de realizar subgrupos para abordar con mayor efectividad los tratamientos ⁽¹⁷⁾. Así, se han propuesto diferentes subdivisiones en función de variables relacionadas con depresión, ansiedad, características cognitivas o sensibilidad al dolor ⁽¹⁸⁾. Pero más recientemente se han impuesto otros criterios para identificar diferentes subgrupos de la enfermedad por medio de biomarcadores, donde el análisis de la marcha es uno de los más destacados ⁽⁹⁾.

La marcha es considerada una actividad con una alta implicación cognitiva ⁽¹⁹⁾. De hecho, la baja velocidad durante la misma ha sido identificada como un marcador de deterioro cognitivo ⁽²⁰⁾, una de las particularidades de la FM. Además, otros síntomas característicos como la depresión y la ansiedad influyen negativamente en la marcha, posiblemente por la reducción en la atención sobre el patrón motor que dichos síntomas provocan ⁽²¹⁾. Por tanto, su análisis es considerado como una herramienta clínica muy relevante que puede proporcionar información tanto de patologías motoras ^(22, 23) como del comportamiento del dolor y el estado físico y cognitivo de personas con FM ^(17, 24), proponiéndose también como una medida objetiva para identificar y clasificar subgrupos de esta enfermedad ^(1, 9, 17). Además, el conocimiento sobre el patrón de la marcha en pacientes con FM constituye un proceso muy importante en la decisión que se tome sobre su tratamiento ⁽²⁵⁾.

Hasta la fecha, no existe en nuestro conocimiento ninguna revisión que recoja información sobre este asunto. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue recopilar y analizar en la bibliografía publicada los estudios que abordasen la temática del análisis de la marcha en personas con FM.

MÉTODO

Esta revisión fue realizada siguiendo las directrices de la metodología PRISMA, siglas en inglés de “*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*” ⁽²⁶⁾

Estrategia de búsqueda y Selección de artículos

Los artículos incluidos en esta revisión fueron recopilados a través de una búsqueda en la base de datos *PubMed*. Los términos utilizados fueron “Fibromyalgia AND (walk* OR gait)”. Fueron recopilados todos los artículos publicados hasta el 27 de Febrero de 2020.

Los artículos eran incluidos si cumplían los siguientes criterios de inclusión: a) población diagnosticada de FM por un reumatólogo de acuerdo a los criterios establecidos por el ACR ⁽⁴⁾; b) presentar variables relacionadas con el análisis del patrón motor y/o sus alteraciones; c) participantes mayores de 18 años. Se aplicaron, además, los siguientes criterios de exclusión: a) No estar aplicados a humanos y b) No estar

escritos en inglés.

Dos autores realizaron este proceso de selección de manera independiente. Los conflictos fueron debatidos para unificar criterios y un tercer autor resolvió aquellas cuestiones en las que no hubo consenso.

Evaluación del Riesgo de Sesgo y Nivel de Evidencia

La evaluación del riesgo de sesgo fue realizada mediante la escala PEDro⁽²⁷⁾, capaz de proporcionar una objetiva evaluación de la validez externa e interna de los estudios incluidos en nuestra revisión. Por otro lado, el nivel de evidencia se estableció conforme a las pautas establecidas por el Dutch Institute for Healthcare Improvement (CBO)⁽²⁸⁾. Los resultados aparecen reflejados en la tabla 1.

Proceso de Obtención de Datos

La obtención de datos se realizó siguiendo los criterios del método PRISMA, de acuerdo con el enfoque PICOS. Así, se extrajo información sobre las características de la población (tabla 2), características de los protocolos de evaluación e instrumentos empleados, y variables analizadas comparando los grupos de FM y controles (tablas 3 y 4). Este proceso fue llevado a cabo por dos de los autores, mientras que el tercero revisó el resultado final.

Características de la Muestra y Variables Analizadas

En la tabla 2 aparecen reflejadas las características de las muestras de los estudios incluidos en esta revisión. De todos ellos, los datos que se extrajeron y analizaron fueron aquellos que hacían referencia al patrón motor de pacientes con FM. Algunos estudios se refieren a la misma variable con términos distintos. Por ello se procedió a unificarlos para facilitar la comprensión del análisis. Las variables resultantes aparecen reflejadas en las tablas 3 y 4, y son las siguientes:

- **Velocidad**, definida como la distancia recorrida por segundo.
- **Cadencia**, calculada como el número de pasos por minuto.

- **Longitud de la zancada**, referido a la distancia entre los talones de un solo miembro inferior en un ciclo de paso ⁽²⁹⁾. Algunos estudios lo calculan también dividiendo la velocidad en metros por segundo entre la frecuencia de zancada, medida en Herzios (Hz)⁽¹⁾(Figura 2).
- **Frecuencia de zancada**, es definido por Auvinet y col.(2011) como el número de ciclos de paso por segundo, y se mide en Hz ⁽¹⁷⁾.
- **Regularidad de la zancada**, cuantifica la similitud espacio-temporal entre ciclos de pasos sucesivos, que es una medida de variabilidad de zancada ⁽¹⁷⁾.
- **Balanceo**, es el tiempo de duración de la oscilación del cuerpo por cada ciclo de paso ⁽³⁰⁾.
- **Fase de apoyo**, definida como el tiempo que dura el apoyo de un miembro inferior en cada ciclo de paso ⁽³⁰⁾.

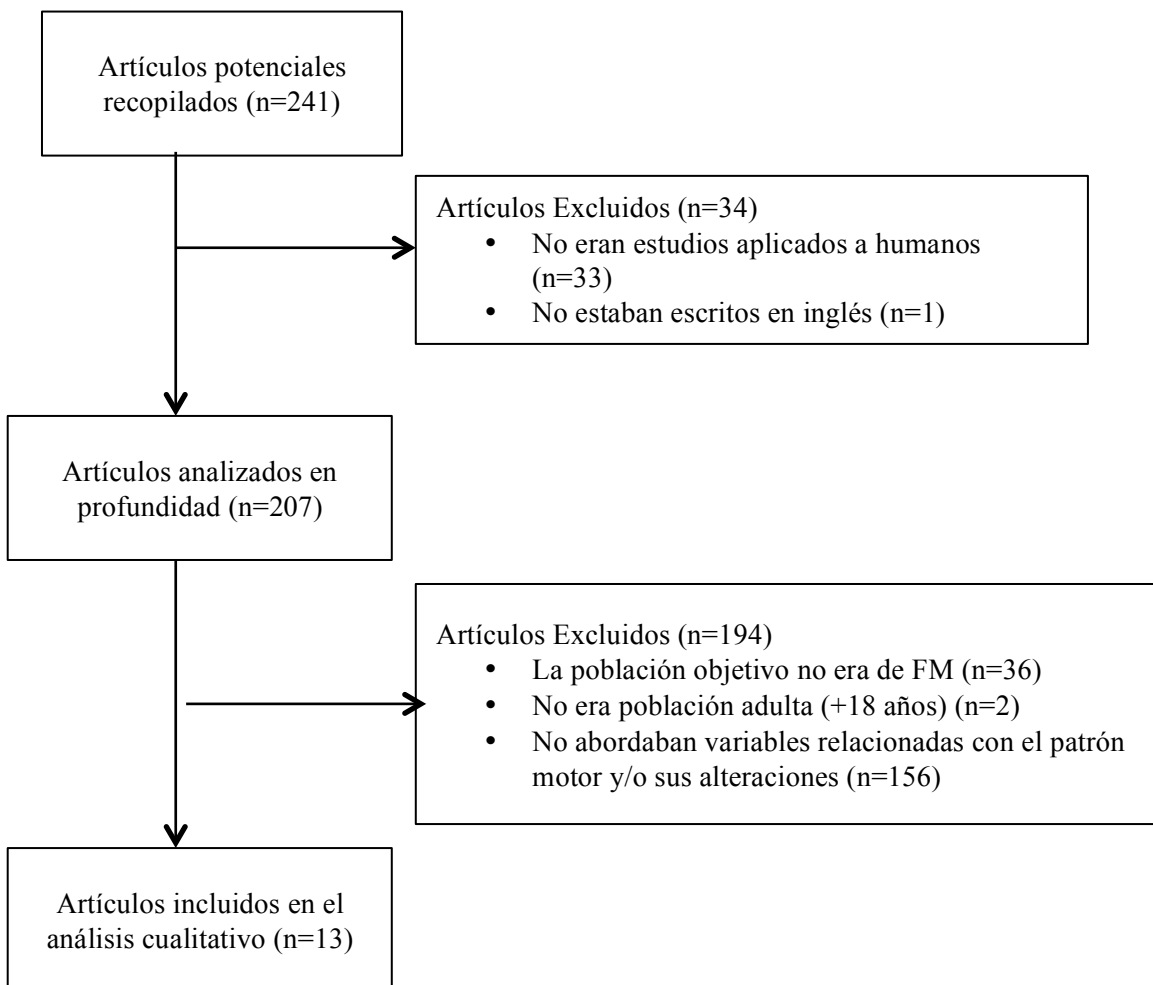


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento de selección de artículos

