

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA
FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA



“TESIS DE GRADO”

EFECTO DEL ENTRENAMIENTO CON VIBRACIONES MECÁNICAS VERSUS
EFECTO DEL ENTRENAMIENTO FNP DE CONTRACCIÓN-RELAJACIÓN SOBRE
LA FLEXIBILIDAD ISQUIOTIBIAL EN JUGADORES DE BALONCESTO

Autor: Pizzonia, Patricio Ariel

Tutor: Lic. Rubinich, Nicolás

Asesor metodológico: Ps. Capelletti, Andrés

Rosario, Santa Fe, República Argentina

Febrero, 2011

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA
FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA



“TESIS DE GRADO”

EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO CON VIBRACIONES MECÁNICAS VS EFECTO
DEL ENTRENAMIENTO FNP DE CONTRACCIÓN-RELAJACIÓN SOBRE LA
FLEXIBILIDAD ISQUIOTIBIAL EN JUGADORES DE BALONCESTO

Autor: Pizzonia, Patricio Ariel

Tutor: Lic. Rubinich, Nicolás

Asesor metodológico: Ps. Capelletti, Andrés

Rosario, Santa Fe, República Argentina

Febrero, 2011

1. RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto sobre la cualidad física flexibilidad, en la musculatura isquiotibial, que presentan las vibraciones mecánicas de cuerpo completo aplicadas a través de plataformas vibratorias, y comparar dicho efecto con el obtenido mediante la aplicación de la técnica de FNP de contracción-relajación.

El trabajo de campo fue llevado a cabo entre los meses de julio y diciembre de 2010. En la investigación se incluyeron nueve jugadores de baloncesto pertenecientes al Club Atlético Sportivo Paganini Alumni de la ciudad de Granadero Baigorria, los cuales tenían entre dieciséis y dieciocho años de edad, participaban activamente en al menos tres entrenamientos semanales y se encontraban federados en la Asociación Rosarina de Básquet.

La pesquisa fue dividida en dos partes. Una realizada durante el mes de Julio, con un seguimiento posterior durante el mes de agosto; y otra realizada durante el mes de noviembre con un seguimiento posterior durante el mes de diciembre.

El grupo de jugadores, un total de nueve, fue dividido en dos, y antes de cada intervención se realizó una evaluación inicial para constatar los niveles de flexibilidad isquiotibial al momento de comenzar las sesiones de flexibilización. Las mismas fueron llevadas a cabo en el gimnasio Ova Gym de la ciudad de Granadero Baigorria con una frecuencia de tres por semana durante cuatro semanas, consistiendo en una entrada en calor de diez minutos de trote y flexibilización con el método correspondiente. En el mes de noviembre, los sujetos que habían entrenado con plataforma vibratoria en julio, lo hicieron con FNP y viceversa, con el objetivo de comparar la eficacia de cada método sobre la misma persona. Se realizaron mediciones de flexibilidad cada diez días para determinar la

velocidad de progreso y comparar las técnicas. Además se realizó un seguimiento posterior de treinta días para precisar que grupo mantenía los valores más altos.

Al evaluar los datos se determinó que el método FNP de contracción-relajación fue más efectivo en el aumento de los niveles de flexibilidad medidos a través del Test de Ake en relación a los valores presentados por los sujetos al estirar con vibraciones mecánicas de cuerpo completo en 7 de 9 sujetos, lo que equivale al 77,78%. Además, con la técnica de contracción-relajación los individuos experimentaron las ganancias en flexibilidad a una mayor velocidad. El seguimiento posterior demostró que los valores obtenidos con vibraciones mecánicas, que si bien eran menores, se mantenían más en el tiempo que los valores alcanzados con la FNP en 8 de los 9 individuos (88,89%). Los porcentajes de pérdida con respecto a las mediciones llevadas a cabo al final del mes de intervención, obtenidos luego de treinta días sin estirar, fueron del 4,45% al utilizar la plataforma y del 11,40% al trabajar con FNP.

2. PALABRAS CLAVE

- ✓ Vibraciones mecánicas de cuerpo completo
- ✓ FNP
- ✓ Flexibilidad
- ✓ Baloncesto

3. ÍNDICE

PORTADA	2
1. RESUMEN	3
2. PALABRAS CLAVE	5
3. ÍNDICE	6
4. INTRODUCCIÓN	8
5. PROBLEMÁTICA	10
6. OBJETIVOS	12
6.1 Objetivo general	12
6.2 Objetivos específicos	12
7. FUNDAMENTACIÓN	13
8. FUNDAMENTACIÓN DE LOS CONCEPTOS TEÓRICOS	14
8.1 Vibraciones mecánicas de cuerpo completo	14
8.2 Flexibilidad	36
8.2.1 Factores que influyen en la amplitud de movimiento	38
8.2.2 Tipos y clasificaciones de la flexibilidad	46
8.2.3 Descripción de los reflejos relacionados con la flexibilidad	50
8.2.4 Importancia de la flexibilidad	55
8.2.5 Influencia de la flexibilidad sobre la performance deportiva	57
8.2.6 Flexibilidad y baloncesto	58
8.2.7 Trascendencia de la flexibilidad en la musculatura isquiotibial	60
8.3 FACILITACIÓN NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA	60
8.3.1 Facilitación neuromuscular propioceptiva y flexibilidad deportiva ...	63

8.3.2 Ventajas y desventajas	64
9. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	67
9.1 Tipo de estudio	67
9.2 Área de estudio	67
9.3 Duración	67
9.4 Universo	67
9.5 Muestra	68
9.6 Variables	68
9.7 Detalle de las actividades	69
9.8 Técnicas de recolección de datos	71
9.9 Instrumentos de recolección de datos	71
10. DESARROLLO	74
11. CONCLUSIÓN	82
12. BIBLIOGRAFÍA	84

4. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aparecido una nueva forma de entrenamiento basada en las vibraciones, las cuales pueden ser aplicadas a un sector del cuerpo, como un tendón o un músculo, o a la totalidad del mismo, lo que se conoce como vibraciones mecánicas de cuerpo completo o whole body vibration (WBV) en inglés.

Para la aplicación de las vibraciones mecánicas de cuerpo completo se utilizan unos dispositivos denominados plataformas vibratorias, sobre los cuales se posiciona el sujeto, y que presentan un sistema digital que ofrece la posibilidad de controlar la frecuencia, la amplitud y el tiempo de aplicación de las vibraciones.

Estas plataformas aplican las vibraciones en los pies del sujeto situado sobre la plataforma vibratoria. Las oscilaciones producidas son transmitidas por todo el cuerpo siendo amortiguadas en cada articulación, por lo tanto, conforme nos vamos alejando de la plataforma, la vibración va siendo atenuada, de forma tal que la parte más alejada, la cabeza, recibe una señal especialmente débil ya que la misma se ha ido amortiguando al pasar por los tobillos, rodillas, caderas y columna vertebral. La vibración se aminora cuando los segmentos inferiores se hallan en semi-flexión.

La atenuación de la vibración disminuye el riesgo de que los órganos puedan entrar en resonancia. La frecuencia de resonancia de las distintas partes del cuerpo sometidas a vibraciones verticales se encuentra por debajo de los 10 Hz, excepto en los ojos que tienen una frecuencia un poco más elevada. Con el objetivo de evitar los problemas de resonancia, las plataformas vibratorias deberían utilizarse a frecuencias que no coincidan con las frecuencias de resonancia de los órganos internos.

Las vibraciones mecánicas, dependiendo de su frecuencia, amplitud, de la duración de las sesiones y del tiempo que se mantiene su aplicación, tienen efectos diversos en diferentes niveles del organismo, como estimulación de numerosos receptores cutáneos y husos neuromusculares, generación de reflejos como el reflejo tónico vibratorio, cambios en las concentraciones de neurotransmisores, cambios en la concentración de hormonas, aumento de la densidad mineral ósea, entre otros efectos. Como consecuencia de estos efectos se han encontrado diversas aplicaciones, ya sea en el tratamiento de procesos patológicos como en múltiples aspectos de la preparación deportiva.

Este sistema ha despertado muchas expectativas debido a su relativa facilidad de uso, la rapidez de resultados que promete, además de que el tiempo necesario para realizar una sesión puede ser de diez minutos y las sesiones semanales se pueden reducir a tres, por lo que se ha comenzado a utilizar en ámbitos variados como el entrenamiento deportivo, el fitness en empresas, la medicina preventiva y la rehabilitación.

El campo de las vibraciones mecánicas de cuerpo completo aún se encuentra abierto a la investigación, para de esta manera poder establecer los parámetros y estandarizar protocolos que permitan abordar a los sujetos desde el campo del entrenamiento deportivo, del entrenamiento para la salud o de la rehabilitación con parámetros precisos y científicamente comprobados.

5. PROBLEMÁTICA

A partir de observar en el mercado la oferta de plataformas vibratorias, se despertó en mi la curiosidad acerca de este novedoso elemento, ofrecido como una milagrosa solución para reducir los tiempos de entrenamiento y al mismo tiempo aumentar el rendimiento, la estética corporal y la salud de los usuarios.

Estos dispositivos pueden ser encontrados en cualquier gimnasio de fitness, e incluso en muchos consultorios de rehabilitación. La sesión de trabajo con ellos, en el mayor porcentaje de los casos, se encuentra a cargo de individuos cuyo conocimiento acerca de los parámetros de las vibraciones, sus indicaciones y contraindicaciones a la hora de trabajar y sus efectos, ya sean benéficos o nocivos, son en principio dudosos. Incluso, recomendaciones y sesiones de trabajo modelo, pueden ser encontradas en cualquier página de internet o revista de interés general, careciendo las mismas de un fundamento científico sólido que las justifique.

Al indagar en la bibliografía científica, en mi afán por encontrarle alguna utilidad práctica a estos dispositivos, me encontré con un campo que ha comenzado a ser explorado en profundidad en los últimos años. El objetivo de los estudios radica en encontrar los parámetros exactos de trabajo a fin de establecer protocolos que determinen con exactitud cómo deben ser trabajados los sujetos en función del objetivo que se desee alcanzar.

Uno de los campos menos investigados es el de la flexibilidad. Esta cualidad física, sumamente importante tanto en la vida cotidiana como en la práctica deportiva es considerada, en la mayoría de los escasos trabajos que la incluyen, como una segunda o tercera variable a evaluar. Asimismo, solo se hallaron dos estudios en los que los sujetos flexibilizaban al mismo tiempo que eran sometidos al efecto de las vibraciones. En las

restantes investigaciones, los individuos flexibilizaban luego de experimentar las vibraciones e incluso no lo hacían en ningún momento. A partir de este momento surge la necesidad de hacer una contribución en este ámbito de la investigación.

En relación a mi experiencia deportiva y de trabajo, tengo el conocimiento de que la cualidad física flexibilidad en el entrenamiento de jugadores de baloncesto adolescentes es peligrosamente olvidada, y lo que es peor, despreciada por las personas a cargo, ya sea por cuestiones de tiempo o por el razonamiento erróneo de que la misma no tiene ninguna influencia positiva sobre el rendimiento deportivo y la salud física de los deportistas.

Es por los motivos expuestos anteriormente que me propuse relacionar estos dos campos, el de las vibraciones y el de la flexibilidad en basquetbolistas adolescentes, con el deseo de hacer una contribución a la pesquisa en el terreno de las vibraciones mecánicas de cuerpo completo, que nos permita acercarnos un poco más a la instauración de protocolos científicamente probados.

