

Efectos del entrenamiento por aceleración en el desempeño neuromuscular en pacientes con Osteoartrosis de rodilla: Ensayo clínico controlado

Javier Hernán Carreño, PT ¹

Rodrigo Argothy, Ms ¹

Daniel Dylan Cohen, PhD. ¹

1. Centro de Estudios en medición de la Actividad Física (CEMA), Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

Correspondencia de autor:

Centro de Estudios en medición de la Actividad Física (CEMA), Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Estudiante de Maestría. Universidad del Rosario, Colombia, Bogotá.

Teléfono: 2970200 – Ext: 3428.

Email: Javi.carreno.19@gmail.com

Conflicto de Interés: Ninguno

Agradecimientos: PROGYM Fitness Center, Bucaramanga, Colombia y a todos los integrantes del equipo de trabajo y a nuestros pacientes.

Resumen

Contexto: La fuerza muscular y el dolor son los factores neuromusculares más influyentes en los pacientes con Osteoartrosis (OA) de rodilla. Sin embargo, la tasa de desarrollo de la fuerza podría ser muy relevante en estos pacientes.

Objetivo: Evaluar los efectos del entrenamiento por aceleración (WBV) + ejercicios de resistencia (RT) Vs RT sin vibración sobre el rendimiento neuromuscular isométrico y dinámico de los miembros inferiores (MMII) en pacientes con OA de rodilla.

Diseño, metodología y participantes: Se llevó a cabo un ensayo clínico controlado simple con 60 sujetos (edad de 48 años \pm 14.2) con diagnóstico o en riesgo de OA de rodilla físicamente activos. Se les evaluó su desempeño neuromuscular dinámico con el test Sit to Stand (STS), e isométrico con el test de leg press-ISO (ISO). Se distribuyeron aleatoriamente dos grupos Se ejecutó entre Agosto a Octubre de 2017.

Intervención: El entrenamiento era 3 veces por semana, durante 12 semanas con una duración de 10- 15 minutos. Un grupo Control (CON) realizó solo RT de MMII y otro grupo realizo RT de MMII + vibración (WBV).

Resultados: Para la prueba STS se encontró, un aumento en la Fuerza Pico Vertical izquierda (FPVizq) al comparar solo los resultados POST entrenamiento. Para el test ISO en el grupo CON, al comparar los PRE Vs POST se encontró, un aumento en la FPVizq (655N y 837N respectivamente); en la Tasa de Desarrollo de la Fuerza TDF (935Ns Vs 1634Ns respectivamente). Al comparar los PRE Vs POST, en el grupo WBV, la TDF aumentó 1280Ns y POST= 1354Ns. En el grupo WBV, se encontró diferencias significativas entre los grupos, en el test de fuerza isométrica en la TDF- 200ms; en la FPV y en la F. Relativa Además, hubo una disminución de dolor en rodilla y espalda baja según la Escala Análoga Visual (EAV), en ambos grupos.

Conclusión: Adicionar vibración a RT por 12 semanas no resulta más eficaz en la mejora del desempeño neuromuscular en MMII que el entrenamiento de RT sin vibración en pacientes con OA de rodilla. Con relación al dolor, el grupo WBV, disminuyó en mayor cantidad el dolor lumbar, e igual cantidad el dolor en rodilla comparado con el grupo CON.

Palabras clave: entrenamiento de resistencia, aceleración, osteoartritis, reflejo de sobresalto, fuerza muscular.

Abstract

Context: Muscle strength and pain are the most influential neuromuscular factors in patients with osteoarthritis of the knee. However, the rate of strength development could be really important in these patients.

Objective: Evaluate the effects of Whole Body Vibration (WBV) + resistance training (RT) Vs only RT without vibration (CON) on the isometric and dynamic neuromuscular performance of the lower limbs in patients with knee osteoarthritis (OA).

Design, Setting, Participants: A simple controlled clinical trial was conducted with 60 physically active subjects. (Age 48 years + 14.2) with diagnosis or at risk of knee OA. Their dynamic neuromuscular performance was evaluated with the Sit to Stand test (STS), and isometric with the leg press-ISO test (ISO). Two groups were randomly distributed. It was executed between August and October of 2017.

Intervention: The training was 3 times a week, for 12 weeks with a duration of 10-15 minutes. CON group performed only RT of lower limbs and other groups performed RT of lower limbs + vibration (WBV).

Results: For the STS test an increase in the left peak vertical force was found when comparing only the POST training results. For ISO test, in the CON group, when comparing the PRE Vs POST an increase in the Peak Vertical Force (PVF) was found (655N and 837N respectively); in the Force Development Rate (RFD) (935Ns Vs 1634Ns respectively). When comparing the PRE Vs POST, in the WBV group, the RFD increased 1280Ns and POST = 1354Ns. In the WBV group, significant differences were found between the groups in the isometric strength test in the RFD-200ms; In the PVF and in the Relative F. In addition, there was a decrease in pain in knee and lower back according to the Visual Analogue Scale (VAS), in both groups.

Conclusion: Adding WBV to RT for 12 weeks is no more effective in improving lower limb neuromuscular performance than RT without vibration in patients with knee osteoarthritis. In relation to pain, the WBV group decreased lower back pain in a greater quantity, and the pain in the knee compared with CON group.

Key words: Resistance training, acceleration, Osteoarthritis, Reflex startle, Muscle strength.

INTRODUCCIÓN

La osteoartrosis (OA) de rodilla es una enfermedad crónica degenerativa que afecta al cartílago de la articulación. Es común en hombres y mujeres de mediana edad en adelante. Genera disminución de la fuerza y de la potencia muscular, alteración de la funcionalidad de la persona, dolor, alteración de la movilidad articular, entre otros, acentuando los efectos propios del envejecimiento como la pérdida de masa muscular progresiva. ⁽¹⁾ También altera la estabilidad, el balance y por ende, aumenta el riesgo de caída especialmente en la población adulta mayor. ⁽²⁻⁴⁾ Otros factores como tener historia de cirugía de rodilla, las consecuencias a nivel funcional, pueden ser más evidentes. ⁽⁵⁾

Reid KF et al. Estudiaron el papel de la potencia muscular como predictor de las limitaciones funcionales en los adultos mayores, encontrando una asociación positiva entre la disminución de la potencia en la musculatura de la rodilla con actividades como levantarse de una silla, subir escaleras y una alteración de la velocidad durante la marcha. ⁽⁴⁾ Realizar la medición en personas con diagnóstico de OA de rodilla, de la potencia de los miembros inferiores y del grado de apoyo asimétrico entre el miembro inferior (MI) afectado y el MI no afectado, es sumamente importante debido a que el apoyo asimétrico, trae consecuencias en otras articulaciones como la cadera, la columna y el pie ipsilateral $p \leq 0.0001$. ⁽⁶⁻⁸⁾

Kneiss JA et al. En el 2015, investigaron en pacientes adultos mayores que sufrieron fractura de cadera, empleando las plataformas de fuerza, entre el MI afectado y el MI no afectado, durante el STS, y encontraron variables como la TDF, la FPV y el apoyo asimétrico entre MMII que resultan ser relevantes también para OA de rodilla. ⁽⁹⁾ Estudios recientes han demostrado que tener una adecuada fuerza en el cuádriceps, reduce hasta el 60% el riesgo de sufrir OA en los adultos mayores, ⁽¹⁰⁾ así como la prevención del riesgo de una intervención quirúrgica como el reemplazo total de rodilla. ^(2,3) De acuerdo con esto, mejorar la fuerza, la potencia muscular en rodilla y disminuir el grado de apoyo asimétrico entre los MMII, siempre serán los objetivos con estos pacientes, para ello se han aplicado protocolos de fortalecimiento con entrenamiento de resistencia (RT) que son por lo general, para músculos aislados: cuádriceps, isquiotibiales,

aductores de cadera, etc. ^(4, 11) y algunos otros protocolos con movimientos compuestos o en cadena: como sentadilla, estocadas, etc. Siendo estos últimos, mucho más cercanos a la vida real al involucrar varios ejes y planos. ^(12- 14)