- **Ratio apoyo simple**, referido al cociente entre las duraciones del apoyo de un miembro inferior y del ciclo de paso ⁽²⁹⁾.
- **Ratio apoyo doble**, cociente entre las duraciones de los apoyos de ambos miembros y del ciclo de paso ⁽²⁹⁾.
- **Amplitud del paso**, es la distancia entre las líneas centrales de los pies de manera perpendicular al plano donde se camina ⁽³¹⁾(Figura 2).
- **Frecuencia de ciclo de pasos**, definido como el número de ciclos completos de paso ⁽¹⁾(Figura 2).
- **Rango de movimiento (ROM) de eversión subtalar**, calculado como la diferencia entre los valores máximos y mínimos de eversión subtalar en la fase de apoyo de la marcha ⁽²⁵⁾.
- **ROM tobillo, cadera y rodilla**, definido como la diferencia entre los valores de máxima extensión y flexión de las articulaciones. Estos parámetros son relevantes porque una alteración en los mismos puede perjudicar la atenuación de los impactos durante la fase de apoyo en la marcha, lo que produce un aumento en el riesgo de lesión musculoesquelética ⁽²⁵⁾.
- **Simetría**, constituye un índice de simetría general a partir de la simetría de los pasos de ambos miembros, derecho e izquierdo, en aceleraciones verticales ⁽¹⁷⁾. La simetría del paso proporciona información relevante sobre la contribución de cada pierna en la propulsión y control de la marcha ⁽³²⁾.

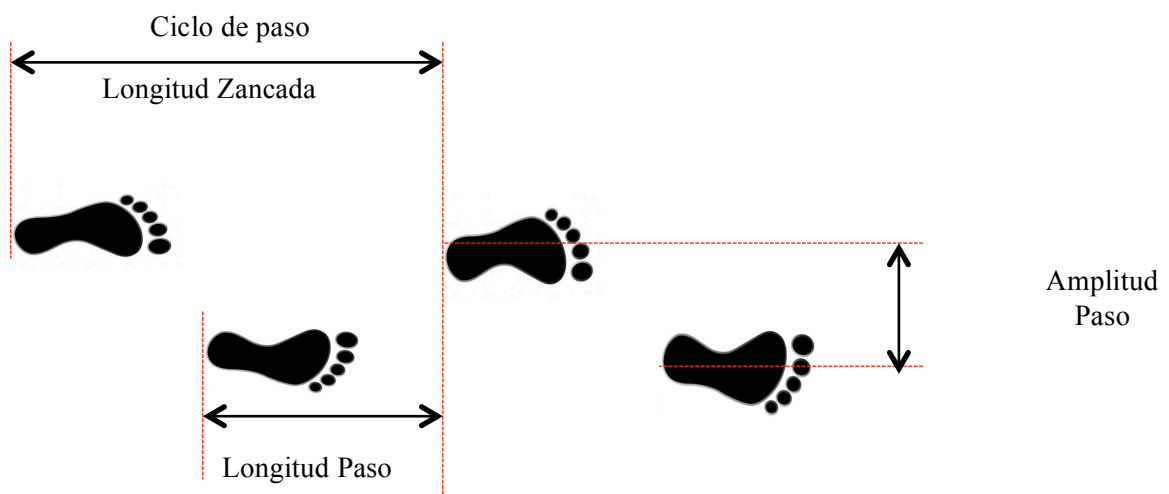


Figura 2. Esquema aclarativo de variables de la marcha.

Tabla 1. Evaluación del riesgo de sesgo y Nivel de evidencia de los artículos

Estudios	Criterios Escala PEDro											Puntuación Total	Nivel Evidencia
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Heredia-Jiménez y col. (2018)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Silva y col. (2016)	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	2	C
Heredia-Jiménez y col. (2016)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Heredia-Jiménez y col. (2016)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Koca y col. (2015)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Goes y col. (2014)	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	3	B
Latorre-Román y col. (2014)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Heredia-Jiménez y col. (2014)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Auvinet y col. (2011)	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	5	B
Jones y col. (2010)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Heredia-Jiménez y col. (2009)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Auvinet y col. (2006)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B
Pierrynowski y col. (2004)	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4	B

Sí: Criterio cumplido; No: criterio no cumplido; 1: se especificaron los criterios de elegibilidad; 2: los sujetos fueron asignados aleatoriamente a grupos; 3: la asignación fue oculta; 4: los grupos fueron similares al inicio del estudio; 5: todos los sujetos fueron cegados; 6: todos los terapeutas fueron cegados; 7: todos los evaluadores fueron cegados; 8: se obtuvieron medidas de al menos un resultado clave en más del 85% de los sujetos asignados inicialmente a los grupos; 9: se realizó un análisis de intención de tratamiento en todos los sujetos experimentales o controles según el grupo al que perteneciesen; 10: se proporcionaron resultados de las comparaciones entre-grupos para al menos un resultado clave; 11: se proporcionaron tanto medidas exactas como de variabilidad para al menos un resultado clave; Puntuación total: cada criterio cumplido (excepto el primero) suma 1 punto al total, rango 0-10; B: nivel de evidencia para estudios comparativos sin cegado; C: Nivel de evidencia para estudios no comparativos (sin control)

Tests e Instrumentos de evaluación.

Las características de los tests empleados por los distintos estudios para evaluar los parámetros relacionados con el análisis de la marcha aparecen reflejadas en las tablas 3 y 4. Dos estudios ^(11, 30) llevaron a cabo el 6-Minutes Walking Test (6-MWT), prueba con demostrada fiabilidad en población con FM ⁽³³⁾. El resto de artículos no implementaron tests estándar, sino que realizaron diferentes protocolos de marcha en varias condiciones de velocidad. Así, cuatro estudios de Heredia-Jimenez y colaboradores realizaron el análisis de la marcha a partir de 5 repeticiones en un recorrido de 18,6 metros (m) por un pasillo. En dos de ellos ^(29, 31), los sujetos debían completar el test bajo diferentes condiciones: la primera a una velocidad auto-elegida y, la segunda, lo más rápido que pudieran de manera segura. En los otros dos ^(24, 34), la distancia era cubierta a una velocidad confortable para los sujetos. Por otro lado, cinco de los otros estudios analizados realizaban sus evaluaciones en distancias cortas. En concreto, en el estudio de Jones y col. (2010) se debía cubrir una distancia de 30 pies, lo que equivale a unos 9 m, en condiciones de confortable y máxima velocidad ⁽¹⁰⁾; dos lo hacían en un recorrido de 6m al ritmo habitual de marcha de los participantes ^(35, 36); uno a lo largo de un pasillo de 7m en las mismas condiciones de velocidad que los anteriores ⁽²⁵⁾ y otro en 5 m en tres condiciones de velocidad: lento, confortable y rápido ⁽³⁷⁾. Por último, los otros dos estudios restantes emplearon un protocolo de mayor distancia para evaluar los parámetros de la marcha. Concretamente los participantes tuvieron que recorrer 40 m ⁽¹⁾ y realizar la distancia suficiente para completar entre 19 y 21 ciclos de paso completo ⁽¹⁷⁾ a una velocidad confortable respectivamente.

Respecto a los instrumentos empleados para recoger información sobre los distintos parámetros relacionados con la marcha, seis estudios ^(11, 24, 29-31, 34) emplearon el GAITRite System (CIR Systems Inc, Clifton, NJ, USA). Este dispositivo consiste en una pasarela de 0.61 x 3.66 m con alrededor de 16.000 sensores repartidos por toda la superficie de forma que cuando cada participante se desplaza por ella se registran las diferentes variables cinemáticas. Por otro lado, Auvinet y col. ^(1, 17) utilizaron en sus estudios un sistema de análisis llamado Locometrix™ (Centaure Metrix, France). Consiste en la disposición de tres acelerómetros situados de manera perpendicular entre ellos y colocados cerca del centro de gravedad del sujeto, en la zona media - baja de la espalda, que están conectados a un ordenador que registra en tiempo real los parámetros relacionados con la marcha.

