



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD  
LEÓN**

**TEMA: VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO PARA  
EL INCREMENTO DE FUERZA DEL ADULTO  
MAYOR. REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**MODALIDAD DE TITULACIÓN:  
DIPLOMADO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN FISIOTERAPIA**

**P R E S E N T A:**

**CRISTABEL GONZALEZ ORTIZ**

**TUTOR:**

**MTRA. ADRIANA DEL CARMEN ECHEVARRÍA GONZÁLEZ**

**León, Guanajuato**

**2022**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIAS

A Dios, que me permitió vivir para elegir el camino de ayuda a los demás estudiando esta noble carrera que es la fisioterapia.

A mi esposo Daniel por su amor desbordado diariamente, el mejor compañero y apoyo.

A mi mamá Generosa, mi papá Tomás, mi hermano Miguel, mi hermanita Mariana. Mi hermosa familia que siempre fue el motor y donde pongo todos mis esfuerzos para verlos contentos.

A Raque y Flor que me alentaron cada segundo y me enseñaron el valor de la amistad tan fuerte; así como a mi amiga Dulce por su gran apoyo durante tantos años.

A mis compañeros y amigos del Hospital General de Querétaro; especialmente a Tita, Noly, Pau, Gemita, Karlis, Tere, Marce, Chelita, Ame y especialmente para la Sra Olga que nos ve desde el cielo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco y me enorgullece pertenecer a la Universidad Nacional Autónoma de México y la Escuela Nacional de estudios Superiores Unidad León por la oportunidad de abrir sus puertas al conocimiento, impulsar, apoyar el emprendimiento y la calidad humana.

A todos mis maestros, profesores, por todos sus conocimientos transmitidos su apoyo y paciencia en el arduo trabajo de enseñar; al personal administrativo y directivo por facilitar nuestro paso cada semestre.

A la profesora la Mtra. Adriana por su dedicación y apoyo a este trabajo.

Al Hospital General de Querétaro, en el área de enseñanza y capacitación; a la jefa de laboratorio QBP. Laura Cárdenas por el apoyo en mi trabajo para poder asistir en las clases presenciales y la realización de mi servicio social en el área de fisioterapia del mismo hospital.

## RESUMEN

**ANTECEDENTES:** El uso de equipos de vibración se ha ido expandiendo en la última década; derivado de su aplicación como una forma de entrenamiento físico; se estudió desde la época de la antigua Grecia. Por 1960, Rusia utilizó lo que llamaron estimulación neuromuscular rítmica llevando al descubrimiento de la vibración de todo el cuerpo (VCC) <sup>42,43,44</sup>

**OBJETIVOS:** Conocer los efectos de VCC sobre el incremento de fuerza muscular. Describir funcionamiento y características de VCC, reportar resultados de fuerza muscular y parámetros utilizados en la población adulta mayor.

**FUENTE DE DATOS:** Buscadores electrónicos Pubmed, ScienceDirect, Scopus , Biblioteca Cochrane.

**CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD:** Publicaciones de ensayos clínicos español o inglés. Desde 2014-2021. Palabras clave: Adulto mayor, VCC, entrenamiento fuerza muscular, efecto/fisioterapia.

**PARTICIPANTES:** Población adulta mayor de 60 años; sometida a VCC.

**EVALUACIÓN:** Evaluación de calidad metodológica PeDro.

**RESULTADOS:** Once artículos elegidos. Las publicaciones avalaron un aumento en fuerza muscular y/o fuerza funcional. Los resultados significativos se basaron en los siguientes parámetros: tipo de plataforma, frecuencia, amplitud, y tiempo: VCC vibración vertical, frecuencia: 16-40 Hz, amplitud: 2-4 mm y tiempo de entrenamiento no menor a cuatro semanas.

**LIMITACIONES:** Disponibilidad de publicaciones, variabilidad de protocolos de entrenamiento.

**CONCLUSIONES:** Los resultados sugieren que el entrenamiento con VCC aumenta la fuerza muscular en el adulto mayor. El protocolo de entrenamiento se basa en las cualidades físico/biológicas de la vibración y su correcta aplicación, objetivos y parámetros. Se consideran necesarias investigaciones futuras que refuercen estas evidencias.

**PALABRAS CLAVE:** Adulto mayor, VCC, entrenamiento fuerza muscular, efecto/fisioterapia.

## SUMMARY

**BACKGROUND:** The use of vibration equipment has been expanding in the last decade; derived from its application as a form of physical training; it has been studied since the time of ancient Greece. By 1960, Russia used what they called rhythmic neuromuscular stimulation leading to the discovery of whole body vibration (WBV) <sup>42,43,44</sup>

**OBJECTIVES:** Know the effects of WBV on the increase in muscle strength; describe WBV functioning and characteristics, report muscle strength results and parameters used in the elderly population.

**DATA SOURCE:** Electronic search engines Pubmed, ScienceDirect, Scopus, Cochrane Library.

**ELIGIBILITY CRITERIA:** Spanish or English clinical trial publications. Period 2014-2021. Keywords: Elderly, WBV, muscle strength training, effect/physiotherapy.

**PARTICIPANTS:** Adult population over 60 years; subjected to WBV

**EVALUATION:** Methodological quality evaluation PeDro.

**RESULTS:** Eleven articles chosen. All publications supported an increase in muscular strength and/or functional strength. The significant results were based on the following parameters: type of platform, frequency, amplitude, and time: WBV vertical vibration platform, frequency 16-40 Hz, amplitude 2-4 mm and training time of not less than 4 weeks.

**LIMITATIONS:** Availability of publications, variability of training protocols.

**CONCLUSIONS:** The results suggest that WBV training increases muscle strength in the elderly. The training protocol is based on the physical/biological qualities of vibration and its correct application, objectives and parameters. Future research is considered necessary to reinforce this evidence.

**KEY WORDS:** Older adults, WBV, muscle strength training, effect/physiotherapy.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	12
1. Generalidades de la vibroterapia.....	12
1.1 Mecánica de la vibración y concepto de onda .....	12
1.2 Modalidades de la vibroterapia .....	15
2. Vibración de Cuerpo Completo (VCC).....	15
2.1 Generalidades de la VCC .....	15
2.2 Características de la plataforma vibratoria.....	16
2.3 Efectos vibración de cuerpo completo .....	18
3. Aplicaciones de VCC en el adulto mayor .....	20
3.1 Bioquímica y respuesta fisiológica del ejercicio por vibración .....	20
4. Cambios a nivel musculoesquelético durante el envejecimiento .....	33
4.1 Implicaciones funcionales .....	36
5. Generalidades del entrenamiento muscular en el adulto mayor .....	39
5.1 Modalidades convencionales del entrenamiento .....	39
5.2 Entrenamiento mediante VCC.....	43
5.2.1 Consideraciones generales .....	43
5.2.2 Principios fundamentales .....	44
5.3 Pautas de la terapia con VCC.....	46
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	53
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	55
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	56
<b>OBJETIVOS</b> .....	56
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	56
<b>METODOLOGÍA</b> .....	56
CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD.....	56
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	57
BÚSQUEDA.....	57
EXTRACCIÓN DE DATOS.....	58
SELECCIÓN DE ESTUDIOS.....	58
LISTA DE DATOS.....	59
CALIDAD METODOLÓGICA.....	61
<b>RESULTADOS</b> .....	62
SELECCIÓN DE ESTUDIOS.....	63

DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA.....	63
RESULTADOS DE ESTUDIOS INDIVIDUALES.....	64
SÍNTESIS DE RESULTADOS.....	69
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA.....	72
<b>DISCUSIÓN</b> .....	73
LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	76
<b>CONCLUSIONES</b> .....	77
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	78
<b>ANEXOS</b> .....	82



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características de las ondas.....	13
Figura 2. Interferencia de oscilaciones.....	14
Figura 3. Modalidades de la vibroterapia.....	15
Figura 4. Clasificación de las plataformas vibratorias .....	17
Figura 5. Esquematación del cuerpo humano como un péndulo invertido .....	21
Figura 6 Regulación de la rigidez durante la vibración. ....	22
Figura 7. Esquematación del control del movimiento utilizando la ley de Hooke y la oscilación de masa de resorte.....	23
Figura 8. Transmisión de vibraciones .....	24
Figura 9. Estructura microcelular en el modelo de la tensegridad (sarcolema).....	25
Figura 10. Diferentes tipos de mecanorreceptores.....	26
Figura 11. Huso muscular.....	29
Figura 12. Estructura y vías neuromusculares que contribuyen a las respuestas neuromusculares del ejercicio vibratorio.....	31
Figura 13. Efecto de la vibración sobre la motoneurona espinal.....	32
Figura 14. Proceso de pérdida muscular en el adulto mayor .....	34
Figura 15. Presentación clínica de la fragilidad.....	38
Figura 16. Algoritmo para diseño de ejercicios con VCC específicos.....	44
Figura 17. Posición de partida fundamental .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de oscilación de los dispositivos de terapia y entrenamiento con vibraciones .....	17
Tabla 2. Factores relacionados con la sarcopenia.....	35
Tabla 3. Ejemplificación de pautas de habituación y calentamiento con VCC. ....	46
Tabla 4. Pautas de observaciones antes y durante la terapia con VCC.....	48
Tabla 5. Ejemplo de entrenamiento muscular con VCC. ....	49
Tabla 6. Términos Mesh de las variables.....	57
Tabla 7. Estrategia de búsqueda para Pubmed .....	57
Tabla 8. Estrategia de búsqueda para Scopus.....	57
Tabla 9. Estrategia de búsqueda para Sciencedirect.....	58
Tabla 10. Estrategia de búsqueda Biblioteca Cochrane.....	58
Tabla 11. Intervenciones para VCC .....	64
Tabla 12. Evaluación calidad metodológica .....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Escala de PeDro .....	82
--------------------------------	----

## INTRODUCCIÓN

Los principales cambios fisiológicos del envejecimiento incluyen cambios hormonales, pérdida neuronal, disminución de masa muscular, trastornos de memoria y motores, asociados a una disminución progresiva de fuerza, sarcopenia, fragilidad y dependencia física. Por esta razón se hace énfasis en la importancia de mejorar la función muscular en el adulto mayor; esto implicará el entrenamiento de fuerza. Las intervenciones de ejercicio representan un enfoque clave para prevenir y tratar la debilidad muscular y mejorar la función física en personas mayores. En la última década se ha investigado el entrenamiento con vibraciones de cuerpo completo y está surgiendo como una forma alternativa para mejorar la función neuromuscular.

La presente revisión sistemática tiene como objetivo conocer los efectos de la vibración de cuerpo completo sobre el incremento de fuerza durante el entrenamiento muscular del adulto mayor. Conociendo la naturaleza física y biológica de la vibración es posible aprovechar sus efectos positivos en el cuerpo humano. La plataforma de vibración de cuerpo completo (VCC) transmite oscilaciones provocando activación muscular, propiamente en el huso muscular, a su vez se activan las motoneuronas alfa dando como resultado una contracción muscular refleja <sup>1,15</sup>. Los efectos descritos incluyen: fuerza y tonificación muscular, mejora de la densidad ósea, aumento de la secreción de hormonas asociadas con el ejercicio <sup>1,2</sup>

En este trabajo se presentan 11 publicaciones científicas que destacan el aumento de fuerza muscular asociada al entrenamiento con VCC, fueron resultado de la búsqueda comprendida entre el año 2014 al 2021; desde los buscadores de información científica: Pudmed, la biblioteca Cochrane, Scienccidirect y Scopus.

Actualmente las plataformas de vibración generan vibraciones mecánicas oscilatorias y sinusoidales con frecuencias controladas, permiten el entrenamiento muscular de la persona que se encuentra en contacto con la base de la plataforma. Existen varias marcas y tipos de máquinas de vibración de cuerpo entero disponibles; varían en calidad, especificaciones de diseño y materiales de fabricación. En la VCC la intensidad y la dirección de estas vibraciones son fundamentales para su efecto, así como fijar los objetivos particulares de entrenamiento.<sup>9</sup>

La vibroterapia está siendo considerada como una alternativa segura, versátil y factible de aplicar en el adulto mayor por sus beneficios en la estimulación neuromuscular, efectos metabólicos, endócrinos y cardiovasculares. Se comienza a usar entre los deportistas y también se ha iniciado la posibilidad de utilizarla como una intervención fisioterapéutica en situaciones más adversas como son las desencadenadas por el envejecimiento: los cambios en la función muscular, aumento de la fragilidad, riesgo de caídas, fracturas, inmovilidad, pérdida del equilibrio; que tienen como consecuencia disminución de las actividades comunes de la vida diaria y provocan dependencia física. <sup>1</sup>

# MARCO TEÓRICO

## 1. Generalidades de la vibroterapia

La vibración es un estímulo mecánico caracterizado por un movimiento oscilatorio y determinado por las variables de frecuencia, amplitud y magnitud de las oscilaciones. Los efectos de la vibroterapia son dependientes de estos parámetros y consiste en la aplicación de vibraciones mecánicas de baja frecuencia. <sup>1</sup>

### 1.1 Mecánica de la vibración y concepto de onda

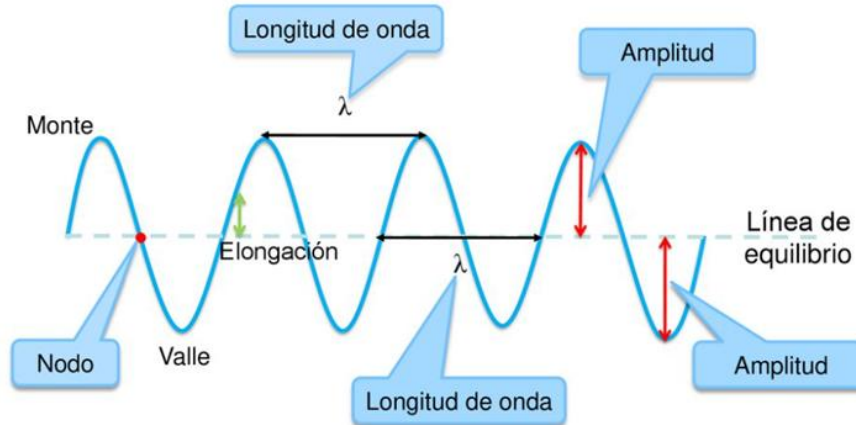
Una onda se define como un movimiento periódico, que normalmente se puede describir mediante una función sinusoidal.<sup>2</sup> Se propagan: transversalmente; durante el paso de la deformación de la onda, los diferentes puntos del entorno se mueven perpendiculares a la dirección de propagación y longitudinalmente; durante el paso de la deformación de la onda, los diferentes puntos del entorno se mueven en la dirección de propagación y la deformación es una señal longitudinal. <sup>1</sup>

La longitud ( $\lambda$ ): Representa la periodicidad espacial de las oscilaciones, es decir, la distancia entre dos oscilaciones máximas, para La longitud de onda también es la distancia recorrida por la onda durante un período de oscilación. Por tanto, es inversamente proporcional a la frecuencia (F). La longitud de onda también depende de la velocidad a la que la onda se propaga en el medio ambiente. Por lo tanto, cuando una onda pasa de un entorno a otro cambiando la velocidad, su longitud de onda cambiará, pero la frecuencia sigue siendo la misma. <sup>4,2,1</sup>

Todas esto se describe mediante la siguiente relación:  $\lambda = v * T = v / f$ , donde v corresponde a la velocidad de la onda, T al período de oscilación y F a su frecuencia. <sup>4</sup>

Las ondas se pueden describir con tres conceptos<sup>2</sup>: frecuencia, amplitud y fase. (Fig.1)

- Frecuencia: ciclos ocurren por unidad de tiempo.
- Amplitud: describe que tan grande es el movimiento de cada ciclo.
- Fase: medida de la diferencia de tiempo entre dos ondas senoidales.



**Figura 1.** Características de las ondas. Fuente: <https://slideplayer.es/slide/17473157>

Cuando vibran partes de nuestro cuerpo, las deformaciones del tejido tienden a extenderse a través de *ondas*. Las vibraciones son oscilaciones mecánicas, estrechamente ligadas al concepto de onda; comprender la física de la vibración permite trabajar los ejercicios y la terapia. <sup>2</sup>

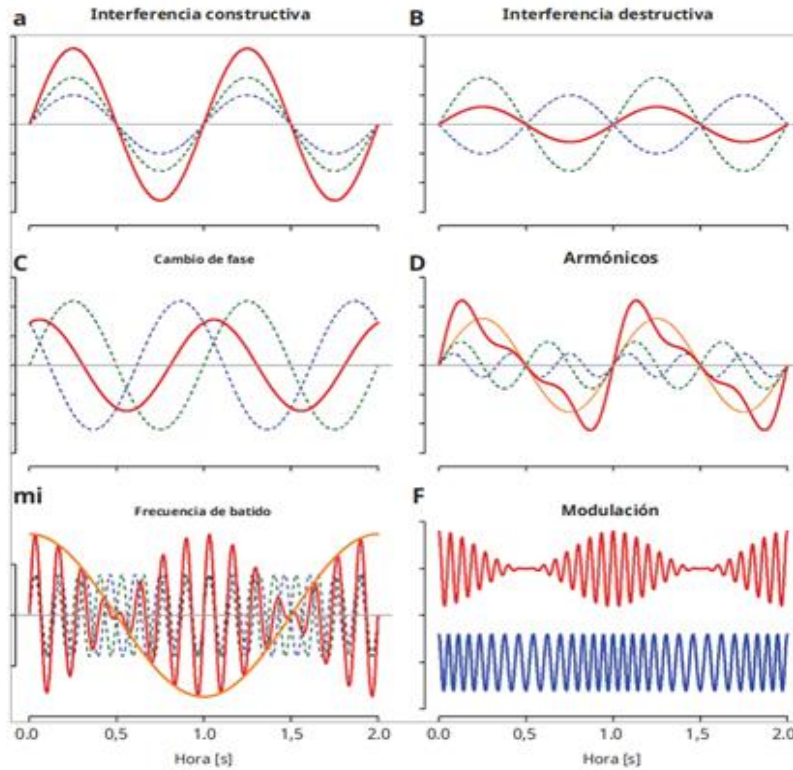
Dentro de cualquier estructura mecánica compleja, existirán elementos que se comporten como un péndulo. Por lo tanto, las partes comenzarán a oscilar cuando se les transfiera energía. Cuando la eficiencia en la transmisión de energía entre osciladores es máxima se dice que ambos entran en *resonancia*. <sup>4</sup>

### **Resonancia y amortiguación**

La superposición de dos osciladores se llama *interferencia*. Cuando dos oscilaciones tienen la misma frecuencia y fase, sus amplitudes se sumarán dando lugar a la *interferencia constructiva*, y el efecto constructivo es mayor cuando ambas oscilaciones están completamente en fase. Cuando se desfasan, puede surgir un fenómeno opuesto: *la interferencia destructiva*. <sup>1,2,4</sup> (Fig. 2.) Si ambas oscilaciones tienen idéntica frecuencia, los máximos de una oscilación coinciden con los mínimos de otra son antifásicos y, por lo tanto, se destruyen entre sí. Cuando ambas oscilaciones tienen amplitudes idénticas, pueden incluso cancelarse entre sí por completo, que es la base física de la cancelación activa de ruido. <sup>4</sup>

Por tanto si existe el actuador oscilante (por ejemplo, la plataforma de vibración) o resonador; y si la frecuencia del actuador coincide con la frecuencia propia del resonador, en consecuencia están en fase, esto puede conducir a una acumulación de energía; fenómeno se conoce como *catástrofe de resonancia*. Para evitar este evento el actuador debe marchar fuera de fase con respecto al resonador. <sup>1,2</sup>

Los amortiguadores son una alternativa para reducir o aumentar la frecuencia del resonador. La amortiguación tiene dos efectos: extrae cierta cantidad de energía del resonador y reduce la frecuencia propia del mismo. El amortiguador principal en el ejercicio corporal con vibración son los músculos.<sup>1,2</sup>



**Figura 2.** Interferencia de oscilaciones. Fuente: Rittweger J. Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy. Springer International Publishig; Suiza; 2020.

***Concepto evolutivo y biológico de la vibración.***

Las vibraciones son una parte esencial de la naturaleza, los sistemas sensoriales que responden a las vibraciones son los principales impulsores de la evolución, son determinantes de la adaptación cerebral a lo largo de las generaciones; además de poder detectarla, los humanos también producen vibraciones de diversas formas, en especial las vibraciones mecánicas no naturales. La detección de vibraciones se utiliza para varias funciones, la capacidad humana para detectar y utilizar vibraciones se remonta a nuestros primeros antepasados mamíferos. Los humanos somos sensibles a las vibraciones y podría emplearse aún más para servirnos, en particular, en el campo de vibración de todo el cuerpo.<sup>1,2,15</sup>

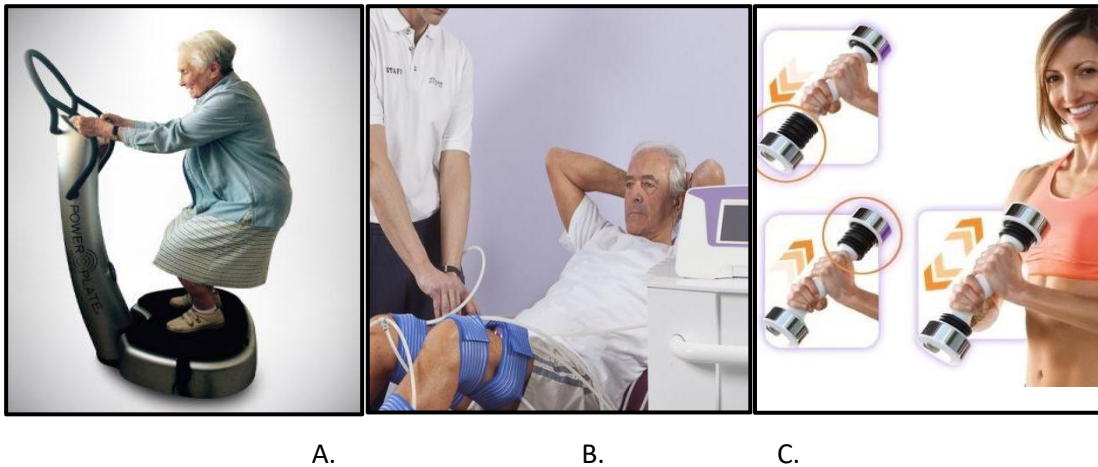
## 1.2 Modalidades de la vibroterapia

La *Vibración de cuerpo completo (VCC)*, es la modalidad en la cual las vibraciones mecánicas se transmiten de los pies al resto del cuerpo mediante una plataforma vibratoria. <sup>1</sup>

En segundo lugar, la aplicación directa sobre el cuerpo muscular o el tendón a través de una unidad de vibración o sistema puntual llamada *vibroterapia focal (VF)* <sup>6,2,12</sup>

La vibración también puede pasar a través de las manos mientras se sujeta una polea vibratoria, una mancuerna o una barra vibratoria, diseñados para la estimulación de la extremidad superior y que se denomina *vibración segmentaria o vibración superior del cuerpo (VSC)*. Algunos autores refieren la vibroterapia focal y segmentaria engloban una sola modalidad ya que la vibración, a diferencia de la VCC, es dirigida a una unidad o grupo muscular.

<sup>1,6</sup> ( Fig. 3)



**Figura 3.** Modalidades de la vibroterapia. A. Vibración de cuerpo completo, B. Vibroterapia focal, C. Vibroterapia segmentaria.

Fuentes:<https://www.drmarcial.com/educacionysaludvibroterapia/>,[www.terapiavibra.com](http://www.terapiavibra.com),<https://www.iberiansportech.com/productcategory/recuperacion/vibracion/>

## 2. Vibración de cuerpo completo (VCC)

### 2.1 Generalidades de VCC

El antecedente histórico precedente a las plataformas de VCC, mencionan a las investigaciones rusas que datan del siglo



pasado; se observó que astronautas en una misión especial tenían una disminución en la masa muscular y ósea debido a la gravedad cero; a partir de eso, se pensó en desarrollar una plataforma de vibración que tratara esas afectaciones. Se inició la posibilidad de utilizar fuentes de vibración mecánica como intervención clínica, por tanto, estas plataformas que generan vibraciones mecánicas oscilatorias y sinusoidales con frecuencias controladas y desplazamiento pico a pico, resulta en un ejercicio de vibración de cuerpo entero (VCC) en el individuo que está en contacto con la base de la plataforma.<sup>2,9</sup>

En esta modalidad la vibración es transmitida al cuerpo de forma continua a través de una variedad de estructuras biológicas diferentes, como músculos, huesos, cartílagos, fluidos sinoviales y articulaciones. Dependiendo de las características de cada una de estas estructuras y de los parámetros biomecánicos, como la frecuencia, el desplazamiento pico a pico y la aceleración máxima; la energía de la vibración mecánica se amortigua.<sup>8</sup>

Los efectos de VCC dependen de los parámetros de entrenamiento que se utilicen<sup>1,4,9</sup>:

- Amplitud: la extensión del movimiento oscilatorio, desplazamiento vertical de pico a pico en (mm)
- Frecuencia: el número de impulsos entregados por segundo (tasa de repetición de los ciclos de oscilación), en hercios (Hz)
- Magnitud: la aceleración del movimiento, en g (donde 1 g es la aceleración debida al campo gravitacional de la Tierra o 9,81 m / s<sup>2</sup>).
- Duración: la cantidad total de tiempo que una persona pasa en la plataforma, en segundos o minutos.