A partir de los ochenta, empezó a tomar fuerza un entrenamiento con vibración conocido como Whole Body Vibration o entrenamiento por aceleración. Esta vibración es producida por una plataforma mecánica que estimula a los receptores neuromusculares que a su vez activan las motoneuronas alfa, produciendo una contracción muscular sostenida e involuntaria que se conoce como reflejo tónico vibratorio. ⁽¹⁵⁾ A la fecha, existe evidencia científica de este entrenamiento en adultos jóvenes sanos y corredores donde se incrementó la fuerza explosiva en miembros inferiores usando el WBV+RT comparados con RT sin vibración. ^(16, 17, 21) En buzos se encontró un aumento de la flexibilidad a una frecuencia de onda específica sobre el WBV. ⁽¹⁸⁾ en adultos mayores se encontró un aumento de la fuerza isométrica y dinámica de los extensores de rodilla. ^(13, 19, 20) Este protocolo tiene una ventaja y es que no se somete a ninguna carga externa, más allá que la ofrecida por el peso corporal y además que el tiempo requerido para su ejecución es menos de la mitad del tiempo que otros protocolos. ^(12, 16)

No es claro el mecanismo por el cual, la combinación de RT + WBV aumenta la fuerza muscular, sin embargo, estos hallazgos sugieren que puede llegar a ser útil para pacientes con OA de rodilla. ⁽²¹⁾ ya que ellos presentan pérdida de fuerza y de la potencia muscular, atrofia muscular, dolor osteomuscular y limitación de la movilidad articular. Algunas investigaciones con WBV en pacientes con OA de rodilla ^(21, 22, 24) han tenido resultados muy variados, no se han tenido en cuenta variables como la TDF (medición de la capacidad de incrementar rápidamente la fuerza) ⁽²⁵⁾ y la asimetría al apoyo de MMII. Ambas de suma importancia en la prevención de caídas en este tipo de pacientes. Por tal motivo, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar los efectos del entrenamiento por aceleración combinado con entrenamiento de resistencia Vs entrenamiento de resistencia sin vibración, sobre el rendimiento neuromuscular isométrico y dinámico y las asimetrías de fuerza en los miembros inferiores en pacientes con OA de rodilla.

MÉTODO

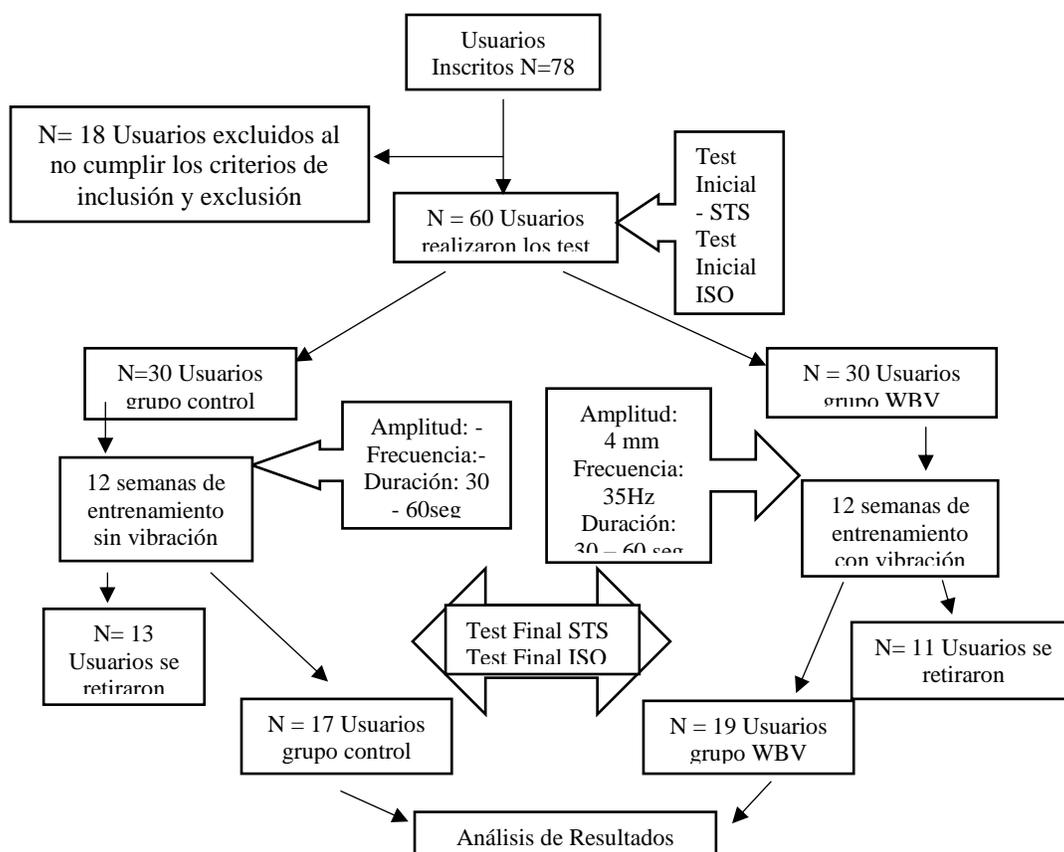
Diseño

Se realizó un estudio prospectivo de tipo ensayo clínico controlado con usuarios del centro de acondicionamiento físico PROGYM entre los meses de Enero a Septiembre de 2017. Esta investigación con riesgo mínimo, tuvo en cuenta los principios establecidos en la Declaración de Helsinki para la investigación en humanos de 1964. Cuenta con el aval del comité de ética de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud (EMCS), de la Universidad del Rosario (DVN021-1-086) y de acuerdo con la resolución 8430 de 1993 propuesta por el Ministerio de Salud y Protección. Todos los participantes firmaron el consentimiento informado antes de comenzar el estudio.

Población

Se realizó una convocatoria a través de la afiches publicitarios en las redes sociales del gimnasio, carteleras informativas y de manera verbal al finalizar las clases grupales. Se contó con 78 voluntarios inscritos de los cuales, 18 fueron excluidos por presentar al menos uno de los criterios de exclusión. Los 60 restantes (19 hombres; 41 mujeres) fueron distribuidos al azar y equitativamente por bloques a través del software EPIDAT, en 2 grupos Grupo **WBV**: n= 30 y

FIGURA 1. Diagrama de flujo del estudio.



Grupo **CON**: n= 30 (Ver figura 1). Una profesional estuvo a cargo de las evaluaciones antes del entrenamiento (**PRE**) y después del entrenamiento (**POST**) entrenamiento y otra persona distinta estuvo a cargo de las sesiones de entrenamiento. Los criterios de inclusión fueron: diagnóstico de OA de rodilla por parte del médico deportólogo del centro de acondicionamiento físico y corroborado a través de imágenes diagnósticas obtenidas a través del seguro de salud de cada participante; dolor de rodilla leve a moderado según la EAV: 0-10 y crónico (mayor a dos meses); presentar asimetría de fuerza de mínimo 10% entre los MMII evaluada con las plataformas de fuerza. Los criterios de exclusión fueron: dolor severo de rodilla; material de osteosíntesis en MMII; cirugía de reemplazo total de rodilla; enfermedad neurológica que impidiera realizar las pruebas y/o el entrenamiento; presentar edema moderado o severo en rodilla; antecedentes cerebrovasculares o de tromboembolismo pulmonar o infarto agudo de miocardio; problemas ópticos o vestibulares; haber realizado entrenamiento por aceleración los últimos tres meses u otra terapia física o tratamiento durante la realización del estudio y suspender por un tiempo mayor a dos semanas consecutivas el entrenamiento por aceleración.