Pierrynowski y col. (2005)⁽³⁷⁾ y Góes y col. (2014)⁽³⁶⁾ emplearon sistemas de análisis cinemáticos en 3D. Concretamente, los primeros usaron un OptoTrak 3D Kinematic System (Northern Digital Inc., Waterloo, ONT., USA) y los segundos, 3D kinematics systems (Vicon MX13+, Vicon Motion System Inc., USA). Estos dispositivos consisten en la disposición de una serie de marcadores en diferentes segmentos corporales que hacen que el software empleado reconstruya el movimiento en tres dimensiones a partir de dichos puntos de referencia. De los tres estudios restantes, uno ⁽²⁵⁾ empleó un sistema de análisis en 2D con los que transformar las coordenadas de los marcadores posicionados en segmentos corporales del tren inferior en coordenadas globales 2D a través del método de transformación lineal directa, mientras que dos ^(10, 35) realizaron valoraciones manuales para cuantificar los pasos y tiempos a partir de los cuales calcular la cadencia y la velocidad respectivamente.

RESULTADOS

Selección de artículos, evaluación del riesgo de sesgo y nivel de evidencia

En la figura 1 aparece representado el diagrama de flujo de los artículos, donde se detallan los criterios de selección de los mismos. De los 241 artículos recopilados inicialmente, 34 fueron excluidos tras la lectura del resumen por no estar aplicados a humanos (n=33) y no estar escritos en inglés (n=1). Por tanto, 207 fueron analizados en profundidad. De todos ellos, 36 fueron excluidos por no tratarse de población con FM; otros 156 se excluyeron por no aportar variables relacionadas con el patrón motor y sus alteraciones y 2 más se eliminaron por no centrarse en población mayor de 18 años.

Finalmente, un total de 13 artículos fueron incluidos en esta revisión.

La tabla 1 muestra la evaluación del riesgo de sesgo de dichos artículos a partir de los criterios establecidos por la escala PEDro. La puntuación en esta escala va de 0 a 10. Los valores de los artículos incluidos en nuestra revisión oscilaron de 2 a 5, con una media de 3,83. Los peores resultados fueron obtenidos para los ítems 2, 3, 5, 6, 7 y 9, mientras que los mejores se obtuvieron para los restantes: 1, 4, 8, 10 y 11.

Respecto al nivel de evidencia, establecido según la guía del CBO, todos nuestros estudios, menos uno, obtuvieron un nivel de evidencia B, que hace referencia a estudios comparativos sin doble ciego. El artículo restante, de Silva y col. ⁽²⁵⁾ obtuvo un nivel C de

evidencia, al tratarse de un estudio no comparativo (sin grupo control).

Tabla 2. Características de la muestra

Estudio (Año)	Tamaño (Sexo)	Edad (SD)	Altura (SD)	Peso (SD)
Heredia-Jiménez y col. (2019)	55 (M)	49.8 (8.9)	1.57 (0.06)	69.3 (13.4)
	12 (H)	45.8 (7.4)	1.73 (0.05)	81.1 (7.8)
Silva y col. (2016)	20(M)	44(3)		63.9(3)
Heredia-Jiménez y col. (2016)	65 (M)	49.3(8.7)	157.1(6.2)	69.1(11.3)
	50 (M)*	47.4(6.2)*	157.4(5.9)*	68.7(12.4)*
Heredia-Jiménez y col. (2016)	48(M)	51.8(2.2)	157(0.03)	65.3(10.1)
	15 (M)*	50.3(1.7)*	159(0.06)*	65.4(8.6)*
Koca y col. (2015)	82(M)	40.7(2)		
	38(M)*	38.8(2.8)*		
Goes y col. (2014)	21 (M)	50.2(2.35)	1.54(0.07)	77.35(3.37)
	25 (M)*	68.1 (2.45)*	1.58(0.08)*	74.66(8.32)*
Latorre-Román y col. (2014)	36 (M)	49.8(5.4)	157(0.04)	67.2(12.1)
	14 (M)*	47.3(5.9)*	159(0.06)	65.6(8.7)*
Heredia-Jiménez y col. (2014)	12(H)	45.8(7.4)	173.3(5.2)	81.1(7.8)
	14(H)*	44.4(7.2)*	173.9(5.5)*	81.9(13.1)*
Auvinet y col. (2011)	52(M)	44.1(8.1)	165(5.8)	
	52(M)*	44.5(7.3)*	164(6.4)*	
Jones y col. (2010)	70 (M)	59.4(7.5)		
	76 (M)*	68(8.7)*		
Heredia-Jiménez y col. (2009)	55 (M)	49.5(8.9)	157.9(6.6)	69.2(12.9)
	44 (M)*	47.1(6.8)*	157(5.4)*	67.8(13.4)
Auvinet y col. (2006)	14 (M)	50(5)	162(5)	68(13)
	14(M)*	50(6)*	163(5)*	66(11)*
Pierrynowski y col. (2004)	22(M)	46.9	161.4	76.7
	11(M)*	-	-	-

SD: Desviación Estándar; M: Mujer; H: Hombre; * Datos de grupo control sano

Efectos de las variables analizadas

Las tablas 3 y 4 recogen la información obtenida en el análisis de los estudios incluidos en esta revisión. En ellas, además de las características de los tests y los instrumentos de evaluación explicados en los apartados anteriores, se muestra la comparación entre los resultados obtenidos por la población con FM y los grupos controles. En la tabla 3 se muestran las variables en términos de diferencias significativas, mientras que en la tabla 4 aparecen las diferencias no significativas.

Los resultados expresados en la tabla 3 muestran valores significativamente más bajos en los datos de los pacientes con FM respecto a los controles para todas las variables analizadas salvo para la “Fase de apoyo” y “Ratio de apoyo doble”. En el caso del estudio de Heredia-Jimenez y col. (2016)^a, los valores superiores del grupo FM respecto al control en las variables “Longitud de zancada”, “Balanceo” y “Amplitud del paso” hacen referencia al coeficiente de variación de dichas variables, no a los valores absolutos de las mismas.

Por otro lado, en la tabla 4 se muestran los valores con diferencias no significativas. En el estudio de Silva y col. (2016) no existe grupo control, por lo que la comparación que realizan hace referencia a las diferencias en cuanto al ROM de la eversión subtalar entre los miembros inferiores derecho e izquierdo. Para el resto de estudios se indican si los valores de las variables analizadas fueron superiores o inferiores en el grupo FM. Sin embargo, dichas diferencias no resultaron significativas.

Tabla 3. Variables, Características de los test, instrumentos y efectos significativos

Estudio (Año)	Variables Evaluadas	Test			Efecto	Instrumento
		D (m)	Reps.	V		
Heredia-Jiménez y col. (2019)	Velocidad	18,6	5	AE + M	∅	GAITRite System
	Cadencia				∅	
	Longitud Zancada				∅	
	Balanceo				∅	
	Apoyo Simple				∅	
	Fase Apoyo				∅	
Apoyo Doble	Δ					
Heredia-Jiménez y col. (2016) ^a	Velocidad	18,6	5	AE+M	∅	GAITRite System
	Longitud Zancada				Δ*	
	Balanceo				Δ*	
	Amplitud Paso				Δ*	
Heredia-Jiménez y col. (2016) ^b	Velocidad	6-MWT			∅	GAITRite System
	Cadencia				∅	
	Longitud Zancada				∅	
	Balanceo				∅	
	Apoyo Simple				∅	
	Fase Apoyo				Δ	
	Apoyo Doble				Δ	
Koca y col. (2015)	Velocidad	6	3	VC	∅	Cronómetro
Latorre-Román y col. (2014)	Velocidad	6-MWT			∅	GAITRite System
	Cadencia				∅	
	Longitud Zancada				∅	
Heredia-Jiménez y col. (2014)	Velocidad	18,6	5	VC	∅	GAITRite System
	Cadencia				∅	
	Longitud Zancada				∅	
Auvinet y col. (2011)	Velocidad	19-21 ciclos de paso		AE	∅	Locometrix
	F Zancada				∅	
	R Zancada				∅	
Jones y col. (2010)	Velocidad	30-ft*	1	AE + M	∅	
Heredia-Jiménez y col. (2009)	Velocidad	18,6	5	VC	∅	GAITRite System
	Cadencia				∅	
	Longitud Zancada				∅	
	Apoyo Simple				∅	
	Balanceo				∅	
	Apoyo Doble				Δ	
Fase Apoyo	Δ					
Auvinet y col. (2006)	Velocidad	40	1	VC	∅	Locometrix
	F Ciclo Pasos				∅	
	Longitud Zancada				∅	

D (m): Distancia (metros); Reps.: Repeticiones; V: Velocidad; *ft= pies; AE: Auto-elegida; M: Máxima; VC: Velocidad Confortable; 6-MWT: Test de 6 minutos caminando; F: Frecuencia; R: Regularidad; ∅ : Valores grupo fibromialgia significativamente más bajos que control; Δ Valores grupo fibromialgia significativamente más altos que control; *Hace referencia al coeficiente de variación del paso.