## 2.2 Características de las plataformas vibratorias

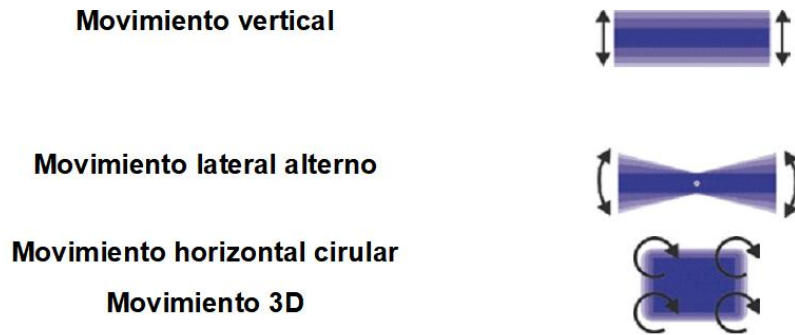
### *Principios de diseño*

Existe una gran cantidad de dispositivos de ejercicio con vibración disponibles en el mercado, lo que dificulta incluso a los profesionales tener una visión general. Se puede describir una plataforma vibratoria dependiendo de los parámetros de vibración, aplicación, calidad y durabilidad. Así mismo los parámetros de oscilación de un dispositivo de vibración tienen una influencia esencial en su aplicación para entrenamiento y terapia. Los parámetros más relevantes son la amplitud, la frecuencia y el movimiento de oscilación.<sup>9</sup>

La diferencia más importante entre dispositivos disponibles es el principio de movimiento de la plataforma. La mayoría de los dispositivos de entrenamiento por vibración se pueden clasificar de acuerdo con:<sup>2,10</sup> (Fig 4):

1. Movimiento vertical: La plataforma completa se mueve solo hacia arriba y hacia abajo
2. Movimiento lateral alterno (pivotante): La plataforma actúa como un balancín con un eje central; por lo tanto, mientras un lado (pie) se mueve hacia arriba, el otro se mueve hacia abajo.

3. Movimiento horizontal circular: La plataforma se mueve en círculo en el plano horizontal.
4. Movimiento 3D: Aunque algunos fabricantes utilizan el término movimiento 3D como herramienta de marketing, todos los sistemas actualmente disponibles utilizan movimientos en solo una o dos dimensiones más rotación en el plano resultante.



**Figura 4.** Clasificación de las plataformas vibratorias. Fuente: Rittweger J. Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy. Springer International Publishig: Suiza; 2020.

Los parámetros de oscilación típicos (Tabla 1) están relacionados con el principio de movimiento utilizado y también en la calidad y el esfuerzo de diseño del dispositivo individual. <sup>2</sup>

Parámetro	Vertical Uso doméstico	Vertical Gama alta	Vertical baja magnitud	Lateral- alterno uso dometico	Lateral- alterno Gamma media	Lateral alterno Gama alta	Horizontal circular
Amplitud (mm)	1-2	1-2	< 0.10	0-8 <sub>a</sub>	0-4 <sub>a</sub>	0-7 <sub>a</sub>	1-2
Frecuencia (Hz)	15-45	25-50	20-40	5-15	5-30	1-40	5-15
Aceleración (g)	1-16	2.5-20	0.2-0.5	0-7	0-14	0-45	1-8
Aplicación (min)	< 3	< 3	10-30	< 3	< 3	< 3	<10
Costo (US)	70 -3000	3000- 25000	2000-3000	100-2000	1500-4000	3500- 25000	100-500

**Tabla 1.** Parámetros de oscilación de los dispositivos de terapia y entrenamiento con vibraciones más comunes. Tomada de: Rittweger J. Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy. Springer International Publishig: Suiza; 2020. / Autor:

Rainer Raver.

### **Normas existentes**

Si bien las normas ISO no existen específicamente para plataformas de ejercicios con vibración, los estándares para mano, brazo y cuerpo entero son informativos para guiar un uso seguro. La certificación ISO 13485 asegura que la plataforma vibratoria fue fabricada bajo un sistema de gestión de calidad para dispositivos médicos.<sup>11</sup>

- ISO 2631-1: Alcance Medición de choques continuos u ocasionales VCC y guía de efectos sobre la salud
- ISO 2631-5: Método para la evaluación de la exposición al VCC que contiene múltiples descargas en la columna lumbar
- ISO 5349: Medición y evaluación de la exposición a vibraciones transmitidas mano-brazo
- ISO 13485: Gestión de calidad para la producción de dispositivos médico

### **Contraindicaciones y recomendaciones de seguridad<sup>1,2,10,11</sup>**

- Embarazo
- Trombosis aguda u oclusión arterial aguda
- Implantes articulares (cuando el implante articular está incluido en la cadena ejercitada)
- Procesos inflamatorios agudos del sistema musculoesquelético.
- Tendinopatía activa (cuando el tendón está incluido en la cadena de ejercicio)
- Discos herniados agudos y hernia abdominal
- Fracturas recientes (cuando el hueso está en la cadena de ejercicio)
- Cálculos renales y cálculos en la vesícula biliar
- Operaciones y heridas recientes que no han cicatrizado en forma terminal
- Artritis Reumatoide
- Convulsiones epilépticas (para prevenir lesiones secundarias).

De lo anterior, se deriva un conjunto de recomendaciones tanto para el uso seguro por parte de usuarios y fabricantes: educación a proveedores y usuarios al uso seguro de las plataformas y aparatos de vibración; incentivar a reportar anomalías, síntomas, lesiones, efectos adversos, así como de ser necesario suspender la intervención terapéutica derivada de algún efecto negativo y documentar datos detallados del uso de la plataforma; consultar al especialista.<sup>1,11</sup>

## **2.3 Efectos de la Vibración de Cuerpo Completo**

### **a) Efectos de vibración dentro del tejido musculoesquelético.**

Las mejoras en el rendimiento muscular se atribuyen a la excitación neural que implica una activación de reflejos. Si el

ejercicio de vibración implica un reflejo de estiramiento, el desplazamiento se asocia con cambios en la activación neural activando así los husos musculares e intensificando el reflejo del movimiento excitador de  $\alpha$ -motoneuronas. Se han asociado varios efectos beneficiosos con VCC en: aumenta la fuerza y potencia muscular, mejora flexibilidad y la velocidad de la marcha, mejora la densidad mineral ósea y el equilibrio. <sup>9,15,19,38,39</sup>

### ***b) Efecto en la respuesta metabólica***

Gran cantidad de estudios han establecido el metabolismo inmediato en respuesta a la VCC demuestra aumento del Consumo de Oxígeno ( $VO_2$ ) dependiente de la frecuencia y amplitud de la vibración<sup>31</sup>. En el Síndrome metabólico caracterizado por ser una enfermedad crónica en asociación con otras afecciones como hipertensión, intolerancia a la glucosa y dislipidemia; los ejercicios de VCC han sido indicados como una forma fácil, adecuada, segura y atractiva de realizar actividad física; minimizando los efectos adversos; reduciendo el dolor crónico, aumento de la saturación de oxígeno, ritmo cardiaco, masa ósea disminución de lípidos, promoviendo la funcionalidad y calidad de vida. <sup>36</sup>

### ***c) Efecto en la respuesta hormonal***

Varios estudios como los realizados por Elmantase M., et al (2014), Bosco C., et al (2000), Iodice P et al (2011) y Rigamonti et al (2018) informaron que el uso de estímulos vibratorios puede ejercer efectos estimulantes / inhibidores sobre los sistemas endocrinos cuando se realizan intervenciones con vibración mecánica, utilizadas en el entrenamiento y en las prácticas de rehabilitación. Aunque existen varias aplicaciones clínicas, los efectos asociados con la VCC aún no se comprenden completamente; se habla de un aumento significativo de la testosterona, cortisol y concentraciones de hormona del crecimiento (GH). Por el contrario, otros estudios observaron un efecto inhibitorio de la vibración sobre la secreción de cortisol o la falta de efectos sobre la testosterona y concentraciones de GH. Ahora bien, la heterogeneidad en los estudios es el principal sesgo. <sup>2,5,15</sup>

### ***d) Efectos cardiopulmonares***

En la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) existe evidencia q el entrenamiento con VCC es efectivo como una modalidad adicional al ejercicio convencional,<sup>14,31</sup>. Es especialmente beneficioso en pacientes graves al inducir contracciones musculares a través de un reflejo involuntario en comparación con el ejercicio convencional basado en la contracción muscular voluntaria. Otra enfermedad estudiada es la hipertensión pulmonar; el entrenamiento con VCC en estos pacientes mejoró la capacidad de ejercicio, metabolismo aeróbico durante el ejercicio y la calidad de vida, existe mejora hidrodinámica y la función del ventrículo derecho, musculo esquelético y función pulmonar junto con los músculos respiratorios. <sup>14,15,30</sup>

### ***e) Efectos en trastornos neurológicos***

En Esclerosis múltiple (EM) algunos estudios concluyeron que el entrenamiento de VCC es beneficioso para las personas con

EM en términos de fuerza y movilidad de las extremidades inferiores, equilibrio estático y resistencia al caminar, mientras que otros informaron poco o ningún efecto de VCC sobre la fuerza muscular y el rendimiento funcional <sup>33</sup>. Para la Enfermedad Cerebro Vascular (EVC) se llegó a utilizar la VCC como entrenamiento para reducir el riesgo de caídas. Las publicaciones de Zornoff L, Minicucci M. (2019) se prueba la VCC y el resultado arroja mejoría en el equilibrio y movilidad, sin embargo aún se tiene incertidumbre con respecto al entrenamiento de VCC. <sup>2,34</sup>

Los estudios que existen en la Enfermedad de Parkinson, considerada como la enfermedad neurodegenerativa más común y se estima que afecta hasta 6 millones en el mundo, aun son inconcluyentes para determinar mejoría funcional en el entrenamiento con VCC aunque se ha adoptado recientemente como una modalidad prometedora, algunos autores llegan mencionar q tiene efectos positivos en la movilidad después de un programa de entrenamiento. <sup>2,36</sup>

#### ***f) Efectos en incontinencia urinaria (IU)***

La VCC es una terapia holística su vibración sinusoidal induce los reflejos de estiramiento de los músculos de todo el cuerpo y tiene un efecto en todos los músculos, incluidos los que apoyan indirectamente el suelo pélvico. El cuerpo intenta estabilizar los reflejos inducidos por vibraciones <sup>32</sup>. Los ejercicios sobre la placa vibratoria son personalizados y por tanto eficaces para curar o mejorar la IU. Los hallazgos de estos estudios concluyen los efectos beneficiosos de la VCC para mejorar la fuerza de los músculos del piso pélvico y la calidad de vida en pacientes con incontinencia urinaria en alrededor de 4 a 12 semanas. <sup>33</sup>

#### ***g) Efectos en cáncer***

Existen investigaciones de la VCC y sus efectos en la reducción de fatiga, debilidad, incontinencia urinaria, sarcopenia, pérdida ósea y neuropatía periférica que es inducida por quimioterapia; sin embargo, se debe tener en cuenta ahora los efectos indeseables como inflamación, picazón y angustia extrema; misma razón por la cual el entrenamiento con VCC es cuestionado, incluida la aplicación con reserva; incluso contraindicado en el cáncer.

### **3. Aplicaciones de la VCC en el adulto mayor**

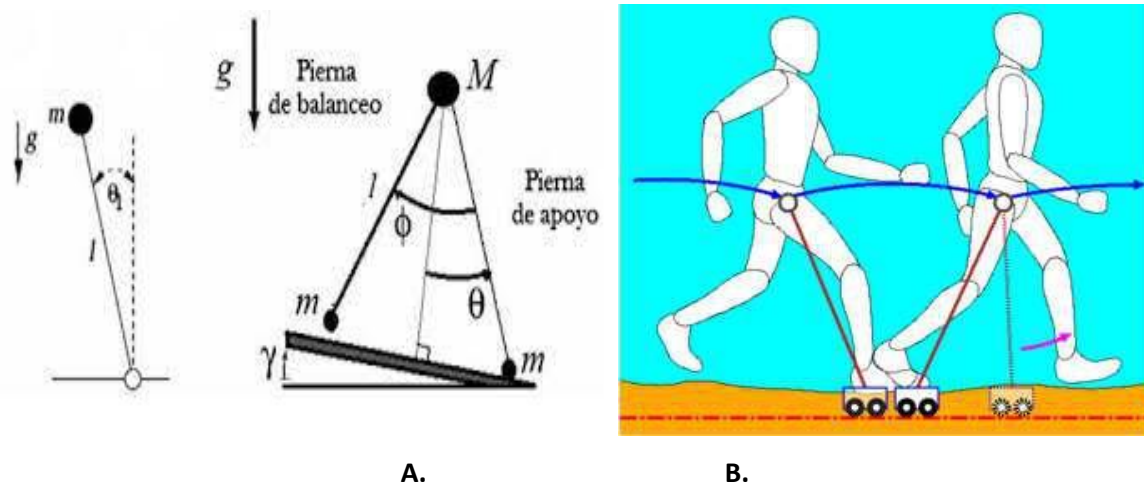
#### ***3.1 Biomecánica y respuesta fisiológica del ejercicio por vibración.***

##### ***Biomecánica de la vibración***

El equilibrio consta de varios segmentos (vástago, muslo, tronco) que se sientan uno encima del otro. Caminar, consta de dos fases principales: La fase de apoyo único, cuando el cuerpo se apoya sobre una sola pierna mientras la otra pierna se

balancea hacia adelante; y la fase de doble apoyo cuando ambas piernas están plantadas en el suelo. <sup>3</sup>

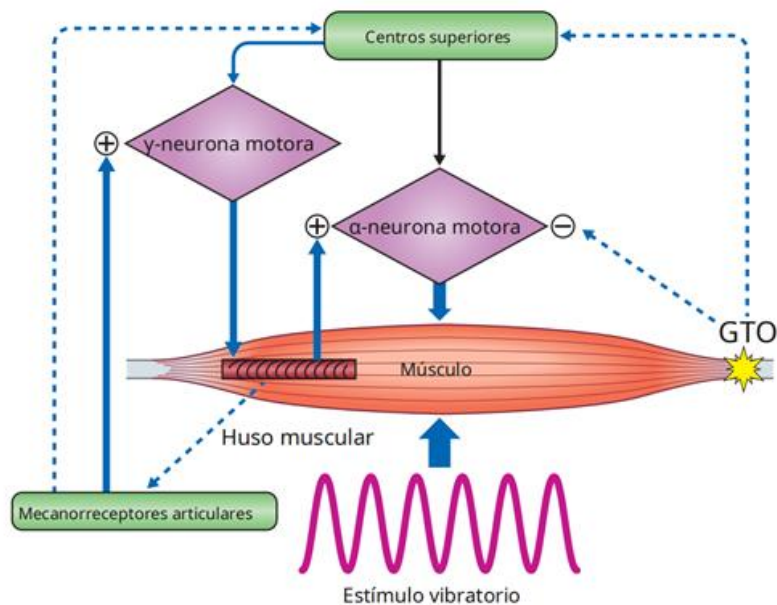
Cuando los humanos están de pie, mecánicamente se mantienen en un equilibrio inestable que requiere sistema de control para que no se caigan. Desde el punto de vista físico, la postura erguida se puede comparar con un *péndulo invertido*, que se diferencia fundamentalmente de un péndulo suspendido: mientras que el péndulo suspendido regresa al punto de equilibrio cuando se perturba mecánicamente, el péndulo invertido se desviará del equilibrio. <sup>1</sup> (Fig. 5) dicho en otras palabras, el cuerpo se mueve en el plano horizontal y vertical a través de una onda sinusoidal mientras los brazos y las piernas se balancean como un "péndulo normal". Esta onda sinusoidal permite la amortiguación y la aceleración necesarias para una transferencia eficiente de energía potencial a energía cinética y viceversa <sup>2,4</sup>.



**Figura 5.** Esquematación del cuerpo humano como un péndulo invertido. **A.** Para el péndulo suspendido, la deflexión impulsa el péndulo hacia el punto de equilibrio. **B.** El cuerpo humano también se puede conceptualizar como un péndulo invertido. Durante la fase de balanceo, la pierna de apoyo balancea el cuerpo (péndulo invertido) y la pierna balanceante representa un péndulo suspendido. Fuente: <http://www.mi.ams.eng.osaka-u.ac.jp/member/sugihara/research2009-e.html>

### **Rigidez**

En términos de tejido biológico humano, estos principios de la física se pueden aplicar utilizando el módulo de elasticidad de Young mediante el cual la tensión de tracción y la deformación se utilizan junto con la ley de Hooke para definir la energía potencial elástica de la parte del cuerpo. Durante la deambulación, cuando el talón golpea el suelo, los músculos se estiran y ganan energía cinética, que se almacena elásticamente y se devuelve parcialmente al sistema de movimiento a medida que el músculo vuelve a su longitud inicial. El cambio rápido en la longitud del músculo y la rotación de la articulación causada por la vibración desencadenan  $\alpha$  y  $\gamma$  las neuronas motoras se activan para modular la rigidez muscular. Los centros superiores también están involucrados a través de un ciclo largo. <sup>1,4</sup> (Fig. 6)



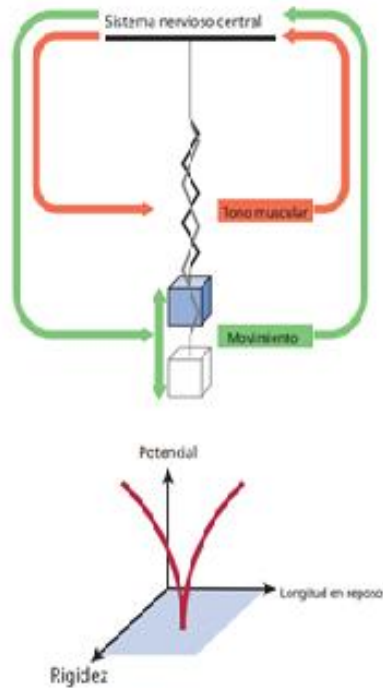
**Figura 6.** Regulación de la rigidez durante la vibración. Fuente: Hinman M. Using Whole Body Vibration IN Physical Therapy AND Sport. Elsevier: China; 2010.

### **Respuesta fisiológica**

Sabiendo que las vibraciones mecánicas aplicadas al vientre muscular o los tendones pueden estimular los receptores sensoriales, principalmente los husos musculares que detectan la longitud.<sup>3</sup>

Las terminaciones primarias del huso muscular (la fibras aferentes), estimuladas por la vibración del músculo, facilitan la activación de las motoneuronas alfa provocando contracciones musculares reflejas llamada contracción tónica del músculo o bien "reflejo de vibración tónica"<sup>2,9,15</sup>. Esta respuesta neuromuscular está mediada por vías monosinápticas y polisinápticas y da como resultado una mayor activación de la unidad motora. El efecto de la vibración es provocar cambios cortos y rápidos en la longitud del complejo tendón muscular. Esta entrada se detecta como *rigidez sensorial* a través del cual la actividad muscular refleja intentará amortiguar las ondas vibratorias.<sup>1,2,12</sup>

El sistema nervioso central utiliza feed-forward en el control del motor entre: longitud, rigidez y potencial. (Fig. 7) Durante actividades funcionales como caminar, la cadera, la rodilla y el tobillo se mueven predominantemente en ángulos cercanos a 0 ° y 180 °, o se estabilizan en ángulos cercanos a 90 °. Además, las tres articulaciones se estabilizan principalmente durante la fase de apoyo de la marcha. El tono muscular total alrededor de las articulaciones está representado por un resorte<sup>1</sup>



**Figura 7.** Esquematación del control del movimiento utilizando la ley de Hooke y la oscilación de masa de resorte. Fuente: Hinman M. Using Whole Body Vibration IN Physical Therapy AND Sport. Elsevier: China; 2010.

### ***Trasmisibilidad a través del cuerpo***

Los dispositivos VCC utilizan frecuencias de estimulación entre 5 y 44 Hz, con una amplitud típica de 2 a 6,5 mm. El levantamiento de las piernas y la variación de la posición del cuerpo dan como resultado el alargamiento de los músculos, lo que afecta toda la sinergia del movimiento cinético. Además, la reacción a los estiramientos musculares da como resultado una estimulación reflexogénica de todo el sistema neuromuscular. Como consecuencia de las altas frecuencias de estimulación, el tono muscular resultante representa la rigidez neta del sistema.<sup>1,9,12</sup>

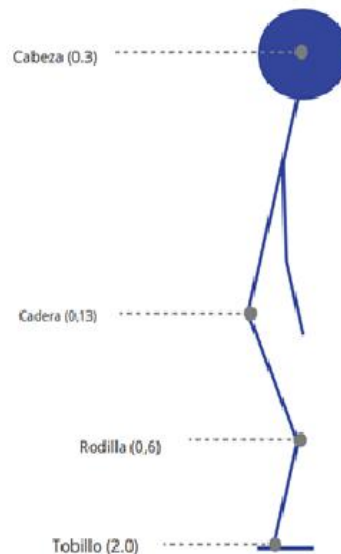
El concepto de trasmisibilidad representa la amplificación de la vibración, está determinada por una relación entre la fuente de vibración y la salida de un área específica del cuerpo. Cuando la trasmisibilidad es  $>1$ , es amplificada por el cuerpo; cuando es  $<1$ , el sistema amortigua la vibración de entrada. Está influenciada por la composición corporal de las personas, frecuencia y amplitud de vibración, postura corporal y el tipo de movimiento postural, es decir, movimiento estático o dinámico.<sup>2</sup>

La amortiguación de la energía mecánica por parte de las piernas depende no solo de la distensibilidad (inversa a la rigidez) de las articulaciones del tobillo, la rodilla y la cadera, sino también de la modulación de la activación de los músculos de la pierna.<sup>9</sup>



Investigaciones como Dickey JP en 2006 y en la norma ISO23-61 han indicado que la mayor impedancia mecánica ocurrió en un ángulo de rodilla de 180-165°. La bipedestación con una sola pierna produjo la mayor transmisión de VCC a la cadera sin aumentar la transmisión a la cabeza. Sin embargo, la transmisibilidad de la señal dependía de la interacción entre frecuencia y postura y, en menor medida, de la interacción entre amplitud y postura<sup>13</sup>. (Fig. 8)

Se ha observado que el aumento de la frecuencia de vibración reduce la transmisibilidad en los músculos de las extremidades inferiores. La resonancia de tejidos blandos puede ser el candidato principal para explicar esta observación<sup>2,9,13</sup>. Además, la entrada de frecuencia de vibración más alta pueda causar un mayor efecto de amortiguación con la activación muscular, lo que puede explicar la transmisibilidad reducida a frecuencias de plataforma más altas.<sup>13</sup>



**Figura 8.** Transmisión de vibraciones entre articulaciones del cuerpo. Relación de la transmisión de la vibración cuando (por ejemplo): la frecuencia de la plataforma es de 33Hz y el ángulo de la rodilla 152°. Fuente: Rittweger J. Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy. Springer International Publishig: Suiza; 2020.

Es importante destacar que la rigidez axial efectiva del cuerpo aumenta con las extremidades estiradas y aumenta la frecuencia de resonancia. Es decir, asumir una postura adecuada puede ayudar a evitar la resonancia.<sup>2,4,9,12</sup>

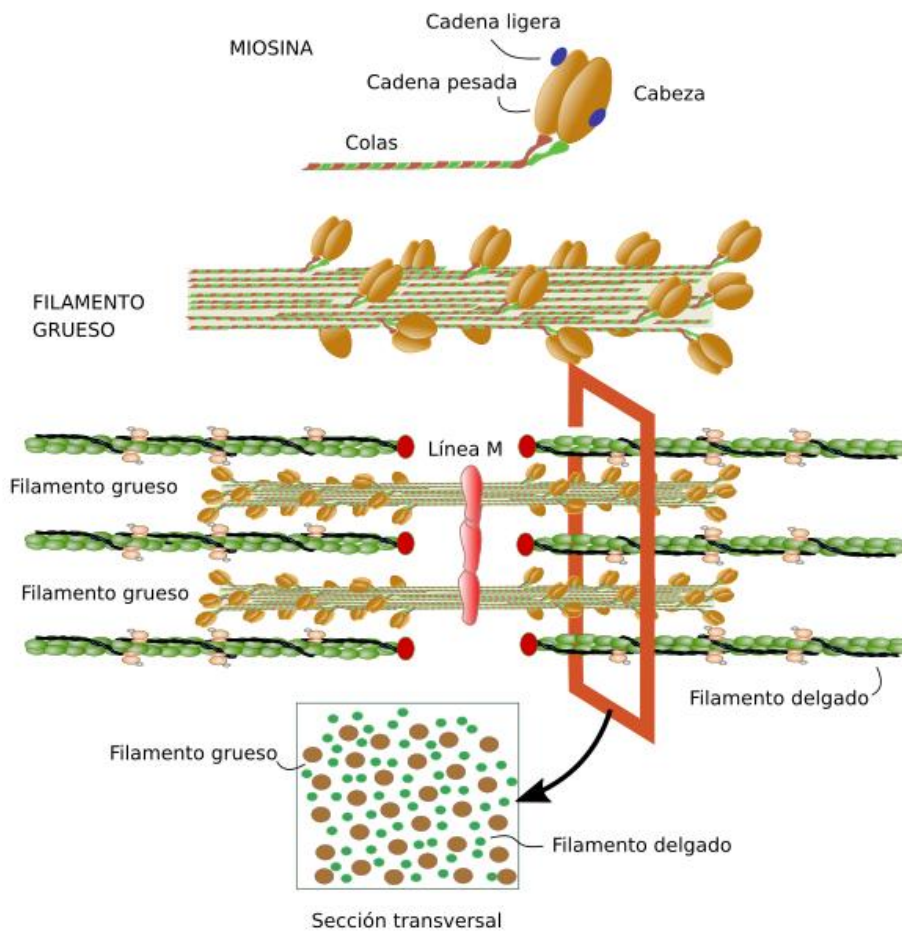
### Propiedades viscoelásticas de los tejidos musculoesqueléticos

El tejido musculoesquelético es una combinación de sólidos elásticos y líquidos viscosos. Estas propiedades pueden representar la amortiguación de las cargas mecánicas<sup>14,15</sup>. Los ligamentos conectan mecánicamente los huesos entre sí, por

lo que deben ser fuertes y rígidos, por lo tanto, casi no habrá almacenamiento de energía elástica en estos tejidos y es probable que se disipe poca energía. Los tendones conectan músculos y huesos, ayudan a utilizar mejor las contracciones musculares para el movimiento humano; pueden evitar la transmisión de impactos directos y potencialmente, facilitar el control del motor; la musculatura tiene la mayor capacidad para disipar la energía mecánica; los músculos son activados por el sistema nervioso y, por lo tanto, se ponen en un estado contráctil cuando funcionan, lo que permite un ajuste fino de la contribución viscosa y elástica a su comportamiento general. <sup>15,16,17</sup>

**Tensegridad**

Aunque el módulo de elasticidad de Young proporciona una buena explicación longitudinal bidimensional del estrés y la tensión, las fuerzas del tejido muscular también actúan transversalmente a través de elementos citoesqueléticos así como a nivel celular tridimensional. El modelado de tensegridad se ha utilizado para describir la estabilidad y flexibilidad de estructuras a nivel micro (celular) y macro (esquelético). <sup>1,2</sup> (Fig. 9)