Medidas de resultados

Se realizaron dos mediciones: una al inicio del estudio **PRE** y otra medición al completar la sesión numero 36 **POST**. Se realizó un test de fuerza isométrica en un equipo de marca Technogym (Leg press o prensa horizontal). El sujeto se ubicó con las rodillas a 80° de flexión y el tronco totalmente apoyado en la máquina. A la señal de “empuja”, el participante debía intentar estirar las piernas lo más rápido y fuerte posible y sostenerla por 3 segundos. La máquina estuvo cargada con la máxima resistencia para evitar su desplazamiento. A través de dos plataformas marca PASCO modelo PS 2141 ubicadas en posición vertical y adheridas a la máquina, se registró la TDF-200ms; el impulso absoluto isométrico y la asimetría de fuerza entre las piernas entre otras. Se hicieron 4 intentos, entre cada intento, se daba 30 segundos de descanso y el Software FORCE DECKS promediaba los resultados. (Ver figura 2)

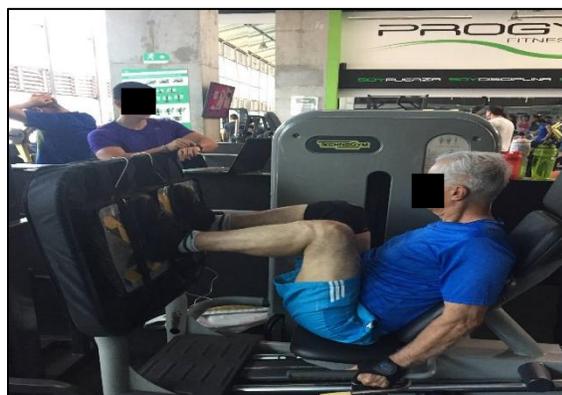


Figura 2. Prueba de Leg press-ISO.

Se realizó otro test STS ⁽²⁵⁾ en donde el participante debía sentarse y pararse de una silla con 43 centímetros de alto, con las manos cruzadas en el pecho durante 30 segundos. Las plataformas se ubicaron en cada pie. La velocidad fue guiada por un metrónomo digital a 40 bpm. Se evaluó la asimetría de fuerza entre las piernas durante toda la prueba. Otros datos y antecedentes fueron registrados (Ver tabla 2.1 y 2.2). Las plataformas cuentan con una adecuada validez (coeficiente de correlación de Pearson = 0,96) y reproducibilidad (CCI = 0,92). ⁽²⁴⁾

Tamaño de la muestra y análisis estadístico

El cálculo del tamaño de muestra fue realizado con el software Openepi versión 3.01. ^(26,27) con 1-Alpha de 0,05 y 1- Beta del 20%. Un cambio en la fuerza isométrica pico de al menos 15% (80N; DE=60,5). Se usó el test de Kolgomorov Smirnov para evaluar la normalidad de los datos y se concluyó la distribución no normal de las variables. Las medianas, el cuartil 1 y el cuartil 3 fueron calculados para las variables cuantitativas y los porcentajes para las cualitativas. La homogeneidad entre los grupos se evaluó con U- Man Whitney (Ver Tabla 2.1 y 2.2). Los valores antes **PRE** y **POST** se compararon con la prueba Wilcoxon en cada grupo (Ver Tabla 3.1 y 3.2). Se contó con un nivel de significancia de $P \leq 0,05$ y un IC de 95%. Se calculó el Effect size para cada variable entre grupos y en cada grupo con un software llamado Cliff Delta Calculator (CDC) diseñado para variables no paramétricas. Este Effect Size se clasifica en **Leve**: 0.147-0.32; **Moderado**: 0.33-0.473; **Fuerte**: ≥ 0.474 . ⁽²⁸⁻³⁰⁾ El paquete estadístico empleado fue software SPSS versión 21.0 para Windows; (SPSS inc, Chicago, IL USA).

Intervención

Se realizaron dos ejercicios, tres veces por semana, durante 12 semanas para un total de 36 sesiones (Ver tabla 1). Ejercicio #1: sentadilla bipodal a 90° con las manos ligeramente sujetadas. Ejercicio #2: posición de tijera o estocada, con una pierna a 90° sobre la plataforma asistido ligeramente por las manos y la otra pierna hacia atrás, dejando la punta del pie en el piso (Ver Anexo 1). La plataforma vibratoria utilizada fue una Power Plate Pro 5, programada con una frecuencia de 35Hz, con una amplitud y duración de acuerdo a la semana de entrenamiento. El entrenamiento fue seleccionado con base en la bibliografía para fortalecimiento muscular con el entrenamiento por aceleración. ^(23, 24, 31) El grupo (CON), llevo a cabo también el ejercicio #1 y el ejercicio #2 con un duración dependiendo de la semana de entrenamiento pero a una frecuencia y

una amplitud de cero durante todas las sesiones. Los participantes no debían cambiar su rutina dentro y fuera del centro de acondicionamiento. Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisados por un licenciado en educación física y entrenador del centro de acondicionamiento con más 8 años de experiencia en entrenamiento quien además está certificado en la programación y manejo por parte de la compañía constructora del equipo Power Plate, empleado para realizar el entrenamiento por aceleración.

TABLA1: Protocolo de intervención para 12 semanas

# Semana	#1: Ejercicio 1 #2: Ejercicio 2	Amplitud (mm)	Frecuencia (Hz)	Duración (seg)	# de Series	Tiempo de descanso (seg)	Duración Total
1	Ejercicio #1 y #2 isométrico asistido	2	35	30	4	15	10
2	Ejercicio #1 y #2 isométrico asistido	2	35	30	4	15	10
3	Ejercicio #1 y #2 isométrico asistido	2	35	30	4	15	10
4	Ejercicio #1 y #2 isométrico asistido	4	35	30	4	15	10
5	Ejercicio #1 y #2 isométrico asistido	4	35	30	4	15	10
6	Ejercicio #1 y #2 isométrico asistido	4	35	30	4	15	10
7	Ejercicio #1 y #2 dinámico asistido	4	35	45	4	20	13
8	Ejercicio #1 y #2 dinámico asistido	4	35	45	4	20	13
9	Ejercicio #1 y #2 dinámico asistido	4	35	45	4	20	13
10	Ejercicio #1 y #2 dinámico asistido	4	35	60	3	30	15
11	Ejercicio #1 y #2 dinámico asistido	4	35	60	3	30	15
12	Ejercicio #1 y #2 dinámico asistido	4	35	60	3	30	15

Abreviaturas: **#1:** Ejercicio #1 sentadilla bipodal a 9° con las manos ligeramente sujetadas **#2:** Ejercicio #2 posición de tijera o estocada, con una pierna a 90° sobre la plataforma asistido ligeramente por las manos y la otra pierna hacia atrás, dejando la punta del pie en el piso (Ver anexo 1). **Mm:** milímetros; **Hz:** Hertz; **Seg:** Segundos; **Nota:** Para el grupo CON, los parámetros de amplitud y frecuencia permanecieron en cero durante todas las semanas de entrenamiento, los demás parámetros se conservaron iguales al grupos WBV.