Tabla 4. Variables, Características de los test, instrumentos y efectos no significativos

Estudio (Año)'	Variables Evaluadas	Test			Efecto	Instrumento
		D(m)	Reps	V		
Silva y col. (2016)	Subtalar ROM	7	3	AE	\emptyset	2D Analysis System
Goes y col. (2014)	Velocidad	6	10	VC	\emptyset	3D Kinematic System
	Longitud Zancada				\emptyset	
	Cadencia				Δ	
	ROM tobillo				Δ	
	ROM rodilla				Δ	
ROM cadera	Δ					
Latorre-Román y col. (2014)	Balaceo		6-MWT		\emptyset	GAITRite System
	Fase Apoyo				Δ	
	Apoyo Doble				Δ	
	Apoyo Simple				\emptyset	
Heredia- Jiménez y col. (2014)	Balaceo	18,6	5	VC	\emptyset	GAITRite System
	Fase Apoyo				Δ	
	Apoyo Simple				\emptyset	
	Apoyo Doble				Δ	
Auvinet y col. (2011)	Simetría	19-21 gait cycles		AE	\emptyset	Locometrix
Pierrynowski y col. (2004)	Velocidad	5	20	AE + M+ VC	\emptyset	3D Kinematic System
	Longitud Zancada					

D(m): Distancia (metros); Reps.: Repeticiones; V: Velocidad; AE: Auto-elegida; M: Máxima; VC: Velocidad Confortable; 6-MWT: 6-Minutes Walking Test; ROM: Rango de Movimiento; \emptyset Valores grupo fibromialgia más bajos grupo control; Δ Valores grupo fibromialgia más altos que grupo control; Ω : No hay grupo control.

DISCUSIÓN

Alteraciones en el patrón de la marcha

El objetivo de esta revisión era recopilar información sobre estudios que han analizado el patrón de la marcha y sus alteraciones en pacientes con FM.

Los resultados derivados de nuestra búsqueda indican que las personas que sufren FM muestran alteraciones en el patrón de la marcha, caracterizada fundamentalmente por una reducción significativa en la velocidad, longitud de zancada y cadencia respecto a sujetos sanos. Ha sido demostrado que una reducción en la velocidad de la marcha representa un descenso en la habilidad para realizar actividades de la vida cotidiana ⁽³⁸⁾. Además, es un fuerte indicador del riesgo de sufrir caídas y problemas cognitivos ^(39, 40), por lo que su análisis y evaluación resulta muy conveniente. Dicha reducción en la velocidad es consecuencia de múltiples factores. Pero, según algunos estudios, está estrechamente vinculada con la reducción tanto en la longitud de zancada como en la cadencia ^(1, 24).

En nuestro estudio, en doce de los trece artículos revisados se encuentra la velocidad entre las variables analizadas. Tan sólo uno ⁽²⁵⁾ no la incluyó. Además, diez de ellos ^(1, 10, 11, 17, 24, 29-31, 34, 35) obtuvieron descensos significativos en sus valores respecto a los grupos controles tanto en velocidades confortables como en máxima velocidad. Aunque las diferencias eran mayores cuando aumentaba la velocidad respecto a cuando la podían auto-elegir. Los autores apuntan a la rigidez, debilidad muscular en el tren inferior ⁽¹⁰⁾ y el dolor, que produce bradicinesia y alteraciones en el reclutamiento muscular, como principales causas de estos resultados. La bradicinesia es la disminución en la movilidad de los pacientes, y está también asociada a la reducción de otras variables como la frecuencia del ciclo de paso y la regularidad y frecuencia de zancada ^(1, 17). Respecto a los dos artículos sin diferencias significativas, el estudio de Goes y col.(2014) compara los valores del grupo de FM con un grupo control de avanzada edad. Por tanto, al no existir diferencias significativas, los autores sugieren que las personas con FM muestran un patrón de la marcha similar al de personas ancianas. En este caso, el riesgo de caída puede aumentar en esta población cuando sean más mayores, cuando además de a estas alteraciones causadas por la FM en el patrón de la marcha, se le añadan aquellas características de la propia edad ⁽³⁶⁾. Por otro lado, en el artículo de Pierrynowski y col. (2004) ⁽³⁷⁾, pese a que los valores en la población con FM eran más bajos, éstos no

llegaron a ser significativos. Los autores señalaron que pese a obtener resultados de velocidad y longitud de zancada similares a su grupo control, los pacientes con FM mostraban un patrón de reclutamiento muscular interno diferente.

Pero estas no son las únicas variables vinculadas al riesgo de sufrir caídas. La variabilidad en el balanceo, amplitud y frecuencia de zancada también son indicadores relacionados con el incremento y el riesgo de futuras caídas ⁽⁴¹⁻⁴³⁾. Siete de los estudios revisados incluyen alguna de estas variables ^(11, 17, 24, 29-31, 34), donde todos excepto dos ^(11, 34) muestran diferencias significativas entre los valores de FM y el grupo control. En el caso del segundo ⁽³⁴⁾, la población de FM estaba exclusivamente compuesta por hombres, donde la ausencia de diferencias significativas puede deberse a la presencia de menos síntomas de FM respecto a las mujeres, como demuestran estudios previos ^(44, 45).

Otras variables recurrentes estudiadas son la fase de apoyo y los ratios de apoyo. La fase de apoyo y el ratio de apoyo doble son las únicas variables cuyos valores son superiores a los de los grupos controles, lo que supone en cualquier caso un empeoramiento respecto a los sujetos sanos. El ratio de apoyo simple, por el contrario, muestra valores más bajos. Los estudios que incluyen estas variables en sus análisis ^(11, 24, 29, 30, 34) argumentan que la alteración muscular, el dolor generalizado y el sobrepeso que en muchas ocasiones sufren los pacientes con FM impiden que éstos puedan soportar su peso corporal sobre un solo miembro durante un largo periodo de tiempo, por lo que disminuyen el tiempo que pasan sobre un solo apoyo y aumentan el que ambos miembros están en fase de apoyo.

Por último, dos estudios analizaron los ROM de varias articulaciones, pero ninguno de ellos mostró diferencias significativas. Sin embargo, la interpretación de dichos resultados puede proporcionar también información valiosa respecto a las alteraciones del patrón de la marcha. En el caso de Goes y col. (2014) la ausencia de diferencias significativas responde a lo comentado para las variables de la velocidad, cadencia y longitud de zancada respecto a la avanzada edad del grupo control. Por su parte, Silva y col. (2016) compara los ROM de los miembros izquierdo y derecho. Los resultados indican que ambas extremidades presentan un ROM alterado en la articulación subtalar al caminar respecto a estudios previos similares, lo que provoca que durante la fase de apoyo del ciclo del paso puedan producirse lesiones en el sistema músculo-esquelético ⁽²⁵⁾.

Implicaciones Prácticas

El análisis de todos estos parámetros revelan que las alteraciones en el patrón de la marcha exponen a los pacientes con FM a efectos adversos como la reducción en la movilidad y un incremento en el riesgo de sufrir caídas y lesiones, lo que supone un severo impacto en su calidad de vida ^(10, 24, 36). En base a esta evidencia, diferentes autores señalan la importancia de incluir este tipo de análisis en la realización de diagnósticos, determinación de terapias apropiadas y monitorización del progreso de pacientes con FM ^(11, 31). En este sentido, Auvinet y col. (2011) argumenta que el análisis de la marcha debe ser considerado como un examen complementario a la hora de realizar subgrupos según el grado de afectación de la FM, con el objetivo de prescribir actividad física a partir de las variables espacio-temporales evaluadas ⁽¹⁷⁾. En esta misma línea, otros estudios concluyen que los parámetros de la marcha pueden proporcionar información objetiva sobre la capacidad funcional en pacientes con FM. Y, por tanto, la inclusión de estos test como herramienta complementaria en la evaluación y monitorización de terapias con pacientes con FM basadas en ejercicio físico puede ser clínicamente muy relevante ^(30, 35).

CONCLUSIÓN

Los artículos analizados en nuestra revisión ponen de manifiesto que los pacientes con FM presentan alteraciones en su patrón de la marcha. Los estudios apuntan como las causas principales de estas alteraciones la falta de actividad física, bradicinesia, reducción de fuerza del tren inferior, fatiga y dolor. Además, los resultados no significativos también arrojan información relevante sobre el análisis de la marcha en cuanto a comparaciones entre poblaciones de diferentes características o entre los miembros de las extremidades inferiores.

En base a esto, los autores señalan la importancia que adquiere el análisis de la marcha como herramienta para proporcionar información objetiva sobre la valoración de la capacidad funcional, el impacto de la enfermedad, la adecuación de terapias basadas en ejercicio físico y los efectos de los tratamientos en pacientes con FM.

AGRADECIMIENTOS

El autor SV está cofinanciado por un contrato pre-doctoral de la Consejería de Economía e Infraestructura del Gobierno de Extremadura y el Fondo Social Europeo (PD16008).