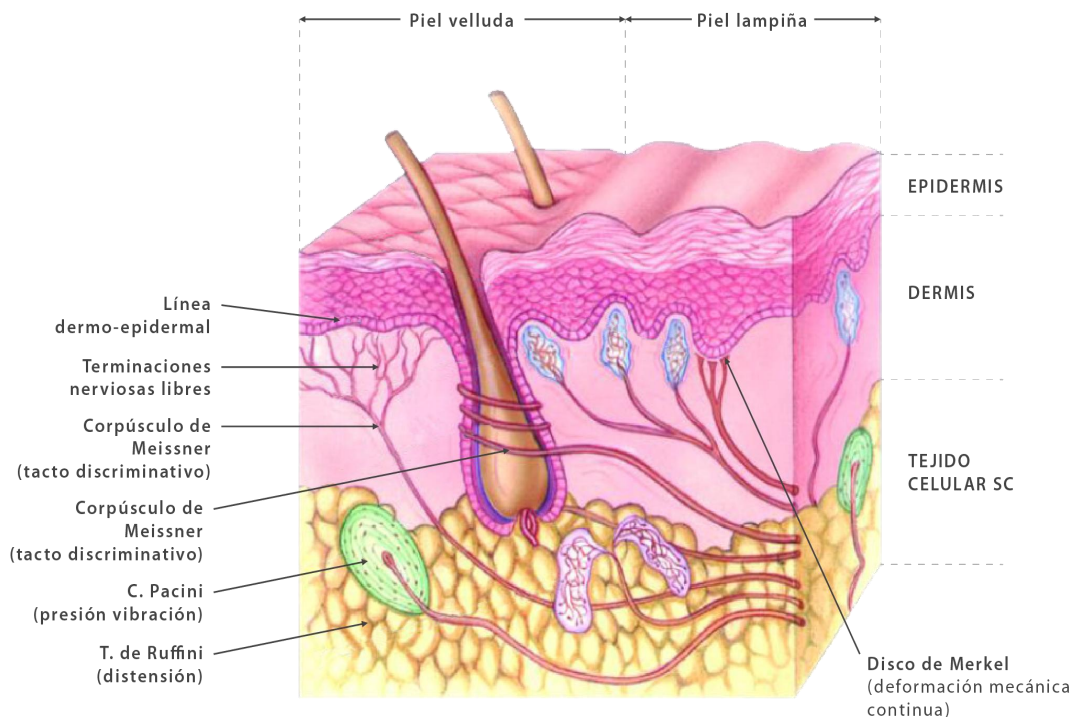


**Figura 9.** Estructura microcelular en el modelo de la tensegridad (sarcolema).Fuente:<https://mmegias.webs.uvigo.es/8-tipos-celulares/miocito.ph>

## Mecanorreceptores: sensibilidad a las vibraciones mecánicas

El sistema somatosensorial tiene tres tipos básicos de receptores que detectan estímulos externos, incluyen: toque ligero, presión, textura, vibración; los nociceptores detectan el dolor; y termorreceptores que detectan la temperatura.<sup>5,14</sup> Los mecanorreceptores se dividen en discos de Merkel, corpúsculos de Meissner, terminaciones de Ruffini y corpúsculos de Pacini según el tipo específico de estímulos mecánicos que perciben. La percepción de la sensación vibratoria se realiza mediante dos tipos principales de mecanorreceptores, los corpúsculos de Meissner (MC) y los corpúsculos de Pacini (PC).<sup>2,5,14,15</sup>

Los MC son grandes fibras mielinizadas que detectan vibraciones de baja frecuencia y están presentes en la piel glabra (lisa, sin pelo) de las yemas de los dedos y los párpados. Los PC contienen grandes fibras A-beta mielinizadas que se adaptan rápidamente y están presentes en las capas más profundas de la piel, los ligamentos y las articulaciones, donde su función es detectar vibraciones de alta frecuencia y presión profunda.<sup>2,5,15</sup> (Fig. 10)



**Figura 10.** Diferentes tipos de mecanorreceptores. Fuente: <https://blogs.ugto.mx/enfermeriaenlinea/unidad-didactica-5-sistema-tegumentario/>

## **Sensibilidad de los receptores cutáneos a la vibración mecánica**

La función de los receptores vibratorios es hacernos conscientes de diferentes frecuencias de estímulos externos. Los corpúsculos de Meissner detectan frecuencias entre 30 y 50 Hz; Los corpúsculos de Pacini son sensibles a frecuencias entre 100 y 400 Hz. Sin embargo, esto es cierto para las vibraciones cuya intensidad está cerca del umbral de percepción. Para vibraciones de mayor amplitud, es decir, un desplazamiento del cabezal vibrador del orden de 0,5 mm de pico a pico, los receptores de la piel con adaptación lenta y rápida pueden responder ciclo a ciclo al estímulo vibratorio para frecuencias de hasta 200 Hz. <sup>2,5,15,17</sup>

La sensibilidad es relativa a la frecuencia de vibración varía considerablemente de un receptor a otro, independientemente de la categoría de receptor considerada, existen diferencias entre los receptores de adaptación rápida que responden a las frecuencias más altas (300 Hz) y que dejan de responder abruptamente a una frecuencia específica de cada receptor, y los receptores de adaptación lenta que responden uno a uno a frecuencias más bajas (200 Hz) y cuya frecuencia de descarga disminuye gradualmente desde una frecuencia máxima igualmente específica para cada receptor. <sup>2,9</sup>

Los mecanismos neurales de adaptación dependen del influjo iónico de calcio a través de canales mecano sensibles. El incremento en su concentración causa un cambio en el umbral de disparo de las fibras aferentes y en su capacidad de transducción del receptor. Este gradiente electroquímico a través de la membrana del receptor depende directamente de la concentración iónica intracelular. <sup>15,16</sup>

## **Huso muscular**

Los receptores sensoriales musculares se denominan husos musculares debido a su forma fusiforme con un abultamiento central. Tienen de 4 a 7 mm de largo, se ubican profundamente dentro de la masa muscular y se disponen en paralelo con las fibras del músculo esquelético. <sup>14,15</sup> (Fig. 11)

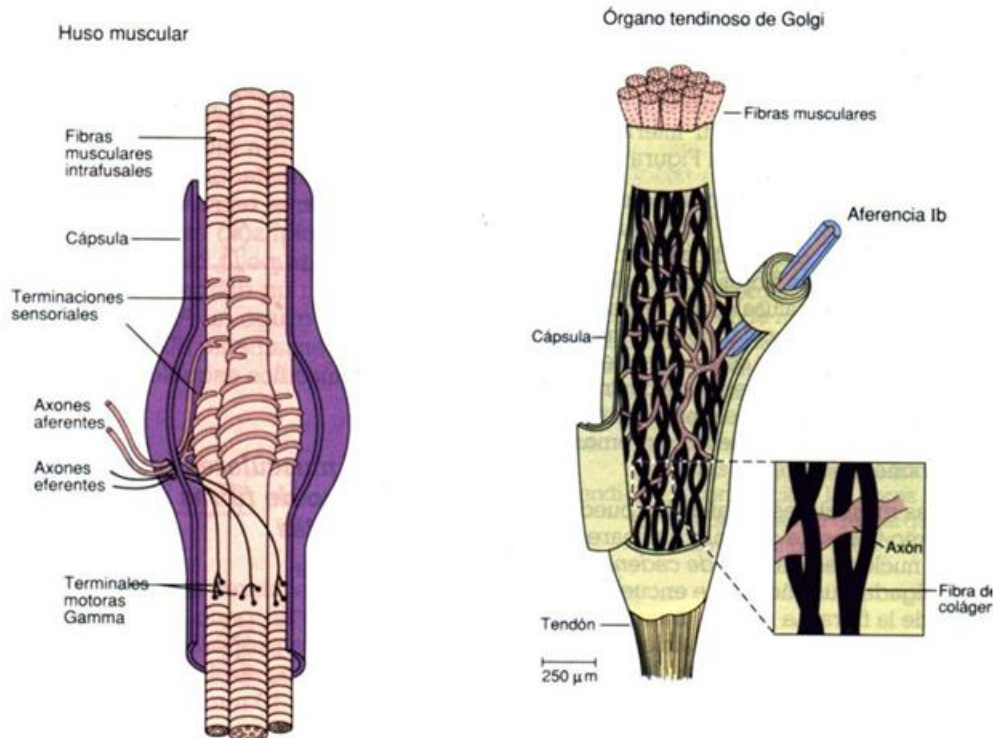
El huso muscular está formado por fibras musculares particulares, las fibras musculares intrafusales, que conservan su estriación transversal y tienen propiedades contráctiles en toda su longitud excepto en las regiones ecuatoriales. En estas regiones centrales, los núcleos celulares se agrupan en forma de cadena nuclear (fibras de cadena) o en forma de bolsa nuclear (fibras de bolsa). <sup>16,17</sup>

## Características del huso muscular

Tienen dos tipos de terminaciones sensoriales: primarias y secundarias. Las terminaciones primarias tienen forma anuloespiral y rodean la parte ecuatorial de la bolsa y las fibras de la cadena. Dan lugar a fibras sensitivas mielinizadas de gran diámetro (aférentes del grupo Ia), con una velocidad de conducción rápida (70-120 m / s), cuyo cuerpo celular se localiza en el ganglio espinal. Las terminaciones primaria y secundaria de los husos musculares se excitan con el estiramiento del músculo principal. Cuando el músculo se mantiene a una longitud constante, la respuesta de las terminaciones primaria y secundaria es similar, lo que significa que los dos tipos de terminaciones tienen una sensibilidad estática relativamente similar. <sup>2,5,15,16,17</sup>

La principal diferencia entre los dos tipos de terminaciones es su sensibilidad dinámica al estiramiento muscular. Las terminaciones primarias responden a vibraciones de amplitud muy baja (en el rango de micrones) y alta frecuencia, mientras que las terminaciones secundarias requieren amplitudes más altas y responden solo a frecuencias de vibración bajas. <sup>15</sup>

Los órganos tendinosos de Golgi (OTG) son terminaciones nerviosas ramificadas rodeadas por una cápsula conectiva y están ubicadas en las uniones entre las fibras musculares y el tejido tendinoso. Están inervados por fibras sensibles de gran diámetro (aférentes Ib) cuyo cuerpo celular se localiza en el ganglio espinal. Son receptores mecánicos sensibles a las contracciones musculares. <sup>16,17</sup>. Los OTG se activan solo por frecuencias en el rango de unos pocos hercios a unas pocas decenas de hercios, y algunos pueden ser totalmente insensibles a la vibración. La propiedad del estímulo vibratorio para activar las terminaciones primarias del músculo entre 1 y 100 Hz hace de este estímulo una **retroalimentación** sensorial muscular; modular la frecuencia de vibración a nivel del tendón modula la frecuencia de las terminaciones primarias y genera así mensajes propioceptivos. <sup>2,5,15</sup>



**Figura 11.** El Huso muscular y órgano tendinoso de Golgi. Fuente: <https://slideplayer.es/slide/23179/>

### ***Respuesta supraespinal y reflejos espinales***

El ejercicio de vibración constituye la realización de ejercicios dinámicos o estáticos mientras produce oscilaciones sinusoidales al cuerpo. Las aceleraciones impartidas en el cuerpo humano en reposo o durante el ejercicio submáximo provocan adaptaciones neuromusculares y ganancias de fuerza similares al entrenamiento de resistencia tradicional con cargas elevadas.<sup>16</sup>

### ***Efectos supraespinales***

La vibración aplicada directamente a un músculo activa los receptores musculares primarios (Ia), secundarios (II), el órgano tendinoso de Golgi (Ib) y los metabonociceptores cutáneos y musculares (III/ IV). El procesamiento central de los estímulos vibratorios depende tanto de su frecuencia como de su amplitud.<sup>2,5,14</sup>

La descarga excitadora resultante se transmite a lo largo de los axones aferentes y alcanza las interneuronas espinales y las motoneuronas correspondientes al músculo vibrado a través de la raíz dorsal de la médula espinal. Esta descarga también viaja a través del tracto nervioso fasciculus gracilis en la médula espinal posterior directamente a las estructuras supraespinales del SNC. La entrada sensorial se proyecta a través del tálamo a la corteza somatosensorial contralateral

donde se produce la sensación consciente. La vía lemniscal medial-columna posterior y la vía espinotalámica anterolateral son las dos vías neurales principales que conectan los receptores sensoriales y la corteza.<sup>5,17</sup>

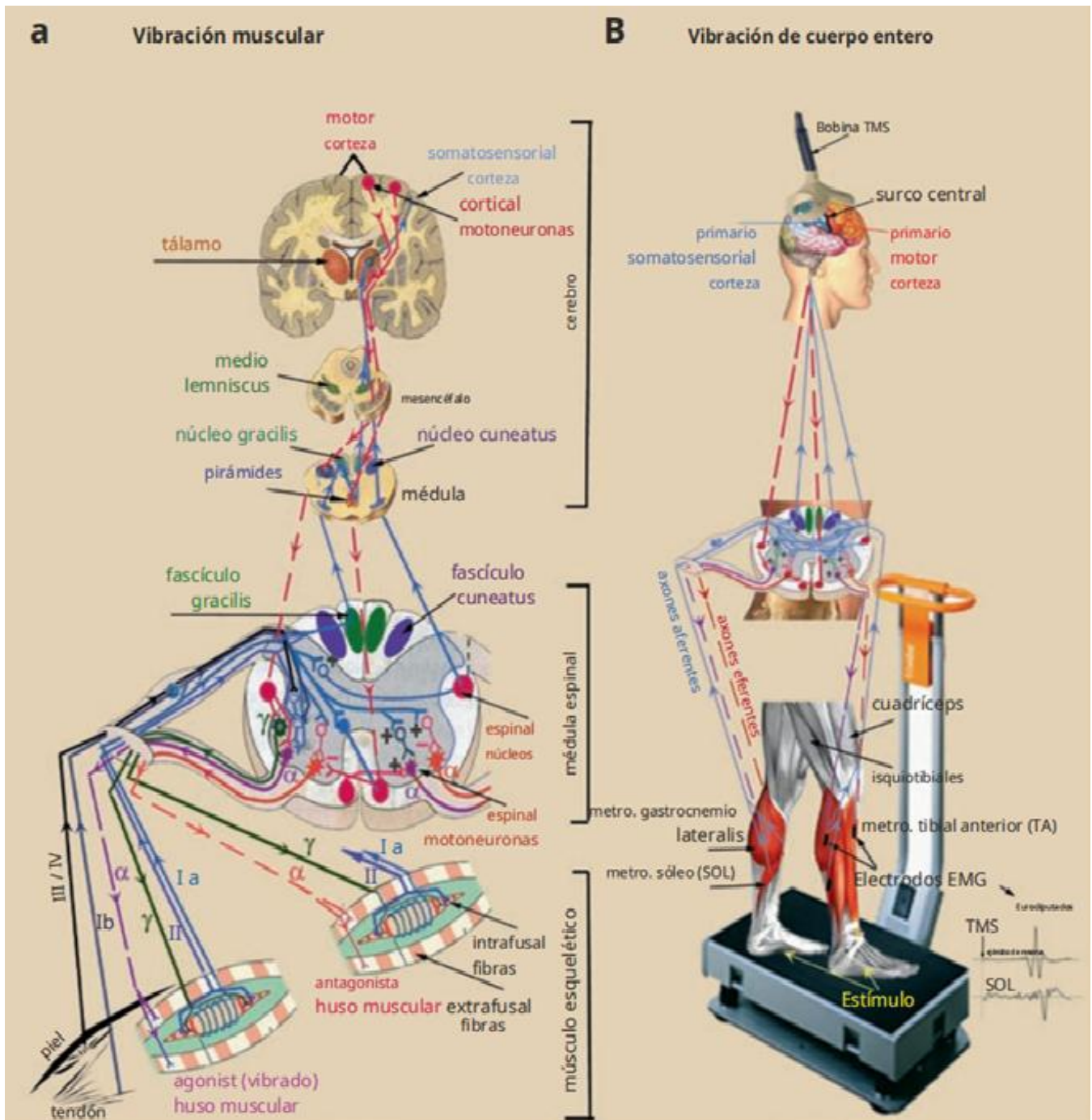
La salida de la corteza sensorial luego se transmite a la corteza motora. La respuesta motora, que resulta de la excitabilidad modificada de las interneuronas facilitadoras e inhibitoras y las neuronas motoras en la corteza motora primaria, se transmite luego a través de las vías motoras piramidales directas, que se conectan a través de núcleos en la médula espinal a las motoneuronas espinales relacionadas con el músculo vibrado, así como al de su antagonista y sus análogos contralaterales.<sup>1,2,5</sup>

Los impulsos nerviosos viajan a lo largo de los axones eferentes periféricos (resultante de la excitabilidad modificada de las interneuronas facilitadoras e inhibitoras y las neuronas motoras en la corteza motora primaria), se transmite luego a través de las vías motoras piramidales directas, que se conectan a través de núcleos en la médula espinal a las motoneuronas espinales relacionados con el músculo vibrado, así como con el de su antagonista y sus análogos contralaterales<sup>2,17</sup>. Los impulsos nerviosos viajan luego a lo largo de los axones eferentes periféricos que se conectan a través de núcleos en la médula espinal a las motoneuronas espinales relacionadas con el músculo vibrado, así como al de su antagonista y sus análogos contralaterales. Los impulsos nerviosos viajan luego a lo largo de los axones eferentes periféricos ( $\alpha$  y  $\gamma$ ) a los husos musculares provocando una respuesta específica del músculo al estímulo vibratorio. Esta respuesta se presenta como la activación facilitada del agonista y la activación inhibida del músculo antagonista.

### ***Reflejo espinal***

Cuando se aplica a todo el cuerpo, el estímulo vibratorio activa los receptores sensoriales de los músculos agonistas y antagonistas de forma bilateral. Las vibraciones mecánicas provocan contracción muscular refleja que se basa en un reflejo miotático específico. El tamaño de un reflejo de vibración tónica depende de varios factores, incluida la frecuencia de vibración y el desplazamiento del pico a pico, la posición inicial de un ejercicio dado y la extensión muscular inicial relacionada, tipo de vibración y carga adicional<sup>2,15,16,17,18</sup> (Fig. 12)





**Figura 12.** Estructura y vías neuromusculares que contribuyen a las respuestas neuromusculares del ejercicio vibratorio. En: Rittweger J. Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy. Springer International Publishing; Suiza; 2020

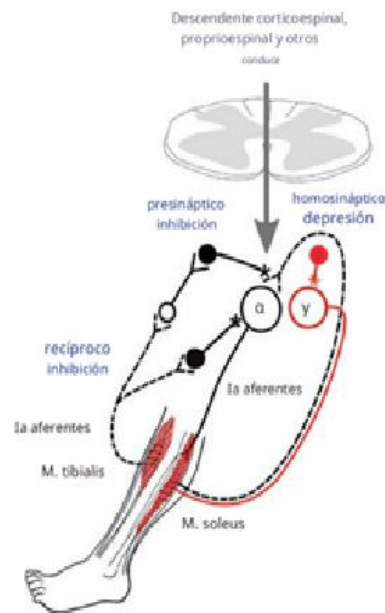


## Efectos espinales

### ***Mecanismo subyacente al efecto de la vibración en las descargas de las neuronas motoras espinales***

Los efectos inducidos por la VCC sobre los husos musculares y / o cualquier aferente sensible a la vibración pueden inhibir las neuronas motoras ya sea directamente al afectar la eficacia de las terminaciones aferentes primarias del huso muscular presinápticamente, o indirectamente al afectar las interneuronas que inhiben las primarias del huso a través de una serie de interneuronas. <sup>2,15,17</sup>

Se ha investigado la modulación inducida por vibraciones de la excitabilidad espinal mediante la evaluación de los cambios en el reflejo de Hoffmann (reflejo H) y los reflejos de estiramiento del huso muscular. El reflejo de estiramiento espinal se induce después de un estiramiento muscular, mientras que el reflejo H es el resultado de una estimulación eléctrica. Por lo tanto, el reflejo H es el análogo eléctrico del reflejo de estiramiento muscular y se produce al pasar por alto el huso muscular y despolarizar directamente el nervio aferente. La explicación más probable para la supresión de la respuesta del reflejo H durante la VCC es el aumento de la inhibición premotoneuronal mediante depresión postactivación, inhibición presináptica o depresión homosináptica. <sup>1,5</sup>



**Figura 13.** Efecto de la vibración sobre la motoneurona espinal. Fuente: Rittweger J. Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy. Springer International Publishig: Suiza; 2020

#### **4. Cambios a nivel musculoesquelético durante el envejecimiento**

El envejecimiento se asocia con cambios progresivos en la masa del músculo esquelético y la capacidad funcional, que se traduce una disminución de la independencia y un aumento de la mortalidad; de hecho, algunas características del envejecimiento pueden ser parcialmente reversibles. <sup>22</sup> Busse en 1969 fue el primero en sugerir la idea de envejecimiento *primario y secundario*; el envejecimiento primario se refiere al proceso biológico relacionado con el tiempo no depende del estrés, el trauma o la enfermedad, mientras que el envejecimiento secundario es el deterioro fisiológico que se produce de forma secundaria a las influencias ambientales y del estilo de vida, como la dieta y la actividad física. Por tanto, los factores que contribuyen al envejecimiento secundario pueden ser parcialmente reversibles. <sup>21,22,23</sup>

##### ***Fuerza y potencia muscular***

La magnitud de la pérdida de fuerza observada en el envejecimiento es consistentemente mayor que el grado de pérdida de masa muscular demostrado en estudios de agarre manual y fuerza de las extremidades inferiores <sup>22,23</sup>. Se ha informado que la potencia disminuye a un ritmo más rápido que la fuerza con la edad cronológica, especialmente en adultos mayores con limitaciones en la movilidad y puede explicarse por una pérdida más preferencial del músculo de contracción rápida. Estos cambios en la masa muscular, la fuerza y la potencia son clínicamente importantes, ya que una menor masa muscular se asocia con un mayor riesgo de mortalidad en los adultos mayores, independientemente de la masa grasa y los factores de riesgo cardiovascular. <sup>2</sup>

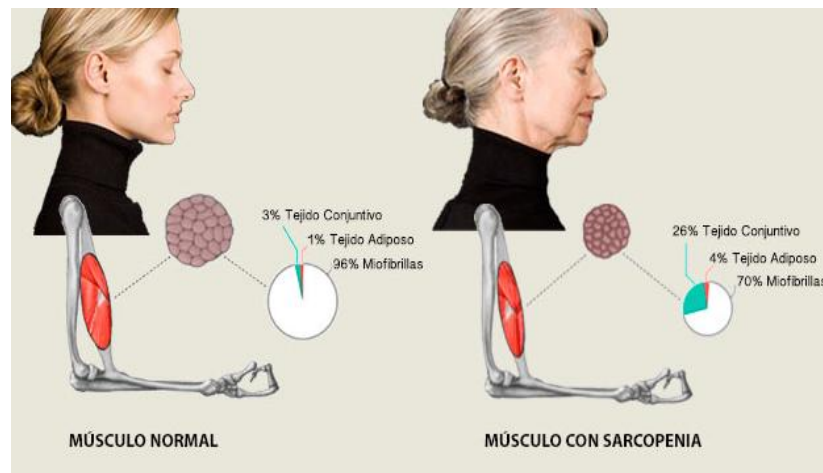
##### ***Cambios musculoesqueléticos y sarcopenia***

La pérdida de masa muscular que comienza en la cuarta década de la vida se denomina sarcopenia. Esto tiene consecuencias importantes sobre la morbilidad y la vitalidad, ya que el músculo esquelético contiene del 50 al 75% de las proteínas del cuerpo humano y representa un depósito de energía y nitrógeno que se convierte en un suministro vital de combustible para el sistema inmunológico, así como un sustrato para la cicatrización de heridas durante desnutrición, lesiones y enfermedades. <sup>2,21,22,24,25</sup>

Las consecuencias de la sarcopenia incluyen: Inmovilidad; Función inmunológica deteriorada; Estructura ósea deteriorada; Mayor morbilidad debido a una mayor incidencia / riesgo de caídas; Síndrome metabólico (diabetes, hipertensión arterial, hiperlipidemia, enfermedades cardíacas y obesidad); y dolor lumbar <sup>1,2</sup>. La atrofia muscular es el primer paso a lo largo de una cascada de eventos que conducen a la sarcopenia. <sup>22</sup>

También se ha demostrado que los cambios en la composición y la fibra del músculo esquelético están asociados con el envejecimiento. El músculo esquelético está compuesto por una variedad de tipos de fibras musculares que se han categorizado en humanos en: tipo I (contracción lenta), tipo IIa y tipo IIx (contracción rápida), con diferentes características bioquímicas y fisiológicas. El envejecimiento está asociado con la pérdida del área de fibras musculares tipo II, afecta principalmente a las fibras IIx. Se ha propuesto que estos cambios ocurren, al menos en parte, como consecuencia de la remodelación de las unidades motoras relacionada con la edad, lo que da como resultado la denervación de las fibras musculares tipo II y la formación colateral posterior de fibras musculares tipo I. <sup>15,17</sup>

Además de esta pérdida del número de unidades motoras, el envejecimiento se ha asociado con un aumento en el tamaño de las unidades motoras supervivientes a través de la reinervación de las fibras desnervadas; una característica distintiva de los músculos presarcopénicos frente a los sarcopénicos de las personas mayores es la falta de reinervación compensadora de las fibras musculares. <sup>21</sup> (Fig. 14)



**Figura 14.** Proceso de pérdida muscular en el adulto mayor. Fuente: <https://www.meditip.lat/el-cuerpo-humano/envejecimiento-y-deterioro-de-huesos-y-musculos/>

Se considera un síndrome geriátrico que se caracteriza por la pérdida de masa y fuerza muscular esquelética progresiva y generalizada, que condiciona la discapacidad, empeoramiento de la calidad de vida. La pérdida de masa y fuerza muscular de manera progresiva tiene como consecuencias: mayor pérdida funcional, discapacidad y dependencia; traduciéndose en un empeoramiento de la calidad de vida, aumento del riesgo de caídas y mortalidad. <sup>21,22,23</sup>

La etiología de la sarcopenia aún no está con claridad dilucidada. Se han propuesto varios mecanismos a nivel celular, hormonal, inmunológico y nutricional, cambios bioquímicos, metabólicos y de inactividad física <sup>8</sup>. (Tabla 2)

<b>Factores</b>	<b>Cambios</b>	<b>Traducción</b>
Moleculares	Alteraciones mitocondriales Aumento del estrés oxidativo Alteración del proceso de apoptosis	Alteración del número de fibras musculares
Humorales	Incremento de sustancias inflamatorias (TNF*, IL-6*, agonista del receptor, IL-1*)	Aumento de catabolismo
Hormonales	Disminución de niveles séricos: testosterona, estrógenos y IGF-1*	Pérdida de masa y fuerza muscular
	Alteraciones hormonas tiroideas e insulina	Aumento de catabolismo
Neurodegenerativos	Pérdida de motoneuronas alfa del asta posterior de la médula espina	Disminución de la fuerza muscular. Disminución de la movilidad
Musculares	Pérdida de fibras tipo II Aumento de fibras tipo I	Pérdida de potencia
	Infiltración de fibras musculares por tejido adiposo y fibroso	Atrofia de las fibras musculares
Extrínsecos	Estilos de vida como el sedentarismo, malnutrición, inmovilidad y comorbilidad asociada	Favorecen el desuso Atrofia muscular Pérdida de fuerza muscular

\*TNF: factor de necrosis tumoral; IL-6: interleuquina 6; IL-1: interleuquina 1; IGF-1: Factor de crecimiento 1.