Para llevar a cabo este propósito, se decidió comparar el efecto que tienen las vibraciones de cuerpo completo sobre la flexibilidad, con la técnica FNP de contracción-relajación, cuya efectividad en el incremento de esta capacidad ya ha sido demostrada. Por esto, el interrogante a partir del cual se desarrolló este trabajo es:

¿Permite el entrenamiento con vibraciones mecánicas de cuerpo completo conseguir un aumento de la flexibilidad mayor que el entrenamiento con el método FNP de contracción relajación en jugadores de baloncesto?

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

➤ Determinar si el entrenamiento de la flexibilidad isquiotibial con vibraciones mecánicas es más efectivo en el aumento de la flexibilidad que el método FNP contracción-relajación.

6.2 Objetivos específicos

➤ Cuantificar cuál de los dos métodos es el que permite un aumento más rápido de la flexibilidad en isquiotibiales

➤ Determinar con cuál de los dos métodos la ganancia obtenida perdura más en el tiempo.

7. FUNDAMENTACIÓN

La importancia que tiene este estudio radica en lo novedoso del dispositivo que se somete a evaluación. La ausencia de estandarización de protocolos para trabajar con plataformas vibratorias demanda la realización de este tipo de investigaciones, a fin de determinar cuáles son los parámetros adecuados para obtener los mayores beneficios al someterse a las vibraciones mecánicas de cuerpo completo o whole body vibration. Asimismo la escasez de pesquisas acerca de la influencia de las vibraciones sobre la flexibilidad como cualidad física, transforma al siguiente trabajo en una importante contribución para, como se mencionó anteriormente, tratar de hallar los parámetros de vibración que aporten los mayores réditos sobre esta cualidad.

Al realizarse este estudio en basquetbolistas adolescentes, cuya carencia de flexibilidad es evidente, podrá determinarse si este novedoso método de entrenamiento resulta útil para el incremento de la misma en contraste con un método que ya ha demostrado resultados positivos. A su vez los resultados podrían ser trasladados a otras poblaciones de deportistas que necesiten mejorar esta cualidad para prevenir lesiones y mejorar su rendimiento, como así también al ámbito de la salud en la población en general, ya que en la actualidad los niveles de flexibilidad de las personas son insuficientes.

8. FUNDAMENTACIÓN DE LOS CONCEPTOS TEÓRICOS

8.1 VIBRACIONES MECÁNICAS DE CUERPO COMPLETO

La vibración puede ser entendida como un movimiento alternado de un cuerpo sólido en relación a su centro de equilibrio, o, como un movimiento de característica oscilatoria que se repite en torno a una posición de referencia.¹

El cuerpo humano está expuesto a vibraciones en muchos deportes, como por ejemplo esquí alpino, bicicleta de montaña, skating, etc., en muchos trabajos, al igual que durante un viaje ya sea por tierra, ferrocarril o mar. Las vibraciones pueden causar molestias, interferencias con las actividades y problemas de salud, aunque también tienen el potencial de provocar mejoras en ciertos entrenamientos de fuerza.²

Desde la mitad de la década del 80 hasta la actualidad se ha desarrollado una forma de entrenamiento basada en el uso de estímulos vibratorios, empleada por primera vez por entrenadores rusos, que utilizaron sistemas que transmitían la vibración a los músculos o tendones por medio de cables o fijados directamente a la piel.³

Actualmente, los dispositivos utilizados para la transmisión de este tipo de estímulo son las plataformas vibratorias, dando lugar a lo que conocemos como vibraciones

¹ Batista, M et al. *Efeitos do treinamento com plataformas vibratórias*. R. bras. Ci. E Mov [revista en línea] 2007; 15(3): [12]. Disponible desde URL: <http://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/viewFile/766/769>

² Da Silva, M. et al. *Effects of different frequencies of whole body Vibration on muscular performance*. Biology of sport; 2006; vol.3; n. 3. Disponible desde URL: http://www.vibrafit.com.ar/biblioteca/efectos_de_las_diferentes_frecuencias_de_vibracion.pdf

³ García-Artero, F. Ortega Porcel, J. Ruiz, F. Carreño Gálvez. *Entrenamiento vibratorio. Base fisiológica y efectos funcionales*. Dpto. Fisiología de Medicina Universidad de Granada; 2006; 15 (2): 78-86. Disponible desde URL: http://74.125.155.132/scholar?q=cache:pFYJtq4AK2oJ:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=2000

mecánicas de cuerpo completo o Whole Body Vibration (WBV).⁴ Existen dos tipos de plataformas vibratorias, las que generan movimientos verticales sinusoidales sobre el eje longitudinal y las que generan una vibración basculante u oscilante sobre el eje sagital.⁵

Las variables que intervienen en un entrenamiento con plataformas vibratorias pueden ser clasificadas en extrínsecas e intrínsecas y son:⁶

a) Extrínsecas

Frecuencia de vibración: se mide en ciclos por segundo (Hz). En general, en el empleo de plataformas vibratorias las frecuencias se mantienen por debajo de los 50 Hz, pudiendo situar el rango más efectivo entre 25 y 45 Hz. En todo caso, se recomienda evitar frecuencias por debajo de 20 Hz debido al fenómeno de resonancia o desplazamiento entre los órganos y la estructura esquelética.

Amplitud de la vibración: es la distancia recorrida por la vibración en cada ciclo (mm). Puede ser expresado como la distancia total (peak-to-peak), pero lo habitual en plataformas vibratorias es indicarlo como la mitad del recorrido, es decir, la distancia desde la posición horizontal de la plataforma hasta uno de los extremos, ya sea el superior o el inferior.

⁴ De Hoyo Lora, M. Romero Granados, S. Sañudo Corrales, B. Carrasco Páez, L. *Efecto de una sesión de entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre la capacidad de salto*. Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fis. Deporte [en línea] 2009 diciembre; vol. 9, n. 36 [13]. Disponible desde URL:<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista36/artefecto112.htm>

⁵ Alentorn Geli, E. *Tratamiento de la fibromialgia por medio de vibraciones mecánicas [tesis]*. Barcelona: Universitat de Barcelona; 2008

⁶ Tous Fajardo J. Moras Ferliú G. *Entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas: revisión de la literatura*. www.efdeportes.com [en línea], diciembre 2004, vol. 79. Disponible desde URL: <http://www.simove.es/bibliografia/Entrenamiento%20por%20WBV%20revisi%F3n%20de%20bibliograf%EDa.pdf>

Magnitud: es la unidad con la que se expresa la vibración. Suele emplearse la unidad $m.s^{-2}$. No es un dato que se ofrezca de forma directa, pero puede obtenerse indirectamente a partir de la fórmula $a=(2f)^2d$, donde f es la frecuencia de vibración y d el desplazamiento.

Dirección: las tres principales direcciones de la vibraciones aparecen en los ejes antero-posterior (x), lateral (y) y vertical (z). En el mercado existen plataformas vibratorias donde predomina la dirección vertical y otras donde existe además un marcado componente lateral (por ejemplo, las plataformas GalileoTM).

Duración: algunas respuestas del cuerpo humano dependen fundamentalmente de la duración de la vibración a la que es expuesto. La normativa ISO 2631 establece los límites de tiempo de exposición basándose en los valores de la dosis de vibración. En los estudios orientados a la mejora del rendimiento la exposición total va desde 4 min hasta un máximo de 20.

b) Intrínsecas

Intrasujeto: Postura corporal, posición y orientación del cuerpo (sentado, de pie, acostado, etc...).

Intersujeto: Tamaño y peso corporal, respuesta biodinámica corporal, edad, sexo, experiencia, expectativas, actitud, personalidad y nivel de forma física.

Se han realizado numerosos estudios para tratar de determinar la frecuencia, amplitud, magnitud y el tiempo de intervención necesario para influir en diferentes variables. Una revisión bibliográfica de los mismos, necesaria para entender el propósito de esta investigación, se expone a continuación en los párrafos siguientes.

En un estudio realizado en ratas con una vibración de 30-50 Hz, 6 mm amplitud, 30 minutos al día, 5 días por semana durante 12 semanas, 6 ciclos de 5 minutos con un minuto de pausa entre ellos se demostró una reducción de la grasa corporal sin afectar la composición mineral del hueso, la densidad mineral ósea y la masa magra.⁷ Otro estudio en ratones determinó que 6 semanas de vibraciones mecánicas de cuerpo completo de baja magnitud (45 Hz, 0.3g, 74 micras de amplitud) estimularon la remodelación vascular en el sóleo y una reducción del número de vasos sanguíneos por fibra muscular en el mismo músculo.⁸ Además se ha comprobado que las oscilaciones leves en ausencia de carga tienen efectos osteogénicos en roedores.⁹

En cuanto a la composición corporal una intervención de 6 semanas sobre adultos con sobrepeso y obesos, en la cual se comparó el efecto de una restricción calórica aislada, una restricción calórica más ejercicios de fitness y una restricción calórica más WBV, demostró que el grupo que combinó WBV y fitness con una reducción de la ingesta obtuvo una pérdida de 5-10% de peso a largo plazo y hubo una mayor reducción del tejido adiposo visceral en el grupo que empleó las vibraciones.¹⁰

Investigaciones con respecto al equilibrio han arrojado resultados variados. Una intervención de 4 meses en sujetos entre 19-38 años durante 4 meses, 4 minutos por día

⁷Maddalozzo, G. Iwaniec, U. Turner, R. Rosen, C. Widdrick, J. *Whole-body vibration slows the acquisition of fat in mature female rats.* Int J Obes (Lond) 2008 Septiembre ; 32(9): 1348–1354. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2586051/pdf/nihms77504.pdf>

⁸Murfee, W. et al. *High-frequency, low-magnitude vibrations suppress the number of blood vessels per muscle fiber in mouse soleus muscle.* J Appl Physiol, 2005 Enero; 98: 2376–2380. Disponible desde URL: <http://jap.physiology.org/content/98/6/2376.full.pdf+html>

⁹Garman, R. Gaudette, G. Donahue, L. Rubin, C. Judex, S. *Low-Level Accelerations Applied in the Absence of Weight Bearing Can Enhance Trabecular Bone Formation.* Journal of orthopaedic research; 2007 Junio; 25(6):732-40. Disponible desde URL: <http://www.bme.sunysb.edu/people/faculty/docs/crubin/2007-JOR-accelerations.pdf>

¹⁰Vissers, D. et al. *Effect of Long-Term Whole Body Vibration Training on Visceral Adipose Tissue: A Preliminary Report.* Eur J Obesity - ObesFacts; 2010 Abril; 3:000–000. Disponible desde URL: <http://www.powerplate-tulln.at/pdf/studie22.pdf>

durante 60 segundos variando las posiciones según protocolo, 3-5 veces por semana, aumentando la frecuencia de 25 hasta 40 Hz y utilizando una amplitud 2 mm no encontró evidencia de mejora en el equilibrio estático ni en el dinámico.¹¹ Otro análisis de una única sesión de vibración de 4 minutos con frecuencia ascendente por minuto de 15 hasta 30 Hz y una amplitud de 10 mm variando los ejercicios sobre la plataforma según lo establecido en el protocolo, demostró un aumento agudo del equilibrio del cuerpo, medido a los dos minutos de finalizar la sesión, pero que desaparecía totalmente al cabo de 60 minutos.¹² Una tercera intervención, más prolongada, se extendió durante 8 meses, aplicando un protocolo de 4 minutos diarios en 3 a 5 sesiones semanales, utilizando una frecuencia que aumento de 25 hasta 45 Hz al transcurrir el tiempo de trabajo y con una amplitud de 2 mm. Los sujetos realizaban cambios de posición cada 10 segundos. Se concluyó que las vibraciones no tuvieron efecto sobre el balance en las personas estudiadas.¹³