BIBLIOGRAFÍA

1. Auvinet B, Bileckot R, Alix A-S, Chaleil D, Barrey E. Gait disorders in patients with fibromyalgia. *Joint Bone Spine*. 2006;73(5):543-6.
2. Marques AP, do Espirito Santo AdS, Berssaneti AA, Matsutani LA, King Yuan SL. Prevalence of fibromyalgia: literature review update. *Rev. Bras. Reumatol*. 2017;57(4):356-63.
3. Mas AJ, Carmona L, Valverde M, Ribas B, Grp ES. Prevalence and impact of fibromyalgia on function and quality of life in individuals from the general population: results from a nationwide study in Spain. *Clin. Exp. Rheumatol*. 2008;26(4):519-26.
4. Wolfe F, Clauw DJ, Fitzcharles MA, Goldenberg DL, Katz RS, Mease P, et al. The American College of Rheumatology Preliminary Diagnostic Criteria for Fibromyalgia and Measurement of Symptom Severity. *Arthritis Care Res*. 2010;62(5):600-10.
5. Buskila D. Developments in the scientific and clinical understanding of fibromyalgia. *Arthritis Res. Ther*. 2009;11(5).
6. Carbonell-Baeza A, Aparicio VA, Sjostrom M, Ruiz JR, Delgado-Fernandez M. Pain and Functional Capacity in Female Fibromyalgia Patients. *Pain Med*. 2011;12(11):1667-75.
7. Jones KD, Clark SR, Bennett RM. Prescribing exercise for people with fibromyalgia. *AACN clin. iss*. 2002;13(2):277-93.
8. Panton LB, Kingsley JD, Toole T, Cress ME, Abboud G, Sirithienthad P, et al. A comparison of physical functional performance and strength in women with fibromyalgia, age- and weight-matched controls, and older women who are healthy. *Phys. Ther*. 2006;86(11):1479-88.
9. Auvinet B, Chaleil D. Identification of subgroups among fibromyalgia patients. *Reumatism*. 2012;64(4):250-60.
10. Jones CJ, Rutledge DN, Aquino J. Predictors of Physical Performance and Functional Ability in People 50+With and Without Fibromyalgia. *J. Aging Phys. Act*. 2010;18(3):353-68.
11. Latorre-Roman P, Santos-Campos M, Heredia-Jimenez J, Delgado-Fernandez M, Soto-Hermoso V. Analysis of the performance of women with fibromyalgia in the six-minute walk test and its relation with health and quality of life. *J. Sports Med. Phys. Fit*. 2014;54(4):511-7.

12. Busch AJ, Schachter CL, Overend TJ, Peloso PM, Barber KAR. Exercise for fibromyalgia: A systematic review. *J. Rheumatol.* 2008;35(6):1130-44.
13. Bennett RM, Jones J, Turk DC, Russell IJ, Matallana L. An internet survey of 2,596 people with fibromyalgia. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2007;8.
14. Sil S, Thomas S, DiCesare C, Strotman D, Ting TV, Myer G, et al. Preliminary Evidence of Altered Biomechanics in Adolescents With Juvenile Fibromyalgia. *Arthritis Care Res.* 2015;67(1):102-11.
15. Busch AJ, Barber KAR, Overend TJ, Peloso PMJ, Schachter CL. Exercise for treating fibromyalgia syndrome. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007(4).
16. Wolfe F, Smythe HA, Yunus MB, Bennett RM, Bombardier C, Goldenberg DL, et al. The american-college-of-rheumatology 1990 criteria for the classification of fibromyalgia - report of the multicenter criteria committee. *Arthritis Rheum.* 1990;33(2):160-72.
17. Auvinet B, Chaleil D, Cabane J, Dumolard A, Hatron P, Juvin R, et al. The interest of gait markers in the identification of subgroups among fibromyalgia patients. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2011;12.
18. Mueller W, Schneider M, Joos T, Hsu HY, Stratz T. Subgroups of fibromyalgia. *Schmerz.* 2007;21(5):424-+.
19. Hausdorff JM, Yogev G, Springer S, Simon ES, Giladi N. Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. *Exp. Brain Res.* 2005;164(4):541-8.
20. Waite LM. Gait slowing as a predictor of dementia. *J Neurol. Sci.* 2005;229:365-.
21. Hausdorff JM, Peng C-K, Goldberger AL, Stoll AL. Gait unsteadiness and fall risk in two affective disorders: a preliminary study. *BMC Psychiatry.* 2004;4.
22. Dobbs RJ, Charlett A, Bowes SG, Oneill CJA, Weller C, Hughes J, et al. Is this walk normal. *Age Ageing.* 1993;22(1):27-30.
23. Macellari V, Giacomozzi C, Saggini R. Spatial-temporal parameters of gait: reference data and a statistical method for normality assessment. *Gait Posture.* 1999;10(2):171-81.
24. Heredia Jimenez JM, Aparicio Garcia-Molina VA, Porres Foulquie JM, Delgado Fernandez M, Soto Hermoso VM. Spatial-temporal parameters of gait in women with fibromyalgia. *Clin. Rheumatol.* 2009;28(5):595-8.
25. Silva AP, Chagas DdV, Cavaliere ML, Pinto S, de Oliveira Barbosa JS, Batista

LA. Kinematic analysis of subtalar eversion during gait in women with fibromyalgia. *Foot* (Edinburgh, Scotland). 2016;28:42-6.

26. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J. Clin. Epidemiol.* 2009;62(10):e1-34.

27. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys. Ther.* 2003;83(8):713-21.

28. Rosenbrand K, Van Croonenborg J, Wittenberg J. Guideline development. *Stud. Health Technol. Inform.* 2008;139:3-21.

29. Heredia-Jimenez J, Orantes-Gonzalez E. Gender differences in patients with fibromyalgia: a gait analysis. *Clin. Rheumatol.* 2019;38(2):513-22.

30. Heredia-Jimenez J, Latorre-Roman P, Santos-Campos M, Orantes-Gonzalez E, Soto-Hermoso VM. Spatio-temporal gait disorder and gait fatigue index in a six-minute walk test in women with fibromyalgia. *Clin. Biomech.* 2016;33:1-6.

31. Heredia-Jimenez J, Orantes-Gonzalez E, Soto-Hermoso VM. Variability of gait, bilateral coordination, and asymmetry in women with fibromyalgia. *Gait Posture.* 2016;45:41-4.

32. Patterson KK, Gage WH, Brooks D, Black SE, McIlroy WE. Evaluation of gait symmetry after stroke: A comparison of current methods and recommendations for standardization. *Gait Posture.* 2010;31(2):241-6.

33. King S, Wessel J, Bhambhani Y, Maikala R, Sholter D, Maksymowych W. Validity and reliability of the 6 minute walk in persons with fibromyalgia. *J. Rheumatol.* 1999;26(10):2233-7.

34. Heredia-Jimenez JM, Soto-Hermoso VM. Kinematics gait disorder in men with fibromyalgia. *Rheumatol. Int.* 2014;34(1):63-5.

35. Koca I, Savas E, Ozturk ZA, Boyaci A, Tutoglu A, Alkan S, et al. The evaluation in terms of sarcopenia of patients with fibromyalgia syndrome. *Wien. Klin. Wochenschr.* 2016;128(21-22):816-21.

36. Goes SM, Leite N, de Souza RM, Homann D, Osiecki ACV, Stefanello JMF, et al. Gait characteristics of women with fibromyalgia: a premature aging pattern. *Rev. Bras. Reumatol.* 2014;54(5).

37. Pierrynowski MR, Tiidus PM, Galea V. Women with fibromyalgia walk with an altered muscle synergy. *Gait Posture*. 2005;22(3):210-8.
38. Lopopolo RB, Greco M, Sullivan D, Craik RL, Mangione KK. Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: A meta-analysis. *Phys. Ther*. 2006;86(4):520-40.
39. Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, et al. Gait Speed and Survival in Older Adults. *JAMA-J. Am. Med. Assoc*. 2011;305(1):50-8.
40. Montero-Odasso M, Schapira M, Soriano ER, Varela M, Kaplan R, Camera LA, et al. Gait velocity as a single predictor of adverse events in healthy seniors aged 75 years and older. *J Gerontol. Ser. A-Biol. Sci. Med. Sci*. 2005;60(10):1304-9.
41. Brach JS, Studenski S, Perera S, VanSwearingen JM, Newman AB. Stance time and step width variability have, unique contributing impairments in older persons. *Gait Posture*. 2008;27(3):431-9.
42. Owings TM, Grabiner MD. Variability of step kinematics in young and older adults. *Gait Posture*. 2004;20(1):26-9.
43. Meireles SA, Antero DC, Kulczycki MM, Skare TL. Prevalence of falls in fibromyalgia patients. *Acta Orthop. Bras*. 2014;22(3):163-6.
44. Lange M, Karpinski N, Krohn-Grimberghe B, Petermann F. Patients with fibromyalgia: gender differences. *Schmerz*. 2010;24(3):262-6.
45. Miro E, Martinez MP, Sanchez AI, Prados G, Lupianez J. Men and women with fibromyalgia: Relation between attentional function and clinical symptoms. *British J. Health Psychol*. 2015;20(3):632-47.