**Tabla 2.** Factores relacionados con la sarcopenia. Fuente: Pérez Bazan L.M., Vila-Moret A. J., Zitzewitz V., Fragilidad, Sarcopenia, Inmovilidad. Alicia Calle Egusquiza. En: P. Manual de geriatría residentes. Madrid: Ene Life Publicidad S.A.; 2011.

### ***Cartílago articular***

En el cartílago articular se aprecia disminución del contenido de agua, reducción en los proteinglicanos en las cadenas de condroitín sulfato, aumento en el nivel de keratín sulfato y del ácido hialurónico. Se observan calcificación del cartílago y reducción de la adaptación al estrés repetitivo. <sup>20,21,24</sup>

## **Hueso**

En el hueso es bien conocida la pérdida de calcio con aumento en la reabsorción y, sobre todo en la mujer, hay disminución en la función de los osteoblastos, con función normal de los osteoclastos <sup>1</sup>. El hueso trabecular pierde el soporte horizontal, por tanto, con cualquier traumatismo puede producirse colapso. Sin embargo, la remodelación ósea persiste durante toda la vida, estos cambios se ven afectados en caso de fracturas, ya que los mecanismos reparadores se alteran, hay disminución de circulación local, una lentitud en la diferenciación de células progenitoras osteogénicas y por lo tanto se alarga el tiempo, hasta el doble de consolidación. Sólo hay que recordar que una gran variedad de hormonas (hormona del crecimiento, estrógenos, andrógenos, entre otros) modifican la integridad ósea, por tanto, la variabilidad es todavía mayor <sup>21</sup>.

### **4.1 Implicaciones funcionales**

Durante el envejecimiento existe un aumento de la incidencia y prevalencia de aquellas enfermedades, básicamente degenerativas en las que la edad avanzada es, un importante factor de riesgo teniendo como consecuencia, frecuentes situaciones de incapacidad; sobre todo la pérdida de la autosuficiencia <sup>21,22</sup>. Se estima que al menos un 1% de la población >65 años está totalmente inmovilizada, un 6% padece severas limitaciones en las actividades de la vida diaria y que hasta un 10% más presenta incapacidad moderada, disparándose las cifras por encima de los 80 años. Hoy sabemos que la mejor estrategia en la atención al adulto mayor es prevenir el deterioro de la función; Por esta razón es necesario entender los conceptos de: fragilidad, sarcopenia e inmovilidad. <sup>20,23</sup>

### **Fragilidad**

La fragilidad es un síndrome de vulnerabilidad fisiológica y declinación progresiva multifactorial<sup>24</sup>. Abarca una serie de síntomas y signos comportándose como un síndrome clínico siendo también considerada como un continuum que se inicia con una pérdida de la reserva fisiológica del organismo, suficiente para provocar un principio de deterioro funcional (fragilidad preclínica), y si este progresa lleva al individuo a una situación de vulnerabilidad, conllevando posteriormente a la discapacidad y dependencia <sup>20,21,22</sup>

Las manifestaciones de fragilidad frecuentemente se citan como componentes del síndrome son la sarcopenia, trastorno en el equilibrio y la marcha, desacondicionamiento con la aparición de inmovilidad y osteopenia. Entre otros síntomas, se incluyen la pérdida de peso, debilidad, fatiga, inactividad y disminución de ingesta oral. <sup>23</sup>

El inicio de la fragilidad se relaciona con la pérdida de la reserva fisiológica del organismo derivada de una falta de mecanismos compensadores y pérdida de homeostasis, debido a un declive a través de los años de múltiples sistemas corporales, provocando en el anciano un estado de vulnerabilidad a presentar enfermedades y efectos adversos.<sup>21,23,24,25</sup>

### **Factores fisiológicos**

Incluyen activación de la inflamación, deterioro del sistema inmune, alteraciones del sistema endocrino y musculoesquelético. La IL-6 se relaciona con sarcopenia, pérdida de peso y aumento de la susceptibilidad a infecciones. Puede contribuir a la anemia por inhibición directa de la eritropoyetina o por interferencia en el metabolismo del hierro.<sup>21</sup>

Este estado de inflamación crónico también podría relacionarse con otros efectos hematológicos, como la activación de la cascada de coagulación. Los ancianos frágiles presentan niveles más bajos de deshidroepiandrosterona sulfato y de factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1), que los ancianos no frágiles. La disminución de ambas está asociada a la disminución de masa muscular o sarcopenia, que hipotéticamente es el componente principal de la fragilidad.<sup>5,15,24</sup>

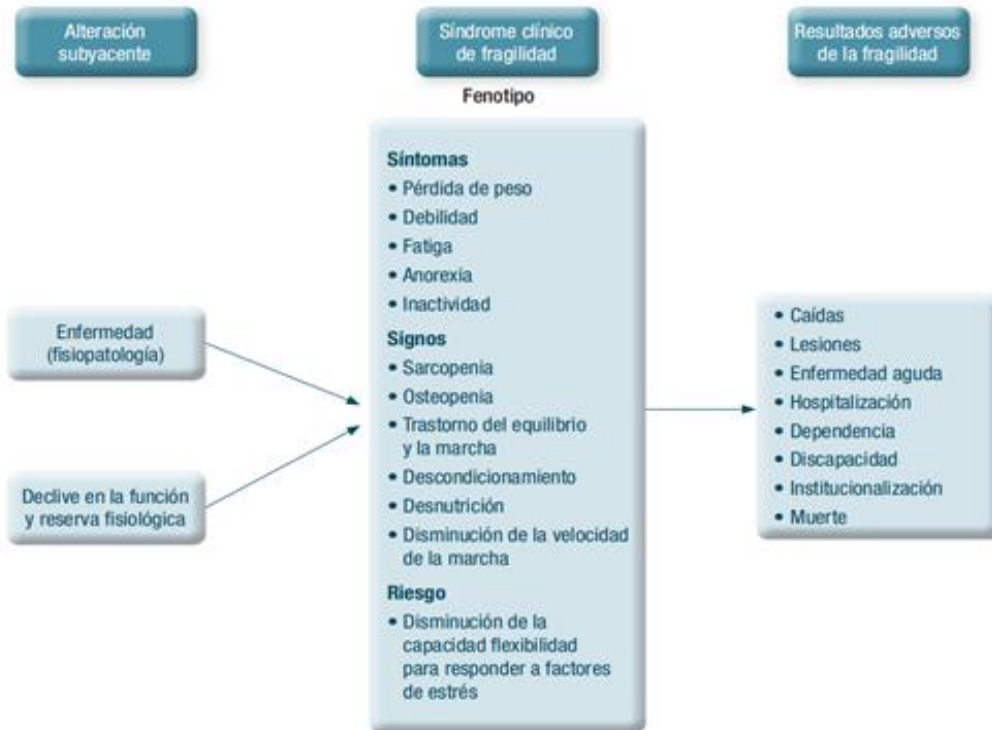
### **Discapacidad**

El síndrome de fragilidad puede ser un precursor fisiológico y factor etiológico en la discapacidad, debido a sus características centrales de debilidad, disminución en la resistencia y enlentecimiento. El anciano frágil se encuentra en riesgo de discapacidad y dependencia, pero todavía no las presenta.<sup>20,22,24</sup>

La principal consecuencia podría ser la sarcopenia que se puede detectar con la ayuda de tres criterios diagnósticos que incluyen: 1) baja masa muscular, 2) baja fuerza muscular y 3) pobre desempeño físico. Esta pérdida de masa muscular se podría deber en parte al proceso crónico de inflamación que ya se mencionó, aunado a la pérdida de motoneuronas de las astas anteriores de la médula espinal.<sup>22,23</sup>

La pérdida de fibras musculares se da más a expensas de fibras tipo II y la masa muscular que se pierde es sustituida por masa grasa intermuscular e intramuscular que a su vez es productora de más citocinas inflamatorias. Las consecuencias de esto van más allá de la pérdida de capacidad para la movilidad, interfiere a su vez con la capacidad de respuesta a infecciones, de cicatrización de heridas y de recuperación de lesiones entre otras cosas.<sup>20</sup>

En realidad, la fragilidad es predictor de dependencia para las actividades de la vida diaria; el fenotipo era viable para identificar a individuos que aumentan el riesgo de resultados adversos, muerte y deterioro funcional. Esto apoya la hipótesis de que la fragilidad podría ser un precursor fisiológico de discapacidad.<sup>21,22,25</sup> (Fig.15)



**Figura15.** Presentación clínica de la fragilidad. Fuente: Pérez Bazan L.M., Vila-Moret A. J., Zitzewitz V., Fragilidad, Sarcopenia, Inmovilidad. Alicia Calle Egusquiza. En: González P. Manual de geriatría residentes. Madrid: Ene Life Publicidad S.A.; 2011

El ejercicio diseñado apropiadamente es una herramienta indispensable. Los elementos básicos de un programa de ejercicios incluyen la especificidad y la sobrecarga progresiva. Dentro de los elementos de especificidad se encuentran el tipo de contracción, la velocidad de contracción y la variedad. Dentro de la sobrecarga progresiva se encuentran los parámetros individuales de intensidad, duración, frecuencia, reposo, tipo de contracción, velocidad de contracción, reversibilidad y variedad. Para maximizar la efectividad, una prescripción de ejercicio debe reflejar un diseño individualizado de los parámetros relevantes para promover el cambio deseado en el sistema objetivo.<sup>26,28</sup>

### **Activación neuromuscular**

La activación neuromuscular es el proceso por el cual el sistema nervioso produce fuerza muscular mediante el reclutamiento y la codificación de la velocidad de las unidades motoras. La primera fase y a menudo más rápida, mejora en la capacidad para realizar un ejercicio que se observa en las primeras sesiones de entrenamiento es principalmente el resultado de un efecto de aprendizaje mediado por un cambio en la coordinación de las habilidades motoras y el nivel de

motivación. En la segunda fase, con una duración de hasta 3 a 4 semanas, la mejora de la fuerza se atribuye a la adaptación neuronal.<sup>15,16</sup>

La realización de ejercicios en una plataforma oscilante sincrónica induce cambios cortos y rápidos en la longitud de las fibras musculares, estimulando así las contracciones musculares reflejas en una respuesta similar a los reflejos monosinápticos. Esta respuesta da como resultado un aumento de la actividad muscular, excitabilidad alterada de la vía motora cortical, así como la modulación de circuitos intracorticales. El estímulo de vibración mecánica también puede afectar la piel y los receptores de las articulaciones que proporcionan información sensorial al sistema motor gamma, aumentando la sensibilidad y la capacidad de respuesta del huso muscular a más perturbaciones mecánicas.<sup>1</sup>

La adaptación neuronal provocada por el entrenamiento de resistencia incluye la activación aumentada de los músculos motores primarios (a través del número de unidades motoras reclutadas y la sincronización de esas unidades motoras individuales) y una mejor coordinación de los músculos sinérgicos y antagonistas<sup>14,15</sup>. Debido a que la mayoría de las unidades motoras se reclutan voluntariamente en orden de tamaño creciente, las unidades motoras pequeñas (tipo I) se reclutan primero, progresando a través de los tipos de fibras (I <IIA <IIX). Por lo tanto, cuando se requiera poca fuerza, solo estarán activas las unidades motoras de tipo I. Solo cuando la fuerza es alta, el reclutamiento exigirá la participación de las unidades motoras más grandes, maximizando la fuerza y las ganancias de potencia.<sup>26,27</sup>

El ejercicio neuromuscular (funcional) incorpora habilidades motoras como el equilibrio, la coordinación, la marcha, la agilidad y el entrenamiento propioceptivo para mejorar el equilibrio, la agilidad y la fuerza muscular y reducir el riesgo de caídas<sup>2</sup>. La actividad muscular puede ser medida indirectamente mediante electromiografías de superficie (EMG) detectando la actividad eléctrica generada por el paso del impulso nervioso, provocando despolarización, así se genera un potencial de acción que es medido, analizando la integridad del sistema motor; determina el reclutamiento adecuado de las unidades motoras del músculo.<sup>26</sup>

## **5. Generalidades del entrenamiento muscular en el adulto mayor**

### **5.1. Modalidades convencionales de entrenamiento**

#### ***Ejercicios de resistencia***

Es la intervención más eficaz para obtener mejoras en la fuerza muscular y el rendimiento funcional y para desarrollar hipertrofia muscular; también puede agregar reserva para proporcionar un efecto protector en caso de que la persona tenga un período de actividad reducida o reposo en cama secundario a una lesión o enfermedad.<sup>26</sup>



### ***Pruebas de fuerza, intensidad y tiempo.***

La prueba de 1RM (1 repetición máxima) es una prueba de esfuerzo máximo que es segura para los adultos mayores, pero puede provocar dolor muscular y picos de presión arterial. También se puede obtener un RM múltiple, que es el número de repeticiones que logra un individuo antes de la falla muscular. La especificidad y la sobrecarga progresiva son parámetros críticos.<sup>20,40</sup>

La forma más eficaz de aumentar la fuerza, masa y función muscular es mediante el entrenamiento con ejercicios de resistencia, que es eficaz en adultos mayores, aunque los eventos adversos se informan escasamente en los estudios de personas mayores. Recomendaciones actuales para entrenamiento de resistencia en adultos mayores sugieren realizar 1 a 3 series, 8 a 15 repeticiones, 2 a 3 días a la semana con una carga del 70 al 85% como máximo de una repetición (1RM), con modificaciones para aquellos con fragilidad. Sesiones de RT de carga más baja y RT supervisada de 1 a 6 días / semana con una carga menor de 30 a 70% de 1RM.<sup>20,26,28</sup>

La intensidad del entrenamiento de fuerza explica las mejoras en la fuerza máxima, por tanto, la intensidad del entrenamiento de resistencia para lograr el fortalecimiento muscular está influenciada por la cantidad de sobrecarga (una carga mayor que la requerida para mantener el estado actual), la cantidad de tiempo que el músculo está bajo tensión y el volumen de ejercicio (repeticiones y series).<sup>20</sup>

El tiempo bajo tensión también es una estrategia para aumentar la intensidad porque el tiempo total bajo tensión tiene un fuerte efecto sobre las ganancias de fuerza. Es importante para las adaptaciones mecanobiológicas, el reclutamiento de unidades motoras y las tasas de activación de las unidades motoras. Cuanto más tiempo se mantiene una contracción, más unidades motoras se reclutan hasta que se produce la contracción máxima. El tiempo bajo tensión varía según los diferentes tipos de contracciones.<sup>26,27</sup>

Entrenar excéntricamente es otra estrategia para lograr sobrecarga y tiempo bajo tensión. Al realizar una contracción excéntrica, disminuir la velocidad del movimiento sobrecarga la actividad, como si un paciente se siente de manera controlada. Las contracciones excéntricas tienen una ventaja adicional, ya que se ha descubierto que producen mayores ganancias en la fuerza y el tamaño de los músculos en comparación con las acciones de los músculos concéntricos.<sup>20,26,28,29</sup>

La fuerza mejorada ocurre en dos a cuatro series de ejercicios de resistencia por grupo de músculos en la mayoría de los individuos. Sin embargo, en adultos mayores frágiles y sin entrenamiento, un solo conjunto de ejercicios también puede mejorar significativamente la fuerza y el tamaño. Es el esfuerzo de lograr el fracaso lo que es fundamental para las

ganancias de fuerza, en lugar del número de repeticiones con una determinada carga.<sup>20</sup>

## Valoración de la condición física en el adulto mayor

La medición de las capacidades funcionales es un componente fundamental en la evaluación del adulto mayor, se entiende que estas capacidades se traducen en mayor autonomía para el adulto mayor individual y socialmente.<sup>40</sup>

En la valoración funcional, se puede identificar el grado de discapacidad y valorar los factores que son necesarios para realizar el desarrollo de las tareas diarias que impliquen la participación de grandes grupos musculares<sup>20,22,23,26,40</sup>:

- Capacidad aeróbica: capacidad de realizar sin fatiga tareas que impliquen la participación de grandes grupos musculares durante periodos prolongados. Las pruebas principales son: marcha 6 min o bien la marcha de 2 min, se mide la velocidad alcanzada calculada de la cantidad de metros recorridos en el tiempo respectivo.
- Flexibilidad: capacidad de realizar movimientos en todo el rango articular. La prueba de alcanzar la espalda y flexión de tronco evalúan flexibilidad de miembro superior e inferior respectivamente; la flexibilidad de cadera y musculatura posterior se evalúa con la prueba de alcance sentado tocando los dedos de la mano los dedos del pie estirado.
- Fuerza-resistencia: capacidad de los músculos de generar tensión y mantenerla un tiempo prolongado. Implica evaluar movilidad que a su vez es dependiente de la coordinación, equilibrio, sistema nervioso y osteoarticular. La prueba SPPB (prueba corta de desempeño físico): Tiene 3 componentes: pruebas cronometradas de balance en posición de pie (pies paralelos, en semitándem y en tándem), un recorrido a pie de 4 metros y levantarse de una silla (si lo realiza en un solo movimiento se le solicita lo repita 5 veces).
- La prueba Get up and go (TUG “Levántese y ande”) que cronometra el tiempo que tarda el paciente en levantarse de una silla con apoyabrazos, andar 3 metros, girar y volver a sentarse, si este tiempo supera los 20 segundos hay riesgo de caídas y más de 29 segundos indica alto riesgo de caerse. La prueba de Tinetti evalúa equilibrio.
- Destreza: capacidad de realizar movimientos eficientemente. Se puede evaluar simultáneamente con las pruebas de TUG, SPPB y Tinetti.

Existen también técnicas validadas que pueden evaluar la fuerza muscular de forma más específica y por grupo muscular o incluso de un solo músculo en particular. La fuerza de agarre (brazo dominante es el más común); el aparato empleado para esta medición es el dinamómetro. Actualmente, el sistema más adecuado para evaluar el desempeño muscular es el dinamómetro isocinético.<sup>20,22,40,41</sup> Su objetivo es medir la fuerza realizada tanto en un movimiento analítico sobre un eje articular (isocinéticos en cadena abierta) como un movimiento complejo que implique varias articulaciones (isocinéticos en cadena cerrada); expresa el movimiento en términos de momento de fuerza, de potencia, o trabajo, como variables cuantitativas, lo que facilita su manipulación y su tratamiento estadístico.

### ***Pliometría, entrenamiento de potencia y funcional.***

La potencia se define como la fuerza ejercida multiplicada por la velocidad del movimiento. La potencia muscular es una función de la fuerza, la activación neuromuscular y la velocidad de movimiento. La potencia, en lugar de la fuerza, es un mejor predictor de habilidades funcionales como subir escaleras, velocidad de la marcha y levantarse de la silla. La potencia se observa en la capacidad de moverse rápida y poderosamente, con estabilidad; el entrenamiento de potencia se distingue del entrenamiento de resistencia por la intención de moverse con la máxima velocidad <sup>25,26</sup>. La pérdida de potencia muscular se asocia con lentitud, mayor riesgo de caídas, deterioro del rendimiento funcional y fragilidad. La lentitud ocurre en parte debido a una pérdida de fibras musculares de tipo II o de contracción rápida, que ocurre al doble de la velocidad que la pérdida de fuerza y en parte debido al desuso. <sup>20,26</sup>

Se pueden obtener mejoras significativas en la potencia muscular y la función física a través de ejercicios de tareas funcionales resistidos simples realizados con la máxima velocidad de movimiento. Una vez que un adulto mayor logra dos series de ejercicios o movimientos de resistencia con buena forma y sin dolor, es apropiado agregar desafíos de potencia al programa de ejercicios. El objetivo es avanzar lo más rápido posible a través de la fase concéntrica del ejercicio, seguido de una bajada lenta y controlada de la carga a través de la fase excéntrica de regreso a la posición inicial. <sup>25,27,28</sup>

El entrenamiento con saltos en adultos mayores (> 50 años) es seguro y efectivo para aumentar la potencia muscular. Los aterrizajes de salto entrenan el equilibrio y promueven la estabilidad de las articulaciones a través del control propioceptivo y la activación excéntrica. Se requiere una fuerza de referencia de > 80% en ambas extremidades y un rango de movimiento sin dolor de 90% a 95% en las extremidades que soportan peso antes de agregar actividades de potencia y pliométricas. La fuerza central y proximal son necesarias para el control y la estabilidad postural; también es necesaria una propiocepción adecuada indicada por una estabilidad articular adecuada. <sup>22,23,24,25</sup>

Además de crear un desafío para producir una contracción rápida, la pliometría también puede imponer una sobrecarga al sistema cardiopulmonar que puede necesitar ser monitoreado. Los ejercicios pliométricos no deben utilizarse en presencia de dolor, inflamación o estabilidad articular importantes. <sup>20,26</sup>

### ***Entrenamiento funcional***

El entrenamiento funcional es particularmente eficaz para mejorar el rendimiento en las Actividades de la Vida diaria (AVD)

de los adultos mayores. Es probable que las mejoras en las habilidades funcionales sean el resultado del entrenamiento de fuerza y potencia, pero es más probable que ocurran si también se practica la tarea funcional.<sup>20,25,26</sup>

La integración de ejercicios funcionales en la vida diaria es una alternativa a los programas de ejercicio estructurados, especialmente para los muy ancianos y frágiles. Los programas de ejercicio funcional integrados tienen como objetivo convertir las rutinas diarias en oportunidades para hacer ejercicio en lugar de realizar ejercicios separados. No se ha determinado la intensidad óptima del entrenamiento funcional. Sin embargo, en una revisión se encontraron mejoras en el rendimiento funcional de frecuencias de 2 a 3 días / semana con sesiones de ejercicio de 20 a 30 minutos de duración para un total de 60 minutos de ejercicio neuromuscular por semana.<sup>22,25</sup>

### ***Facilitación neuromuscular propioceptiva. (FNP)***

La FNP se ha utilizado eficazmente para alargar la unidad musculotendinosa y, como resultado, aumentar el rango de movimiento de una articulación específica. Una contracción estática (isométrica, tradicionalmente máxima) de un músculo objetivo estirado y / o una contracción concéntrica de un músculo opuesto para alargar el músculo objetivo, junto con un acercamiento lento y controlado al estiramiento, es generalmente lo que diferencia a la FNP que se extiende desde alternativas estáticas y dinámicas.<sup>29</sup>

La inhibición autógena y recíproca son tradicionalmente las explicaciones neurofisiológicas aceptadas para las ganancias superiores de rango de movimiento. El aumento de la tolerancia puede ser una explicación probable. Aunque el estiramiento es eficaz para mejorar el rango de movimiento de la articulación, se informa que el estiramiento PNF produce mayores ganancias y a un ritmo más rápido que el estiramiento estático y un control de no estiramiento, y mejora la flexibilidad tanto pasiva como activa.<sup>2</sup>

## **5.2 Entrenamiento mediante VCC**

### ***1.2.1 Consideraciones generales:***

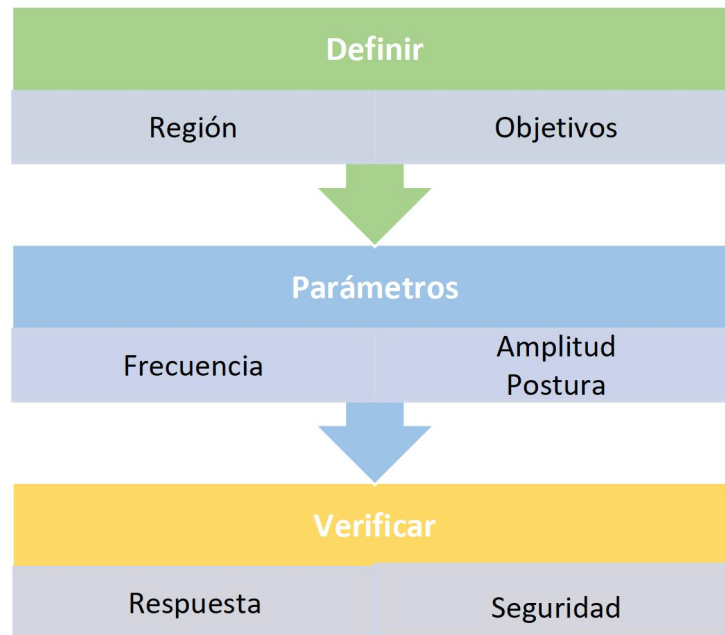
Efectos locales de la vibración consisten en <sup>1,2,5,15,29, 30,33,34,38,39</sup>:

- Ciclos de estiramiento-acortamiento de músculos y tendones, incluida la carga ósea.
- Activación del estiramiento monosináptico y posiblemente otros reflejos.
- Modulación de la transmisión refleja a nivel espinal y supraespinal.
- Aumento rápido de la perfusión local.

- Modulación del tono muscular.
- Otros efectos (por ejemplo, la liberación de hormonas)

Al igual que con cualquier ejercicio, la activación muscular conduce a desafíos orgánicos, que conducen a aumentos en la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco y la absorción de oxígeno. sin embargo, los desafíos orgánicos son relativamente moderados con VCC en comparación con otros tipos de ejercicio. <sup>8</sup>

La combinación de VCC con otro tipo de ejercicio o con fisioterapia convencional variará de acuerdo con las circunstancias particulares. La terapia es personalizada conforme a los protocolos antes establecidos por el fisioterapeuta y bajo las características del paciente. (Fig.16) Se debe tener el total consentimiento del paciente y evaluar si es candidato para utilizar la terapia, así como la motivación necesaria para mantener y tener éxito las metas propuestas. <sup>1,38</sup>



**Figura 16.** Algoritmo para diseño de ejercicios con VCC específicos. Fuente: Rittweger J. Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy. Springer International Publishig: Suiza; 2020.