RESULTADOS

De los 60 participantes 8 se retiraron por la alta carga laboral, 8 no renovaron el contrato con el gimnasio, 4 viajaron al exterior y 4 contrataron entrenador personalizado. Finalmente 36 participantes completaron el estudio, con una pérdida mayor del 15%. Razumiejczyk et al, 2008, mencionan que estos casos, el effect size debe tenerse en cuenta y compararse con el valor p y evaluar si son consistentes. En aquellos casos donde el valor P, no sea estadísticamente significativo y el effect size sea fuerte, Cohen, 1988; Cousineau, 2007, proponen el cálculo del poder estadístico para descartar el error tipo I o el error tipo II. (32, 33)

En la Tabla 2.1 y 2.2, están los resultados de línea base. Grupo: WBV n = 19, y Grupo: CON n = 17. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ninguna de las variables sociodemográficas ni aquellas obtenidas en los test de STS ni en los test ISO.

TABLA2.1: Variables sociodemográficas de la muestra **PRE** entrenamiento distribuida por grupos WBV y CON.

VARIABLE	WBV n = 19 Mediana (Q1-Q3)	CONTROL n = 17 Mediana (Q1-Q3)
Edad (IC)	59 (43 – 64)	52 (42 – 61)
Estatura (M)	1.62 (1.55 – 1.66)	1.60 (1.53 – 1.70)
Peso (kg)	63.8 (57.0 – 72.0)	69.0 (62.1 – 78.0)
IMC	24.54 (21.7 – 29.7)	26.2 (24.8 – 29.5)
Sexo n (%)	M = 16 (84.2) H = 3 (15.8)	M = 11 (64.7) H = 6 (35.3)
Estrato		
Entre 1 y 3: n (%)	4 (11.1)	3 (17.7)
Entre 4 y 6: n (%)	15 (88.9)	14 (82.3)
Nivel educativo		
Profesional:		
N (%)	11 (73.8)	13 (64.5)
Intensidad de Dolor según la EAV		
Leve: n (%)	4 (21.0)	6 (37.0)
Moderado: n (%)	10 (52.6)	10 (58.1)
Severo: n (%)	5 (26.4)	1 (5.9)
Cirugía de rodilla:		
No: n (%)	15 (78.9)	10 (58.8)
Si: n (%)	4 (21.1)	7 (41.2)
Dolor de Espalda		
No: n (%)	14 (73.7)	11 (64.74)
Si: n (%)	5 (26.3)	6 (35.3)
Deporte		
Si: n (%)	15 (78.9)	14 (82.3)
No: n (%)	4 (21.1)	3 (17.7)
Dolor en cadera:		
No: n (%)	14 (73.7)	12 (88.2)
Si: n (%)	5 (26.3)	5 (11.8)

Abreviaturas: **EAV:** Escala análoga visual 0 – 100 mm.

Los resultados ubicados en la Tabla 3.1, hacen alusión a la evaluación del dolor según la EAV.

En ambos grupos hubo diferencias estadísticamente significativas en el número de personas por

cada nivel de intensidad de dolor en rodilla, siendo un poco mayor en el grupo WBV, con un valor $P=0.001$ y un valor del tamaño del efecto fuerte (0.78), calculado con el Cliff delta Calculator (CDC). De igual manera ocurrió con el número de personas que presentaban dolor lumbar, los cuales disminuyeron significativamente ($P=0.04$). Para las demás variables, al ser dicotómicas, no se calculó un tamaño del efecto.

Los resultados obtenidos del test de STS se muestran en la Tabla 3.2. En el grupo WBV, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la FPIzq con un valor PRE= 392N y un POST= 425N ($p=0.02$) y un Effect size 0.43. En relación a la asimetría de MMII durante el STS, hubo una disminución pero no fue estadísticamente significativas: grupo WBV: $p=0.70$ Effect size 3.32 y grupo CON: $P=0.13$, Effect size 0.27). Para las demás variables del test de STS hubo cambios pero no fueron estadísticamente significativos.

TABLA2.2: Variables tomadas con las plataformas de fuerza **Pre- Entrenamiento** distribuidas por grupo WBV+RT y RT sin vibración (CON).

Parámetro	WBV n = 19 Mediana (Q1-Q3)	CON n = 17 Mediana (Q1-Q3)
TEST DE STS		
Peso Corporal (kg)	63.8 (57.0 – 72.0)	69.0 (62.1 – 78.0)
F Pico Neta (N)	767.8 (695.6 – 867.1)	822.8 (758.8 – 759.6)
F pico Asimétrica (% D,I)	7.6 (3.5 – 14.6)	15.2 (6.7 – 17.9)
F pico derecha (N)	386.4 (338.8 – 424.4)	414.6 (373.4 – 456.2)
F pico izquierda (N)	385.2 (345.8 – 429.6)	423.4 (384.2 – 528.4)
Imp neto (Ns)	235.8 (181.0 – 283.6)	263.0 (191.1 – 315.8)
Imp (Asimetría) (%D,I)	8.1 (2.8 – 14.9)	14.3 (5.2 – 18.5)
TEST DE FUERZA ISOMETRICA		
Relative force (N/Kg)	1.04 (0.69 – 1.37)	0.93(061 – 1.39)
F Pico Vertical (N)	628 (473.0 – 826.0)	655 (496.0 – 835.0)
F pico vertical Asimetría D,I	14 (4 - 15)	10 (3,5 – 15.0)
F Vertical Pico Izq (N)	317 (286.0 - 417.0)	350 (251.0 – 410.0)
F Vertical Pico Der (N)	340 (268.0 – 450.0)	337 (224.0 – 406.0)
Imp Absoluto - 200ms (Ns)	48.6 (39.5 – 61.3)	52.7 (36.1 – 78.9)
Imp Absoluto Asimetría – 200ms	15.9 (7.4 – 24.6)	8.4 (3.2 – 21.6)
Imp Absoluto Der – 200ms	24.2 (15.0 – 30.8)	25.5 (18.8 – 38.2)
Imp Absoluto Izq – 200ms	25.3 (20.4 – 34.2)	28.4 (18.1 – 38.7)
TDF – 200 ms Ns	1280.0 (552.0 – 1800.0)	935 (712.0 – 2011.0)
TDF – 200 ms (Asimetría) D,I	12 (4 - 27)	17 (5 - 26)
TDF - 200ms Izq (N)	602 (246 - 704)	582 (386 - 1046)
TDF- 200ms Der (N)	546 (465 - 871)	771 (397 - 1059)

Abreviaturas: **IMC:** Índice de masa corporal; **F:** Fuerza; **Impu:** Impulso. **Izq:** Izquierda. **Der:** Derecha. **TDF:** Tasa de desarrollo de la fuerza. **Valor p** ≤ 0.05 con IC = 95%. Determinado a través de la prueba U – Mann- Whitney.

Los resultados obtenidos del test de fuerza isométrica se muestran en la Tabla 3.3. Hubo diferencias estadísticamente significativas en el grupo CON, entre ellas las más importantes fueron la FPV ($p=0.00$ y Effect size 0.34); Impu. Absoluto Asimétrico -200 ms ($p=0.02$ y Effect size 0.42) y en la TDF-200 ms ($p=0.05$ y Effect size 0.34). En la TDF-200ms. ($P=0.05$); en la

TDF izq -200ms. ($P=0.00$) y el Impu. Absoluto asimétrico 200ms ($P=0.02$). En el grupo WBV hubo cambios pero no fueron estadísticamente significativos. La asimetría tuvo un leve cambio pasando de 14 a 11 grupo WBV y de 10 a 13 grupo CON pero no fueron estadísticamente significativos. En la figura 2 se observa una diferencia estadísticamente significativas en el grupo CON, así como un Effect size fuerte para las variables como F relativa ($P=0.04$); FPV Der ($P=0.01$); FPV Izq ($P=0.04$);

TABLA3.1 Resultados del análisis de dolor según la EAV. **PRE vs POST** entrenamiento distribuidas por grupo WBV+RT y RT sin vibración (CON).