Al investigar los efectos de las vibraciones mecánicas de cuerpo completo sobre el sistema esquelético se encontró que, en 28 mujeres post-menopáusicas, la vibración a 12.6 Hz. en 6 series de un minuto por un minuto de pausa, incrementó un 4.3 % más la densidad mineral ósea de la cabeza femoral en comparación con un protocolo de 55 minutos de caminata y 5 minutos de elongación.¹⁴ En una revisión realizada en 2008 se concluye que las vibraciones podrían ser la alternativa para pacientes ancianos, con osteoporosis, al ser

¹¹Torvinem, S. *Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance*. *Medicine & science in sports & exercise*; 2002 abril; p.1523-1528. Disponible desde URL: http://www.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/Torvinem_EffectPerformanceBalance.pdf

¹²Torvinem, S. et al. *Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study*. *Clinical Physiology and Functional Imaging* ; 2002; 22, 2, p.145-152. Disponible desde URL: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.118.1755

¹³Torvinem, S. et al. *Effect of 8-Month Vertical Whole Body Vibration on Bone, Muscle Performance, and Body Balance: A Randomized Controlled Study*. *Journal of bone and mineral research*; 2003; vol. 18; n. 5; p. 876-884. Disponible desde URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1359/jbmr.2003.18.5.876/pdf>

¹⁴Gusi, N. Raimundo, A. Leal, A. *Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial*. *BMC Musculoskeletal Disorders*; 2006 noviembre; 7:92. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1693558/pdf/1471-2474-7-92.pdf>

un ejercicio suave, seguro y fácil de aprender. Sin embargo aún no han podido ser estandarizados protocolos de frecuencia y amplitud que sean aptos para este fin.¹⁵

Se han desarrollado intervenciones para averiguar los efectos fisiológicos y sobre el sistema endócrino que presentan las vibraciones de cuerpo completo. En 14 sujetos cuyo promedio de edad era de 25 años, a los cuales se les aplicaron vibraciones en 10 series de 60 segundos, con 60 segundos de pausa entre ellas y con 6 minutos de pausa luego de la quinta serie, se observó un aumento en la potencia mecánica de salida de los extensores de rodilla con una reducción de su actividad electromiográfica (sugiere aumento de la eficiencia neuromuscular). La performance en el salto también mejoró. Se midieron concentraciones de testosterona, hormona del crecimiento, y cortisol y se obtuvieron incrementos de los niveles de las dos primeras, con descenso del cortisol.¹⁶ En contraposición, luego de 20 series de 1 minuto, a 30 Hz. y 1,5 mm de amplitud y a 30 Hz y 3 mm de amplitud, no se obtuvieron cambios en la testosterona sérica en 9 hombres adultos, sanos y deportistas recreativos con respecto al grupo control luego de 10 series, luego de 20 series y luego de 24 hs.¹⁷ Resultados similares se obtuvieron en 7 hombres de 22 años promedio de edad, que realizaron 10 series de media sentadilla isométrica de 1 minuto con 1 minuto de pausa, con la plataforma vibrando a una frecuencia de 30 Hz y con una aceleración de 3,5 g, en los que no hubo modificaciones en las concentraciones de

¹⁵ Cataldo, P. Di Bella, N. Barbera, G. Pugliese, A. Letizia Mauro, G. *WBV: possibile impiego per l'osteoporosi? Review.* Europa medicophysica; 2008 octubre; Vol. 44 - Suppl. 1; n. 3. Disponible desde URL: http://www.medik.net/atti/SIMFER_08/doc/057.pdf

¹⁶ Bosco, C. et al. *Hormonal responses to whole-body vibration in men.* Eur J Appl Physiol; 2000; vol. 81; p. 449-454. Disponible desde URL: http://www.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/Bosco_HormonalResponseMen.pdf

¹⁷ Cardinale, M. Leiper, J. Erskine, J. Milroy, M. Bell, S. *The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study.* Clinical Physiology and Functional Imaging 26; 6; p. 380-384. Disponible desde URL: http://gr8vibrations.com/yahoo_site_admin/assets/docs/WBV_-_Endocrine_System_in_Young_Men.129232521.pdf

testosterona y cortisol, por lo que se dedujo que las vibraciones mecánicas de cuerpo completo no estimulan el sistema endócrino.¹⁸

En cuanto a los efectos sobre el VO₂ máx se ha encontrado una investigación realizada sobre 22 jóvenes cuyo promedio de edad era de 21,5 años y 12 personas mayores cuyo promedio de edad era de 69 años. En ambos grupos se demostró un aumento del VO₂ utilizando una frecuencia de 30 Hz., trabajando con el propio peso corporal y con cargas adicionales del 20 y el 40% del propio peso.¹⁹ Asimismo se evaluó el consumo específico de oxígeno y la escala de percepción del esfuerzo en 8 mujeres y 4 hombres jóvenes saludables demostrando un aumento del VO₂ máx. y de la percepción del esfuerzo utilizando una frecuencia de vibración de 26 Hz. y una amplitud de 6 mm.²⁰

También se compararon los niveles de glucosa en sangre en adultos físicamente inactivos y con diabetes tipo II, luego de 3 meses de intervención con vibraciones mecánicas de cuerpo completo a una amplitud de 2 mm, una frecuencia de 30 Hz las primeras 9 semanas y de 35 Hz las semanas restantes, realizando series de 30 segundos con 8 ejercicios diferentes, con intervenciones basadas en estímulos de fuerza y flexibilidad, concluyendo que la vibración de cuerpo completo puede ser una excelente medida para

¹⁸ Erskine, J. Smillie, I. Leiper, J. Ball, D. Cardinale, M. *Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in healthy young men.* ClinPhysiolFunct Imaging; 2007; vol. 27, p. 242–248. Disponible desde URL:

http://www.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/Erskine_NeuromuscularHormonalEffects.pdf

¹⁹ Cochrane, D. et al. *A Comparison of the Physiologic Effects of Acute Whole-Body Vibration Exercise in Young and Older People.* ArchPhysMedRehabil; 2008 mayo; vol. 89; p. 815-821. Disponible desde URL: <http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0003-9993/PIIS0003999308000695.pdf>

²⁰ Rittweger, J. Schiessl, H. Felsenberg, D. *Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement.* Eur J ApplPhysiol; 2001 octubre; vol. 86; p. 169-173. Disponible desde URL: <http://www.simove.es/bibliografia/Oxygen%20uptake%20during%20whole-body%20vibration%20exercise.pdf>

controlar la glicemia en diabéticos tipo II, aunque debe investigarse más acerca de los parámetros a utilizar.²¹

Un estudio sobre el flujo sanguíneo concluyó en un aumento de la velocidad media de 6.5 a 13 cm./seg y una reducción significativa del índice de resistencia, en 20 adultos sanos entre 25-35 años usando vibraciones de 26 Hz durante 9 minutos en diferentes posiciones. Se registraron solo alteraciones periféricas, no hubo cambios en la frecuencia cardiaca ni en la tensión arterial.²²

Otro campo en el que se han realizado investigaciones es el de la tercera edad. Se han encontrado cambios significativos en el test de “levantate y ve” y en el test de Tinetti, empleando vibraciones entre 30-40 Hz durante 6 semanas en 24 sujetos con una edad promedio de 77 años. Se concluye que la aplicación es factible y que ayuda a mejorar la movilidad y el balance.²³

67 ancianos cuya edad promedio fue de 72 años fueron trabajados con una plataforma vibrando entre 12-20 Hz, con una duración de 4 minutos una vez por semana. Se encontraron mejoras en la velocidad de caminata, el largo de paso y en el tiempo en que

²¹Baum, K. Votteler, T. Schiab, J. *Efficiency of vibration exercise for glycemic control in type 2 diabetes patients*. International journal of medical science; 2007; vol. 4; p. 159-163. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1885552/pdf/ijmsv04p0159.pdf>

²²Kerschman-Schindl, K. et al. *Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume*. *Clin Physiol*. 2001 Mayo; 21(3):377-82. Disponible desde URL: <http://www.wholebodyvibration.net/research/Medisch-Kerschman-WBVleadstoalterationsinmusclebloodflow.pdf>

²³Bautmans, I. Van Hees, E. Lemper, J. Mets, T. *The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial*. *BMC Geriatrics* 2005 diciembre, 5:17. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1368976/pdf/1471-2318-5-17.pdf>

se mantuvieron parados sobre un solo pie luego de 2 meses, en comparación con el grupo que realizó caminatas. El ejercicio vibratorio fue bien tolerado.²⁴

En cuanto a la fuerza en ancianos se comprobó que un protocolo de vibración consistente en 3 sesiones semanales durante 8 semanas, frecuencia de 26 Hz y amplitud de 5-8 mm (el volumen se fue incrementando al alargar la duración de la sesión y la intensidad aumentando la amplitud) resultó útil en ancianos de 73,7 años promedio para aumentar la fuerza de los flexores plantares en comparación con los ejercicios sin vibración.²⁵ Otro estudio de los mismos autores arrojó resultados similares.²⁶ Contrariamente, 47 personas mayores que ya frecuentaban un programa de ejercicio físico participaron en una investigación que determinó que, adhiriendo a sus ejercicios usuales 13 semanas de entrenamiento con vibraciones, en 2 sesiones semanales, empleando frecuencias que fueron en aumento desde los 30 Hz hasta los 40 Hz y amplitudes que también se incrementaron conforme transcurría el tiempo desde los 2 a los 6 mm, no hubo aumentos en la fuerza, la potencia y la funcionalidad con respecto a los que continuaron con su programa habitual de actividad física.²⁷

²⁴ Kawanabe, K. et al. *Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly*. Keio J Med; 2007 marzo; 56(1): 28—33. Disponible desde URL: <http://www.kjm.keio.ac.jp/past/56/1/28.pdf>

²⁵ Rees, S. Murphy, A. Watsford, M. *Effects of Whole-Body Vibration Exercise on Lower-Extremity Muscle Strength and Power in an Older Population: A Randomized Clinical Trial*. Physicaltherapy; 2008 abril; vol. 8; n. 4; p. 462-470. Disponible desde URL: <http://ptjournal.apta.org/content/88/4/462.full.pdf+html>

²⁶ Rees, S. Murphy, A. Watsford, M. *Effects of Vibration Exercise on Muscle Performance and Mobility in an Older Population*. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2007, 15, 367-381. Disponible desde URL: http://www.comfitsolutions.com/yahoo_site_admin/assets/docs/WBV_-_Performance__Mobility_in_Older_Population.13001434.pdf

²⁷ Gonçalves da Silva, R. et al. *Efeito do treinamento vibratório na força muscular e em testes funcionais em idosos fisicamente ativos*. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*; 2009; vol. 11; n.2; p. 166-173. Disponible desde URL: http://api.ning.com/files/MiaVKXVBC4*HCXoXlq2hAaZwV44bRcwKyZhqmeVdmbcSNLhXGPvUub7Gk98e94KV06t525ieu3f73Tqbxaz1UAN5kSjkbqt/Efeitodotreinamentovibratorioparamusculareemtestefuncionaisemidososfisicamenteativos2009.pdf