❖ **Anexo 3. Artículo N°3: Impact of cognitive tasks on biomechanical and kinematic parameters of gait in women with fibromyalgia: A cross-sectional study**

Título: Impact of cognitive tasks on biomechanical and kinematic parameters of gait in women with fibromyalgia: a cross-sectional study.

Autores: Martín-Martínez JP, Villafaina S, Collado-Mateo D, Fuentes-García JP, Pérez-Gómez J, Gusi N

Revista: Physiology & Behaviour

Volumen: 227

Página inicial: Epub ahead of print. The issue is in progress

Año de publicación: 2020

DOI: 10.1016/j.physbeh.2020.113171

Physiology & Behavior 227 (2020) 113171



Contents lists available at ScienceDirect

Physiology & Behavior

journal homepage: www.elsevier.com/locate/physbeh



Impact of cognitive tasks on biomechanical and kinematic parameters of gait in women with fibromyalgia: A cross-sectional study



Juan Pedro Martín-Martínez^a, Santos Villafaina^{a,*}, Daniel Collado-Mateo^b, Juan P. Fuentes-García^a, Jorge Pérez-Gómez^a, Narcis Gusi^a

^a Faculty of Sport Science. University of Extremadura, Av. De Universidad s/n, Cáceres, 10003, Extremadura, Spain

^b Centre for Sport Studies. Rey Juan Carlos University, 28943 Fuenlabrada, Madrid, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

Dual-task
Motor-pattern
Range of motion
Cadence
Trunk Tilt

ABSTRACT

Background: Fibromyalgia (FM) is a chronic disease whose symptoms may cause altered walking pattern, which is important given the relevance of walking in daily life activities. These activities use to require the ability to perform both a motor and a cognitive task simultaneously. The main aim of the current study was to evaluate the impact of performing a simultaneous cognitive task in the gait pattern of women with FM.

Methods: A total of 36 women recruited from a local association took part in this cross-sectional study. The time required to complete the 10-meters-walking-test and kinematic outcomes including number of steps, cadence, trunk tilt and ranges of motion were analyzed under single (motor task only) and dual task (motor and cognitive tasks simultaneously) conditions. The secondary task consisted in counting aloud backward in rows of two.

Results: Results showed a significant increment in the time required to complete the test ($p < 0.01$) when participants performed the motor and cognitive tasks at the same time. Moreover, relevant changes in kinematic parameters such as increment of number of steps ($p < 0.01$), cadence ($p < 0.01$), trunk tilt ($p < 0.01$) and both hip ($p < 0.01$) and knee ($p = 0.03$) ranges of motion were also observed.

Conclusion: Adding a cognitive task to a primary motor task affects the walking motor pattern in women with FM, making it more stable and safer walking pattern when the attention is focused on two simultaneous tasks.

<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113171>

Received 13 August 2020; Received in revised form 7 September 2020; Accepted 10 September 2020

Available online 18 September 2020

0031-9384/ © 2020 Elsevier Inc. All rights reserved.

Este artículo no fue publicado en Open Access, por lo que no se puede reproducir íntegramente su contenido en esta tesis doctoral

❖ **Anexo 4. Artículo N°4: Efectos de un programa de intervención basado en Exergames en el patrón de la marcha en mujeres con Fibromialgia**

Título: Efectos de un programa de intervención basado en Exergames en el patrón de la marcha en mujeres con Fibromialgia

Autores: Martín-Martínez JP, Villafaina S, Collado-Mateo D, Gusi N, Pérez-Gómez J.

Revista: Archivos de Medicina del Deporte (AMD)

Enviado: 09-04-2020

Estado: En revisión

EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN BASADO EN EXERGAMES EN EL PATRÓN DE LA MARCHA EN MUJERES CON FIBROMIALGIA.

Resumen

La Fibromialgia es una enfermedad reumatológica cuyos síntomas asociados como el dolor, rigidez y debilidad muscular o fatiga 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 (sólo la tarea motriz) y duales (tarea cognitiva y motriz de manera simultánea). 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 con una duración por sesión de 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 Clave: tareas duales – cinemática – biomecánica – realidad virtual – cadencia

EFFECTS OF AN INTERVENTION PROGRAM BASED ON EXERGAMES ON WALKING MOTOR PATTERN IN WOMEN WITH FIBROMYALGIA

Abstract

Fibromyalgia is a rheumatologic disease whose symptoms associated such as pain; muscle stiffness and weakness or fatigue may 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 (just the physical task) and dual (both simultaneous physical and cognitive task) 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, analysing 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-waling-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 – cadence

1. INTRODUCCIÓN

La Fibromialgia (FM) es una enfermedad reumatológica de origen desconocido caracterizada por baja tolerancia al dolor, rigidez y debilidad muscular (1, 2). Algunos de los síntomas más asociados a este síndrome son la fatiga, depresión y ansiedad (3), alteraciones del sueño (4), alto riesgo de caídas (5), 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)(6, 7). De hecho, según algunos estudios, muestran valores similares a los observados en personas de avanzada edad (8, 9). Esto provoca que tengan gran dificultad para desarrollar actividades de la vida cotidiana, sufriendo una reducción en su calidad de vida (10). Además, estas actividades suelen implicar la realización de una tarea física y cognitiva de manera simultánea (11), lo que supone focalizar la atención en dos tareas a la vez (12). 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 (13).

Estudios recientes clasifican las terapias actuales para combatir los síntomas de la FM en farmacológicas y no farmacológicas (2). Dentro de las no farmacológicas, diferentes autores destacan el ejercicio físico como una de las principales (2, 14, 15). Además, algunos estudios realizados en adolescentes con FM señalan que la actividad física no sólo 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 (16, 17).

Sin embargo, a pesar de ser altamente recomendable este tipo de terapias, la adherencia a los mismos en pacientes con FM es muy baja (18, 19), mostrando niveles de sedentarismo muy altos (20, 21). 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 (22). Los Exergames han sido utilizados en pacientes de avanzada edad (23, 24) y con déficits cognitivos como Parkinson (25) 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 (26), dolor (27), agilidad y equilibrio (28), calidad de vida (29) y fuerza del tren inferior (30). Sin embargo, ninguno de ellos ha focalizado la atención en conocer qué

efectos tiene sobre el patrón de la marcha.

Por todo ello, 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 (sólo 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.

Todos los 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

Todos los 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 diagnosticado de FM por un reumatólogo siguiendo las pautas de la American College of Rheumatology(1); 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 incluidos en los análisis, cuyas características se muestran en la tabla 1.

2.3. Intervención

Los sujetos 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 de entrenamiento basado en realidad virtual, asistiendo 2 veces por semana durante 1 hora en grupos reducidos de dos o tres personas. Esto permitió 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 con el objetivo de mejorar la condición física orientada a la realización de actividades de la vida cotidiana en pacientes con FM. Este protocolo ha sido implementado con anterioridad en otros estudios, comprobándose efectos positivos en el dolor y calidad de vida (27, 29), agilidad, equilibrio y riesgo de caídas (28) y condición física (26, 30) en mujeres con FM. Dicho programa ofrecía feedback visual inmediato a cada uno de las 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. Se iniciaba con un calentamiento de 5 minutos, donde los 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. Después de la movilidad articular se realizaban tres vídeos de bailes, basados en Zumba, con una duración de entre 15 y 20 minutos y 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 staff.

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 tanto en personas ancianas, con un coeficiente de correlación intraclase (ICC) de 0.98 (31), como en personas con déficits cognitivos, como es el caso de la FM, con un ICC de 0.97 (32). Las mujeres realizaron este test dos veces: una centrándose únicamente en la tarea motriz (tarea simple, (ST)), y otra realizando la ST y 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) (ver punto 2.5), 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.
 - 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. Este instrumento ha sido previamente utilizado en mujeres con FM (13, 33)

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 contratada 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, η^2 parcial al cuadrado, fue reportado para todos los test estadísticos.

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 sujetos experimentales y 13 controles fueron excluidos 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 ST para ambos grupos. El rendimiento en el 10-MWT mejoró significativamente ($p=0.032$) en el grupo experimental tras la realización del programa. Sin embargo, respecto a las variables cinéticas y biomecánicas, pese a que se producen alteraciones, no se encontraron diferencias significativas.