Variable	WBV n = 19 Mediana				CONTROL n = 17 Mediana			
	PRE	POST	Valor P	Effect Size	PRE	POST	VALOR P	Effect Size
Peso (kg)	63.8	66	0.37	-	69.0	69.3	0.32	-
IMC (kg/m)	24.54	25.7	0.37	-	26.2	25.8	0.14	-
Intensidad del dolor según la EAV *								
Leve: n	4	14	0.00(†)	0.78	6	14	0.00(†)	0.68
Moderado: n	10	5			10	2		
Severo: n	5	0			1	1		
Dolor de Espalda *								
No: n	14	18	0.04 (†)	-	11	10	0.73	-
Si: n	5	1			6	7		
Dolor en cadera:								
No: n	14	18	0.10	-	12	11	0.25	-
Si: n	5	1			5	6		

Abreviaturas: **IMC**: Índice de masa corporal; **F**: Fuerza; **Impu**: Impulso. **Izq**: Izquierda. **Der**: Derecha. **TDF**: Tasa de desarrollo de la fuerza. **Valor p** (†) ≤ 0.05 con IC = 95%. Determinado a través de la prueba Chi- Cuadrado para las variables cualitativas y la prueba de U – Mann Whitney de muestras independientes para las variables cuantitativas. El Effect Size se clasifica en **Leve**: 0.147-0.32; **Moderado**: 0.33-0.473; **Fuerte**: ≥ 0.474 .

Figura 3. Fuerza relativa y fuerza pico vertical en el test ISO. Valores de Medianas **PRE** y **POST** en grupo CON y grupo WBV.

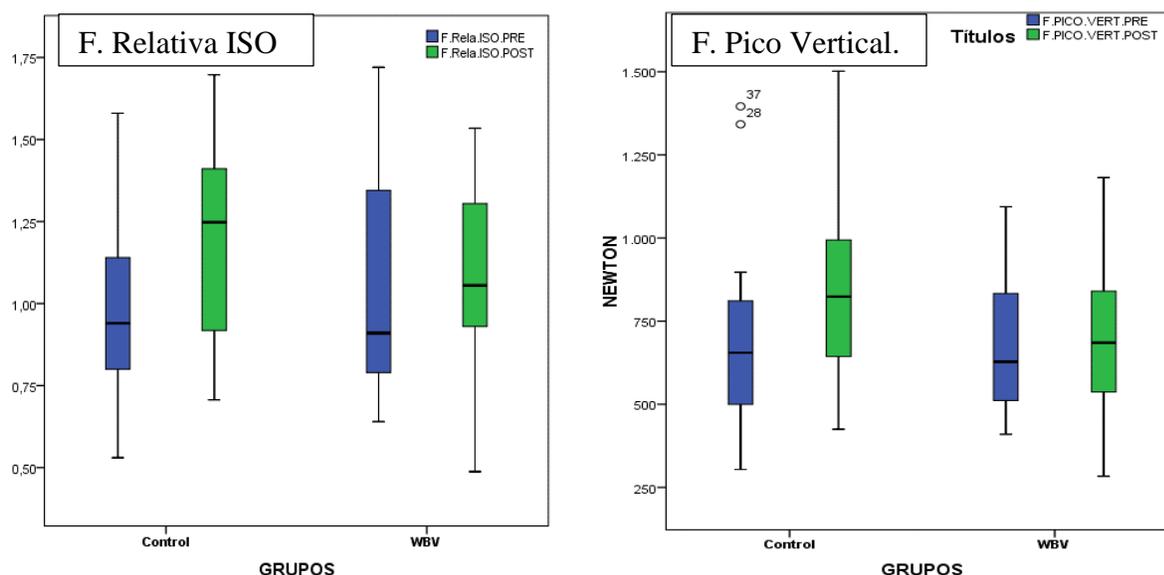


TABLA3.2 Análisis estadístico distribuido por grupos para el test **STS**. Valor P en columnas es entre grupos **CON** y **WBV**. Valor P en filas es entre **PRE** y **POST** en cada grupo. Effect size en columnas es entre grupos **CON** y **WBV**. Effect size en fila es entre **PRE** Vs **POST** en cada grupo.

Parámetro Test de STS	GRUPO	PRE	POST	ValorP	Effect Size
F. Pico Neta (N)	WBV	767.8	782.5	0.15	0.05
	CON	822.8	837.3	0.83	0.02
	ValorP	0.11	0.19		
	Effect Size	0.30	0.25		
Imp neto (Ns)	WBV	235.8	230.6		
	CON	263.0	260.2	0.74	0.02
	ValorP	0.40	0.66	0.26	0.05
	Effect Size	0.16	0.08		
Imp (Asimetría) (%D,I)	WBV	8.1	9.0	0.92	0.08
	CON	14.3	8.7	0.46	0.12
	ValorP	0.17	0.26		
	Effect Size	0.26	0.21		
Imp Izq (Ns)	WBV	121.4	113.8	0.60	0.01
	CON	134.4	124.4	0.26	0.07
	ValorP	0.17	0.34		
	Effect Size	0.26	0.18		
Imp Der. (Ns)	WBV	114.5	117.2	0.82	0.03
	CON	126.3	129.4	0.83	0.05
	ValorP	0.77	0.73		
	Effect Size	0.05	0.06		
F. pico Asimétrica (% D,I)	WBV	7.6	6.0	0.70	0.03
	CON	15.2	9.0	0.13	0.27
	ValorP	0.06	0.32		
	Effect Size	0.35	0.19		
F. pico Der (N) *	WBV	386.4	394.6	0.40	0.06
	CON	414.6	404.4	0.21	0.04
	ValorP	0.27	0.40		
	Effect Size	0.21	0.16		
F. pico Izq (N)	WBV	385.2	392.3	0.33	0.04
	CON	423.3	425.3	0.25	0.05
	ValorP	0.08	0.02 †		
	Effect Size	0.33	0.43		

El Effect Size se clasifica en **Leve**: 0.147-0.32; **Moderado**: 0.33-0.473; **Fuerte**: ≥ 0.474 . Valor p (†) ≤ 0.05 con IC = 95%. Determinado a través de la prueba U – Mann- Whitney. **Effect size fuerte** (*)

TABLA3.3 Análisis estadístico distribuido por grupos para el test **ISO**. Valor P en columnas es entre grupos **CON** y **WBV**. Valor P en filas es entre **PRE** y **POST** en cada grupo. Effect size en columnas es entre grupos **CON** y **WBV**. Effect size en fila es entre **PRE** Vs **POST** en cada grupo.