Para concluir con el campo de la tercera edad se analizaron efectos a largo plazo en mujeres postmenopáusicas cuyas edades oscilaron entre 58 y 74 años. El protocolo tuvo una duración de 6 meses, comparando los resultados de las vibraciones con un entrenamiento de resistencia (ejercicios cardiovasculares) y con un grupo control. Las vibraciones se aplicaron empleando frecuencias entre 35-40 Hz y amplitudes entre 1,7 a 2,5 mm, ambas variables aumentando conforme pasaba el tiempo. Luego de la intervención se pudo concluir que el entrenamiento vibratorio aumentó la fuerza de contracción muscular isométrica y dinámica un 15 y 16% respectivamente, además de incrementar en 0,93% la densidad mineral ósea de la cadera. Estos hallazgos sugieren que el entrenamiento con vibraciones podría reducir los factores de riesgo de caídas y fracturas en ancianas, pero se reconoce que aún es necesaria más investigación.²⁸ También se encontraron efectos positivos en mujeres postmenopáusicas con respecto al aumento de la potencia muscular y a la velocidad de movimiento tras implementar un protocolo de vibración de 3 series de 2 minutos, 2 veces por semana durante 6 meses, con una frecuencia progresiva de 12 hasta 28 Hz durante el primer mes, para mantenerse en este último valor los 5 meses restantes.²⁹

Un único estudio acerca de los efectos de las vibraciones mecánicas de cuerpo completo sobre el control lumbosacro fue hallado. En el mismo se trabajó sobre 25 individuos con edades entre 19-21 años. Se aplicó una frecuencia de vibración de 18 Hz combinada con un ejercicio estático en cadena mientras los participantes permanecían sobre la plataforma con las rodillas ligeramente flexionadas. El resultado final fue un aumento de

²⁸Verschueren, S. et al. *Effect of 6-Month Whole Body Vibration Training on Hip Density, Muscle Strength, and Postural Control in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Pilot Study*. Journal of bone and mineral research; 2004; vol. 19: n. 3; p. 352-359. Disponible desde URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1359/JBMR.0301245/pdf>

²⁹ Russo, C. et al. *High-Frequency Vibration Training Increases Muscle Power in Postmenopausal Women*. ArchPhysMedRehabil; 2003 diciembre; vol 84; p. 1854-1857. Disponible desde URL: <http://www.hypervibeuk.co.uk/research/4.pdf>

la propiocepción en la zona lumbosacra, testeada mediante el test de reposicionamiento lumbosacro en ausencia de visión. Este hallazgo inicial resulta importante ya que no se había demostrado nada similar con anterioridad y la cantidad de vibración utilizada fue mínima con resultados positivos.³⁰

En el campo de la neurología se ha estudiado el efecto en pacientes con ACV crónico. Un total de 26 sujetos (8 con lesión en el hemisferio derecho y 15 con lesión en el izquierdo) con una edad promedio de 58 años fueron sometidos a una serie de 4 repeticiones consecutivas de 45 segundos con 1 minuto de pausa entre ellas, a una frecuencia de 30 Hz y una amplitud de 3 mm en una posición de semi-sentadilla y pudiendo tomarse del soporte para no caer. Los resultados del estudio concluyeron que las vibraciones mecánicas de cuerpo completo pueden ser un candidato prometedor para aumentar el control propioceptivo de la postura en pacientes con un ACV crónico.³¹ El mismo autor, en otro estudio, determinó que las vibraciones aplicadas en 4 series de 45 segundos, 5 veces por semana durante seis semanas, con una frecuencia de 30 Hz y una amplitud de 3 mm, no son más efectivas en términos de recuperación del equilibrio y actividades de la vida diaria que la misma cantidad de tratamiento con terapia musical, en fases post-agudas de ACV.³²

³⁰ Fontana, T. Richardson, C. Stanton, W. *The effect of weightbearing exercise with low frequency, whole body vibration on lumbosacral proprioception: A pilot study on normal subjects.* Australian Journal of Physiotherapy; 2005; vol. 51; p. 259-263. Disponible desde URL: <http://www.cranbrookphysio.com/pdf/Effectofweightbearingexercisewithlowfrequency--article.pdf>

³¹ Van Nes, I. Geurts, A. Hendricks, H. Duysens, J. *Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: Preliminary evidence.* Am J PhysMedRehabil; 2004 noviembre; vol. 83; p. 867-873. Disponible desde URL: <http://www.galileoouk.co.uk/download/206.pdf>

³² Van Nes, I. et al. *Long-Term Effects of 6-Week Whole-Body Vibration on Balance Recovery and Activities of Daily Living in the Postacute Phase of Stroke A Randomized, Controlled Trial.* Stroke; 2006 agosto; vol. 37; p. 2331-2335. Disponible desde URL: <http://stroke.ahajournals.org/cgi/reprint/37/9/2331>

En sujetos con síndrome de fatiga crónica se ha comprobado que un protocolo de 6 meses con una frecuencia de vibración entre 18-22 Hz y una amplitud de 10 mm, aplicado cada 48 hs, mostró mejoras en la percepción de la fatiga, del dolor muscular, en el estado de ánimo, en la calidad de vida y en la reanudación de actividades laborales. Además se encontró un incremento en el umbral de dolor del músculo cuádriceps.³³

Un análisis sobre niños inmovilizados (4 con osteogénesis imperfecta, 1 con parálisis cerebral y 1 con disrafia medular) entre 5 y 15 años de edad, durante seis meses, aumentando progresivamente la frecuencia, la amplitud y la angulación de las rodillas conforme se avanzaba en el tiempo y los pacientes iban progresando, arrojó como resultado un crecimiento de la movilidad y un aumento del desarrollo de la fuerza en las extremidades inferiores de los niños con osteogénesis imperfecta, una reducción de la espasticidad y mejora en el patrón de marcha en el niño con PC y un descenso de las contracturas articulares asociadas en el niño con disrafia medular. La indicación del empleo de toxina botulínica y la corrección quirúrgica de las contracturas musculares fueron canceladas en el niño con PC y en el que padecía disrafia respectivamente.³⁴

Un estudio piloto realizado sobre 11 sujetos que padecían de fibrosis quística, durante 6 meses, aplicando 5 estímulos semanales de 6 minutos de duración con una frecuencia de 12 Hz, o 3 estímulos semanales de 6 minutos a 26 Hz dependiendo de las características individuales y, realizando diferentes ejercicios sobre el dispositivo, pudo

³³Saggini, R. et al. *Submaximal aerobic exercise with mechanical vibrations improves the functional status of patients with chronic fatigue syndrome*. Europa Medicophysica; 2006 junio; vol. 42; n. 2; p. 97-102. Disponible desde URL: <http://www.minervamedica.it/en/freedownload.php?cod=R33Y2006N02A0097>

³⁴Semler, O. Fricke, O. Vezyroglou, K. Starck, C. Schoenau, E. *Preliminary results on the mobility after whole body vibration in immobilized children and adolescents*. J Musculoskelet Neuronal Interact; 2007; vol. 7; n. 1; p. 77-81. Disponible desde URL: http://www.comfitsolutions.com/yahoo_site_admin/assets/docs/WBV_-_Immobilized_Children.13002052.pdf

concluir que las WBV son una técnica prometedora para incrementar la potencia muscular, y en cierta medida la fuerza, en un tiempo mínimo de trabajo con estos pacientes.³⁵

Sin dudas el campo en el que más se ha estudiado la influencia de las vibraciones mecánicas de cuerpo completo es el de la respuesta que presentan los músculos al ser estimulados por las mismas. A continuación se presenta un resumen de lo hallado en la bibliografía con respecto al tema.

Seis jugadoras de volleyball de nivel nacional, promedio de edad 19,5 años y que participaban de entrenamientos 5 veces por semana fueron evaluadas en prensa de piernas con 70, 90, 110 y 130 kg. Luego se asignó una pierna al grupo de vibración y la otra al grupo control. La pierna de tratamiento fue expuesta a vibraciones de 26 Hz de frecuencia y 10 mm de amplitud, en 10 series de 60 segundos por 60 segundos de pausa y con una flexión de rodilla de 100°. Como conclusión se detectaron incrementos significativos en la velocidad promedio, fuerza promedio y potencia promedio en la pierna que entrenó con vibraciones, en comparación con la pierna que actuó como control, la cual no presentó modificaciones.³⁶

Doce boxeadores de nivel internacional, integrantes del equipo italiano participaron voluntariamente en un estudio que tenía como propósito determinar el efecto de las vibraciones sobre las propiedades mecánicas de la musculatura flexora de los brazos. Un

³⁵Roth, J. et al. *Whole body vibration in cystic fibrosis – a pilot study.* J Musculoskelet Neuronal Interact; 2008; vol. 8; n. 2; p. 179-187. Disponible desde URL: <http://www.ismni.org/jmni/pdf/32/11ROTH.pdf>

³⁶Bosco, C. et al. *Adaptative responses of human skeletal muscle to vibration exposure.* Clinical Physiology; 1999; vol. 19; n. 2; p. 183-187. Disponible desde URL: <http://www.bodyvibrodynamic.com/docs/research/Adaptive%203.pdf>

brazo actuó como control y el otro fue sometido a vibraciones en 5 series de 1 minuto obteniéndose mayores aumentos en la potencia promedio del brazo tratado.³⁷

20 futbolistas universitarios, con un promedio de edad de 23,5 años, y que entrenaban 5 veces a la semana, fueron expuestos a 10 series de 30 segundos con 30 segundos de pausa entre ellas, las 5 primeras en posición de medio squat y las 5 últimas en posición erecta con flexión plantar, testeándose al finalizar la velocidad en 10 y 20 metros, no obteniéndose modificaciones significativas entre los pre y post tests.³⁸ A su vez se llevó a cabo una experiencia con 20 atletas experimentados en pruebas de sprint (7 varones, 13 mujeres, entre 17-30 años), durante cinco semanas, adhiriendo tres sesiones semanales de WBV con una frecuencia de 35-40 Hz, amplitud 1,7-2,5 mm al entrenamiento convencional, y tampoco se obtuvieron mejoras en velocidad, además de no observarse cambios en la fuerza de extensores y flexores de rodilla, en la velocidad de extensión de rodilla y en la capacidad de salto vertical.³⁹ En contrapartida, al evaluar los cambios en la velocidad en 24 voluntarios (12 varones y 12 mujeres, edad promedio 21,3 años) que no habían realizado ningún tipo de entrenamiento 3 meses y medio antes de la intervención, utilizando vibraciones durante 6 semanas, 3 veces por semana con al menos un día de descanso entre sesiones, y realizando 3 series de 8 repeticiones de 40 segundos, con una micropausa de 1 minuto y una macropausa de 2 minutos, una frecuencia de 30 Hz y una

³⁷Bosco, C. Cardinale, M. Tsarpela, O. *Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles*. Eur J Appl Physiol; 1999; vol. 79; p. 306-311. Disponible desde URL: <http://www.vib.pl/file/bad/fitspo/03.pdf>

³⁸ Da Silva, M. et al. *Efectos agudos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre el tiempo de carrera en corta distancia en jugadores de fútbol*. Medicina del ejercicio; 2006 agosto; año XXI; n. 1-2. Disponible desde URL: http://www.vibrafit.com.ar/biblioteca/efectos_agudos_del_entrenamiento_con_vibraciones.pdf

³⁹Delecluse, C. Roelants, M. Diels, R. Koninckx, E. Verschueren, S. *Effects of Whole Body Vibration Training on Muscle Strength and Sprint Performance in Sprint-trained Athletes*. Int J Sports, Med; 2005; vol. 26; n. 8; p. 662-668. Disponibledesde URL: http://www.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/Delecluse_EffectsWBVStengthSprint.pdf

amplitud de 2,5 mm, se observaron incrementos en la velocidad a los 10, 20, 30, 40, 50, 60 m, con un aumento general del 2,7%, además de incrementarse el largo de paso.⁴⁰