## 5.2.2 Principios fundamentales

### a) Elección de frecuencia

La transmisión de ondas de vibración en nuestro cuerpo depende en gran medida de la frecuencia de vibración: cuanto más baja es la frecuencia, más se desplaza la onda de vibración en nuestro cuerpo. Por otro lado, la transmisión de vibraciones también se ve afectada por la postura y la tensión previa de los músculos. Prácticamente, si el objetivo es transferir una vibración de 30 Hz al muslo, entonces se requiere una postura más erguida y una mayor tensión previa del músculo. <sup>1,2,9</sup>

Otra consideración importante es que el flujo sanguíneo local y la rotación de energía aumentan con la frecuencia de vibración, simplemente porque hay más ciclos de estiramiento-acortamiento por unidad de tiempo. En consecuencia, si el objetivo es la activación muscular y el recambio de energía, entonces se deben apuntar frecuencias más altas. Además, la experiencia práctica sugiere que la vibración también se puede utilizar para modular el tono muscular. Si bien las frecuencias de vibración entre 8 y 15 Hz tienden a reducir el tono muscular, normalmente aumenta con frecuencias entre 20 y 35 Hz. <sup>1,2,6,9</sup>

Por tanto, se debe comenzar siempre con bajas frecuencias (5–12 Hz) y una pequeña base de apoyo; comenzar con poca fuerza. Cuando el paciente esté familiarizado y acostumbrado a las frecuencias más bajas, continuar con las frecuencias más altas (18–40 Hz) y luego aumentar gradualmente la amplitud. <sup>8</sup>

### ***b) Selección de la amplitud adecuada***

Una mayor amplitud de vibración también provocará una mayor transferencia de energía al tejido. Dentro del tejido, la energía de vibración se absorbe gradualmente de modo que disminuye con la distancia recorrida. <sup>2</sup> Por lo tanto, la amplitud en el punto de contacto debe ser lo suficientemente grande para compensar los efectos de amortiguación en el camino hacia los objetivos. Por otro lado, una amplitud demasiado grande puede implicar demasiada transferencia de energía, posiblemente hasta la extensión del daño tisular. <sup>9,10</sup>

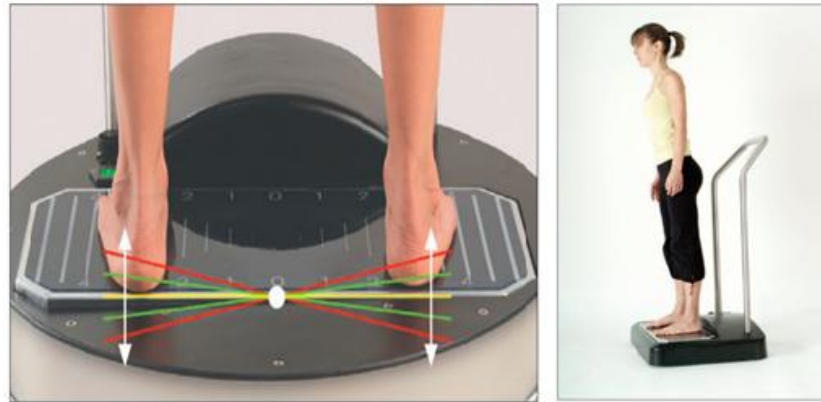
### ***c) Posición de partida fundamental (PPF)***

Cambiar la postura en la plataforma de VCC tiene profundos efectos sobre cómo se transmite la vibración en nuestro cuerpo. Por ejemplo, estar de pie con las piernas rígidas minimiza la disipación de energía en los músculos de las piernas y maximiza la vibración en el tronco, posiblemente hasta la cabeza<sup>2</sup>. Una postura agachada reducirá la transmisión de vibraciones y la energía de vibración se concentrará en los músculos de la caña al levantar los talones de la plataforma de vibración. Además, la selección de la postura también puede ayudar a estirar previamente ciertas regiones de nuestro cuerpo. Dado que la tensión previa es necesaria para transferir la vibración a los grupos de músculos deseados, la selección de la postura adecuada es esencial para el entrenamiento dirigido a objetivos. <sup>1,8,9</sup>

El inicio de la terapia tiene lugar en la partida fundamental (Fig. 17). En esta posición, el paciente aprende a experimentar la sensación de vibración y a entender cómo enfocar su efecto<sup>1,2,8,9,10</sup>

1. Pies paralelos sobre la plataforma de ejercicios.
2. Simetría bilateral.
3. Separación de un pie de ancho con contacto uniforme de la suela.
4. Las puntas de los pies se giran ligeramente hacia afuera (aproximadamente 7 °) de manera similar a caminar.
5. Las rodillas y las caderas están ligeramente dobladas.

*Pautas:* Calcetines o zapatos antideslizantes; Utilizar zapatos con suelas finas y duras, que deben ser evaluadas por el paciente y el terapeuta, no utilizar calzado deportivo con suela acolchada o blanda, ya que estas absorben la vibración. Es especialmente importante estar atento a las ampollas en personas con diabetes y / o alteraciones sensoriales.<sup>1</sup>



A.

B.

**Figura 17.** Posición de partida fundamental A) y B). Fuente: Hinman M. Using Whole Body Vibration IN Physical Therapy AND Sport. Elsevier: China; 2010

### 5.3 Pautas de la terapia de VCC:

#### 1) *Calentamiento y familiarización con el dispositivo*

Se recomiendan ejercicios de calentamiento al comienzo de cada sesión de terapia de entrenamiento<sup>1,8,9</sup> (Tabla 3)

Frecuencia	5-12 Hz aumentando de 18 a 40Hz
Posición de pies	Paralelos
Duración de calentamiento	Un minuto en frecuencias bajas subiendo a 2 min hasta 3 min; dependiendo de la frecuencia de "comodidad ".

**Tabla 3.** Ejemplo de pautas de habituación y calentamiento con VCC. Fuente: Hinman M. Using Whole Body Vibration IN

### ***Variables técnicas clave de los equipos de VCC*** <sup>1,2,8,9,10</sup>

1. Tiempo de un ciclo. Dependiendo del tipo de equipo utilizado; empezando en el punto medio (equilibrio), el tiempo que tarda un extremo en bajar al suelo, volver a través del equilibrio a su punto más alto y volver al medio (equilibrio), es el tiempo transcurrido para un ciclo.
2. La frecuencia es el número de veces que se puede dar cada ciclo en un segundo.
3. El desplazamiento es el tamaño total del movimiento verticalmente, de arriba hacia abajo.
4. La aceleración máxima es el término utilizado para describir el nivel de vibración. Esto se puede proporcionar utilizando la unidad de  $\text{ms}^{-2}$ . La aceleración designada al nivel del mar de la superficie terrestre es de  $9,81 \text{ ms}^{-2}$ , y esto también se conoce como 1g. Comúnmente, se utiliza una 'g' como punto de referencia, donde 2g es el doble de la aceleración máxima de la superficie terrestre al nivel del mar ( $2 \times 9,81 \text{ ms}^{-2}$ ) y 3g es tres veces la aceleración máxima de la superficie terrestre al nivel del mar. Las plataformas que proporcionan vibración a través de toda la plataforma que se mueve hacia arriba y hacia abajo proporcionarán un desplazamiento constante de pico a pico D, mientras que D variará en otras plataformas y depende de la distancia del pie desde el eje.

Un ejemplo de las acciones iniciales sería seleccionar <sup>1</sup>:

1. Frecuencia de estimulación: inicialmente 5–12 Hz, luego aumentada a 18– 40 Hz.
2. Posicionamiento de los pies: paralelos
3. Posición del cuerpo: las rodillas y las caderas se doblan suavemente en posición relajada.
4. Duración del entrenamiento: por ejemplo, 1 min de baja frecuencia, luego 1 min de alta frecuencia, 3 min de regreso a baja frecuencia.

La familiarización con el dispositivo de entrenamiento se puede lograr en aproximadamente 1 minuto con una frecuencia lenta (5-12 Hz), subjetivamente cómoda. Los objetivos del calentamiento son la adaptación al tratamiento vibratorio, familiarización con el aparato, equilibrio, propiocepción corporal, postura y reacciones individualizadas del paciente.



Objetivos de observación (Tabla 4)<sup>1,2</sup>.

<b>Preparación antes de la terapia e inicio del ejercicio</b>	<b>Durante la terapia</b>
<p>Instrucciones claras al paciente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Breve explicación de las tres variables principales al cliente.</li> <li>• Colocación del pie.</li> <li>• Postura corporal (tobillo, rodilla, cadera y tronco).</li> <li>• Frecuencia de aparatos.</li> <li>• Pedir se informe cualquier evento inusual.</li> <li>• Informe al paciente que la VCC puede estimular la vejiga y que debe vaciar la vejiga antes del entrenamiento.</li> <li>• Mencione que con el ejercicio prolongado puede producirse picor. Este es un signo deseable y esperado de aumento de la circulación y un efecto sobre las hormonas de los tejidos blandos.</li> <li>• Cuestionar específicamente la lista de contraindicaciones y documentarla lista de verificación de aclaraciones.</li> </ul>	<p>Orientación al paciente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brindar apoyo para las manos solo cuando sea necesario.</li> <li>• Observe y dé instrucciones verbales, así como use un contacto leve con el paciente.</li> <li>• Tenga descansos dependiendo de las reacciones individuales.</li> <li>• Entrenamiento progresivo durante días y semanas con incrementos graduales de duración y fuerza.</li> </ul> <p>Observa la reacción del paciente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Color de piel.</li> <li>• Pulso.</li> <li>• Posiblemente presión arterial.</li> <li>• Movimientos repentinos y cambios posturales.</li> </ul> <p>Informe / comentarios del paciente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar reacciones verbales y espontáneas.</li> <li>• No utilice preguntas capciosas.</li> <li>• Solo después de un cuestionamiento generalizado ("¿Cómo estuvo?") Debe hacer preguntas más específicas (por ejemplo, dolor).</li> <li>• Mareos, alteraciones visuales.</li> </ul>

**Tabla 4.** Pautas de observaciones antes y durante la terapia con VCC. Fuente: Hinman M. Using Whole Body Vibration IN Physical Therapy AND Sport. Elsevier: China; 2010

## 2) Entrenamiento muscular (Tabla 5)

Estiramiento	Equilibrio	Fuerza	Potencia
<p>El objetivo es estirar para mejorar la elasticidad y el rango de movimiento de las articulaciones.</p>	<p>El objetivo es la estabilidad mejorada, en particular para el equilibrio lateral en los tobillos.</p>	<p>El objetivo es mejorar la fuerza y la masa muscular.</p>	<p>El objetivo es aumentar la potencia muscular de la musculatura proximal y la musculatura espinal.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variar la posición de la rodilla entre posiciones extendidas y ligeramente dobladas.</li> <li>• Frecuencia: 10-18 Hz, "frecuencia de oscilación" subjetivamente cómoda (varía con la postura del individuo y, por tanto, la frecuencia de resonancia).</li> <li>• Tiempo / duración: alcance lentamente la posición final hasta que se sienta un estiramiento significativo; mantener esta posición durante 10–30 s y luego volver a la posición inicial. Dos o tres repeticiones. Repetir cada ejercicio durante 1 a 2 minutos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia: 5–12 Hz: cuanto menor es la frecuencia, más difícil es el ejercicio (varía según el paciente y la postura).</li> <li>• Tiempo: Cada ejercicio debe realizarse durante 1 a 2 minutos, son posibles varias repeticiones de cada ejercicio, varias veces al día.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progresión: adición de pesos de hasta el 50% del peso corporal. Ejercicios personalizados.</li> <li>• Aumentar pesos cuando se puedan alcanzar más de 12 repeticiones en un tiempo determinado o bien variar la base de apoyo.</li> <li>• Frecuencia: de 25 a 40 Hz (varía con el dispositivo de entrenamiento).</li> <li>• Tiempo / duración: Hasta el punto de fatiga de la musculatura.</li> <li>• El número de series y repeticiones de estos ejercicios debe basarse en lo que es la práctica estándar en el entrenamiento con pesas. Se recomienda un descanso de 48 horas entre sesiones de entrenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta frecuencia: 18-27 Hz.</li> <li>• Duración: dos o tres veces durante 2 min, con una pausa de 1 min caminando.</li> <li>• Gran amplitud.</li> <li>• Sentadillas profundas a 90°. Los talones deben permanecer en la plataforma vibratoria: postura amplia con gran amplitud; pequeño movimiento hacia arriba y hacia abajo lo más profundo posible.</li> </ul>

**Tabla 5.** Ejemplo de entrenamiento muscular con VCC. Elaboración propia. Fuente: Hinman M. Using Whole Body Vibration IN Physical Therapy AND Sport. Elsevier: China; 2010

### **3) Métodos combinados**

Los estímulos de vibración se pueden realizar solo como VCC o en combinación con otras terapias / métodos de entrenamiento (es decir, antes del entrenamiento convencional como un calentamiento, entre series como un entrenamiento complejo y / u otra gran opción es después de los entrenamientos como un enfriamiento para mejorar la recuperación) <sup>2</sup>

#### **VCC y Entrenamiento de resistencia**

Se cuenta con información sobre el entrenamiento de resistencia convencional progresivo de alta intensidad comparado con mismo régimen de entrenamiento más resistencia con frecuencias de vibración progresivamente crecientes <sup>2</sup>. Los resultados mostraron que la elevación adicional observada inicialmente en la actividad de la unidad motora en comparación con el ejercicio de resistencia no se pudo preservar después de 6 semanas de entrenamiento. Los datos sugieren que se obtuvo un beneficio significativo al agregar estímulos de vibración a un protocolo de entrenamiento de resistencia. <sup>25,26</sup>

#### **VCC y Electroestimulación**

Se ha estudiado que la aplicación simultánea de VCC y electroestimulación produjo un aumento general mayor en la velocidad sanguínea media y la velocidad sanguínea máxima de la arteria poplítea y la temperatura superficial que la aplicación de cada método solo o consecutivo <sup>2</sup>. Este nuevo método basado en terapias combinadas puede producir adaptaciones estructurales y / o funcionales en el músculo esquelético y las arterias periféricas después de intervenciones crónicas. <sup>29</sup>

#### **Otros métodos de combinación futuros con vibración**

La VCC con estimulación transcraneal de corriente continua (tDCS). La técnica tDCS proporciona una forma no invasiva y segura de modular la actividad neuronal y provocar cambios neuroplásticos, que se ha demostrado predominantemente en la corteza motora humana, como la corteza motora primaria. Así también se ha establecido que la VCC con imágenes motoras (MI) mejora el rendimiento y el aprendizaje motores de manera eficiente. Tanto el VCC como el MI desencadenan la activación de los mecanismos neurocognitivos que subyacen a la planificación y ejecución de los movimientos voluntarios

de una manera que se asemeja a cómo se realiza la acción de manera real. En consecuencia, esta combinación podría proporcionar múltiples oportunidades beneficiosas para efectos sinérgicos. <sup>2</sup>

### ***Ejercicio físico y VCC en adultos mayores***

El envejecimiento implica una serie de cambios morfológicos y fisiológicos en todos los tejidos, su conocimiento permite comprender las diferencias fisiopatológicas del adulto mayor. El músculo esquelético sufre importantes cambios en relación con la edad: disminuye su masa, es infiltrado con grasa y tejido conectivo, hay una disminución especialmente significativa de las fibras tipo 2, disminución de las unidades motoras, y disminución del flujo sanguíneo. A la pérdida de masa y función muscular asociada a la edad se le conoce como sarcopenia, causa una disminución en la fuerza y la capacidad de ejercicio. En conjunto, todos estos cambios convergen con el síndrome de fragilidad. La fragilidad se entiende como el deterioro acumulativo en múltiples sistemas fisiológicos. Todos estos cambios se traducen en una menor capacidad del músculo para generar fuerza.

El ejercicio y las actividades físicas habituales son el único enfoque terapéutico probado contra el deterioro neuromuscular y esquelético relacionado con la edad en los seres humanos. Además, existen cambios comunes de estilo de vida en las personas mayores, que reducen la actividad física habitual, como disminución de la competencia cognitiva y volitiva, depresión, ansiedad, dolor, disminución del nivel de energía, cumplimiento de la misión de la vida personal, entre otros. Como resultado general, el cumplimiento de los niveles recomendados de actividad física disminuye con la edad, lo que agrava los factores fisiológicos del envejecimiento y los efectos relacionados con la enfermedad. <sup>21,22,25</sup>

Para abordar eficazmente el proceso de envejecimiento, el ejercicio debe ser un hábito de por vida. Por lo tanto, en un primer paso, es distinguir las modalidades de entrenamiento orientadas a la resistencia de un grupo de otros dominios neuromusculares como la fuerza, poder, flexibilidad y coordinación. La base fisiológica de esta diferenciación es principalmente la cantidad de oxígeno requerida y, en segundo lugar, los mecanismos fisiológicos, como los diferentes tipos de fibras musculares, la diferencia entre las fibras de contracción rápida y contracción lenta y su sincronización exacta, que requieren diferentes regímenes de entrenamiento. <sup>15,18, 21,26,28</sup>

El ejercicio aeróbico, como caminar o andar en bicicleta, puede aumentar la resistencia y abordar las funciones cardíacas y pulmonares, los parámetros metabólicos y la circulación y el endotelio de los vasos sanguíneos, mientras que el entrenamiento de resistencia tiene como objetivo aumentar la masa muscular, fuerza y masa muscular y en la mejora del rendimiento como la velocidad de la marcha y el tiempo de estar sentado. Otros objetivos, que se abordan con el ejercicio

físico, son el equilibrio y el riesgo de caídas y fracturas, la osteoporosis, la aterosclerosis, la hiperlipidemia, la diabetes mellitus y la hipertensión, incluyendo así el riesgo de ictus y de enfermedad cardíaca.<sup>2,6,20,36,37</sup>

El campo de la rehabilitación contempla programas multidisciplinares con la finalidad de mejorar la función física, en el caso del adulto mayor; prevenir enfermedades, promover el ejercicio en beneficio de mejorar funcionalidad, disminuir la dependencia y aumentar la calidad de vida <sup>18</sup>. En los últimos años la VCC ha cobrado popularidad ya que existe una fuerte evidencia de la efectividad en adultos mayores que se han sometido a distintos programas de intervención de ejercicios de fuerza y equilibrio; las dosis y la intensidad pueden variar. Estos programas pueden ser efectivos para personas mayores de 60 años, pero es posible que las personas mayores más frágiles no los manejen. Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de enfoques adicionales para reducir la movilidad funcional y el deterioro del equilibrio en las personas mayores frágiles.  
<sup>1,2,22,37</sup>

Las adaptaciones funcionales y morfológicas beneficiosas observadas tras la aplicación de vibraciones mecánicas adecuadamente ajustadas animaron a los investigadores a incluir estas vibraciones en la fisioterapia y el proceso de rehabilitación. <sup>18,38</sup>

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de envejecimiento se asocia con cambios físicos, mentales y sociales que pueden repercutir sobre la capacidad funcional de la persona mayor; ocasionan pérdida de autonomía y la aparición de dependencia; están asociados a enfermedades cardiovasculares y enfermedades que limitan a nivel físico y psicológico la calidad de vida de las personas mayores.

La OMS define, al adulto mayor como cualquier persona, sea hombre o mujer que sobrepase los 60 años. La problemática actual nos dice que en los últimos años se ha visto un incremento porcentual; se espera que para el 2050 el total de adultos mayores sea del 22% en todo el mundo<sup>23, 44</sup>. En México hasta el 2020, según el INEGI la población adulta mayor representa el 12% de la población y se proyecta que para el año del 2050 incremente a ser 33.4 millones de personas mayores en términos absolutos. La discapacidad en México representa poco más de la mitad, un 52.4% de la población de adultos mayores, 6 de cada 10 personas mayores presentan alguna limitación, mientras que casi 4 tienen alguna discapacidad.<sup>56</sup>

Conociendo las cifras del proceso de envejecimiento demográfico, se enfrenta una importante demanda en los servicios de salud. La rehabilitación tiene un papel importante en los cuidados integrales del adulto mayor y se tiene la necesidad de buscar herramientas que permitan abordar las limitantes del envejecimiento aportando resultados favorables.

El uso de las máquinas vibratorias se ha ido extendiendo en centros de entrenamiento físico, son una herramienta que podría ser implementada en rehabilitación. Está documentado que la vibración de todo el cuerpo comenzó a utilizarse a finales de 1800. En 1960, Rusia lo introdujo la estimulación neuromuscular rítmica y el programa espacial ruso extendió el uso de máquinas de vibración corporal. Científicos alemanes usaron también la vibración dentro del campo de la salud para mejorar la flexibilidad de las personas. La inclusión más reciente de la VCC como una forma de entrenamiento partió desde que Carmelo Bosco, fisiólogo italiano ideó la moderna máquina de vibración como una plataforma permitiendo la facilidad de acceder de forma particular o en centros de entrenamiento.<sup>42,43</sup>

Actualmente la introducción de una terapia con plataforma de VCC no es por todos conocida, ni está al alcance de toda la población. La falta de investigación que apoye la evidencia sobre los beneficios, estudios sesgados, falta de financiación y deficiencia de los conocimientos sobre los efectos generalizados de la vibración; tienen limitado el uso de las plataformas de VCC. Es importante mencionar que se requiere habilidad y capacitación para usar un equipo de vibración; existen distintos parámetros a considerar: costo, tipo de plataforma, rendimiento, durabilidad, capacidad de reparación, refacciones y la capacitación necesaria para su buen funcionamiento y seguridad.<sup>1,2</sup>

En geriatría, la vibración de VCC podría tener las siguientes ventajas: requiere menor tiempo que el entrenamiento habitual, puede instruirse fácilmente el ejercicio, se abordan los principales componentes de entrenamiento: calentamiento, fortalecimiento, equilibrio, flexibilidad y potencia. El adulto mayor ha llegado a manifestar que el uso de plataformas de vibración es una experiencia nueva y gratificante; pero también otros usuarios y cuidadores han declarado que adquirir un aparato de VCC es costoso, la sensación vibratoria es desagradable, desconfían o desconocen su funcionamiento.<sup>1</sup>

Por todo lo anterior es de vital importancia entender la problemática mundial sobre la población de adultos mayores y la proyección a futuro, para concientizar la necesidad de prevenir y tratar las limitantes que aborda el proceso de envejecimiento a través de la fisioterapia, a fin de conseguir un envejecimiento exitoso. El uso de dispositivos de VCC con fines terapéuticos en las personas mayores tiene potencial para ser utilizada ampliamente como una modalidad de ejercicio eficaz y segura, sin embargo, es necesario precisar los beneficios y limitantes de la misma.

## JUSTIFICACIÓN

Sabemos que la mejor estrategia en la atención al adulto mayor es prevenir el deterioro de la función, para lo cual cada vez se investigan más y mejores herramientas que ayuden al profesional de la salud a ofrecer una alternativa de prevención, cuidado y tratamiento de la discapacidad. La fisioterapia hoy en día se vale de la combinación de conocimientos de biomecánica y función del cuerpo humano. El uso de herramientas tecnológicas; a medida que se van estudiando, van sumando beneficios aplicados a la recuperación de la función siendo fundamental en la rehabilitación geriátrica.<sup>9</sup>

El ejercicio físico es importante para el manejo de condiciones clínicas indeseables debido a la edad, la VCC podría ser una intervención importante por su eficacia y seguridad, se han estudiado los efectos de la VCC destacando el aumento de masa, fuerza muscular, masa ósea, flexibilidad y potencia; más aún en poblaciones más vulnerables como adultos mayores con fragilidad, sarcopenia, hospitalizados, en residencias y por tanto sin la posibilidad de un entrenamiento deseable para evitar o prevenir la dependencia funcional.

El uso de las plataformas de vibración puede también ayudar a reducir costos disminuyendo la necesidad de depender de servicios de hospitalización, insumos médicos, la polifarmacia, rentas de equipo o bien el costo de cuidadores particulares; todos ellos producto de la independencia y otros trastornos crónicos relacionados con la edad.

Tras dos décadas de investigación y una más de aplicación clínica, ejercicio vibratorio ha ido colocándose como una novedosa forma de entrenamiento físico, habiendo conocido sus beneficios a lo largo de este tiempo nos obliga incluirla como una forma de entrenamiento terapéutico. Así la vibración se puede consolidar como una opción para las personas que no puedan realizar un ejercicio físico tradicional que, aunque deseable, su condición y circunstancias no se los permite.

Debido a la importancia de integrar el ejercicio con vibración como una forma de intervención terapéutica; esta revisión puede aportar información aplicable al campo clínico en el que se implemente como instrumento de rehabilitación. En conjunto, se busca una alternativa en base a la versatilidad para usar, adquirir y aprovechar los beneficios de las plataformas de VCC para que sean incorporados y promovidos en el campo de la fisioterapia en función de mejorar la



## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son los efectos de la vibración de cuerpo completo sobre el incremento de fuerza durante el entrenamiento muscular del Adulto Mayor?

## **OBJETIVO**

Conocer los efectos de la vibración de cuerpo completo sobre el incremento de fuerza durante el entrenamiento muscular del adulto mayor.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir el funcionamiento y características de la plataforma vibratoria en los adultos mayores.
2. Reportar los resultados de fuerza muscular de la vibración de cuerpo entero en el adulto mayor.
3. Describir las características epidemiológicas y clínicas de la población adulta mayor entrenada con vibración de cuerpo completo

## **MEDOTOLOGÍA**

## **CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD**

### **Criterios de inclusión:**

- Adultos mayores de 60 años clínicamente sanos o con algun tipo de patología.
- Idioma: español o inglés
- Periodo: 2014 a 2021

- Registros donde la intervención sea mediante VCC
- Que dentro de las variables de medición sea valorada la fuerza muscular.
- Ensayos clínicos aleatorizados y ensayos clínicos.

### **Criterios de exclusión:**

- Registros localizados en capítulos de libros, otras revisiones sistemáticas, metaanálisis, revisiones bibliográficas.
- Artículos duplicados o registros que no sean rescatables.
- Artículos en los cuales el tipo de vibroterapia no es Vibración de Cuerpo Completo
- Artículos que no describan los parámetros de dosificación.