Parámetro Test de Leg Press- ISO	GRUPO	PRE	POST	ValorP	Effect Size
F. Relativa (N/Kg)	WBV	1.04	1.05	0.65	0.04
	CON	0.93	1.24	0.02 †	-0.35
	ValorP	0.07	0.31		
	Effect Size	0.39	0.19		
F. Pico Vertical (N) *	WBV	628	685.0	0.29	- 0.11
	CON	655	824.0	0.00 †	-0.34
	ValorP	0.96	0.14		

	Effect Size	0.09	0.28		
F. pico vertical Asimetría D,I	WBV	14	11	0.60	0.08
	CON	10	13	0.47	-0.22
	ValorP	0.54	0.65		
	Effect Size	0.11	0.08		
F. Vertical Pico Izq (N) *	WBV	317.0	377.0	0.25	0.05
	CON	350	409.0	0.00 †	-0.44*
	ValorP	0.80	0.12		
	Effect Size	0.04	0.30		
F. Vertical Pico Der (N)	WBV	340.0	325.0	0.82	0.04
	CON	337	413.0	0.00 †	-0.30
	ValorP	0.43	0.26		
	Effect Size	-0.15	0.21		
Imp Absoluto - 200ms (Ns)	WBV	48.6	49.0	0.96	0.08
	CON	52.7	58.1	0.52	0.05
	ValorP	0.63	0.33		
	Effect Size	0.09	0.18		
Imp Absoluto Asimetría – 200ms	WBV	15.9	17.1	0.90	0.01
	CON	8.4	19.4	0.02 †	-0.42
	ValorP	0.14	0.59		
	Effect Size	0.56*	0.10		
Imp Absoluto Der – 200ms	WBV	24.2	22.5	0.84	0.04
	CON	25.5	26.5	0.94	0.01
	ValorP	0.47	0.61		
	Effect Size	0.13	0.09		
Imp Absoluto Izq – 200ms	WBV	25.3	26.3	0.80	0.01
	CON	28.4	32.0	0.19	-0.17
	ValorP	0.81	0.18		
	Effect Size	4.64	0.25		
TDF – 200 ms Ns *	WBV	1280	1354	0.46	0.09
	CON	935	1634.0	0.05 †	-0.34
	ValorP	0.49	0.04 †		
	Effect Size	0.13	0.39		
TDF – 200 ms (Asimetría) D,I	WBV	12	12	0.55	0.01
	CON	17	19	0.36	-0.16*
	ValorP	0.76	0.14		
	Effect Size	5.88	0.28		
TDF - 200ms Izq (N) *	WBV	602	644	0.79	0.07
	CON	510	835	0.00 †	-0.39
	ValorP	0.61	0.00 †		
	Effect Size	0.09	0.56*		
TDF- 200ms Der (N)	WBV	546	679	0.42	-0.14
	CON	771	749	0.78	0.09
	ValorP	0.82	0.07		
	Effect Size	4.33	0.34		

En las filas se encuentra el análisis **PRE Vs POST** y en las columnas se muestra el análisis **CON Vs WBV**. El Effect Size se clasifica en **Leve**: 0.147-0.32; **Moderado**: 0.33-0.473; **Fuerte**: ≥ 0.474 . **Valor p** (†) ≤ 0.05 con IC = 95%. Determinado a través de la prueba U – Mann- Whitney. (**)Effect size fuerte.

DISCUSIÓN

En este estudio se compararon los efectos del WBV + RT Vs RT sin vibración sobre el desempeño neuromuscular isométrico y dinámico en pacientes con OA de rodilla. Son muy pocos los artículos en los que se han intentado abordar esta problemática. Bokaeian et al. 2015, Wang et al. 2015 son quizás, las más recientes investigaciones donde el WBV se aplica a pacientes con

OA de rodilla. Encontraron efectos a favor del grupo WBV + RT en el torque pico del cuádriceps y explica que los isquiotibiales no mejoran la fuerza significativamente, debido al grado de acortamiento a la que están sometidos durante la sentadilla en la plataforma, comparados con el grado de elongación a la que se somete el cuádriceps.⁽²¹⁾ Estos resultados son contrarios a los resultados de esta investigación, sin embargo vemos que la fuerza fue evaluada de manera segmentaria y no a través de movimientos compuestos (STS e ISO). Además, las plataformas de fuerza empleadas en este estudio, permiten analizar la TDF (capacidad de generar rápidamente niveles más altos de fuerza) y analizar el papel de esta en las personas con OA de rodilla. La prevención de caídas y la estabilización de rodilla pueden requerir suficiente fuerza entregada a velocidades suficientemente rápidas, entre 0 y 200 ms⁽³⁴⁾ y los resultados de esta investigación muestran un mayor tiempo para alcanzar la fuerza máxima a mayores rendimientos de fuerza, lo que indica que si los niveles de fuerza son necesarios, pueden no generarse dentro de las limitaciones de tiempo necesarias. Esto puede ser el resultado de déficits en la función del cuádriceps o debido a una excesiva contracción muscular. El análisis de los patrones de activación muscular durante el TDF y las pruebas de marcha está actualmente en curso y se informará en un documento futuro. En los últimos años, se ha prestado mucha atención a la influencia de los cambios relacionados con la edad en el rendimiento neuromuscular sobre el riesgo de caídas en adultos mayores^(35, 36). La potencia del músculo extensor de la rodilla, que depende de la magnitud de la fuerza y la velocidad del acortamiento muscular, se relaciona con la capacidad funcional en adultos mayores y el entrenamiento con fuerza a menudo se recomienda en regímenes de ejercicio para personas mayores.^(37- 39) La osteoartritis de rodilla generalmente se desarrolla con la edad y las caídas en personas con OA de rodilla no son infrecuentes,⁽⁴⁰⁾ por lo que es plausible que la mejora de la magnitud de la fuerza que puede generarse rápidamente pueda ayudar a reducir las caídas en personas con OA de rodilla. Aunque este estudio no midió la potencia muscular, la reducción de la fuerza asociada con el pico de TDF puede estar influenciada por mecanismos similares, ya que la potencia es producto de la fuerza y la velocidad, pero se necesita más evidencia para sustentar la hipótesis.

Otros artículos encontrados reportan también aumentos significativos en relación a la fuerza de los cuádriceps y/o los isquiotibiales al comparar WBV+RT Vs RT sin vibración^(13, 20, 21, 45)

Contrario a los resultados de esta investigación, dichos ensayos fueron hechos sobre personas

sedentarias y sin OA de rodilla, lo cual cambia las condiciones fisiológicas desde la línea base. Kvorning et al, 2006. Reportan que no hubo diferencias significativas entre el grupo WBV y el grupo CON para la fuerza del cuádriceps al igual que en este estudio. ⁽⁴¹⁾ Carson et al, 2009 reportan exactamente lo mismo y a pesar de que ambos estudios fueron hechos en adultos jóvenes. Carson da una posible explicación a estos resultados en los que WBV+ RT no es diferente del RT sin vibración, y es que la vibración genera un aumento de fuerza de tipo refleja y podría reducir además el impulso descendente, la que es de tipo voluntario, que es la requerida para realizar ejercicios. ⁽²⁵⁾

Una teoría que quizás explique estos hallazgos también, es aquella en la que dice que efectos de la vibración tienen mayor impacto sobre la fuerza, en la primera hora después de someterse a la vibración. ⁽⁴²⁾ y en esta investigación, todas las evaluaciones fueron llevadas a cabo en un día distinto al cual se realizaba la última sesión.

Otra posible justificación es la baja amplitud y duración de la vibración en las primeras sesiones, comparado con otros protocolo (sin embargo, éste estudio tuvo en cuenta la presencia de dolor y demás síntomas propios de un paciente con OA de rodilla que hace difícil la generación de fuerza en sí. Además, el protocolo se planteó acorde a las guías para la prescripción de la intensidad del entrenamiento ISO 2631-1 en el cual se determinan los parámetros ideales de amplitud, frecuencia y el tiempo de exposición al WBV las cuales están basadas en los valores de aceleración. ^(22, 23, 31) Existen variables que puedan estar llevando a un error tipo II como el tamaño de la muestra y otras más bien innatas de cada participante como el grado de alineación del tren inferior, el rango de movimiento y grado de OA según los rayos X. Todo esto podría llegar a afectar el rendimiento neuromuscular.