Al cabo de una única sesión de 5 series de 1 minuto con 2 minutos de pausa entre ellas, utilizando una frecuencia de 30 Hz y una amplitud de 8 mm, y manteniendo una posición estática a 110° de flexión de rodillas, 12 estudiantes presentaron una reducción en la fuerza máxima de extensión de rodilla en comparación con los valores de base y que se recuperó luego de 3 horas.⁴¹ Otra investigación relacionada con el incremento de la fuerza muscular tuvo como sujetos a 67 mujeres desentrenadas (promedio de edad 21, 4 años), a las cuales se les aplicó un protocolo de vibración de 35-40 Hz y amplitud de 2,5-5 mm que se fueron incrementando para aumentar la intensidad, con una duración de 12 semanas, y se comprobó un aumento del 16.6% en la fuerza isométrica y dinámica de los extensores de rodilla, en comparación con el 14,4% de aumento que mostró el entrenamiento de resistencia y los cambios no significativos que presentaron el grupo placebo y el grupo control.⁴² En 24 hombres entrenados en fuerza se produjo un descenso en el pico de torque isométrico y en la activación muscular voluntaria de los extensores de rodilla, luego de una única sesión consistente en 3 series de 60 segundos, con 30 Hz de frecuencia, 4 mm de

⁴⁰Paradisis, G. Zacharogiannis, E. *Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance*. Journal of Sports Science and Medicine; 2007; vol. 6; p.44-49. Disponible desde URL: <http://www.jsportscimed.org/vol6/n1/5/v6n1-5pdf.pdf>

⁴¹ de Ruiter, C. van der Linden, R. van der Zijden, M. Hollander, A. de Haan, A. *Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise*. Eur J Appl Physiol; 2003; vol. 88; p. 472-475. Disponible desde URL: http://www.vibratech.co.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/155.-Short-term-effects-of-whole-body-vibration-on-maximal-voluntary%283%29.pdf

⁴²Delecluse, C. Roelants, M. Verschuere, S. *Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training*. Medicine & Science in Sports & Exercise; 2003 junio; vol. 35; n. 6; p. 1033-1041. Disponible desde URL: <http://www.cranbrookphysio.com/pdf/strengthincreasesafterwholebodyvibrationcompared.pdf>

amplitud y manteniendo una posición estática de semi-sentadilla.⁴³ 33 esquiadores belgas (12 mujeres, 21 varones), con edades que oscilaron entre 9-15 años, participaron de un análisis de 6 semanas de duración, que comparó los efectos de un entrenamiento de resistencia con otro consistente en 3 sesiones semanales de WBV a una frecuencia e intensidad crecientes al avanzar las semanas desde 24-28 Hz y 2-4 mm realizando diferentes ejercicios y manteniendo diferentes posturas sobre la plataforma según el protocolo establecido, concluyéndose que ambos programas produjeron un incremento en la fuerza de la musculatura de tobillo y rodillas, así como un aumento en la fuerza explosiva, pero ninguno de los dos provocó cambios significativos en el control postural de estos deportistas.⁴⁴ Luego de 24 semanas de entrenamiento 48 mujeres (promedio de edad 21,3 años) no entrenadas previamente, mostraron un incremento similar en fuerza con un programa de fitness convencional (entrenamiento cardiovascular y de resistencia muscular) y un entrenamiento vibratorio con parámetros de 35-40 HZ de frecuencia y 2,5-5 mm de amplitud.⁴⁵ Combinando WBV con un entrenamiento de resistencia con sobrecarga y comparándolo con un entrenamiento vibratorio aislado y un entrenamiento de resistencia independiente, durante 9 semanas en 28 hombres jóvenes moderadamente entrenados, se observó que la combinación no produjo aumento en la fuerza de contracción isométrica a 110° de flexión de rodilla, utilizando frecuencias de 20 Hz las 5 primeras semanas y 25 Hz

⁴³ Jordan, M. Norris, S. Smith, D. Herzog, W. *Acute effects of whole-body vibration on peak isometric torque, muscle twitch torque and voluntary muscle activation of the knee extensors.* Scand J Med Sci Sports; 2009; vol. 20; n.3; p. 535-540. Disponible desde URL: <http://www.jordanstrength.com/documents/AcuteEffectsofWBV.pdf>

⁴⁴ Mahieu, N. et al. *Improving Strength and Postural Control in Young Skiers: Whole-Body Vibration Versus Equivalent Resistance Training.* Journal of Athletic Training; 2006; vol. 41; n. 3; p. 286-293. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17043697>

⁴⁵ Roelants, M. Delecluse, C. Goris, M. Verschueren, S. *Effects of 24 Weeks of Whole Body Vibration Training on Body Composition and Muscle Strength in Untrained Females.* Int J Sports Med; 2004; vol. 25; n. 1; p. 1-5. Disponible desde URL: <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/sportsmed/doi/10.1055/s-2003-45238>

las 4 restantes, manteniendo una amplitud de 4 mm durante toda la intervención.⁴⁶ Además se realizó un estudio con vibraciones sobre miembro superior (muy escasos en la bibliografía) en el cual se midió la influencia de 3 sesiones semanales, durante 10 semanas, en 2 series de 60 segundos, con una frecuencia de 50 Hz y una amplitud de 4 mm, combinando la vibración con un entrenamiento de resistencia y comparándola con un entrenamiento de resistencia aislado en 13 mujeres atletas (edad promedio 21,2 años), no obteniéndose diferencias significativas en el trabajo total del manguito de los rotadores.⁴⁷

Al estudiarse los efectos de las vibraciones sobre el salto vertical en 15 personas desentrenadas se obtuvo que las que trabajaron con la plataforma a una frecuencia de 20 Hz, 4 mm de amplitud en 5 series de 60 segundos por 60 segundos de pausa aumentaron un 4% en el squat jump al minuto de finalizar, mientras que los que trabajaron con vibraciones a 40 Hz y los mismos otros parámetros tuvieron una baja en el rendimiento del 3,8% en el squat jump y del 3,6% en el salto contra movimiento.⁴⁸ Otro análisis de los efectos sobre la capacidad de salto en 24 estudiantes no encontró diferencias en el entrenamiento a corto plazo entre el grupo control y el grupo experimental sometido a vibraciones.⁴⁹ En cuanto a sujetos entrenados, se aplicaron vibraciones a 31 sujetos, que mantuvieron sus entrenamientos habituales, excepto los de salto y fuerza. El protocolo consistió en 6 series de 60 segundos con 2 minutos de pausa utilizando frecuencias de 20, 30 y 40 Hz. Los

⁴⁶Kvorning, T. Bagger, M. Caserotti, P. Madsen, K. *Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures.* Eur J Appl Physiol; 2006; vol. 96; p. 615–625. Disponible desde URL: <http://www.cranbrookphysio.com/pdf/Effectsofvibrationandresistancetrainingonneuromuscula.pdf>

⁴⁷Hands, J. Verscheure, S. Osternig, L.A *Comparison of Whole-Body Vibration and Resistance Training on Total Work in the Rotator Cuff.* Journal of athletic training; 2009 septiembre; vol. 44; n. 5; p. 469-474. Disponible desde URL: <http://journalofathletictraining.org/doi/pdf/10.4085/1062-6050-44.5.469>

⁴⁸Cardinale, M. Lim, J. *The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance.* Medicina dello sport; vol. 56; n. 4; p. 287-292. Disponible desde URL: <http://www.cranbrookphysio.com/pdf/bodyVibrationFrequencies.pdf>

⁴⁹ Cochrane, D. Legg, S. Hooker, M. *The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance.* J. Strength Cond Res; 2004 noviembre; vol.18; n.4 p. 828-832. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15574090>

resultados arrojaron aumentos significativos en el SJ, en el CMJ y en la potencia con 30 Hz, mientras que hubo un descenso de todos los parámetros en aquellos sujetos que trabajaron a 40 Hz. Por esta razón los investigadores sugieren los 30 Hz de frecuencia para incrementar el comportamiento neuromuscular en personas activas.⁵⁰ En otra intervención similar la muestra estuvo constituida por 12 sujetos participantes en actividad física recreativa. Todos fueron sometidos a 3 pre-test, que se correlacionaron, y a un pos-test inmediato. Se evaluaron los saltos con contramovimiento (CMJ) y desde posición de squat (SJ). El protocolo de vibración fue de 30 Hz de frecuencia, amplitud de 4 mm, posición isométrica de 110° de flexión de rodillas y duración de 5 series de 60 s con idéntica recuperación. Se produjo un aumento del 7,09% en el SJ y del 6,41% en el CMJ. En este estudio no se realizó calentamiento previo, lo que sugiere que la causa del mayor incremento con respecto a otros estudios sea esa.⁵¹ Siguiendo esta misma línea se encuentra un trabajo sobre un total de 15 sujetos sanos y activos (11 hombres y 4 mujeres) que se sometieron a 60 segundos de estimulación sobre una plataforma vibratoria que indujo oscilaciones verticales (frecuencia: 50 Hz; amplitud: 2 mm). Antes del periodo de estimulación vibratoria así como 30 segundos y 2 minutos después del mismo, los sujetos realizaron un salto vertical SJ sobre una plataforma de contacto, a partir de la cual se registró el tiempo de vuelo y la altura de cada salto. Los resultados obtenidos muestran un efecto positivo del estímulo vibratorio sobre la fuerza desarrollada en el salto vertical realizado 2 minutos después de la vibración, ya que tanto el tiempo de vuelo como la altura aumentaron significativamente respecto a los valores obtenidos en el primer salto. El estudio concluye que una estimulación de 60 segundos sobre plataforma vibratoria combinando altas

⁵⁰ Da Silva, M. et al. *Effects of different frequencies of whole body Vibration on muscular performance*. *Biology of sport*; 2006; vol.3; n. 3. Disponible desde URL: http://www.vibrafit.com.ar/biblioteca/efectos_de_las_diferentes_frecuencias_de_vibracion.pdf

⁵¹ De Hoyo Lora, M. Op cit.

frecuencias y bajas amplitudes en su oscilación, genera un efecto residual positivo en la capacidad de salto vertical.⁵² También se comprobó que una serie de 45 segundos a 40 Hz y 2-4 mm de amplitud resultó efectiva para incrementar la performance del CMJ en mujeres desentrenadas, efecto que se mantuvo más de 5 pero menos de 10 minutos. Estos efectos no se encontraron en hombres.⁵³ Tras estudiar a 14 mujeres desentrenadas, entre 20-25 años de edad, utilizando frecuencias bajas de vibración (de 3,5 a 12 Hz) y en 5 sesiones semanales durante 4 semanas se concluyó que el entrenamiento con plataformas vibratorias provoca un aumento significativo del salto por incremento de la fuerza de los músculos extensores de la rodilla.⁵⁴ Opuestamente una intervención prolongada en el tiempo (11 semanas) con vibraciones de 30 Hz de frecuencia y 8 mm de amplitud, aplicadas en 5-8 series de un minuto con un minuto de pausa y con el sujeto en flexión de rodillas de 110° no produjo incrementos en el salto contra movimiento ni en la fuerza de los extensores de rodilla.⁵⁵

Con respecto a las respuestas electromiográficas a las vibraciones mecánicas de cuerpo completo, se ha analizado la respuesta del vasto externo a diferentes frecuencias de vibración. Para ellos 16 jugadoras de volleyball de nivel profesional y de un promedio de 23,9 años de edad, fueron expuestas a vibraciones de 30, 40 y 50 Hz, con amplitud de 10 mm, en 4 series de 60 segundos con 60 segundos de pausa y con las rodillas flexionadas a 100°, obteniéndose aumentos en los registros electromiográficos en con todas las

⁵²Martinez Pardo, E. Carrasco Paez, L. Alcaráz Ramón, P. Brunet Gómez, A. Nadal Soler, C. *Efectos agudos de las vibraciones mecánicas sobre el salto vertical*. Educación física y deportes; 2007 1° trimestre; p. 81-85. Disponible desde URL: http://www.mirallas.org/Esport/APUNTS87b_2007_cas.pdf

⁵³Bazett-Jones, D. Finch, H. Dugan, E. *Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance*. Journal of Sports Science and Medicine; 2008; marzo vol.7; p. 144-150. Disponible desde URL: http://inifestudio.com/pdf/BazettJones_EffectsVerticalJump.pdf

⁵⁴Manonelles Marqueta, P. Gimenez Salillas, L. Álvarez Medina, J. García Rivas, B. *Efecto de las vibraciones mecánicas en el entrenamiento de la fuerza*. Educación física y deportes; 2007 1° trimestre; p. 73-80. Disponible desde URL: http://articulos.revista-apunts.com/87/es/087_073-080ES.pdf

⁵⁵deRuiter, C. van Raak, S. Schilperoort, J. Hollander, A. de Haan, A. *The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors*. Eur J Appl Physiol; 2003; vol. 90; p. 595-600. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12923646>

frecuencias empleadas, pero siendo este mayor a 30 Hz.⁵⁶ También se encontraron aumentos en la actividad electromiográfica del cuádriceps y el bíceps femoral, al ser sometidos estos músculos a vibración.⁵⁷

En relación al tema de estudio de este trabajo, la flexibilidad, intervenciones que hacen referencia al mismo serán mencionadas en los párrafos subsiguientes.