### **FUENTES DE INFORMACIÓN**

Se utilizaron las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, Sciencedirect y Biblioteca Cochrane en el periodo comprendido de julio a octubre del 2021.

### **BÚSQUEDA**

Se realizó la búsqueda bibliográfica mediante el uso de palabras clave, términos Mesh y términos libres, combinados con operadores booleanos: “age “ (mesh) “older adults” **OR** “ederly” **OR** “ederly adults” **OR** “old” **AND** “muscle training “(mesh) **OR** “muscular strength” **OR** “treatment outcome” (mesh) **OR** “muscle training”(mesh) **OR** “efectiveness” **OR** “rehabilitation outcome” **AND** “Full body vibration” **OR** “Whole body vibration. (tabla 6)

<b>Sujeto de Estudio</b>	<b>Intervención</b>	<b>Resultado</b>
Age (mesh)	Full body vibration (termino libre)	Mucle training(mesh)
Older adults	Whole body vibration (termino libre )	Muscular strength
Ederly		Treatment ocutcome (mesh)
Ederly adults		Muscle training
Old		Effectiveness
		Rehabilitación outcome

Tabla 6. Palabras clave ,términos Mesh.

### ***Estrategia de búsqueda por base de datos ( Tablas 7,8,9,10)***

Aged <b>OR</b> Frail ederly	<b>AND</b>	Muscle strenght <b>OR</b> Treatment outcome	<b>AND</b>	Full body vibration <b>OR</b> Whole body vibration (Términos libres )
Subheadings: rehabilitation, therapy, therapeutic use Delimitado a 2014 a 2021 Tipo de estudio: estudio clínico, artículo de revista, ensayo controlado				

Tabla 7. Estrategia de búsqueda para Pubmed

Aged <b>OR</b> ederly adults	<b>AND</b>	Muscle strength <b>OR</b> muscle training	<b>AND</b>	Full body vibration <b>OR</b> Whole body vibration
Delimitado a 2014 a 2021 Área: Medicina, enfermería, profesionales de la salud. Tipo de estudio: estudio clínico, artículo de revista, ensayo controlado.				

Tabla 8. Estrategia de búsqueda para Scopus

Aged <b>OR</b> old <b>OR</b> ederly	<b>AND</b>	Muscle strength <b>OR</b> muscle training	<b>AND</b>	Whole body vibration <b>OR</b> treatment <b>OR</b> outcome
Delimitado a 2014 a 2021 Tipo de estudio: artículo de investigación.				

Tabla 9. Estrategia de búsqueda para Sciencedirect

Aged	<b>AND</b>	Muscle Strengt	<b>AND</b>	Whole body vibration
Delimitado a 2014 a 2021 Título, resumen, palabra clave Tipo de estudio: ensayo.				

Tabla 10. Estrategia de búsqueda para la Biblioteca Cochrane.

## SELECCIÓN DE ESTUDIOS

Por cada base de datos, se tomaron en cuenta tres parámetros: fecha, palabra clave y términos de búsqueda utilizando una lista detallada de combinaciones.

El proceso de selección de artículos constó de los siguientes filtros: como primera acción, se desplegó electrónicamente todos aquellos artículos científicos de interés, éstos se guardaron en una bitácora como hoja de cálculo; los artículos duplicados fueron eliminados manualmente. Posteriormente se dio lectura al título de cada publicación de tal manera que se eligieron se todos aquellos registros de interés abriendo una nueva hoja de cálculo para la siguiente selección. Una vez que se leyó el resumen sólo se mantuvieron los artículos que cumplían con los criterios de elegibilidad y que pudieron ser recuperados para la descarga íntegra del texto. Por último, se realizó una lectura completa de las publicaciones y se procedió a su impresión para el análisis.

## PROCESO DE EXTRACCIÓN DE DATOS

De la información general de cada artículo se extrajeron: el autor y el año. En cuanto a la población de estudio se registraron las siguientes características: a) características de los participantes (edad, la patología), b) número de participantes por grupo de intervención, c) número de participantes que no concluyó con el estudio ( en caso de que hubiese).

Para la intervención se incluyó lo siguiente: a) tipo de dispositivo (plataforma) de VCC y parámetros utilizados (frecuencia, amplitud, gravedad y el protocolo de entrenamiento por grupo, que a su vez incluía la postura del paciente, el tiempo de entrenamiento, descansos, sesiones y periodos de evaluación).

A partir de los resultados se registró la evaluación de la fuerza muscular y funcional. Los parámetros medidos los presentaron en general como: prueba de fuerza muscular isocinética e isométrica, índice de masa muscular, fuerza de prensión, fuerza de agarre, extensión voluntaria máxima muscular, electromiografía, fuerza de extensión y flexión máxima, trabajo, potencia. Los Parámetros de fuerza funcional que se registraron: prueba TUG, SPPB, velocidad de la marcha, soporte en silla, caminata 10 metros, caminata 6 minutos, prueba pararse y sentarse 5 veces, pararse en 1 pie, altura de salto, prueba sentarse y pararse 30 segundos, estabilidad postural. También se registró la aplicación de escalas de calidad de vida como son el Índice de Barthel y EuroQolcon. Estas medidas fueron evaluadas en base al efecto producido por VCC reportando el nivel de significancia estadística (p).

## LISTA DE DATOS

- *Sujeto de estudio:* adulto mayor de 60 años clínicamente sano o con algún tipo de patología.
- *Intervención:* entrenamiento muscular utilizando dispositivo de vibración en cuerpo completo con los siguientes parámetros: frecuencia, amplitud, gravedad y protocolo de dosificación.
- *Resultados:* Evaluación de fuerza muscular y/o fuerza funcional.

Fuerza muscular: capacidad muscular de generar una contracción y vencer una resistencia.

Parámetros de fuerza muscular reportados:

- Fuerza muscular isocinética: fuerza muscular ejercida dinámicamente en un rango de movimiento determinado a una velocidad constante. Se utiliza un dinamómetro isocinético. Se estudian también los siguientes parámetros a) torque máximo: resultado del esfuerzo multiplicado por la distancia (NM) Newton-metro, b) Trabajo muscular: fuerza ejercida por distancia del desplazamiento expresado en Joule (J), gráficamente es el área bajo la curva del torque y c) Potencia: trabajo producido por tiempo empleado en watts (W).

- Fuerza muscular isométrica: fuerza muscular ejercida por un músculo sin variar de longitud. Se utiliza un dinamómetro. Se obtiene un torque máximo estático
- Fuerza de prensión: fuerza de prensión manual resultado de la flexión forzada de todas las articulaciones de los dedos. En su valoración se utiliza la dinamometría isométrica, el paciente mantiene al menos tres segundos la contracción.
- Electromiografía de superficie: Detecta actividad eléctrica del músculo en reposo o activo (contracción voluntaria máxima y estática) generada al paso del impulso nervioso.
- 1RM: prueba en la cual se realiza el máximo trabajo ejecutado en un ejercicio concreto únicamente en una repetición.
- Contracción voluntaria máxima por interpolación de contracción: técnica que implica la estimulación eléctrica del nervio muscular con un solo pulso durante la contracción voluntaria máxima para provocar un incremento de fuerza. No es invasiva y detecta los cambios inducidos por el entrenamiento en la actividad voluntaria.
- Índice Masa Musculoesquelética: Porcentaje de masa muscular en relación con el peso corporal ( peso total de la masa muscular/ peso corporalx100).

Fuerza funcional: La medición de las capacidades funcionales: de ejecutar, de manera autónoma, aquellas acciones más o menos complejas que componen nuestro quehacer cotidiano de una manera deseada en el ámbito individual y social. El grado de condición del que dispone un sujeto determina su capacidad para desenvolverse con autonomía.

Parámetros de fuerza funcional reportados:

- Timed up and go (TUG): prueba que consiste en levantarse de una silla estándar sin apoyar los brazos, y de 0.47 m de altura, para luego caminar a una velocidad natural a 3 m de distancia, girar y volver a sentarse en la misma silla. Valora riesgo de caídas, fuerza en extremidades inferiores y equilibrio al girar.
- Prueba de rendimiento físico “Physical Performance battery” (SPPB): consta de tres partes: valoración del equilibrio, valoración de marcha en 4 m y prueba de levantarse y sentarse en silla. Según la sumatoria obtenida de las tres pruebas se identificará a la persona con limitación grave (0 a 4 puntos), moderada (4 a 6 puntos) y limitación mínima (10 a 12 puntos). La prueba valora el grado de fragilidad y riesgo de discapacidad en personas adultas mayores a través de su desempeño funcional. La puntuación tiene correlación directa con la calidad de vida y con la prevalencia de las caídas en adultos mayores.
- Velocidad de la marcha: se mide el tiempo en segundos que demora el paciente en recorrer 10 m en línea recta, < 1 m/seg ( ≥ 4 seg en total) predice riesgo de deterioro funcional y < 0.8 m/seg ( ≥ 5 seg en total) e indica disminución de desempeño funcional.

- Prueba de caminata 6 m: se mide el tiempo en segundos que demora el paciente en caminar 6 m entre dos líneas paralelas de 30 cm marcadas en el piso. Evalúa función física y equilibrio dinámico
- Caminata 6 min: número de metros que puede caminar el paciente y evalúa la capacidad aeróbica.
- Prueba pararse y sentarse 5 veces: se mide el tiempo en segundos que demora el paciente en sentarse y levantarse 5 veces evaluando la fuerza funcional y riesgo de caída.
- Test de estabilidad postural unipodal: el paciente debe mantenerse el mayor tiempo posible apoyado en una sola de sus extremidades inferiores con los brazos a los costados del tronco. Se mide el tiempo en que se mantiene la posición y cuantifica la capacidad de mantener el equilibrio estático.
- Salto contramovimiento en plataforma de fuerza: se registra tiempo de vuelo y trazo de fuera en salto vertical en una plataforma. Se comienza desde posición extendida hasta la flexión de rodilla seguida de la tensión muscular concéntrica. Evalúa la potencia muscular.
- Pararse y sentarse 30 segundos: número de levantadas completas que pueden realizar con los brazos cruzados por delante del pecho durante 30 segundos, el sujeto parte desde la posición de sentado. Valora la fuerza-resistencia de los músculos extensores de las rodillas y las caderas, responsables de fallos al andar y de las caídas.
- Estabilidad postural con plataforma: mide la estabilidad bípida de forma cuantitativa con base en la posición del centro de gravedad de la persona determinado por la distribución de presiones plantares sobre una plataforma. Valora el equilibrio, permite analizar el control postural y su relación con la estabilidad en bípido.
- Levantarse, caminar y sentarse: número de segundos empleados para levantarse desde una posición de sentado, caminar 2,50 m, girar alrededor de una señal y regresar hasta sentarse de nuevo. Evalúa el equilibrio dinámico y la destreza, que son factores importantes en tareas que requieren maniobras rápidas.

## **CALIDAD METODOLÓGICA**

Para la evaluación de la calidad metodológica se utilizó la escala PEDro (Physiotherapy Evidence Database) que valora la calidad de los ensayos clínicos aleatorizados. PEDro se fundamenta en 10 criterios de evaluación interna con una escala de 1 a 11 ítems, haciendo referencia el primero a su validez externa dando como resultado 10 valores absolutos (del ítem 2 al 11). Después de la revisión de la metodología de los artículos se registró la puntuación final (tabla 12).

## RESULTADOS

Con el objetivo de reportar los efectos del entrenamiento de VCC en la fuerza muscular se seleccionaron 11 artículos potencialmente relevantes incluyendo en total 532 participantes, de los cuales 235 adultos mayores se sometieron al entrenamiento de VCC, siendo que los 297 restantes recibieron un entrenamiento sin vibración o bien sin intervención alguna.

La *población* de adultos mayores estudiada tuvo las siguientes características: 122 padecían osteoartritis de rodilla, 117 con fragilidad, 34 osteopenia /osteoporosis y 97 con sarcopenia. Clínicamente sanos fueron 132 adultos mayores. El 12.78 % de los participantes no completaron el estudio.

*Resultados* del total de once publicaciones analizadas:

- *Aleatoriedad*: 10 estudios comparativos con selección aleatoria. Un solo registro con un diseño cuasiexperimental preprueba posprueba de un grupo único, sin procedimiento de asignación aleatoria.
- *Descripción del entrenamiento*: Todas las publicaciones describieron el equipo de entrenamiento de VCC (plataforma), fabricante, parámetros de entrenamiento (frecuencia, amplitud y protocolo de entrenamiento).
- *Tipo de plataforma utilizada*: de los estudios realizados ocho utilizaron plataforma de tipo vertical, tres con lateral oscilante.
- *Tiempo de intervención*: se considera variable pues dos artículos estudiaron los efectos en una sola sesión, mientras que un artículo con cuatro semanas y otro más con seis; tres artículos reportaron efectos en ocho semanas, otros tres en doce semanas y solo un artículo reportó los efectos en dieciséis semanas de entrenamiento.
- *Parámetros de fuerza muscular*: 6 publicaciones presentaron la prueba de fuerza muscular isocinética siendo el parámetro de fuerza muscular más utilizado. Un par de estudios reportaron fuerza de agarre manual y las siguientes pruebas: índice de masa musculoesquelética (IME), extensión voluntaria máxima muscular, electromiografía, trabajo y potencia fueron reportadas en un artículo cada una.
- *Parámetros de fuerza funcional*: 5 estudios incluyeron la prueba TUG, 2 estudios la caminata 6 minutos. Las siguientes pruebas fueron presentadas en una publicación cada una: la prueba SPPB, velocidad de la

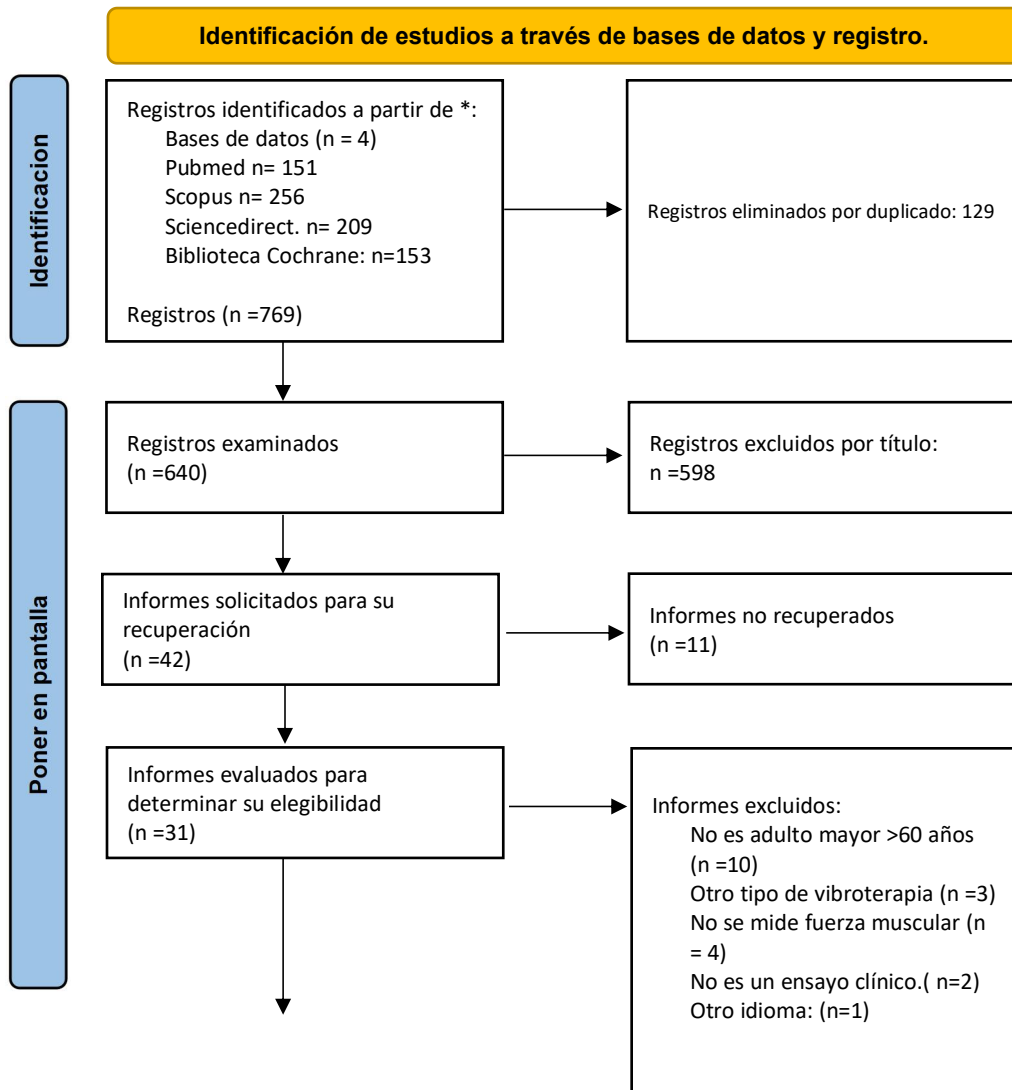
marcha, marcha paralela, soporte en silla, caminata 10 metros, prueba pararse y sentarse 5 veces, pararse en 1 pie, altura de salto, prueba sentarse y pararse 30 segundos, prueba pararse de silla caminar 2.5 m y sentarse y la estabilidad postural.

- Un artículo reportó también escalas de calidad de vida como EuroQol y dos más el Índice de Barthel.
- Un estudio incluyó el cuestionario de estado de salud general con una encuesta de 63 elementos (SF-36).

## SELECCIÓN DE ESTUDIOS

La búsqueda inicial arrojó 760 registros de los cuales corresponden: 151 a Pubmed, 256 a Scopus, 209 a sciencedirect y 153 a Biblioteca Cochrane. Después de eliminar 129 duplicados se examinaron 640 artículos siendo 598 registros con títulos no relevantes; de los 42 informes seleccionados se excluyeron 11 que no fue posible recuperar quedando un total de 31 artículos para finalmente ser eliminados 20, bajo los criterios de exclusión. Las 11 publicaciones resultantes se incluyeron en la revisión.

### DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA





Incluido

Estudios incluidos en la revisión  
(n =11)  
Informes de estudios incluidos  
(n =11)

## RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INDIVIDUALES

**Tabla 11 . Intervenciones de para VCC**

Autor / año	Participantes	Protocolo de intervención	Parámetros de intervención	P.M. de fuerza muscular	P.M. de fuerza funcional	Resultados encontrados
Lai, Lee, S Chen, Y, Wang L. (2021) <sup>45</sup>	<p>Población: adulto mayor con osteoartritis de rodilla. n=81</p> <p>Grupos: <b>GE1:</b> VCC y entrenamiento fuerza (n=22) <b>GE2:</b> Entrenamiento de fuerza sin vibración (n=23); <b>GC:</b> con educación para salud(n=21) n=17 abandonaron.</p>	<p><b>GE1:</b> Entrenamiento 3 días /semana, 8 semanas. Entrenamiento de sentadillas descalzos con rodillas dobladas 60 y 30°. El tiempo, las series y el tiempo se incrementaron progresivamente durante los 8 sem.</p> <p><b>GE2:</b> mismo protocolo sin vibración.</p> <p><b>Grupo Control.</b> sesión grupal de 1 hr/semana solo información educativa.</p> <p>*calentamiento 5 min y enfriamiento 5 min supervisado.</p> <p><i>Evaluación inicial y final después de 8 sem.</i></p>	<p><b>Dispositivo:</b> de vibración vertical (i-vib5050; sportplataform china</p> <p><b>Frecuencia: 20Hz</b></p> <p><b>Amplitud 2mm</b></p>	FMI	TUG, caminata de 6 min (antes y después) de la intervención.	Fuerza muscular isocinética: efecto significativo (p<0.01) de extensores y flexores de rodilla; trabajo máximo de extensores de rodilla del grupo de GE1 sobre GE2 (p<0.01).
Jo N. G, et al. (2021) <sup>46</sup>	<p>Población: adulto &gt; 65 años. n=40</p> <p>Grupos: <b>GE:</b> grupo con VCC (n=20) y <b>GC</b> control (n=20)</p>	<p><b>GE:</b> 20 min vibración después ejercicio de fortalecimiento 20 min, descanso 10 min. Fortalecimiento: sentadillas, remo, estocada frontal, hombros. 4 seg cada uno.</p> <p><b>Grupo Control</b> 20 min estiramientos, (10 movimientos 30 seg en total 5 min, repitiéndose 4 veces) en lugar de la plataforma, 20 min fortalecimiento, 10 min descanso.</p> <p><i>Evaluación inicial, postratamiento, seguimiento de 4 sem.</i></p>	<p><b>Dispositivo:</b> sW vc15 1450 mm sonicworld wonju corea vibsvionr verticales. Lateral oscilante</p> <p><b>Frecuencia 10Hz</b></p> <p><b>Amplitud: 5 mm</b></p>	FMI, Fuerza de agarre manual. IME	SPPB Formulario (SF-36) encuesta de estado de salud general.	Aumento torque pico medio y rendimiento físico de GE sobre GC. (p<0.001) Aumento significativo en fuerza de músculos de extremidades inferiores postratamiento potenciando el ejercicio de fortalecimiento.

Wadsworth, D., & Lark, S. (2020). <sup>47</sup>	<p>Población: adulto mayor con fragilidad.</p> <p>n=117</p> <p>Grupos: <b>GE1:</b> grupo con VCC (n=27), <b>GE2:</b> grupo con entrenamiento sin VCC (n=30) y <b>GC</b> (n=28)</p> <p>32 participantes no terminaron entrenamiento.</p>	<p><b>GE1:</b> ejercicio 3 veces por semana durante 16 semanas, para VCC flexión isométrica de rodilla 1 min en vibración, 1 min descanso durante 5 series; aumentando hasta 10 series de (1:1) y también se determinó ir aumentando hasta 26 Hz/4.0 mm a petición por los participantes</p> <p><b>GE2:</b> mismo entrenamiento que grupo VCC pero sin vibración.</p> <p><b>GC:</b> sin entrenamiento.</p> <p><i>Evaluación inicial, a las 8, 16 semanas de ejercicio; 3, 6 y 12 meses después del entrenamiento</i></p>	<p><b>Dispositivo:</b> galileo fitness control 0544, vertical.</p> <p><b>Frecuencia 6 – 26 Hz</b></p> <p><b>Amplitud: 2-4 mm</b></p>		<p>TUG, caminata 10m, marcha paralela 6 m, Índice de Barthel.</p>	<p>GE1: (% de cambio: 7.3% TUG, 14.9% caminata marcha paralela) comparado con GE2 y GC.</p> <p>Los efectos del tratamiento se mantuvieron evidentes 12 meses después de la intervención para marcha paralela y 6 meses para caminata 10 m.</p>
Lai, Z., Lee, S., Hu, X., & Wang, L. (2019). <sup>48</sup>	<p>Población: adulto mayor con osteoartritis de rodilla</p> <p>n=41</p> <p>Grupos: <b>GE:</b> VCC con entrenamiento de sentadillas. (n=21) <b>GC:</b> entrenamiento sentadillas. (n=20)</p>	<p><b>GE:</b> 3 días a la semana, 8 semanas; se realizó fortalecimiento de sentadillas descalzo, se utilizaron bandas theraband para evitar caídas, flexión de rodilla 30 y 60° sin varo. El tiempo de vibración/descanso (1:1) se iba incrementando a lo largo de las semanas pasando de 12 min a 39 min en total</p> <p><b>GC:</b> 3 días a la semana, 8 semanas, sentadillas estáticas, duración series, postura tiempo fue igual al grupo de investigación.</p> <p><i>8 semanas, evaluación antes y después de la intervención.</i></p>	<p><b>Dispositivo:</b> sport platform v5050, bodygreen china, vibración vertical.</p> <p><b>Frecuencia 20 Hz</b></p> <p><b>Amplitud 2mm.</b></p>	FMI	TUG, caminata 6 min.	<p>El Pico de torque de extensores de rodilla en GE 180°/s aumento significativamente (p&lt;0.046) en comparación con GC. El trabajo máximo de los extensores de rodilla y pico de torque de flexores de rodilla 180°/s (p&lt;0.125) fue significativo en GE sobre GC. Para las pruebas TUG y caminata 6 min, no hubo diferencias significativas entre el GE y el GC. (p&gt;0.05)</p>
Ramos L,	Población: adulto	<b>GE:</b> 30 seg de vibración, 30 seg de	<b>Dispositivo:</b> kikos	Fuerza de	TUG.	En la interacción

et al (2019). <sup>49</sup>	<p>mayor con osteopenia y/o osteoporosis (32 mujeres/34)</p> <p>n=34</p> <p>Grupos: <b>GE:</b> VCC baja frecuencia. (n=17) <b>GC:</b> caminata. (n=17)</p>	<p>descanso, 8 veces tiempo total 8 min. Descalzos cuclillas 40°, antepie y medio pie en contacto directo por uso de una plantilla de silicona.</p> <p><b>GC:</b> caminar descalzos espacio plano rectangular durante 20 min, velocidad de marcha cómoda.</p> <p>*Calentamiento y estiramientos previos: superior, inferior, cervical 2 series 30 seg. Rotación cabeza y hombros 30 seg para calentamiento. Una sola sesión de entrenamiento</p>	<p>p204-110v (sao paulo, brasil) lateral oscilate.</p> <p><b>Frecuencia 16Hz</b> <b>Amplitud: 4mm.</b></p>	<p>cuadríceps mediante repetición máxima (1 RM)</p>		<p>dentro del grupo GE se observó aumento significativo de la fuerza del músculo cuadríceps. (p=0.47), en la interacción entre grupos no se observó diferencia significativa (p=0.2)</p>
Chang, S. F., Lin, P.C., Yang, R. S. y Yang, R. J. (2018). <sup>50</sup>	<p>Población: adulto mayor &gt; 65 años con sarcopenia institucionalizados.</p> <p>n=17</p> <p>Un solo grupo <b>GE:</b> Entrenamiento con VCC</p>	<p><b>GE</b> 3 sesiones por semana, cada sesión 10 repeticiones de 1 min y descanso 30 seg</p> <p><i>3 meses, evaluación antes y después de la prueba</i></p>	<p><b>Dispositivo:</b> ivid6050 vertical</p> <p><b>Frecuencia:12 hz</b> <b>Amplitud: 3 mm</b></p>	<p>IME Fuerza de prensión.</p>	<p>Aptitud física (pararse sobre un pie), Pararse de silla, caminar 2.5 m y regresar a sentarse, Prueba de pararse y sentarse 5 veces.</p>	<p>Todas las pruebas mejoraron significativamente en GE:</p> <p>IMC (p=0.000) Pararse en un pie = (p=0.014) 8 pies arriba (p=0.009) Fuerza de agarre prensión ( p=0.009) Pararse y sentarse 5 veces (p=0.003)</p>
Wei N, Ng, G.Y.F.(2018) <sup>51</sup>	<p>Población: adulto mayor &gt; 65 años</p> <p>n=12</p> <p>Grupos: <b>GE:</b> grupo de entrenamiento con VCC (n=5) y <b>GC</b> (n=5) 2 participantes no completaron la evaluación</p>	<p><b>GE:</b> 90 seg de vibración.36 sesiones, 3 días a la semana por 12 sem, descanso de un día entre sesiones. Descalzos, rodilla flexionada 60°.</p> <p><b>Grupo control:</b> sin entrenamiento</p> <p><i>12 sem evaluación antes y después de la intervención.</i></p>	<p><b>Dispositivo:</b> filvide excel, GymnaUniphy NV, Bilzen , Bélgica</p> <p><b>Frecuencia 40 Hz</b> <b>Amplitud: 4 mm.</b></p>	<p>ICN de cuadríceps: extensión voluntaria máxima.</p>		<p>GE: aumentó en la relación de interpolación de contracciones en cuadríceps después de 12 semanas, (p=0.044) sugiere la facilitación en el impulso de la unidad motora central durante la contracción muscular voluntaria.</p>