En la tabla 3 se pueden observar los efectos del programa bajo condiciones de DT, en la que los sujetos realizaban el 10-MWT simultáneamente con una tarea cognitiva. En este caso, además de las mejoras que mostraron los valores del grupo experimental respecto al rendimiento en dicho test ($p=0.027$), también hubo alteraciones significativas en la cadencia de paso ($p=0.023$).

Respecto a 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.

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 (30) y condición física en mujeres con FM (26). Sin embargo, este es el 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.

Además, 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 (31, 32), pero ningún estudio hasta ahora lo había empleado para la evaluación de esta variable en mujeres con FM. 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 (34, 35).

Nuestros resultados mostraron mejoras significativas en el rendimiento del 10-MWT, tanto en ST como en DT, para las mujeres que se sometieron al programa de intervención. Estas

mejoras son similares a las obtenidas por Santos et all. (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. 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 (28, 36). 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 (36). En ambos estudios, aunque el test empleado es el Timed Up and Go (TUG)(37), 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 (13, 33). 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 (16, 17). 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 el 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 (7, 38). Estos autores justifican esos 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 pos-test bajo ST, pero éstas 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, del 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 (39) 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 riesgo de caída. 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 sujetos en la muestra final respecto a la inicial (figura 1). En segundo lugar, el hecho de que la muestra sólo estuviera compuesta por mujeres, lo que hace que no puedan extrapolarse los resultados a hombres que sufran FM. 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

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 ST como en DT. En concreto en la velocidad y la cadencia de la marcha. Algunas de estas alteraciones, como la mejora en el rendimiento del 10-MWT podrían estar vinculadas a una mejora de la capacidad funcional observada en estudios previos en mujeres que sufren este síndrome, lo que podría conllevar, en consecuencia, una mejora en la calidad de vida.

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.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wolfe F, Clauw DJ, Fitzcharles MA, Goldenberg DL, Katz RS, Mease P, et al. The American College of Rheumatology Preliminary Diagnostic Criteria for Fibromyalgia and Measurement of Symptom Severity. *Arthritis Care Res.* 2010;62(5):600-10.
2. Walker J. Fibromyalgia: clinical features, diagnosis and management. *Nurs. stand.* (Royal College of Nursing (Great Britain) : 1987). 2016;31(5):51-63.
3. Isik-Ulusoy S. Evaluation of affective temperament and anxiety-depression levels in fibromyalgia patients: a pilot study. *Rev. Bras. Psiquiatr.* 2019;41(5):428-32.
4. Moldofsky H. Rheumatic manifestations of sleep disorders. *Curr. Opin. Rheumatol.* 2010;22(1):59-63.
5. Collado-Mateo D, Gallego-Diaz JM, Adsuar JC, Domínguez-Munoz FJ, Olivares PR, Gusi N. Fear of Falling in Women with Fibromyalgia and Its Relation with Number of Falls and Balance Performance. *Biomed. Res. Int.* 2015.
6. Auvinet B, Bileckot R, Alix A-S, Chaleil D, Barrey E. Gait disorders in patients with fibromyalgia. *Joint Bone Spine.* 2006;73(5):543-6.
7. Heredia-Jimenez J, Latorre-Roman P, Santos-Campos M, Orantes-Gonzalez E, Soto-Hermoso VM. Spatio-temporal gait disorder and gait fatigue index in a six-minute walk test in women with fibromyalgia. *Clin. Biomech.* 2016;33:1-6.
8. Persch LN, Ugrinowitsch C, Pereira G, Rodacki ALF. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: A randomized controlled trial. *Clin. Biomech.* 2009;24(10):819-25.
9. Góes SM, Leite N, de Souza RM, Homann D, Osiecki ACV, Stefanello JMF, et al. Gait characteristics of women with fibromyalgia: a premature aging pattern. *Rev. Bras. Reumatol. (English Edition)*2014. p. 335-41.
10. Huijnen IPJ, Verbunt JA, Meeus M, Smeets RJE. Energy Expenditure during Functional Daily Life Performances in Patients with Fibromyalgia. *Pain Pract.* 2015;15(8):748-56.
11. Kleiner M, Wong L, Dube A, Wnuk K, Hunter SW, Graham LJ. Dual-Task Assessment Protocols in Concussion Assessment: A Systematic Literature Review. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2018;48(2):87-+.
12. Ghai S, Ghai I, Effenberg AO. Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Interv. Aging.*

2017;12:557-77.

13. Villafaina S, Collado-Mateo D, Dominguez-Munoz FJ, Fuentes-Garcia JP, Gusi N. Impact of adding a cognitive task while performing physical fitness tests in women with fibromyalgia A cross-sectional descriptive study. *Medicine*. 2018;97(51).
14. Busch AJ, Schachter CL, Overend TJ, Peloso PM, Barber KAR. Exercise for fibromyalgia: A systematic review. *J. Rheumatol*. 2008;35(6):1130-44.
15. Bidonde J, Busch AJ, Bath B, Milosavljevic S. Exercise for adults with fibromyalgia: an umbrella systematic review with synthesis of best evidence. *Curr. Rheumatol. Rev*. 2014;10(1):45-79.
16. Tran ST, Thomas S, DiCesare C, Pfeiffer M, Sil S, Ting TV, et al. A pilot study of biomechanical assessment before and after an integrative training program for adolescents with juvenile fibromyalgia. *Pediatr. Rheumatol*. 2016;14.
17. Sil S, Thomas S, DiCesare C, Strotman D, Ting TV, Myer G, et al. Preliminary Evidence of Altered Biomechanics in Adolescents With Juvenile Fibromyalgia. *Arthritis Care Res*. 2015;67(1):102-11.
18. Gowans SE, deHueck A. Effectiveness of exercise in management of fibromyalgia. *Curr. Opin. Rheumatol*. 2004;16(2):138-42.
19. Fontaine KR, Conn L, Clauw DJ. Effects of Lifestyle Physical Activity in Adults With Fibromyalgia Results at Follow-Up. *JCR-J. Clin. Rheumatol*. 2011;17(2):64-8.
20. Kop WJ, Lyden A, Berlin AA, Ambrose K, Olsen C, Gracely RH, et al. Ambulatory monitoring of physical activity and symptoms in fibromyalgia and chronic fatigue syndrome. *Arthritis Rheum*. 2005;52(1):296-303.
21. Korszun A, Young EA, Engleberg NC, Brucksch CB, Greden JF, Crofford LA. Use of actigraphy for monitoring sleep and activity levels in patients with fibromyalgia and depression. *J. Psychosomat. Res*. 2002;52(6):439-43.
22. Lange BS, Requejo P, Flynn SM, Rizzo AA, Valero-Cuevas FJ, Baker L, et al. The Potential of Virtual Reality and Gaming to Assist Successful Aging with Disability. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am*. 2010;21(2):339-+.
23. Choi SD, Guo L, Kang D, Xiong S. Exergame technology and interactive interventions for elderly fall prevention: A systematic literature review. *Appl. Ergon*. 2017;65:570-81.
24. van Diest M, Lamoth CJC, Stegenga J, Verkerke GJ, Postema K. Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *J. NeuroEng. Rehabil*.

2013;10.

25. Garcia-Agundez A, Folkerts A-K, Konrad R, Caserman P, Tregel T, Goosses M, et al. Recent advances in rehabilitation for Parkinson's Disease with Exergames: A Systematic Review. *J. NeuroEng. Rehabil.* 2019;16.
26. Pedro Martin-Martinez J, Villafaina S, Collado-Mateo D, Perez-Gomez J, Gusi N. Effects of 24-week exergame intervention on physical function under single-and dual-task conditions in fibromyalgia: A randomized controlled trial. *Scand. J Med. Sci. Sports.* 2019;29(10):1610-7.
27. Collado-Mateo D, Javier Dominguez-Munoz F, Carmelo Adsuar J, Angel Garcia-Gordillo M, Gusi N. Effects of Exergames on Quality of Life, Pain, and Disease Effect in Women With Fibromyalgia: A Randomized Controlled Trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2017;98(9):1725-31.
28. Collado-Mateo D, Dominguez-Munoz FJ, Adsuar JC, Merellano-Navarro E, Gusi N. Exergames for women with fibromyalgia: a randomised controlled trial to evaluate the effect on mobility skills, balance and fear of falling. *PeerJ.* 2017;5.
29. Villafaina S, Collado-Mateo D, Dominguez-Munoz FJ, Fuentes-Garcia JP, Gusi N. 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 J.* 2019;8(6):380-6.
30. Villafaina S, Borrega-Mouquinho Y, Fuentes-Garcia JP, Collado-Mateo D, Gusi N. Effect of Exergame Training and Detraining on Lower-Body Strength, Agility, and Cardiorespiratory Fitness in Women with Fibromyalgia: Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2019;17(1).
31. Peters DM, Fritz SL, Krotish DE. 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. *J. Geriatr. Phys. Ther.* 2013;36(1):24-30.
32. Steffen T, Seney M. 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. *Phys. Ther.* 2008;88(6):733-46.
33. Villafaina S, Polero P, Collado-Mateo D, Fuentes-García JP, Gusi N. Impact of adding a simultaneous cognitive task in the elbow's range of movement during arm curl test in women with fibromyalgia. *Clin. Biomech.* 2019;65:110-5.