Se ha demostrado, en adultos jóvenes, que 15 minutos de vibración local aplicada a 44 Hz de frecuencia y 0,01 mm de amplitud, presenta la misma efectividad que un programa de 15 minutos de ejercicios de flexibilidad para aumentar, en el corto plazo, la movilidad de los músculos flexores de cadera. Se sugiere que esto ocurre como resultado de un incremento en la relajación muscular.⁵⁸

Al aplicar vibraciones de 44 Hz con una amplitud de 3 mm localmente, en un estudio del que participaron 28 sujetos que trabajaron 3 veces por semana durante 3 semanas se concluyó que las vibraciones impuestas por cortos periodos son efectivas para incrementar la flexibilidad, además de mostrar ganancias en la fuerza muscular.⁵⁹

En 18 jugadoras de hockey (21,8 años promedio) se aplicó una vibración de cuerpo completo a 26 Hz de frecuencia, 6 mm de amplitud, y trabajando en 6 posiciones diferentes, a saber, con rodillas casi extendidas totalmente, con rodillas en flexión de 120°, de rodillas

⁵⁶Cardinale, L. Lim, J. *Electromyography Activity of VastusLateralis Muscle During Whole-Body Vibrations of Different Frequencies*. Journal of Strength and Conditioning Research; 2003; vol. 17; n. 3; p. 621–624. Disponible desde URL: http://gr.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/PP_vastus_lateralis.pdf

⁵⁷Verschueren, S. et al. *Vibration-Induced Changes in EMG During Human Locomotion*. J Neurophysiol; 2003; vol. 89; p. 1299–1307. Disponible desde URL: <http://jn.physiology.org/content/89/3/1299.full.pdf+html>

⁵⁸Atha, J. Wheatley, D. *Joint mobility changes due to low frequency vibration and stretching exercise*. Br J Sports Med; 1976 marzo; vol. 10; n. 1; p. 26–34. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1859364/pdf/brjmed00272-0028.pdf>

⁵⁹Issurin, V. Liebermann, D. Tenembaun, G. *Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility*. J Sports Sci; 1994 diciembre; vol. 12; n. 6; p. 561-566. Disponible desde URL: http://www.powerplate.ch/downloads/Wissenschaftliche%20Studien/3%20Beweglichkeit/1b_beweglichkeit_journal_of_sport_israel_issurin_1994.pdf

en el piso con brazos y manos sobre la plataforma, realizando sentadillas con un tiempo de 2 segundos para subir y 2 para bajar hasta una flexión de rodillas de 120°, posición de estocada con pierna izquierda arriba y luego con pierna derecha arriba. Esto se comparó con los mismos ejercicios con la plataforma apagada y con 5 minutos de pedaleo a 50 W en un cicloergómetro. Como resultado se reportó un aumento del 8,2% en el test de sit and reach al aplicar entrenamiento con vibraciones, número mayor a los obtenidos con los otros dos tipos de entrenamiento, a pesar de que no se realizó ningún ejercicio específico de flexibilidad. También se registró un aumento en el ACMVJ.⁶⁰

Un protocolo de 8 semanas de trabajo estudió los efectos de las vibraciones de cuerpo completo sobre la performance muscular y la flexibilidad en 26 atletas mujeres de entre 21 y 27 años de edad que fueron divididas en dos grupos. Un grupo actuó como control y el otro trabajó con la plataforma vibratoria durante 8 semanas, 3 sesiones semanales, con una frecuencia de 35 Hz y 4 mm de amplitud, realizando dos ejercicios diferentes. Uno consistió en una sentadilla a 90° de flexión de rodillas con las manos en las caderas y el otro consistió en la misma posición pero con un pié sobre la plataforma y el otro en el aire. Los tiempos para cada posición fueron variando al avanzar las semanas. Al finalizar se obtuvieron aumentos significativos en el test de sit and reach con respecto al grupo control. Por su parte también aumentó la fuerza de los extensores de rodilla, así como la altura del salto contra movimiento.⁶¹

⁶⁰ Cochrane, D. Stannard, S. *Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite field hockey players.* Br J Sports Med; 2005; vol. 39; p. 860-862. Disponible desde URL: <http://www.vibotherapy.com.au/incidentals/Cochrane,%20WBV%20increases%20jump%20height%20and%20flexibility.pdf>

⁶¹Faganani, F. Giombini, A. Di Cesare, A. Pigozzi, F. Di Salvo, V. *The Effects of a Whole-Body Vibration Program on Muscle Performance and Flexibility in Female Athletes.* Am. J. Phys. Med. Rehabil; 2006 diciembre; vol. 85; n. 12. Disponible desde URL:

Se estudió a 10 gimnastas varones con un promedio de edad de 10,1 años que entrenaban intensivamente en el centro de entrenamiento del comité olímpico de Estados Unidos, utilizando una plataforma construida especialmente para este trabajo. Se analizaron los efectos en agudo de 4 series de 10 segundos de estiramiento por 5 segundos de pausa en dos posiciones diferentes para cada pierna; una consistió en colocar la pierna de adelante sobre la plataforma de manera tal que la pantorrilla quede apoyada, y la otra consistió en colocarse en la posición de estocada con el muslo trasero apoyado directamente sobre la plataforma. El grupo experimental estiró con la plataforma encendida mientras que el grupo control lo hizo con la misma apagada. Se estudiaron efectos agudos y a largo plazo. Los efectos a largo plazo se midieron al cabo de 4 semanas, con 5 entrenamientos semanales, en las mismas posiciones descritas anteriormente. Como resultado se obtuvieron incrementos en el ROM de ambas piernas en agudo, mientras que a largo plazo se obtuvo un aumento del ROM estadísticamente significativo en la pierna derecha.⁶² Mientras que en un estudio similar, pero utilizando un dispositivo de vibración comercial (no fabricado solo para la ocasión) se obtuvieron resultados semejantes en cuanto al aumento del rango de movimiento cuando se combinó la vibración con el estiramiento frente al menor incremento utilizando estiramientos aislados.⁶³

En cuanto a gimnastas mujeres también se llevó a cabo una experiencia. La misma incluyó 22 atletas de 11,3 años promedio en el grupo de vibración y 7 atletas de 10,6 años

<http://teutonicsales.com/pdf/Performance/Fagnani%20F%202006%28whole-body%20vibration%20,%20muscle%20performance%20flexibility%20female%20athetes%29.pdf>

⁶² Sands, W. Mcneal, J. Stone, M. Russel, E. Jemni, M. *Flexibility Enhancement with Vibration:Acute and Long-Term. Med Sci Sports Exerc*; 2006 abril; vol. 38: n. 4; p. 720-725. Disponible desde URL: http://www.vibratech.co.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/175.-Flexibility-Enhancement-with-Vibration.-Acute-and-Long-term.pdf

⁶³Sands, W. McNeal, J. Stone, M. Haff, G. Kinser, M. *Effect of Vibration on Forward Split Flexibility and Pain Perception in Young Male Gymnasts.International Journal of Sports Physiology and Performance*; 2008 diciembre; vol. 3; n. 4; p. 469-481. Disponible desde URL: <http://web.ewu.edu/groups/cehdmgr/kudos%20pages/Sands%20McNeal%20vib%20pain%20IJSPP09.pdf>

de promedio en el grupo control. El protocolo de vibración utilizado estuvo basado en el descrito en un estudio anterior (62). Se comprobó que la vibración en simultáneo con la elongación era efectiva en el aumento de los niveles de flexibilidad.⁶⁴

Un estudio acerca del rango de movimiento de los isquiotibiales tuvo como sujetos a 12 mujeres y 7 varones de 21,5 años de edad promedio, que fueron separados en 2 grupos. Ambos grupos entrenaron sistemáticamente 3 veces por semana, durante 4 semanas, de acuerdo con el método de contracción-relajación, llevando a cabo 5 segundos de contracción isométrica seguidos de 30 segundos de estiramiento, repitiendo 3 veces con cada pierna. Pero antes de cada estiramiento, el grupo que trabajo con vibraciones realizó un programa que consistía en mantener una posición estática con las rodillas flexionadas a 90°, durante 30 segundos, a 28 Hz de frecuencia y con 6 mm de amplitud, para un total de 6 veces por sesión. Se obtuvieron aumentos del ROM en ambos grupos, pero en el grupo que adhirió las vibraciones al trabajo el aumento fue del 30%, mientras que en el grupo que solo empleó la contracción-relajación el incremento fue del 16%.⁶⁵

8.2 FLEXIBILIDAD

Al indagar en la bibliografía se encuentran numerosas definiciones de flexibilidad, destacándose las detalladas a continuación.