Lienhard , K., Vienneau , J., Nigg, S., Friesenbichler, B., & Nigg, B. M. (2017). <sup>52</sup>	Población: adulto mayor >65 años  n= 30 adultos mayores, 30 jóvenes  Grupos: <b>GE1:</b> adulto mayor con entrenamiento de VCC (n=30); <b>GE2:</b> jóvenes con entrenamiento de VCC (n=30)	<b>GE1 y GE2:</b> Entrenamiento con vCC con una combinación de frecuencias y amplitudes. <b>GC:</b> 3 ensayos de control sin vibración con la postura correspondiente dependiendo de la frecuencia es la postura. Los 9 ensayos con las diferentes frecuencias y amplitud: posición de pie en silencio 20 seg, descanso 1 min entre prueba, no agarrarse de la plataforma, flexión de rodilla 20°. Se analizo antes y después de cada ensayo	<b>Dispositivo:</b> tbs 100a total image fitness calbary alberta canadá  <b>3 frecuencias y 3 amplitudes en combinación: (6,11,16 Hz) X (0.9, 2.5,4 mm).</b>	EMGs para tibial anterior, gastrogneo-mio medial, soleo, vasto lateral, vasto interno y bíceps femoral.	Aumento en la actividad EMG en GE1 (p<0.001) en todos los músculos excepto el sóleo (p=0.248) sobre GE2. Se recomienda al adulto mayor en el entrenamiento con VCC utilizar aceleraciones de 5.5 ms <sup>-2</sup> como mínimo, los jóvenes requerirán 8.6 como mínimo para lograr un cambio neuromuscular.
Wei, N., Pang, M. Y., Ng, S. S., & Ng, G. Y. (2017). <sup>53</sup>	Población: adulto mayor con sarcopenia.  n= 80  Grupos: <b>GE1:</b> Entrenamiento VCC baja frecuencia, larga duración, (n=17) <b>GE2:</b> entrenamiento con VCC frecuencia media duración media, (n=17) <b>GE3:</b> Entrenamiento con VCC Alta frecuencia corta duración(n=18) y <b>GC:</b> sin entrenamiento. (n=18)  10 participantes no completaron el estudio.	<b>Grupo GE1, GE2, GE3:</b> entrenamiento con VCC con la combinación de frecuencia y tiempo. Descalzos, rodilla flexionada 60°, sosteniéndose con las manos.  <b>Grupo control:</b> sin entrenamiento.  36 sesiones en total 3 días a la sem durante 12 sem. Se evaluó: inicio, a la mitad, al termino y después de 12 semanas de terminado el entrenamiento.	<b>Dispositivo:</b> fitvibe excel; gymnauniphy NV, bilzen belgica  <b>Amplitud para todos 4 mm.</b>  <b>Frecuencias: 20Hz</b> con 720 s; <b>40 Hz</b> , con 360 s y <b>60Hz</b> con 40 s	FMI y Fuerza muscular isométrica.	Se encontró la mejor combinación en grupo GE2 de 40 hz y 360 seg de VCC. Mejora significativa de tiempo en la extensión de rodilla isocinética 180°/ s (p<0.003) entre GE1 y GE2. Efecto significativo de tiempo en el pico de torque de la extensión de rodilla isométrica (p<0.001) así como en la extensión de rodilla isocinética 180°/s y 60°/s ambos (p<0.001) Las mejoras en la extensión de rodilla se pueden mantener hasta 12 semanas después del cese del entrenamiento.
Perchthal	Población: adulto	<b>Grupo VCC.</b> 12 sesiones, 2	<b>Dispositivo:</b> galileo	FMI,	Altura de salto. Altura del salto

er, D, Grau S, Hein T. (2015) <sup>54</sup>	<p>mayor &gt;65 años.</p> <p>n=21</p> <p>Grupos: <b>GE:</b> Entrenamiento con VCC(n=13) y <b>GC:</b> solo actividad física rutinaria (n=8).</p>	<p>sesiones/sem, ángulo rodilla 60°. Ejercicios: sentadilla isométrica 60°; sentadilla dinámica 45-60°, moviendo hacia arriba 2 seg y hacia abajo 2 seg, apretar pelota. Descanso 1 min por repetición y 2 min entre ejercicio. pies descalzos, manos en cintura tronco inclinado hacia adelante y sentadilla. <b>GC:</b> sin entrenamiento. *Calentamiento: frecuencia 18 hz, 1.8 aceleración media y sentadilla isométrica 60 °. <i>6 sem, se evaluó antes y después del entrenamiento</i></p>	<p>fitness; novotec medical gmbH, Pforzheim alemana, movimiento vertical lado izquierdo y derecho.</p> <p><b>Frecuencia: 30 Hz</b> <b>Amplitud: 3.9 mm</b> <b>Aceleración: 4.99 g</b></p>	<p>potencia media y trabajo.</p>		<p>aumentó postratamiento en GE 18,55% (p&lt;0.001). No hubo diferencias significativas en la fuerza máxima isocinetica, la potencia media o valores de trabajo en la extensión o flexión de la rodilla. (p=0.05)</p>
Álvarez-Barbosa F, et al (2014) <sup>55</sup>	<p>Población: Adulto mayor &gt; 80 años de residencia.</p> <p>n=29</p> <p>Grupos: <b>GE:</b> entrenamiento con VCC y (n=11) <b>GC:</b> sesión de fisioterapia habitual. (n=11)</p> <p>7 participantes no completaron el estudio.</p>	<p><b>GE:</b> 3 sesiones/ sem . Ejercicios: subir y bajar, estocada, sentadillas, elevación pantorrilla, pivote (izquierdo y derecho frontal y lateral) movimientos lentos 3 seg concéntrico y 3 seg excéntrico; las repeticiones se incrementaron gradualmente cada 2 sem a partir de 6 y llegando a 12 repeticiones. Descanso 45 seg</p> <p><b>GC:</b> sesiones fisioterapia a 1 hr por sem, masaje, calor 4 hrs/ sem ejercicios de movilidad y estiramiento terapia ocupacional, memoria.</p> <p>*Calentamiento: sentadilla isométrica rodillas 80° 30 seg. (3 veces)</p> <p><i>8 sem, se evaluó al inicio y después del entrenamiento.</i></p>	<p><b>Dispositivo:</b> YV20RS 700 Bh, españa plataforma vertical</p> <p><b>Frecuencia: 30Hz el primer mes y 35Hz el último mes.</b> <b>Amplitud: 4mm.</b></p>		<p>TUG, prueba 30 seg pararse y sentarse en silla, estabilidad postural, Índice de Barthel EuroQoL (EQ-5D)</p>	<p>Las pruebas tanto de movilidad como para el rendimiento de extremidades inferiores; respecto al grupo control, mejoraron significativamente. TUG (p&lt;0.001) 30 seg pararse y sentarse en silla (p=0.006), Índice de Barthel (0=0.003), EQ-5D de movilidad (p&lt;0-001)</p>

Abreviaturas: P.M: Parámetros de medición. GE: Grupo experimental, GC: Grupo Control, n (tamaño de muestra), FMI: Fuerza muscular isocinética, IME: Índice de masa Musculo esquelético. EMGs: Electromiografía de superficie, ICRN Interpolación de contracción para reclutamiento neuromotor. TUG (Timed up and go), SPPB (Prueba de rendimiento físico “Physical Performance battery”), sem(semanas), min(minutos), m(metros), g (gravedades, donde g= 9,81 m/s<sup>2</sup>).

## SÍNTESIS DE RESULTADOS

Lai, Lee, S Chen, Y, Wang L. (2021)<sup>45</sup>, comparan el entrenamiento de vibraciones VCC y el entrenamiento muscular de cuádriceps en personas con osteoartritis de rodilla. Siendo la osteoartritis de rodilla una de las principales causas de discapacidad, provoca dolor rigidez e hinchazón de la rodilla. El estudio fue un ensayo clínico aleatorio donde 81 participantes se dividieron en tres grupos: VCC y entrenamiento fuerza de 8 semanas, un segundo grupo como entrenamiento de fuerza sin vibración; y el grupo control con educación para salud. Se utilizó un equipo de vibración vertical i-vib5050; sportplataform china a 20Hz y 2mm. Se realizó una escala analógica visual para el dolor de rodilla y las siguientes pruebas: Fuerza muscular isocinética, TUG, Distancia de caminata de 6 min. La evaluación consistió en un registro antes y después de las 8 semanas; en los resultados no se encontraron diferencias significativas entre el dolor, TUG y la caminata de 6 min; la fuerza muscular isocinética: efecto significativo ( $p < 0.01$ ) de extensores y flexores de rodilla; trabajo máximo de extensores de rodilla del grupo con VCC sobre el grupo con entrenamiento de fuerza sin vibración. ( $p < 0.01$ ). Los hallazgos sugieren que el agregar entrenamiento con VCC podría beneficiar la fuerza muscular alrededor de la articulación de la rodilla en pacientes con osteoartritis.

Jo N. G, et al. (2021)<sup>46</sup>, realizaron un ensayo prospectivo, simple ciego, controlado y aleatorio con el objetivo de mostrar la eficacia del entrenamiento de VCC para mejorar la fuerza muscular y el rendimiento físico en adultos mayores, antes del ejercicio de sobrecarga, en comparación con el ejercicio de sobrecarga convencional, adicionando estiramiento previo. En una población adulta mayor de 65 años y 40 participantes en total que se dividieron en dos grupos: el grupo VCC utilizó el equipo de vibración vertical SW vc15 1450 mm sonicworld wonju corea vibsionr con 10Hz, 5 mm y un programa de ejercicio de fortalecimiento, en cambio el grupo control solo realizó ejercicio de estiramiento. Ambos grupos se sometieron a un total de 12 sesiones. La prueba primaria es la fuerza isocinética y en segundo lugar las pruebas: SPPB, velocidad de la marcha, soporte de silla. En todos los resultados solo el efecto de tiempo fue significativo en la dinamometría isocinética. Aumento torque pico medio y rendimiento físico de GE sobre GC. ( $p < 0.001$ ) Aumento significativo en fuerza de músculos de extremidades inferiores postratamiento potenciando el ejercicio de fortalecimiento.

Wadsworth, D., & Lark, S. (2020).<sup>47</sup> investigaron la viabilidad y los beneficios de la VCC como herramienta para contrarrestar la sarcopenia y la disminución de la movilidad y la función relacionada con la edad en el adulto mayor frágil, consistió en un ensayo controlado aleatorio. Los participantes fueron un total de 117 divididos en tres grupos: El grupo de investigación con un programa de entrenamiento progresivo de fuerza y VCC; utilizando galileo fitness control 054, 6 – 26 Hz, 2-4 mm, un grupo con el mismo programa de entrenamiento sin vibración y un grupo control sin entrenamiento. El entrenamiento duro 16 semanas, se midieron los siguientes parámetros de fuerza funcional: TUG, caminata 10m, marcha paralela. En el grupo con entrenamiento VCC provocó efectos clínicamente importantes en todos los parámetros en comparación con el grupo control y el grupo de entrenamiento sin vibración: 7.3% de cambio en TUG y 14.9% caminata marcha paralela. Además de los efectos del tratamiento se mantuvieron evidentes hasta 12 meses después de la intervención en marcha paralela y 6 meses en la prueba de caminata 10 m.

Lai, Z., Lee, S., Hu, X., & Wang, L. (2019).<sup>48</sup> en su estudio tuvieron como objetivo el conocer el efecto de agregar entrenamiento de VCC al entrenamiento de sentadillas sobre la función física y la fuerza muscular en personas con osteoartritis de rodilla. Con

un total de 41 participantes completaron una intervención de 8 semanas dos grupos: uno con entrenamiento de VCC junto con sentadillas y un dispositivo de vibración vertical sport platform ivib5050, bodygreen china, 20 Hz y 2mm como parámetros de entrenamiento; otro grupo control que solo entreno con sentadillas. La intervención supervisada se realizó tres veces por semana con un aumento gradual de intensidad y duración. Se midieron las siguientes pruebas: Fuerza muscular isocinética, escala analógica visual, TUG y caminata 6 min. Los resultados muestran que el Pico de torque de extensores de rodilla en el grupo con VCC 180°/s aumento significativamente ( $p < 0.046$ ) en comparación con el grupo control. El trabajo máximo de los extensores de rodilla y pico de torque de flexores de rodilla 180°/s ( $p < 0.125$ ) fue significativo en el grupo de VCC que en el grupo control. Para las pruebas TUG y caminata 6 min, no hubo diferencias significativas entre los grupos el ( $p > 0.05$ ).

Ramos L, et al (2019).<sup>49</sup> realizaron un ensayo clínico pragmático aleatorizado donde la pregunta de investigación se basó en si una sola sesión de VCC influye en la fuerza de los músculos cuádriceps, la movilidad funcional y el equilibrio en adulto mayor con osteopenia y/o osteoporosis; 34 participantes en su mayoría mujeres (32) se asignaron en dos grupos: el grupo de VCC con una plataforma de vibración lateral oscilante kikos p204-110v (sao paulo, Brasil) lateral oscilate. 16Hz, 4mm; y un grupo control que solo realizó caminata. Se midió la Fuerza de cuádriceps mediante repetición máxima (1 RM) y TUG y el equilibrio en la escala de Berg. Los resultados arrojaron que en la interacción dentro del grupo de VCC se observó aumento significativo de la fuerza del músculo cuádriceps. ( $p = 0.47$ ), en la interacción entre grupos no se observó diferencia significativa ( $p = 0.2$ ).

Chang, S. F., Lin, P.C., Yang, R. S. y Yang, R. J. (2018)<sup>50</sup>. Su objetivo principal de estudio fue investigar el efecto de la intervención vibratoria de todo el cuerpo en la mejora del índice de masa musculo esquelético (IMC), aptitud física y la calidad de vida de los adultos mayores con sarcopenia que vive en instituciones. El estudio fue un diseño cuasi-experimental de un solo grupo pretest-postest. La intervención de VCC se realizó en un periodo de 3 meses con Dispositivo: ivid6050, 12 hz, 3 mm. Midiéndose lo siguiente: Índice de masa musculo esquelético Fuerza de presión, fuerza de agarre, así como la aptitud física (pararse sobre un pie), 8 pies arriba, prueba de pararse y sentarse 5 veces. Tras la intervención Todas las pruebas mejoraron significativamente en el grupo de VCC; el IMC( $p = 0.000$ ), Pararse en un pie = ( $p = 0.014$ ), 8 pies arriba ( $p = 0.009$ ), Fuerza de agarre presión ( $p = 0.009$ ) y Pararse y sentarse 5 veces ( $p = 0.003$ ).

Wei N, Ng, G.Y.F. (2018)<sup>51</sup> el propósito de su estudio fue explorar los efectos del programa de entrenamiento con VCC durante 12 semanas sobre la activación voluntaria de los músculos cuádriceps de personas mayores con pérdida muscular relacionada con la edad (sarcopenia). Es un estudio piloto aleatorizado donde los participantes fueron 12 adultos mayores en dos grupos uno con entrenamiento de VCC usando el dispositivo: filvide excel, GymnaUniphy NV, Bilzen, Bélgica, a 40 Hz y 4 mm. Para medir el efecto se usó la Interpolación de contracción para reclutamiento neuromotor del cuádriceps: extensión voluntaria máxima. Los resultados fueron: aumentó en la relación de interpolación de contracciones en cuádriceps después de 12 semanas, ( $p = 0.044$ ) en el grupo de VCC y sugiere la facilitación en el impulso de la unidad motora central durante la contracción muscular voluntaria. Los autores reiteran que, aunque la VCC es eficaz para facilitar el impulso motor central en personas con sarcopenia se necesita un tamaño de muestra mayor para confirmar los hallazgos.

Lienhard, K., Vienneau, J., Nigg, S., Friesenbichler, B., & Nigg, B. M. (2017).<sup>52</sup> estudiaron una población adulto mayor de 60 años junto con una población joven sometida a VCC al comparar la actividad muscular de extremidades inferiores. Dos grupos: 30 adultos mayores y 30 jóvenes con 9 protocolos de entrenamiento en plataforma de vibración vertical tbs 100a total image



fitness calgary alberta Canadá tuvieron el siguiente protocolo: 3 frecuencias y 3 amplitudes en combinación: (6,11,16 Hz) X (0.9, 2.5,4 mm). Se cuantificó la gravedad con un acelerómetro. Al medir la electromiografía de superficie para tibial anterior, gastrocnemio medial, soleo, vasto lateral, vasto interno y biceps femoral se encontró un aumento en la actividad EMG en GE1 ( $p<0.001$ ) en todos los músculos excepto el sóleo ( $p=0.248$ ) sobre GE2. Los autores recomendaron que el adulto mayor con entrenamiento VCC ocupará celeraciones de  $5.5 \text{ ms}^{-2}$  como mínimo, los jóvenes requerirán  $8.6 \text{ ms}^{-2}$  lograr un cambio neuromuscular.

Wei, N., Pang, M. Y., Ng, S. S., & Ng, G. Y. (2017).<sup>53</sup> determinaron con su estudio la combinación óptima de frecuencia y tiempo de exposición en un programa de entrenamiento con VCC para mejorar el tamaño y fuerza de los músculos de las personas con sarcopenia en un ensayo controlado y aleatorizado. Los participantes fueron 80 adultos mayores residentes en la comunidad. Se dividieron en los siguientes grupos: un grupo de entrenamiento VCC baja frecuencia y larga duración; otro grupo con entrenamiento con VCC frecuencia y duración medias, un tercer grupo de entrenamiento con VCC Alta frecuencia corta duración y finalmente un grupo control sin entrenamiento. El programa duró 12 semanas y 12 semanas de seguimiento. La plataforma de VCC fue fitvibe excel; gymnauniphy NV, bilzen belgica, las frecuencias: 20Hz con 720 s; 40 Hz, con 360 s y 60 Hz con 40 s. y 4 mm para todas las frecuencias. Al medir la Fuerza muscular isocinética e isométrica, se encontró la mejor combinación de 40 hz y 360 seg y mejora significativa de tiempo en la extensión de rodilla isocinética  $180^\circ/\text{s}$  ( $p<0.003$ ) entre el primer y segundo grupo antes mencionados. Hubo efecto significativo de tiempo en el pico de torque de la extensión de rodilla isométrica ( $p<0.001$ ) así como en la extensión de rodilla isocinética  $180^\circ/\text{s}$  y  $60^\circ/\text{s}$  ambos ( $p<0.001$ ). Las mejoras en la extensión de rodilla se pueden mantener hasta 12 semanas después del cese del entrenamiento.

Perchthaler, D, Grau S, Hein T. (2015)<sup>54</sup> la intención de su investigación fue evaluar un programa de entrenamiento de VCC durante 6 semanas basado en cargas de vibración óptima adaptadas de la literatura sobre los parámetros de fuerza y rendimiento en las extremidades inferiores. El total de participantes fueron 21 adultos mayores asignados aleatoriamente a dos grupos: uno con entrenamiento de VCC con un dispositivo de vibración vertical galileo fitness; novotec medical gmbH, Pforzheim alemana, con 30 Hz a 3.9 mm y 4.99 g; como grupo control sin entrenamiento. Se midieron la fuerza de extensión y flexión máxima isocinética, potencia media y trabajo, así como la altura de salto como una medida de fuerza funcional. Después de la intervención la altura del salto aumentó postratamiento en el grupo con entrenamiento VCC en 18,55% ( $p<0.001$ ). No hubo diferencias significativas en la fuerza máxima isocinética, la potencia media o valores de trabajo en la extensión o flexión de la rodilla. ( $p=0.05$ ). Los autores concluyen en que el programa de entrenamiento es factible para aumentar el rendimiento en las articulaciones de las extremidades inferiores y que podría ayudar a determinar el potencial de los programas de VCC.

Álvarez-Barbosa F, et al (2014)<sup>55</sup> probaron la efectividad y viabilidad del ejercicio de VCC en adulto mayor de 80 años para evitar el riesgo de caídas, dependencia funcional y calidad de vida. Se realizó un ensayo controlado aleatorio 29 voluntarios entre 80 y 95 años residentes hogares para adulto mayor durante 8 semanas, asignando 2 grupos: uno con entrenamiento de VCC con dispositivo de vibración vertical YV20RS 700 Bh, España, 30Hz el primer mes y 35Hz el último mes, 4mm. La movilidad funcional se evaluó con TUG, el rendimiento de las extremidades inferiores se evaluó mediante la prueba de sentarse y pararse de silla 30 seg, la estabilidad postural con la plataforma de fuerza y para la dependencia el índice de Barthel así como EuroQrol para evaluar calidad de vida. Los resultados tanto de movilidad como para el rendimiento de extremidades inferiores; respecto al

grupo control, mejoraron significativamente. TUG ( $p < 0.001$ ) 30 seg pararse y sentarse en silla ( $p = 0.006$ ), Índice de Barthel ( $0 = 0.003$ ), EQ-5D de movilidad ( $p < 0.001$ ).

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA

Las puntuaciones con la escala PEDRo (tabla 12) de los estudios incluidos fue igual o superior a 5 sobre el máximo de 10 puntos. En la totalidad de los estudios no se hizo cegamiento del terapeuta; 8 artículos no cegaron al evaluador; 9 artículos el paciente no fue cegado, la asignación oculta no se presentó en 6 estudios y finalmente 3 artículos no hicieron un seguimiento de los participantes. Dos estudios obtuvieron un puntaje de 5 correspondientes a las publicaciones de Wadsworth, D., & Lark, S. y Chang, S. F, et al (2018). La publicación de Chang, S. F, et al (2018) fue el único estudio que no presentó una asignación aleatoria. Los estudios con mejor calidad metodológica fueron realizados por Jo N. G, et al.; Ramos L, et al.; Wei N, Ng, G.Y.F.

Tabla 12. Evaluación de la calidad metodológica PEDRo

Artículo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Puntuación
Lai, Lee et al (2021)	P	P	P	P	P	N	N	N	P	P	P	7
Jo N. G, et al.; (2021)	P	P	P	P	N	N	P	P	P	P	P	8
Wadsworth, D., & Lark, S. (2020).	P	P	N	P	N	N	N	N	P	P	P	5
Lai, Z., et al. (2019).	P	P	P	P	N	N	P	N	P	P	P	7
Ramos L, et al (2019).	P	P	P	P	P	N	N	P	P	P	P	8
Chang, S. F, et al (2018).	P	N	N	P	N	N	N	P	P	P	P	5
Wei N, Ng, G.Y.F.(2018)	P	P	P	P	N	N	P	P	P	P	P	8
Lienhard, K, et al (2017).	P	P	N	P	N	N	N	P	P	P	P	6
Wei, N., et al (2017).	P	P	N	P	N	N	N	P	P	P	P	6
Perchthaler, D et al (2015)	P	P	N	P	N	N	N	P	P	P	P	6
Álvarez-Barbosa F, et al(2014)	P	P	N	P	N	N	N	P	P	P	P	6

**P:** Presenta el criterio estudiado; **N:** no presenta el criterio estudiado

*Criterios:* 1. Especificación de los criterios de elegibilidad; 2. Asignación aleatoria ;3. Asignación ocultada; 4. Base comparable: los grupos fueron similares al inicio con respecto a los indicadores pronósticos más importantes; 5. Paciente cegado; 6. Terapeuta cegado; 7. Evaluador cegado; 8. Seguimiento del sujeto (al menos el 85% de seguimiento); 9. Análisis del tipo intención de tratar; 10. Comparaciones estadísticas entre los grupos; 11. Medida de variabilidad y punto de medidas.

## DISCUSIÓN

Sobre el funcionamiento y las características de la VCC, la totalidad de publicaciones incluyeron nombre del dispositivo de vibración empleado, solo dos publicaciones tuvieron una marca en común que fue la Galileo con Wadsworth, et al (2020) y Perththaler, et al (2015). Las máquinas vibratorias empleadas tuvieron las siguientes características: plataformas para vibración de cuerpo entero con tipo de oscilaciones vertical o lateral oscilante, programables para los parámetros de frecuencia y amplitud. Destaca el predominio del uso de plataformas verticales, un total de ocho artículos de los once seleccionados. Ramos L, et al (2019) y Leinhard, K et al (2017) y Jo N. G et al (2021), usaron de tipo lateral oscilante mientras que el resto usó plataforma con oscilación vertical: Lai Lee, et al (2021), Lai Lee, et al (2019), Wadsworth, d. et al (2020), Chang, S. et al. (2018), Wei N, Ng, G.Y.F.(2018) ; Wei, N., Pang, M. Y., et al (2017), Perththaler, D, Grau S, Hein T. (2015), Álvarez-Barbosa F, et al (2014).