34. Santos GOR, Wolf R, Silva MM, Rodacki ALF, Pereira G. Does exercise intensity increment in exergame promote changes in strength, functional capacity and perceptual parameters in pre-frail older women? A randomized controlled trial. *Exp. Gerontol.* 2019;116:25-30.
35. Hortobagyi T, Mizelle C, Beam S, DeVita P. Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. *J. Gerontol. Ser. A-Biol. Sci. Med. Sci.* 2003;58(5):453-60.
36. Norouzi E, Hosseini F, Vaezmosavi M, Gerber M, Puhse U, Brand S. Zumba dancing and aerobic exercise can improve working memory, motor function, and depressive symptoms in female patients with Fibromyalgia. *Eur. J. Sport Sci.*
37. Podsiadlo D, Richardson S. THE TIMED UP AND GO - A TEST OF BASIC FUNCTIONAL MOBILITY FOR FRAIL ELDERLY PERSONS. *J. Am. Geriatr. Soc.* 1991;39(2):142-8.
38. Costa ID, Gamundi A, Miranda JGV, Franca LGS, De Santana CN, Montoya P. Altered Functional Performance in Patients with Fibromyalgia. *Front. Hum. Neurosci.* 2017;11:9.
39. Collado-Mateo D, Adsuar JC, Olivares PR, Dominguez-Munoz FJ, Maestre-Cascales C, Gusi N. Performance of women with fibromyalgia in walking up stairs while carrying a load. *PeerJ.* 2016;4.

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; DE: Desviación Estándar



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)	Ejercicio (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/s)	Ejercicio (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)	Ejercicio (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)	Ejercicio (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 Rodilla (grados)	Ejercicio (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 Cadera (grados)	Ejercicio (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; s: segundos; 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)	Ejercicio (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/s)	Ejercicio (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)	Ejercicio (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)	Ejercicio (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 Rodilla (grados)	Ejercicio (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 Cadera (grados)	Ejercicio (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; s: segundos; ROM: Rango de movimiento.

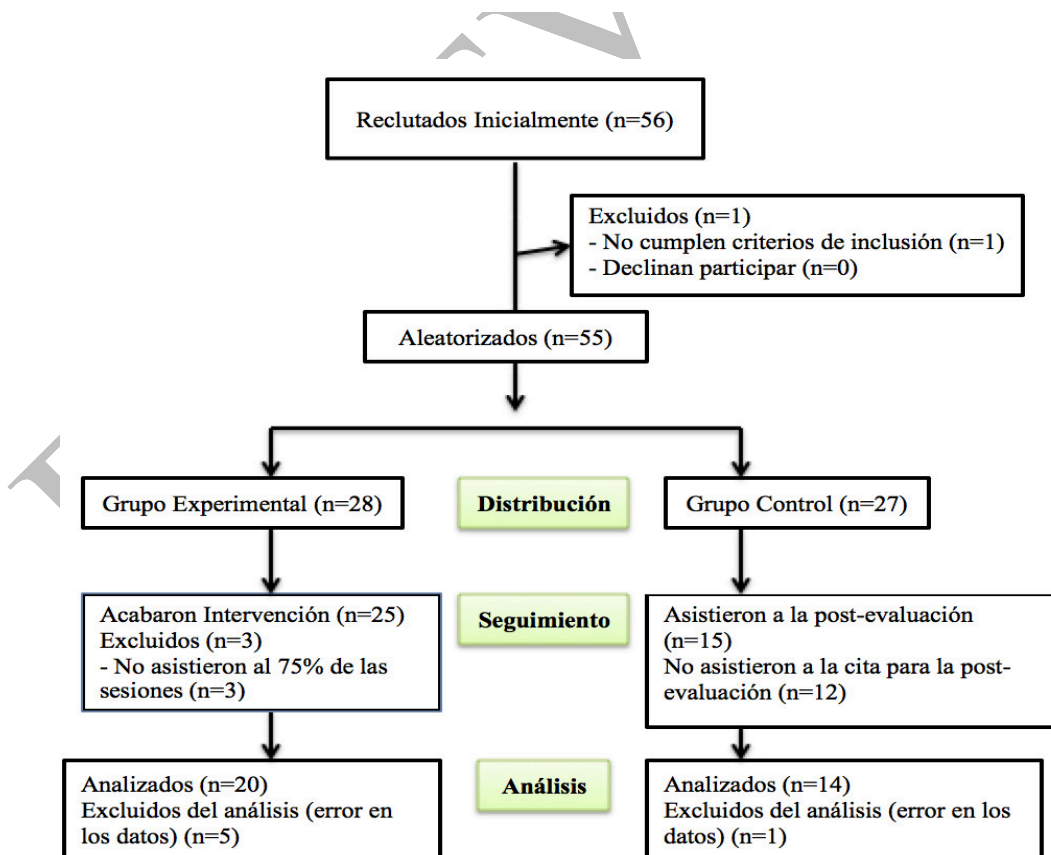


Figura 1. Diagrama de flujo del estudio

❖ **Anexo 5. Artículo N°5: Effects of 24-week exergame intervention on physical function under single- and dual-task conditions in fibromyalgia: A randomized controlled trial**

Título: Effects of 24-week exergame intervention on physical function under single- and dual-task conditions in fibromyalgia: A randomized controlled trial

Autores: Martín-Martínez JP, Villafaina S, Collado-Mateo D, Pérez-Gómez J, Gusi N

Revista: Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports

Volumen: 10

Página inicial: 1610

Página final: 1617

Año de publicación: 2019

DOI: 10.1111/sms.13502

Received: 13 February 2019 | Revised: 9 May 2019 | Accepted: 7 June 2019
DOI: 10.1111/sms.13502

ORIGINAL ARTICLE

WILEY

Effects of 24-week exergame intervention on physical function under single- and dual-task conditions in fibromyalgia: A randomized controlled trial

Juan Pedro Martín-Martínez¹ | Santos Villafaina¹  | Daniel Collado-Mateo^{1,2} | Jorge Pérez-Gómez¹ | Narcis Gusi¹

¹Faculty of Sport Science, University of Extremadura, Caceres, Spain
²Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Chile, Talca, Chile

Correspondence

Daniel Collado-Mateo, Faculty of Sport Science, University of Extremadura, Av. De Universidad s/n, Caceres, 10003, Spain.
Email: danicolladom@gmail.com

Funding information

This study was co-funded by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness (reference no DEP2015-70356) in the framework of the Spanish National R+D+i Plan. This study has been supported by GR18155 Consejería de Economía e Infraestructura of Junta de Extremadura (Regional Government) and European Regional Development Funds (ERDF/FEDER) "a way of doing Europe."

Objective: To evaluate the effects of 24-week exergame intervention on the physical fitness of women with fibromyalgia in both single- and dual-task conditions.

Design: Single-blinded, randomized controlled trial.

Setting: University facilities.

Participants: Fifty-five women with fibromyalgia, recruited from the local fibromyalgia association, were randomly assigned to one of the two groups: exercise group and control group.

Intervention: The exercise group completed 24 weeks of supervised and group-based exergame protocol, divided into two sessions of 60 minutes. The intervention was focused on mobility, postural control, upper and lower limbs coordination, aerobic fitness, and strength.

Main outcome measures: The strength of the upper limbs was measured using the arm curl test. The mobility skill was assessed through the timed-up and go test, and the flexibility of both upper and lower limbs was measured using the back scratch and the sit and reach tests, respectively.

Results: Fifty participants completed the study. In the single-task condition, exergame intervention led to significantly higher effects in the arm curl test ($P = 0.008$), sit and reach test ($P = 0.033$), and timed-up and go test ($P = 0.021$). Moreover, under dual-task condition, exergames led to significant effects in all the physical fitness tests (arm curl test, timed-up and go test, back scratch test, and sit and reach test) compared to the control group.

Conclusions: Exergame is an effective tool to improve the physical fitness in women with fibromyalgia under single or dual-task conditions.

KEYWORDS

dual-task, exercise, exergame, physical fitness, virtual reality

Trial registration: International Standard Randomized Controlled Trial Number Registry (ISRCTN65034180).

Este artículo no fue publicado en Open Access, por lo que no se puede reproducir íntegramente su contenido en esta tesis doctoral.