⁶⁴Kinser, A. et al. *Vibration and Stretching Effects on Flexibility and Explosive Strength in Young Gymnasts*. Med Sci Sports Exerc; 2008 enero; vol. 40; n. 1; p. 133-140. Disponible desde URL: <http://www.wholebodyvibrationmachine.com/files/1653108/uploaded/explosive-strength-gymnasts.pdf>

⁶⁵van den Tillaar, R. *Will Whole-Body Vibration Training Help Increase the Range of Motion of the Hamstrings?*. The Journal of Strength and Conditioning Research; 2006 febrero; vol. 20; n. 1, p. 192-196. Disponible desde URL: <http://cranbrookphysio.com/pdf/Willwhole-bodyvibrationtraininghelpincreasetherom.pdf>

“Cualidad física responsable de la ejecución voluntaria de un movimiento de amplitud angular máxima, por una articulación o conjunto de articulaciones, dentro de los límites morfológicos, sin riesgo de causar lesiones”⁶⁶

“Capacidad psicomotora y propiedad de los tejidos responsable de la reducción de todos los tipos de resistencias que las estructuras y mecanismos funcionales y neuro-mioarticulares de fijación y estabilización ofrecen al intento de ejecución de movimientos de amplitud angular óptima, producidos tanto por la acción de agentes endógenos (contracción del grupo muscular antagonista) como exógenos (propio peso corporal, compañero, sobrecarga, inercia, otros implementos, etc.)”⁶⁷

“La amplitud fisiológica pasiva del movimiento de un determinado movimiento articular”.⁶⁸

“La flexibilidad es una cualidad física que con base en la movilidad articular y elasticidad muscular y que permite el máximo recorrido de las articulaciones”.⁶⁹

La movilidad articular está condicionada por varios factores como son los topes óseos, la rigidez o laxitud de ligamentos, la capacidad de elongación de músculos y tejido conectivo, así como la mayor o menor masa muscular o adiposa. La capacidad de

⁶⁶ Dantas, E. *La flexibilidad en el personal training*. Fit. & Perform. J. [en línea] 2007 septiembre-diciembre; vol. 1: [7] Disponible desde URL: http://www.saudeemmovimento.com.br/revista/artigos/fitness_performace/v1n0a2e.pdf

⁶⁷ Di Santo M. *Amplitud de movimiento*. 1º ed. Córdoba: Graficamente ediciones; 2006

⁶⁸ Gil Soares de Araujo, C. *Flexitest. Un método innovador de evaluación de la flexibilidad*. 1º ed. Badalona: Ed. Paidotrobo; 2005

⁶⁹ Perelló, I *Estudio de la musculatura de la región posterior del muslo tras programa de estiramientos*. [Tesis Doctoral] Valencia: Universidad de Valencia; 2006

elongación muscular es el factor más influyente; donde se aplicarán las principales acciones metodológicas de intervención en la mejora de la flexibilidad⁷⁰.

Por su parte debemos establecer una diferencia entre los conceptos de flexibilidad y elongación que se detallan más abajo:⁷¹

“**Elongación (alongamiento):** forma de trabajo que busca el mantenimiento de los niveles de flexibilidad obtenidos y la realización de movimientos de amplitud normal con la mínima restricción física posible.

Flexibilización (flexonamiento): forma de trabajo que busca obtener una mejora de la flexibilidad a través de amplitudes de arco articular de movimientos superiores a las originales”.

8.2.1 Factores que influyen en la amplitud de movimiento

Los diversos factores que determinan el grado de amplitud de movimiento de una articulación pasan a considerarse a continuación:⁷²

Edad: las personas van perdiendo su flexibilidad conforme van avanzando en edad. En muchos estudios se indica la mayor ductilidad que presentan los niños. La flexibilidad es la única capacidad motora que logra valores máximos en la infancia y adolescencia y que posteriormente comienza a decrecer.

⁷⁰Saez Pastor, F. *Una revisión de los métodos de flexibilidad y su terminología*. Revista Kronos. 2005 enero/junio; vol 4; n. 7: [11]. Disponible desde URL: http://www.revistakronos.com/docs/File/kronos/7/kronos_7_1.pdf

⁷¹ Dantas, Estélio: “A Flexibilidade. Alongamento e Flexionamento”, 2da Edición, Edit. Shade, Brasil, 1991.

⁷² Di Santo, M. Op cit.

Sexo: basándose en evidencias científicas se puede afirmar que el sexo femenino es más flexible que el sexo masculino. Algunas de las razones expuestas atribuyen esto a la mayor secreción de estrógenos en la mujer, promoviendo una superior retención de agua, lo que confiere al tejido menos densidad y, por lo tanto, mayor extensibilidad. Además la constitución ósea más liviana y pequeña y las caderas más anchas le confieren mayor flexibilidad a la mujer que al varón. Si bien la mujer es más flexible, la entrenabilidad de esta capacidad es la misma para ambos sexos.

Ciclos hormonales en la mujer: las mujeres suelen mostrar variaciones en su rendimiento de acuerdo al ciclo según la fase del ciclo que estén atravesando. A pesar de ello, las diferencias son pequeñas. Se cree que es durante los 3 últimos días de la fase ovulatoria (día 12 al 14) y la primera semana de la fase lútea (días 15 a 22) se presentan las mejores condiciones de entrenabilidad de esta capacidad.

Tono muscular: el tono muscular atenta contra la expresión de mayores amplitudes de movimiento. Cuanto más elevado es, menor es el recorrido de la extensión muscular debido al incremento de la resistencia interna al estiramiento. Por lo tanto, cualquier recurso que se utilice con la finalidad de reducir el tono muscular antes o, inclusive, durante la sesión misma de flexibilidad redundaría a favor de mayores amplitudes angulares. Contrariamente, en el hombre contemporáneo las innumerables preocupaciones cotidianas, el stress, las condiciones inhumanas de interacción y convivencia, etc. han llevado a que el hombre actual sea un “hombre tónico”, con el agravante de que su nivel de actividad física es cada vez menor.

Respiración: todo parece indicar que a lo largo del proceso de estiramiento muscular, la exhalación profunda provoca una relajación mayor, y con ella, la posibilidad

de lograr mayores arcos de amplitud angular. A pesar de esto, todavía no se puede determinar si las dificultades para elongar durante la inspiración y las facilidades para hacerlo durante la exhalación están solo relacionadas con el tono muscular, o con la mayor o menor presión neumática y su impacto en la libertad articular.

Concentración: sería de muy poca utilidad el estimular una serie de reflejos de inhibición sobre la musculatura a estirar si, por otro lado, se carece del aporte de la atención consciente y concentrada de la persona en lo que se está realizando. En este sentido, el aporte que a la relajación muscular realiza el control voluntario de la actividad cortical es decisivo. Muchos especialistas no dudan al momento de considerar a la concentración como el factor que más incide sobre la flexibilidad.

Estados afectivos y emocionales: el grado en que la flexibilidad depende de este factor es realmente notable. Aunque se mantengan estables las condiciones externas de mayor relevancia, como hora del día, temperatura y entrada en calor, la amplitud de movimiento de una persona puede variar en gran magnitud de un día para el otro, dependiendo del impacto emocional de sus interacciones con el entorno. Toda relación con el medio externo, familia, compañeros, pareja, etc., provoca determinados estados emocionales que a su vez conllevan implícitos ciertos patrones tónicos específicos localizables no solamente en la musculatura estriada, sino además en la lisa. El tono muscular es el síntoma por excelencia de del estado emocional de una persona. Debido a estrechas relaciones aferentes entre el lóbulo frontal, el límbico y los núcleos de la base, cada estado emocional puede provocar cambios en la frecuencia de emisión de impulsos eferentes del sistema motor gama hacia la musculatura estriada.

Sensibilidad dolorosa: lo que nos indica el dolor es la lesión de un conjunto de células. En el caso de los estiramientos, la ruptura de fibras musculares y conectivas, ya sea colágeno, elastina y reticulina. Esto no es una situación deseable ni recomendable, ya que como consecuencia se produce la activación de procesos de reparación que concluyen en una mayor rigidez debida a la inducción de una síntesis potenciada de fibras de colágeno. El problema en este apartado radica en la dificultad de los sujetos para distinguir entre la percepción propioceptiva y la nociceptiva, ya que la valoración de sensaciones es muy variada.

Sonidos y colores: aquello que escuchamos, vemos y hasta olemos repercute sobre nuestros circuitos neuroemocionales y neuromusculares por lo que no resulta extraño que la amplitud de movimiento se vea modificada por ello. Los distintos sonidos y colores pueden, activando un determinado circuito emocional o no, repercutir significativamente sobre el tono muscular y, consecuentemente, en la manifestación de flexibilidad de una persona.

Alimentación: si bien está comprobado con capacidades como la fuerza y la resistencia, no se ha demostrado aún una relación lineal entre una estrategia alimentaria y las mejoras en flexibilidad. A pesar de eso se considera que la alimentación cobra especial importancia desde dos situaciones estrechamente vinculadas con la amplitud de movimiento, que son, por una parte, la nutrición del tejido conectivo y, por el otro, la permeabilidad de la membrana celular. La ausencia de nutrientes que favorezcan estos aspectos afecta a la flexibilidad de forma indirecta, induciendo la aparición de lesiones musculares y articulares, que van a llevar a un descenso de la amplitud de movimiento.

Estado físico: entre los factores que mayormente llevan a perder flexibilidad se destacan la inactividad general y la inmovilidad. Un músculo acortado puede perder hasta un 30% de sus sarcómeros. A pesar de tratarse de un fenómeno reversible, mientras más se tarde en trabajar la flexibilidad, menor efectividad tendrán los diferentes métodos, técnicas y ejercicios empleados, ya que el tejido conectivo se adaptará a la longitud funcional que el músculo le confiere, con el rango de estiramiento y acortamiento preferente y recurrentemente solicitado.

Práctica deportiva: existen deportes que eleva los grados de flexibilidad en todas las articulaciones, otros que solo lo hacen en algunas y, por otro lado, cierto tipo de deportes en los que la amplitud de movimiento no mejora en ninguna articulación del cuerpo. Un estudio realizado en 2003 en la ciudad de Córdoba en adolescentes de ambos sexos, con edades entre 13 y 15 años, a los cuales se les realizó el test de Wells y Dillon arrojó los siguientes resultados, con no menos de 30 sujetos evaluados por deporte.

Gimnasia aeróbica deportiva femenina	22,5
Gimnasia rítmica	19,6
Patinaje artístico ambos sexos	15,7
No deportistas femeninos	15,1
Hockey femenino	11,8
Karate masculino	8
Gimnasia artística femenina	7,3
Volley femenino	6,4
Tenis femenino	5,5

Tenis masculino	5,2
Atletismo masculino	4,6
Handball femenino	3,2
Baloncesto femenino	2,8
Fútbol masculino	0,9
Natación masculino	0,9
No deportista masculino	0,6
Volley masculino	-0,3
Baloncesto masculino	-0,6
Rugby masculino	-0,9

Biotipología individual: las evidencias no permiten establecer una correlación directa entre flexibilidad y estructura corporal. Pero un factor que podría repercutir sobre el grado de amplitud, y que es puramente individual, es el largo del brazo de potencia, entendido como la distancia comprendida entre el núcleo articular y la inserción muscular. Cuanto menor es la longitud del brazo de potencia, mayor flexibilidad y menor fuerza. A mayor longitud, sucede lo contrario.

Biomecánica individual de postura y marcha: actitudes cifóticas, lordóticas y/o escolióticas no corregidas a tiempo dificultan el logro de mayores rangos de movimiento, tanto en columna como en extremidades. La estructura del acto de caminar puede repercutir sobre la extensibilidad de algunos grupos musculares de los miembros inferiores y, a partir de allí, promover la retracción o distensión de las estructuras comprometidas.

Estructura articular y forma muscular: se acepta que la flexibilidad es específica por articulación y por movimiento. La movilidad específica de una articulación es dependiente de un conjunto de factores tales como la forma del músculo, la extensión de la acción del músculo a una o más articulaciones y la magnitud de la superficie de superimposición de los huesos que componen la articulación.

Hora del día: una serie de factores contribuyen a que al levantarnos por la mañana, nuestro grado de flexibilidad general se encuentre notablemente disminuido. Por un lado la sensibilidad de los husos neuromusculares es elevada, por lo que cualquier estiramiento desencadena una respuesta contráctil a través del reflejo miotático de tracción. Además la fuerza de gravedad horizontal durante el sueño deforma a los componentes plásticos, la proporción de flujo sanguíneo hacia los músculos esqueléticos disminuye durante el sueño, y la disminución del movimiento durante el sueño provoca un descenso en la producción de líquido sinovial, aumentando la viscosidad articular y su resistencia al movimiento. Es a partir del mediodía cuando las condiciones para entrenar la flexibilidad mejoran.