Las frecuencias probadas fueron desde los 6 Hz hasta los 60 Hz. Wadsworth, d. et al (2020) y Lienharg, et al (2017) en su estudio comenzaron el entrenamiento probando 6 Hz y enfatizaron que, si bien esta frecuencia lleva a resultados favorables con respecto a los grupos controles sin vibración, no arrojan un resultado significativo dado que frecuencias muy bajas podrían asignarse al calentamiento. Comparado con el estudio de Wei N.,et al (2017) quienes habiendo probado frecuencias desde los 20 Hz y hasta la máxima frecuencia de 60Hz no obtuvieron el mejor resultado en cuanto a los parámetros medidos de fuerza máxima por tanto sugieren que la mejor combinación resulta de entrenar con frecuencias alrededor de los 40 Hz. De la totalidad de publicaciones siete artículos utilizaron el rango de frecuencias de entre 20 y los 40 Hz: Lai Lee, et al (2021), Lai Lee, et al (2019) Wadsworth, d. et al (2020), Wei N.,et al (2018), Wei N.,et al (2017), Perththaler, et al (2015) y Alvarez-Barbosa (2014).

La amplitud, que es dependiente de la frecuencia empleada, vario desde los 0.9 mm utilizada en el estudio de Lienharg, et al (2017) hasta los 5 mm con Jo N.G, el al (2021). Sólo el estudio de Perththaler, et al (2015) estableció la aceleración como parámetro inicial. Predominó la siguiente combinación: 20 a 40 Hz y 2-4 mm, presentándose en 6 publicaciones y corresponden a los estudios de Lai, Lee et al (2021), Wadsworth, d. et al (2020) ik, Lai, Z et al (2019), Wei N.,et al (2018), Perththaler et.al (2015) y Álvarez-Barbosa, et al (2014).

Considerando que la postura sobre la plataforma también entra en los parámetros a considerar para un resultado óptimo, todas las publicaciones la incluyeron dentro del protocolo de entrenamiento excepto en las publicaciones de Jo N.G et al. Y Chang, S et al (2018). Para Lienharg, et al (2017) quien probó la postura con rodillas flexionadas a 20° es suficiente para combinaciones de frecuencias menores 20 Hz en comparación con los estudios de Lai, Lee et al (2021), Lai, Lee et al (2019), Wei N.,et al (2018), Perththaler et.al (2015) y Álvarez-Barbosa, et al (2014) quienes al utilizar frecuencias mayores a 20 Hz incluyeron dentro del entrenamiento la postura de entre 30° y 80° la flexión de rodillas.

Sobre los efectos del entrenamiento con VCC en el adulto mayor, hubo evidencia en las publicaciones que sustentan el aumento

en la fuerza muscular. Lai Lee, (2021), Jo N.G, et al (2021), Chang, S. et al (2018), Lienhard, K. et al (2017), Wei, N. et al (2017), Perchthaler, D. et al (2015) y Alvarez-Barbosa et al. (2014) obtuvieron al menos un resultado en aumento de fuerza muscular, con una significancia de  $p < 0.001$ , bajo el entrenamiento de una plataforma de VCC en los siguientes parámetros: fuerza muscular isocinética e isométrica, aumento de la masa musculoesquelética, electromiografía de superficie, la repetición máxima, trabajo y potencia musculares. Las pruebas TUG, SPPB, la velocidad de la marcha, caminata 10 m, caminata 6 m pararse y sentarse en 30 segundos, así como pruebas de estabilidad postural se incluyeron como una medida de fuerza funcional y también obtuvieron un resultado significativo  $p < 0.05$  en las publicaciones de Wadsworth, D et al (2020), Lai, Z et al (2019), Chang, S. et al (2018), Perchthaler, D. et al (2015) y Álvarez-Barbosa., et al (2014). De los 11 artículos, 5 adicionaron ejercicios de fortalecimiento como fue con las publicaciones de Lai, et al (2021), Jo, N. et al (2021), Lai, et al (2019), Perchthaler D., (2015) y Álvarez-Barbosa et al (2014), quienes destacan haber tenido al menos un resultado con un nivel de significancia de  $p < 0.001$  lo que sugiere que el entrenamiento adicional de fortalecimiento en combinación con el de VCC podría arrojar mejores resultados en el aumento de fuerza muscular.

Con respecto al tiempo sobre la plataforma la relación fue 1:1 entre el entrenamiento y descanso. El tiempo total de entrenamiento varió desde una sola sesión de 8 min hasta las 16 semanas. Ramos L, et al (2019) reporta que una sola sesión de 8 minutos en un protocolo con frecuencia baja es capaz de aumentar la fuerza en forma significativa ( $p = 0.047$ ) durante 1 RM en el cuádriceps.

La publicación en las que el tiempo de entrenamiento total fue de 16 semanas fueron de de Wadsworth, D et al (2020), quien utilizó frecuencias bajas de 6 a 26 Hz y 2-4 mm de amplitud para obtener efectos de cambio entre la fuerza funcional inicial y final y que además el efecto se mantuvo evidente durante 12 meses terminada la intervención. Ahora bien, el menor tiempo de entrenamiento con resultados significativos de  $p < 0.001$  al menos en una medición de FMI y fuerza funcional, según lo reporta y Jo, N. et al (2021) durante un periodo de medición mínimo de 4 semanas, lo que puede sugerir que se requiere de un lapso no menor de 4 semanas y hasta 16 semanas de entrenamiento para conseguir un resultado favorable significativo.

La introducción de ejercicios de calentamiento previos al entrenamiento con VCC podría también considerarse una pauta importante para la obtención de un resultado favorable en el aumento de fuerza muscular; Lai, et al (2021) obtuvo resultados de fuerza funcional y FMI significativos ( $p < 0.01$ ) en 2021, en comparación con su primer estudio en 2019 donde obtuvieron un resultado más relevante FMI de extensores y flexores de rodilla del GE sobre el GC con  $p < 0.046$  sin un resultado satisfactorio para las pruebas funcionales. Los autores atribuyen las limitantes de su investigación a la alta tasa de deserción en los participantes y la ausencia de calentamiento. Tres publicaciones más introdujeron en sus pruebas los ejercicios de calentamiento: Ramos L, et al (2019) donde el calentamiento consistió en estiramientos; Perchthaler et al (2015) y Alvarez-Barbosa et al (2014) incluyeron ejercicios de sentadillas con una postura isométrica de  $60^\circ$  sobre la plataforma.

Cabe destacar que entre combinaciones de la frecuencia y amplitud; la magnitud de la aceleración varía, el estudio de Lienhard K, (2017) recomendó la medición de la aceleración durante el entrenamiento con acelerómetro con fines de aportar mayor información en la selección de los parámetros particulares para un paciente, recomendó que en el entrenamiento de VCC

deben utilizarse  $5.5 \text{ ms}^{-2}$  como mínimo para adultos mayores obteniendo resultados significativos en le EMG de superficie ( $p<0.001$ ) para los músculos de extremidades inferiores; en comparación con el estudio de Perththaler et al (2015) quienes fijaron la aceleración de 4.99 g pero no hubo diferencias significativas para los parámetros de FMI pero sí en un resultado de fuerza funcional como es la altura de salto ( $p<0.001$ ).

De las patologías tratadas, se estudió la población de adultos mayores con casos de fragilidad, osteopenia, osteoartritis y sarcopenia. Los principales cambios fisiológicos del adulto mayor son la sarcopenia, pérdida de fuerza, osteopenia, trastornos de equilibrio; la función metabólica, inmunológica y cognitiva deterioradas, pérdida de funcionalidad y fragilidad.

La fragilidad representó el 25% de las personas de 60 años o más en México hasta el 2020; característica que aumenta con la edad, siendo más prevalente en mujeres que en hombres y se asocia con un mayor riesgo de mortalidad. En el último año de vida la fragilidad se asocia con un aumento mayor del 50% en el uso de los servicios de atención médica incluidas visitas al médico y días de hospitalización. Wadswow th D., et al (2020) fue el único artículo que estudio la población frágil de adultos mayores y destaca que aumentando gradualmente la frecuencia y el tiempo de vibración promueve y permanece un cambio favorable en fuerza funcional después de 12 meses terminada la intervención.

En 2019, según el Instituto Nacional de Geriatria de México las enfermedades crónicas degenerativas son la principal causa de muerte en el mundo para las personas mayores. Se estima que las principales causas de enfermedades en personas de 60 y más años en el mundo corresponden a enfermedades cardiovasculares (30.3 %), cáncer (15.1 %), enfermedades pulmonares crónicas (9.5 %), enfermedades músculo esqueléticas (7.5 %) y los trastornos mentales y enfermedades del sistema nervioso (6.6 %). De acuerdo al estudio sobre el envejecimiento global y la salud de adultos (SAGE) se estima que alrededor del 67% de los adultos mayores presenta diferentes enfermedades crónicas como lo son la angina de pecho, osteoartritis, asma, cataratas, diabetes, enfermedad cerebrovascular, neumopatía crónica, hipertensión arterial y depresión, lumbalgia crónica, déficit auditivo y obesidad.

Las publicaciones de Lai, Lee, S Chen, Y, Wang L. (2021) y (2019) estudiaron una población adulto mayor con osteoartritis de rodilla, donde ambos introdujeron sentadillas como ejercicio de fortalecimiento adicional al entrenamiento vibratorio, el mejor resultado fue logrado en el estudio más reciente (2021) en la FMI con un nivel de significancia de  $p<0.001$ , agregando ejercicios de calentamiento previo. Por otro lado, Ramos L., (2019) a una población mayormente conformada por mujeres con osteopenia u osteoporosis sin adicionar ejercicio de fortalecimiento, pero sí calentamiento, logró únicamente un aumento de FMI en cuádriceps con  $p=0.47$ .

Recordando que la sarcopenia es un síndrome geriátrico caracterizado por pérdida de fuerza y masa muscular, se asocia a un deterioro y limita la función. La prevalencia de esta enfermedad varía de 6-38% de la población mayor de 65 años en todo el mundo y comienza a mediana edad hasta la década de los 65 años donde se acelera hasta un 10%. Chang S. et al (2018) y Wei, N. et al (2017), estudiaron el uso de la VCC en una población mayor a 65 años institucionalizados con sarcopenia, destacan los autores que no se adicionó serie de ejercicios de fortalecimiento al entrenamiento con la plataforma vibratoria y el IME tuvo un resultado significativo de  $p=0.000$  al comparar el resultado inicial y final dentro del grupo experimental. El resto de la

población fueron personas mayores de 65 años clínicamente sanos estudiadas en las publicaciones de Jo N.G et al, (2021), Wei N, et al (2018), Leinhard K, et al (2017) y Perchthaler, D. et al (2017).

Conocer las características de la población y las del equipo de VCC a utilizar es indispensable para obtener un resultado óptimo. Si bien, el entrenamiento de vibraciones podría ser actualmente una forma de terapia recomendable, es necesario que sea mejor estudiada tanto en el adulto mayor, como de forma regional ya que la mayoría de las investigaciones son extranjeras. Es importante también tomar en cuenta que las poblaciones, la cultura de prevención, las costumbres y el nivel socioeconómico serán distintos; por lo tanto, se requiere mayor difusión de las distintas formas de intervención médica y terapéutica.

La selección de investigaciones en la presente revisión es de gran ayuda en el ejercicio de la fisioterapia como una herramienta más para la rehabilitación geriátrica. Es necesario actualizar y aumentar investigaciones en la vibroterapia. La rehabilitación requiere de aprovechar la versatilidad de nuevas formas de terapia física en pro de conocer los efectos globales en beneficio de la población adulta mayor para mejorar su calidad de vida.

## **LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

- Las publicaciones elegidas en la presente revisión son de origen extranjero en su totalidad. Por sus características particulares no es posible afirmar que los resultados puedan ser totalmente reproducibles para la población en México dadas las diferencias en el contexto social.
- La disponibilidad de las publicaciones científicas pudo haber dejado sin recuperar publicaciones con intereses en los objetivos de esta revisión.
- La existencia de variabilidad en los protocolos de entrenamiento con VCC.

## CONCLUSIONES

Las vibraciones mecánicas en el cuerpo humano provocan una contracción muscular tónica refleja. Conociendo la naturaleza de la transmisión de vibraciones en el cuerpo, el protocolo de entrenamiento de VCC con fines de fortalecimiento en el adulto mayor tiene los siguientes parámetros de funcionamiento: plataforma con oscilación vertical, frecuencia de 20-40 Hz, amplitud 2-4 mm, aceleración  $5.5 \text{ ms}^{-2}$ , postura con flexión de rodilla de entre 30 a 60° y tiempo total de entrenamiento no menor a 4 semanas.

Las poblaciones estudiadas bajo el entrenamiento de VCC fueron: adultos mayores a 65 años clínicamente sanos, con fragilidad, sarcopenia, osteoartritis y osteoporosis/osteopenia. El entrenamiento con VCC tuvo como resultado los siguientes efectos sobre los parámetros de la fuerza muscular: aumento en Fuerza muscular Isocinética, fuerza de agarre manual, masa musculoesquelética, fuerza de la repetición máxima, facilitación del impulso en la contracción muscular voluntaria y la actividad electromiográfica muscular. Aumento de la capacidad autónoma en la ejecución de los parámetros medidos de fuerza funcional. Adicionalmente tiene un efecto favorable sobre la calidad de vida, movilidad y percepción de salud en general.

Esta revisión sistemática aporta evidencia del aumento de fuerza muscular en el adulto mayor con entrenamiento de VCC. La vibroterapia podría tener un futuro prometedor como herramienta fisioterapéutica en el adulto mayor, enfocado en las características poblacionales para tener mayor certeza del uso de plataformas vibratorias, prevenir y tratar patologías asociadas, disminuir la inmovilidad, estancia hospitalaria, polifarmacia, deterioro funcional, riesgo de caídas; en general disminuir la dependencia y aumentar la calidad de vida del paciente geriátrico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hinman M. Using Whole Body Vibration IN Physical Therapy AND Sport. Elsevier: China; 2010
2. Rittweger J. Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy. Springer International Publishig: Suiza; 2020.
3. Pérez P, Llama S. Biomecánica Básica aplicada a la actividad física y deporte. Barcelona: Paidotribo: Barcelona; 2015
4. Jou Mirabet D., Llebot Rabagliati J. E., Pérez García C. Física para las ciencias de la vida. Mc Graww Hill: España: 2009
5. Hamza B, Yasir A. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 enero.Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430685/>
6. Wang H, Chandrashekhar R, Rippetoe J, Ghazi M. Review Focal Muscle Vibration for Stroke Rehabilitation: A Review of Vibration Parameters and Protocols. Appl. Sci. 2020; 10 (22): 8270
7. Lam FM, Chan PF, Liao LR, Woo J, Hui E, Lai CW, Kwok TC, Pang MY. Effects of whole-body vibration on balance and mobility in institutionalized older adults: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2018; 32(4):462-472.
8. Davis W, Currie, J. Use of Whole Body Vibration as an Exercise Modality for Older Adults with Health Conditions. International Journal of Applied Science and Technology.2019; 9(3): 1-8
9. Tankisheva, Ekaterina et al. Transmission of Whole-Body Vibration and Its Effect on Muscle Activation. Journal of Strength and Conditioning Research.2013; 27(9): 2533–2541.
10. Kaeding, Tobias S et al. Deviations in frequency and mode of vibration in whole-body vibration training devices with long-term and regular use. Medical engineering & physics. 2018; 51: 84-90.
11. Plataformad e navegación en línea (Internet). OBP. Suiza; Disponible desde: [Online Browsing Platform \(OBP\) \(iso.org\)](https://www.iso.org)
12. Tankisheva, Ekaterina et al. Vibration training for upper body: transmission of platform vibrations through cables. Journal of strength and conditioning research. 2014; 28(4): 1065-71.
13. Lam, Freddy Man Hin et al. Transmissibility and waveform purity of whole-body vibrations in older adults. Clinical biomechanics (Bristol, Avon). 2018; 51: 82-90
14. López J, Fernández A. Fisiología del Ejercicio. Editorial Médica Panamericana; España: 2006
15. Malamud C, Estañol B, Ayala S, Senties H, Hernández M. Revisión Fisiología de la vibración. Rev Mex Neuroci.2014; 15(3): 163-170
16. Mezquita. Fisiología Médica: del razonamiento fisiológico al razonamiento clínico. Editorial Médica Panamericana; España: 2011
17. Afifi A, Bergman A. Neuroanatomía Funcional: Texto y Atlas. Mc Graw Hill; México: 2020
18. Stania, M, Król, P, Sobota, G, Polak, A, Bacik, B, & Juras, G.. The effect of the training with the different combinations of frequency and peak-to-peak vibration displacement of whole-body vibration on the strength of knee flexors and extensors. Biology of sport. 2017; 34(2): 127–136
19. Bembem D, Stark C, Taiar R, Bernardo-Filho M. Relevance of Whole-Body Vibration Exercises on Muscle Strength/Power and Bone of Elderly Individuals. Dose Response. 2018 ;16(4):1559325818813066.



20. Fragala -Maren S, Cadore E. L , Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer W.J ,Peterson et al. Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association, *Journal of Strength and Conditioning*.2019; 33 (8): 2019-2052
21. Shur NF, Creedon L, Skirrow S, Atherton PJ, MacDonald IA, Lund J, et al. Age-related changes in muscle architecture and metabolism in humans: The likely contribution of physical inactivity to age-related functional decline. *Ageing Res Rev*. 2021; 68:101344.
22. D’Hyver C, Gutierrez L. M., Sarcopenia, diagnóstico diferencial e implicaciones terapéuticas. En: Ossio Vela R. *Geriatría*. México : Manual Moderno; 2014. p. 721-725.
23. Pérez L.M, Vila A. J, Zitzewitz V. *Manual de geriatría residentes*. Ene Life Publicidad S.A.; Madrid; 2011.
24. Kaplan R, Jauregui J, Rubin R. *Los grandes Síndromes Geriátricos*. Edimed-Ediciones Médicas SRL. Argentina:2009
25. Avers D. Chapter 8 Exercise and Physical Activity for Older Adults. En: Elsevier. *Guccione's Geriatric Physical Therapy*. Cuarta edición. Estados Unidos: Mosby; 2020. 166-200
26. Marshall-McKenna, R, Campbell E.Ho, F, Banger M, Ireland J, Rowe P, McAlpine C, et al. Resistance exercise training at different loads in frail and healthy older adults: A randomised feasibility trial. *Experimental gerontology*.2021; 153: 111496
27. Pancorbo A. *Medicina y ciencias del deporte y actividad física*. Editorial Ergon. Madrid. 2008
28. Šarabon N, Kozinc, Ž, Löfler S, & Hofer C. Resistance Exercise, Electrical Muscle Stimulation, and Whole-Body Vibration in Older Adults: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of clinical medicine*. 2020; 9(9): 2902
29. Teixeira de Carvalho F, de Andrade Mesquita L.S, Pereira R, Neto O. P, & Amaro R. Pilates and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Methods Induce Similar Strength Gains but Different Neuromuscular Adaptations in Elderly Women. *Experimental aging research*. 2017; 43(5): 440–452.
30. Zeigler Z. S, Swan P. D. Acute effects of whole-body vibration with resistance exercise on postexercise blood pressure and oxygen consumption in prehypertensive adults. *Journal of exercise science and fitness*. 2016; 14(1): 14–23.
31. Farzinmehr A, Moezy A, Koochpayehzadeh J, Kashanian M. A Comparative Study of Whole Body Vibration Training and Pelvic Floor Muscle Training on Women's Stress Urinary Incontinence: Three- Month Follow- Up. *Journal of family & reproductive health*. 2015; 9(4):147–154.
32. Guedes E. O, Sá-Caputo D, Moreira-Marconi, E, Macêdo Uchôa S. M, Barros P. Z, Valentin E. K, et al. Effect of whole-body vibration exercise in the pelvic floor muscles of healthy and unhealthy individuals: a narrative review. *Translational andrology and urology*. 2019; 8(4): 395–404.
33. Castillo I, Ramos D. J, Rubio, J. A. Effects of whole-body vibration training in patients with multiple sclerosis: A systematic review. *Neurologia Barcelona, Spain*. 2018; 33(8):534–548.
34. Zornoff L, Minicucci M. F. Is There a Role For Whole Body Vibration in Protecting Cardiovascular Disease?. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2019;112(1): 38–39.
35. Sharififar, S., Coronado, R. A., Romero, S., Azari, H., & Thigpen, M. (2014). The effects of whole body vibration on mobility and balance in Parkinson disease: a systematic review. *Iranian journal of medical sciences*.2014; 39(4): 318–326.

36. Zhang BSc, J., Zhang, H., Kan, L., Zhang, C., & Wang, P. The effect of whole body vibration therapy on the physical function of people with type II diabetes mellitus: a systematic review. *Journal of physical therapy science*. 2016; 28(9): 2675–2680.
37. Pollock, R. D., Martin, F. C., & Newham, D. J. Whole-body vibration in addition to strength and balance exercise for falls-related functional mobility of frail older adults: a single-blind randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2012; 26(10): 915–923.
38. Barry Dale R. Capítulo 4- Principles of Rehabilitation. En: Elsevier. *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete*. Cuarta edición. Estados Unidos: Saunders; 2012. 41-46.
39. S. Orwoll E, P. Bilezikian J, Vanderschueren D. Capítulo 52 -Exercise Programs for Patients with Osteoporosis. En: Elsevier. *Osteoporosis in Men*. Segunda edición. Academic Press;2010. 635-652
40. Angulo J, El Assar M, Álvarez-Bustos A, Rodríguez-Mañas L. Physical activity and exercise: Strategies to manage frailty. *Redox biology*. 2020; 35: 101513.
41. Huesa- Jiménez F, García-Díaz J, Vargas-Montes J. Técnicas instrumentales de Diagnóstico y evaluación en rehabilitación: Dinamometría isocinética. *Rehabilitación (Madr)*. 2005;35(6):288-96
42. Picke J. History of Whole Vibration. *Biomedical Heath & News* [internet]. 2017 [Citado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: [History of Whole Body Vibration - Biomedical News & Health Blog \(biomedj.org\)](https://www.biomedj.org/).
43. The History of Whole Body Vibration Technology. FullBody Vibration by vibrant heath & wellness.Inc. [internet].2014 [Citado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.fullbodyvibration.com/tech-history.html>
44. ¿Qué es un Adulto Mayor Según la OMS?. Canitas. [Internet].2019 [Citado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://canitas.mx/guias/adulto-mayor-oms/>
45. Lai, Lee, S Chen, Y, Wang L . Comparison of whole-body vibration training and quadriceps strength training on physical function and neuromuscular function of individuals with knee osteoarthritis: A randomised clinical trial. *Journal of exercise science and fitness*. 2021; 19(3): 150–157.
46. Jo N.G, Kang, S.R, Ko M.H, Yoon J. Y, Kim H. S, Han K. S, et al. Effectiveness of Whole-Body Vibration Training to Improve Muscle Strength and Physical Performance in Older Adults: Prospective, Single-Blinded, Randomized Controlled Trial. *Healthcare (Basel, Switzerland)*. 2021; 9(6): 652.
47. Wadsworth D, Lark, S. Effects of Whole-Body Vibration Training on the Physical Function of the Frail Elderly: An Open, Randomized Controlled Trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2020;101(7):1111–1119.
48. Lai, Z, Lee S, Hu, X, & Wang L. Effect of adding whole-body vibration training to squat training on physical function and muscle strength in individuals with knee osteoarthritis. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*. 2019;19(3): 333–341
49. Ramos L, Rodrigues F, Shirahige L, de Fátima M, de Carvalho A, Guerino M.R, et al. A single whole body vibration session influences quadriceps muscle strength, functional mobility and balance of elderly with osteopenia and/or osteoporosis? Pragmatic clinical trial. *Journal of diabetes and metabolic disorders*. 2019; 18(1): 73–80.
50. Chang S.F, Lin P.C, Yang R.S. y Yang R. J. The preliminary effect of whole-body vibration intervention on improving the skeletal muscle mass index, physical fitness, and quality of life among older people with sarcopenia. *BMC geriatrics*, 18(1), 17.

51. Wei N, Ng G.Y.F. The effect of whole body vibration training on quadriceps voluntary activation level of people with age-related muscle loss (sarcopenia): a randomized pilot study. *BMC Geriatr.* 2018;**18**: 240
52. Lienhard K, Vienneau J, Nigg S, Friesenbichler B, Nigg B. M. Older adults show higher increases in lower-limb muscle activity during whole-body vibration exercise. *Journal of biomechanics.* 2017; 52: 55–60.
53. Wei N, Pang M.Y, Ng S.S, Ng G. Y. Optimal frequency/time combination of whole-body vibration training for improving muscle size and strength of people with age-related muscle loss (sarcopenia): A randomized controlled trial. *Geriatrics & gerontology international.* 2017;17(10):1412–1420.
54. Perchthaler, D, Grau S, Hein T. Evaluation of a Six-Week Whole-Body Vibration Intervention on Neuromuscular Performance in Older Adults, *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2015; 29(1): 86-95
55. Álvarez-Barbosa F, del Pozo-Cruz J, del Pozo-Cruz B, Alfonso-Rosa R.M, Rogers M.E., Zhang Y. Effects of supervised whole body vibration exercise on fall risk factors, functional dependence and health-related quality of life in nursing home residents aged 80+. *Maturitas, 2014. 79(4):456-63.*
56. INEGI. Censo de Población y vivienda 2020: Síntesis metodológica y conceptual. [Internet]. 2021. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP\\_ADULMAYOR\\_21.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_ADULMAYOR_21.pdf)

## ANEXO 1

### Escala PEDro.

- 
- |   |   |        |
|---|---|--------|
| 1. Los criterios de elección fueron especificados   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 3. La asignación fue oculta   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes  | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 5. Todos los sujetos fueron cegados   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados  | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar” | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave  | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> | donde: |
- 

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible “ponderar” los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa (“generalizabilidad” o “aplicabilidad” del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la “validez” de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento

es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la “calidad” de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

## Notas sobre la administración de la escala PEDro:

- Todos los criterios **Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente**. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.
- Criterio 1 Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
- Criterio 2 Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.
- Criterio 3 *La asignación oculta* (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.
- Criterio 4 Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.
- Criterio 4, 7-11 *Los Resultados clave* son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.
- Criterio 5-7 *Cegado* significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran “cegados” si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.
- Criterio 8 Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente *tanto* el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos *como* el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.
- Criterio 9 El análisis por *intención de tratar* significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento según fueron asignados.
- Criterio 10 Una comparación estadística *entre grupos* implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de

la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad con la que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.

#### Criterio 11

Una *estimación puntual* es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las *medidas de la variabilidad* incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.