En este estudio, ambos grupos obtuvieron una mejoría en relación al nivel inicial en fuerza en MMII medida a través de las plataformas como también se ha visto en otros estudios. El grupo WBV obtuvo un mayor efecto sobre el nivel de dolor, según la EAV no solo a nivel de rodilla, sino también en cadera y región lumbar, lo cual no solo se puede corroborar con el valor P (0.00) encontrado sino con el valor Fuerte del Effect size:0.78 (Ver tabla 3.1). Esto podría llegar a influenciar, en la funcionalidad del sujeto. Esta atenuación de la intensidad de dolor puede estar explicada por varios aspectos: a nivel sistémico, genera una mayor liberación de hormona de crecimiento, una mayor liberación de serotonina y una disminución en la producción de

cortisol.⁽³⁹⁾ A nivel circulatorio la contracción y relajación de los músculos generada por un reflejo tónico vibratorio, realizaría un efecto mecánico tipo bomba que promovería un mayor flujo de nutrientes a los tejidos como también, la recolección de residuos al sistema linfático. Además, la vibración promueve la liberación miofascial y una sensación similar al masaje tradicional. Desde las nuevas teorías de dolor, en la cual se habla de una plasticidad adaptada a nivel cerebral generada por una continua percepción y miedo de lesión o de nueva lesión que lleven a realizar patrones de movimiento aberrantes y estos a su vez generen espasmos. Realizar un fortalecimiento de las cadenas musculares adyacentes a la rodilla, generaría mayor seguridad y un estado de confort en la cual se estaría haciendo un corto circuito de esa neuromatriz creada por el dolor crónico a nivel del sistema nervioso central.^(40,41)

La asimetría en miembros inferiores no tuvo cambios significativos en ninguno de los grupos durante la ejecución de los test de STS. Esto puede deberse quizás a que en esta investigación no se tuvo en cuenta la direccionalidad de la asimetría dada por las plataformas sino el valor neto, como tampoco el análisis por hemicuerpo dominante. Sin embargo, próximamente se publicara en otra investigación dichos análisis.

CONCLUSIONES

En conclusión, 12 semanas de entrenamiento por aceleración puede ser útil para mantener la fuerza en población adulta con OA de rodilla pero parece no tener efectos en el aumento de la fuerza en MMII en esta misma población. Sin embargo, el uso del entrenamiento por aceleración en las primeras sesiones de tratamiento, podría disminuir el dolor a nivel de rodilla como a nivel lumbar manteniendo o mejorando la funcionalidad del paciente. Este tipo de entrenamiento, tiende a disminuir asimetría de fuerza en MMII en actividades de la vida diaria como el STS, o en actividades donde se requiera fuerza explosiva. Futuros estudios podrían estar orientados al trabajo de estos pacientes quizás con un número mayor de ejercicios sobre la plataforma manteniendo los parámetros de amplitud y duración en 4mm y 60 segundos durante todo el plan de entrenamiento y así, quizás observar mejores resultados. No hubo ningún retiro del estudio debido a algún efecto adverso por parte del WBV en ninguno de los grupos lo cual lo convierte en un entrenamiento seguro dentro del tratamiento general no farmacológico en estos pacientes..

LIMITACIONES

El número de publicaciones en las que se analizan el entrenamiento por aceleración sumado a un entrenamiento de resistencia en pacientes con OA de rodilla es bastante bajo. Esto dificulta hechos como definir a ciencia cierta no solo los parámetros de vibración más efectivos sino también, el emitir conclusiones acertadas para el tratamiento de estos pacientes. El número total de los participantes que terminaron el estudio, se vio afectado por la temporada de vacaciones de mitad de año, en la cual muchos de los pacientes, viajaron fuera de la ciudad. Las demás razones de retiro, anteriormente mencionadas, se cruzaron con el criterio de exclusión en el que se aclara la interrupción por más de 2 semanas consecutivas el entrenamiento por aceleración.

En futuras investigaciones se recomienda tener en cuenta el grado de OA de rodilla en la que se encuentren los participantes, ayudado por imágenes diagnósticas, de acuerdo a la Asociación Americana de Reumatología (ACR), para disminuir posibles sesgos. Así mismo se recomienda la medición de otras variables como la satisfacción del usuario PRE y POST entrenamiento.

A futuro se recomienda incluir un análisis de la composición corporal tras realizar el entrenamiento por aceleración el cual, no fue tenido en cuenta por se hizo mayor énfasis en el desempeño neuromuscular. El uso de otro tipo de escalas de medición del dolor mucho más específicas no solo para patologías osteomusculares, sino también, aquellas que involucren varios componentes acordes a las teorías modernas del dolor y la neurociencia.

APLICACIONES PRÁCTICAS

El mayor aporte de este estudio al campo del conocimiento es que no solo se demuestra las ventajas de las plataformas en términos económicos y prácticos, sino también la rapidez y la portabilidad para la evaluación de fuerza en MMII durante actividades funcionales dinámicas e isométricas. Evaluar varios grupos musculares permite al médico o terapeuta tratante ver cómo están las cadenas musculares actuando y no solo como están los segmentos corporales. Las plataformas de fuerza uniaxiales pueden llegar a servir como método de evaluación diagnóstica o de seguimiento de la fuerza, de potencia, como también de la toma de peso asimétrica de MMII, tras un programa de entrenamiento, una intervención quirúrgica, una lesión deportiva, un proceso crónico degenerativo osteomuscular, etc. Su nivel de reproducibilidad y validez, su portabilidad, su accesibilidad y su uso económico las hacen estar por encima de muchos otros métodos diagnósticos. El entrenamiento de la fuerza vertical pico en pacientes con OA de rodilla, muchas veces se ve limitado por la presencia de dolor articular que suele aumentar al someter la persona a cargas externas. Este

entrenamiento, de tipo autocarga tiene menor duración, e igual de eficacia para mantener la fuerza muscular en MMII.

REFERENCIAS

1. Kam Z, Jmd D, Ns A, Rc D. Nível de atividade física, dor e edema e suas relações com a disfunção muscular do joelho de idosos com osteoartrite / Physical activity levels, pain and swelling and their relationships with knee muscle dysfunction in elderly people with osteoarthritis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2006(3):279.
2. Masters B. *Harrisons's Principles of Internal Medicine*, 18th Edition, two volumes and DVD. Eds: Dan L. Longo, Anthony S. Fauci, Dennis L. Kasper, Stephen L. Hauser, J. Larry Jameson and Joseph Loscalzo, ISBN-13: 9780071748896 McGraw Hill. *Graefe's Archive of Clinical & Experimental Ophthalmology*. 2012;250(9):1407-8.
3. Spector TD, Hart DJ, Doyle DV. Incidence and progression of osteoarthritis in women with unilateral knee disease in the general population: the effect of obesity. *Ann Rheum Dis*. 1994;53(9):565-8.
4. Lopes PB, Pereira G, Lodovico A, Bento PCB, Rodacki ALF. Strength and power training effects on lower limb force, functional capacity, and static and dynamic balance in older female adults. *Rejuvenation research*. 2016;19(5):385-93.
5. Schroer WC, Diesfeld PJ, LeMarr AR, Morton DJ, Reedy ME. Functional Outcomes After Total Knee Arthroplasty Correlate With Spine Disability. *J Arthroplasty*. 2016;31(9 Suppl):106-9.
6. Burnett DR, Campbell-Kyureghyan NH, Topp RV, Quesada PM, Cerrito PB. A retrospective study of the relationship between back pain and unilateral knee osteoarthritis in candidates for total knee arthroplasty. *Orthop Nurs*. 2012;31(6):336-43.
7. Suri P, Morgenroth DC, Kwok CK, Bean JF, Kalichman L, Hunter DJ. Low back pain and other musculoskeletal pain comorbidities in individuals with symptomatic osteoarthritis of the knee: data from the osteoarthritis initiative. *Arthritis Care Res*. 2010;62(12):1715-23.
8. Wolfe F, Hawley DJ, Peloso PM, Wilson K, Anderson J. Back pain in osteoarthritis of the knee. *Arthritis Care Res*. 1996;9(5):376-83.
9. Kneiss JA, Hilton TN, Tome J, Houck JR. Weight-bearing asymmetry in individuals post-hip fracture during the sit to stand task. *Clin Biomech*. 2015;30 (1):14-21.
10. Segal NA, Glass NA, Felson DT, et al. Effect of Quadriceps Strength and Proprioception on Risk for Knee Osteoarthritis. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(11):2081-8.
11. Marsh AP, Miller ME, Rejeski WJ, Hutton SL, Kritchevsky SB. Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. *J Aging Phys Act*. 2009;17 (4):416-43.
12. Buckinx F, Beudart C, Maquet D, et al. Evaluation of the impact of 6-month training by whole body vibration on the risk of falls among nursing home residents, observed over a 12-month period: a single blind, randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Re*. 2014;26(4):369.

13. Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(6):901-8.
14. Roos PE, Button K, Van Deursen RWM. Motor control strategies during double leg squat following anterior cruciate ligament rupture and reconstruction: An observational study. *J Neuroeng Rehabil.* 2014;11(1).
15. Bosco C, Tsarpela O, Tihanyi J, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol Funct Imaging.* 1999;19(2):183-7.
16. Esmaeilzadeh S, Akpınar M, Polat S, Yildiz A, Oral A. The effects of two different frequencies of whole-body vibration on knee extensors strength in healthy young volunteers: a randomized trial. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2015;15(4):333-40.
17. Giorgos P, Elias Z. Effects of Whole-body Vibration Training on Sprint Running Kinematics and Explosive Strength Performance. *J Sports Sci Med.* 2007;6(1):44-9.
18. Dallas G, Paradisis G, Kirialanis P, Mellos V, Argitaki P, Smirniotou A. The acute effects of different training loads of whole body vibration on flexibility and explosive strength of lower limbs in divers. *Biol Sport.* 2015;32(3):235-41.
19. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(6):1033-41.
20. Tsuji T, Yoon J, Aiba T, Kanamori A, Okura T, Tanaka K. Effects of whole-body vibration exercise on muscular strength and power, functional mobility and self-reported knee function in middle-aged and older Japanese women with knee pain. *Knee.* 2014;21(6):1088-95.
21. Osawa Y, Oguma Y. Effects of Whole-Body Vibration on Resistance Training for Untrained Adults. *J Sports Sci Med.* 2011;10(2):328-37.
22. Griffin M. Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. *Occup Environ Med.* 2004;61(5):387-97.
23. Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H. Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *Knee.* 2009;16(4):256-61.
24. Walsh MS, Ford KR, Bangen KJ, Myer GD, Hewett TE. The validation of a portable force plate for measuring force-time data during jumping and landing tasks. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2006;20(4):730-4.
25. Boonstra MC, Schwering PJ, De Waal Malefijt MC, Verdonschot N. Sit-to-stand movement as a performance-based measure for patients with total knee arthroplasty. *Phys Ther.* 2010;90(2):149-56.
26. Kelsey y otros, Métodos en Epidemiología Observacional 2da Edición, Tabla 12-15.
27. Fleiss, Métodos Estadísticos para Relaciones y Proporciones, fórmulas 3.18&, 3.19.
28. Guillermo M, Eugenia R, RubÉN Daniel L. Cliff's Delta Calculator: A non-parametric effect size program for two groups of observations. *Universitas Psychologica.* 2011(2):545.

29. Denis C. Computing the power of a t test. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, Vol 3, Iss 2, Pp 60-62 (2007). 2007(2):60.
30. Peter A. Lachenbruch a. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Jacob Cohen. American Statistical Association; 1989. p. 1096.
31. Avelar NCP, Simão AP, Tossige-Gomes R, et al. The effect of adding whole-body vibration to squat training on the functional performance and self-report of disease status in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized, controlled clinical study. *J Altern Complement Med*. 2011;17 (12):1149-55.
32. De Ruyter CJ, van Raak SM, Schilperoort JV, Hollander AP, de Haan A. The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *European. J Appl Physiol*. 2003;90(5-6):595-600.
33. Osawa Y, Oguma Y, Ishii N. The effects of whole-body vibration on muscle strength and power: a meta-analysis. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2013;13(3):380-90.
34. Bokaeian HR, Bakhtiary AH, Mirmohammadkhani M, Moghimi J. The effect of adding whole body vibration training to strengthening training in the treatment of knee osteoarthritis: A randomized clinical trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2016;20(2):334-40.
35. Beaudart C, Buckinx F, Reginster JY, et al. Effects of 3 months of short sessions of controlled whole body vibrations on the risk of falls among nursing home residents. *BMC Geriatr*. 2013;13(1).
36. Santin-Medeiros F, Rey-Lopez JP, Santos-Lozano A, Cristi-Montero CS, Vallejo NG. Effects of eight months of whole-body vibration training on the muscle mass and functional capacity of elderly women. *J Strength Cond Res*. 2015;29(7):1863-9.
37. Felson DT, Zhang Y. An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention. *Arthritis Rheum*. 1998;41(8):1343-55.
38. Carson RG, Popple AE, Verschueren SMP, Riek S. Superimposed vibration confers no additional benefit compared with resistance training alone. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(6):827-33
39. Cardinale M, Leiper J, Erskine J, Milroy M, Bell S. The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study. *Clinical physiology and functional imaging*. 2006;26(6):380-4.
40. Pinto Concha S, Araya Quintanilla F, Gutiérrez Espinoza H. Consideraciones y reconceptualización de teorías del dolor crónico asociado a disfunciones músculo esqueléticas y su implicancia en la plasticidad y reorganización cerebral: una revisión de la literatura. 2017;18(5):64-74.
41. Alentorn-Geli E, Padilla J, Moras G, Haro CL, Fernández-Sol J. Six Weeks of Whole-Body Vibration Exercise Improves Pain and Fatigue in Women with Fibromyalgia. *Journal of Alternative & Complementary Medicine*. 2008;14(8):975-81.
42. Jarvinen T. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clinical physiology and functional imaging*. 2002;22(2):145-52.

43. Wang P, Yang X, Yang Y, Yang L, Zhou Y, Liu C, et al. Effects of whole body vibration on pain, stiffness and physical functions in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2015;29(10):939-51.
44. Wang P, Yang L, Liu C, Wei X, Yang X, Zhou Y, et al. Effects of Whole Body Vibration Exercise associated with Quadriceps Resistance Exercise on functioning and quality of life in patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2016;30(11):1074-87.
45. Tseng SY, Lai CL, Chang KL, Hsu PS, Lee MC, Wang CH. Influence of Whole-Body Vibration Training Without Visual Feedback on Balance and Lower-Extremity Muscle Strength of the Elderly: A Randomized Controlled Trial.

Anexo 1:

<p>Ejercicio #1</p> 	<p>Ejercicio #2</p> 
<p>Las rodillas deben estar a 90°, las manos al frente y el peso debe caer sobre los talones principal</p>	<p>Un pie adelante totalmente apoyado y otro atrás en punta de pie, las manos al frente y haciendo énfasis, principalmente en el talón.</p>