Temperatura ambiente exterior: cuanto menor es la temperatura ambiente. Más bajos son los índices de flexibilidad y viceversa. La temperatura más favorable para entrenar la flexibilidad es aquella por encima de los 18°C. En este sentido, la temperatura externa tiene una influencia directa sobre las eferencias del sistema gamma, lo que reduce el tono muscular y aumenta la flexibilidad. Contrario a esto, cuanto mayor es el frío, mayor es la necesidad de producir calor interno a través de la actividad muscular. Se genera para ello un aumento de la eferencia motora gamma y también del tono muscular.

Entrada en calor: uno de los efectos del calentamiento previo es la reducción de la viscosidad de la sinovia y un incremento en la maleabilidad de los componentes del tejido

conectivo. Conforme aumenta la temperatura se reduce la viscosidad. A menor viscosidad, mejora la estirabilidad de los tejidos colágenos. Por todo esto se produce una menor resistencia al movimiento y un aumento significativo de la amplitud de movimiento.

Poca evidencia hay en la literatura acerca de cuál es la forma de calentamiento que más favorece a la flexibilidad. Se sabe que los métodos activos (trote, bici, etc.) tienen mejores efectos que los pasivos (baños termales, medios físicos en la zona, etc.). Lo más importante y que no debe olvidarse es evitar estiramientos explosivo-balísticos cuando el músculo aún no está listo para ello. Esto se debe a que un único estiramiento de tipo rebote tiene la capacidad de aumentar la sensibilidad del huso durante horas.

Fatiga local y general: la flexibilidad disminuye cuanto mayor es el agotamiento, tanto local como general. Debe evitarse la flexibilización o extensión submaximal luego de entrenamientos altamente fatigantes. Si se recomiendan estiramientos submaximales para facilitar la rápida evacuación de lactato por difusión.

Entrenamiento de la fuerza: este solo disminuye la flexibilidad en el caso de que los recorridos articulares sean incompletos. Pero esto solo se dará en el caso de que los estiramientos no estén presentes en ningún momento del proceso de entrenamiento de la fuerza. Es la falta de estímulos de flexibilidad lo que la perjudica y no la dedicación a otro tipo entrenamiento.

Hábitos profesionales: los trabajos propios de la civilización actual presentan dos rasgos antagónicos muy definidos, relacionados con el uso del cuerpo: o bien condenan al ser humano largas horas de inmovilidad casi total, o bien demandan un uso desequilibrado y desproporcionado y desequilibrado del cuerpo, sometiendo al conjunto del organismo a tensiones, compresiones, tracciones, e impactos, generalmente de carácter unilateral y

pocas veces compensado. Estos hábitos influyen negativamente en el desarrollo de la flexibilidad.

Hábitos socioculturales: las posiciones habituales de los habitantes de ciudades de occidente, contrariamente a los de oriente, no favorecen en forma natural la amplitud de movimiento de ninguna articulación del cuerpo, contrariamente, los hábitos denotan predominio de la flexión y acercamiento de los segmentos óseos, cosa que no resulta para nada favorable al momento de incrementar la flexibilidad.

Estimulación durante el periodo sensible de la flexibilidad: es el factor que quizás mayor grado de influencia ejerce. Es la etapa de mayor y mejor entrenabilidad de la cualidad física y su aprovechamiento oportuno, junto con la aplicación racional de principios, métodos, técnicas y ejercicios permiten el logro de resultados que difícilmente se alcancen por igual en otra época de la vida.

8.2.2 Tipos y clasificaciones de la flexibilidad

Luego de consultar la bibliografía acerca de este apartado, se encontró un artículo en el cuál se ofrece una propuesta de clasificación que será detallada brevemente a continuación:⁷³

- a- Según la aplicación de las fuerzas que intervienen en el movimiento (Flexibilidad de fuerza).
- b- Según haya o no movimiento (Flexibilidad cinética)

⁷³ Merino, R.; Fernández, E..*Revisión sobre tipos y clasificaciones de la flexibilidad. Una nueva propuesta de clasificación.* Revista Internacional de Ciencias del Deporte; vol. 16; n. 5; p. 52-70. Disponible desde URL: <http://www.cafyd.com/REVISTA/01604.pdf>

- c- Según la cantidad de articulaciones involucradas (Flexibilidad cuantitativa)
- d- Según los requerimientos de movilidad (amplitud de movimiento) de la actividad a desarrollar (Flexibilidad a demanda).

A- Según cómo se aplican las fuerzas que intervienen en el movimiento.

Básicamente la flexibilidad se divide en activa, cuando la musculatura del sujeto se contrae para movilizar la o las articulaciones involucradas y pasiva cuando ésta musculatura no se contrae, es otra fuerza la que produce la acción. Atendiendo a este criterio nos encontramos con las siguientes categorías:

Flexibilidad activa: Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares gracias a la contracción de los músculos implicados (los que pertenecen a dichas articulaciones).

Ésta a su vez se puede subdividir en:

Flexibilidad Activa Libre: Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares gracias a la contracción de los músculos implicados sin que intervenga ninguna otra fuerza, (ni siquiera la fuerza de la gravedad).

Flexibilidad Activa Asistida: Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares gracias a la contracción de los músculos implicados y a la ayuda de otra fuerza externa.

Flexibilidad Activa Resistida: Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares gracias a la contracción de los músculos implicados mientras una fuerza externa aumenta la intensidad de la contracción.

Flexibilidad pasiva: Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares bajo la acción de fuerzas externas, sin que se contraiga la musculatura de la o las articulaciones movilizadas.

Esta a su vez se puede subdividir en:

Flexibilidad Pasiva Relajada: Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares bajo la acción de una única fuerza externa: el peso del cuerpo y, sin que se contraiga la musculatura de la o las articulaciones movilizadas.

Flexibilidad Pasiva Forzada: Capacidad para alcanzar grandes excursiones articulares bajo la acción de fuerzas externas. Además del peso corporal, actúa, al menos, otra fuerza externa (compañero, máquina), sin que se contraiga la musculatura de la o las articulaciones movilizadas.

B- Según haya o no movimiento.

El criterio seguido en esta clasificación es la existencia o no de movimiento al expresarse la flexibilidad, estableciendo dos categorías muy bien definidas. Al poder realizar este movimiento a distintas velocidades surgen otras tres subcategorías de la flexibilidad dinámica.

Flexibilidad dinámica: Capacidad de utilizar una gran amplitud articular durante un movimiento o una secuencia de movimientos.

Esta a su vez se puede subdividir en:

Flexibilidad dinámica balística: Capacidad de utilizar una gran amplitud articular durante un movimiento o una secuencia de movimientos realizados gracias al impulso e inercia posterior de un movimiento enérgico.

Flexibilidad dinámica natural: Capacidad de utilizar una gran amplitud articular durante un movimiento o una secuencia de movimientos realizados tanto a velocidad normal como elevada.

Flexibilidad dinámica lenta: Capacidad de utilizar una gran amplitud articular durante un movimiento o una secuencia de movimientos realizados a una velocidad por debajo de lo normal.

Flexibilidad estática: Capacidad para mantener una postura en la que se emplee una gran amplitud articular.

C- Según la cantidad de articulaciones involucradas.

Flexibilidad general: Capacidad de alcanzar grandes amplitudes articulares solicitando simultáneamente a muchas o a casi todas las articulaciones del cuerpo.

Flexibilidad analítica: Capacidad de alcanzar una gran amplitud articular en una sola articulación.

Flexibilidad sintética: Capacidad de alcanzar grandes amplitudes articulares en dos o varias articulaciones simultáneamente.

D- Según los requerimientos de movilidad (amplitud de movimiento) de la actividad a desarrollar.

Flexibilidad funcional: Capacidad de alcanzar grandes amplitudes articulares necesarias para realizar una actividad específica.

Flexibilidad de reserva: Capacidad de alcanzar una amplitud articular superior a la requerida por una actividad específica para evitar rigideces que puedan afectar la coordinación del movimiento o a su nivel de expresividad.

Flexibilidad anatómica: Capacidad de alcanzar la máxima amplitud que poseen las articulaciones.

Flexibilidad genérica: Capacidad de alcanzar grandes amplitudes articulares que no sean específicas de una actividad concreta.

8.2.3 Descripción de los reflejos relacionados con la flexibilidad

En este apartado se describirán los reflejos que participan en el desarrollo de la flexibilidad, más importantes son:⁷⁴

Reflejo Miotático de Tracción

Si se estira un músculo esquelético, el reflejo que se inicia implica contracción del músculo que se está estirando. Se trata de un reflejo monosináptico que también se denomina reflejo de estiramiento. Se inicia con el estiramiento muscular y su efecto es provocar la contracción muscular. Es uno de los más importantes; sirve para mantener la

⁷⁴ Cuenca, E. *Fundamentos de fisiología*. 1° ed. Madrid: ed. Thompson; 2006

postura, mediado por la médula espinal y originado por la activación de las terminales primarias Ia del huso muscular. El estímulo adecuado para el reflejo es el estiramiento muscular que, cuando sucede, activa las fibras Ia que actúan sobre las motoneuronas homónimas, lo que implica la contracción del músculo. En los circuitos del reflejo miotático también hay inervación recíproca. Las fibras Ia, además de las terminaciones monosinápticas sobre motoneuronas homónimas, proyectan sobre neuronas intercalares que inhiben las motoneuronas del músculo antagonista y lo relajan. El reflejo miotático permite el mantenimiento del tono muscular, que se define como la resistencia de un músculo al estiramiento pasivo o activo, siendo un mecanismo básico de la postura. La gravedad produce un tironeo cuando una persona está de pie y estira el cuádriceps y permite mantener la extensión a nivel de la rodilla, posibilitando la postura erecta.

Reflejo miotático inverso

Se denomina también reflejo tendinoso y consiste en la relajación automática del músculo ante una tensión muscular excesiva. Estímulo adecuado es la tensión muscular producida por la contracción que activa el OTG. Las fibras aferentes Ib terminan en interneuronas medulares que inhiben las neuronas homónimas y sinérgicas. La respuesta a la contracción muscular es la relajación o el alargamiento de un músculo, con lo que se evitan lesiones por desgarro.

Otros reflejos, también de utilidad, se describen en los párrafos posteriores:⁷⁵

⁷⁵ Di Santo, M. *Bases neurofisiológicas de la flexibilidad (parte 2)*. PubliCEstandard [revista en línea]. 05/06/2000. Pid: 66. Disponible desde URL: <http://www.sobreentrenamiento.com/publice/Articulo.asp?ida=66>

Reflejo de inhibición Recíproca del Antagonista

En virtud de del desencadenamiento de este reflejo, conforme se produce la excitación de un determinado grupo muscular, se verifica la inhibición del grupo antagonista. Así, por ejemplo, cuando se excita un músculo debido a la aparición del reflejo de estiramiento, se inhiben los antagonistas. Este es el fenómeno de inhibición recíproca, y el mecanismo neuronal que causa esta relación es la inervación recíproca (por ejemplo, un reflejo inhibitorio provoca, precisamente debido al mecanismo de la inervación recíproca, la excitación del grupo muscular antagonista no pudiéndose hablar, en este caso, lógicamente, de inhibición recíproca). Una vez explicitada la diferencia entre inhibición recíproca e inervación recíproca, cabe recordar que este reflejo, no sólo se desencadena debido a la aparición de un reflejo excitatorio en el músculo opuesto. En este sentido, la misma emisión de impulsos eferentes voluntarios hacia un grupo muscular determinado general la inhibición del grupo muscular antagonista. Dicho de otra manera, al ordenarle a un músculo que se contraiga, su antagonista se relaja. La contracción de músculo antagonista al cual se pretende estirar resulta un excelente recurso técnico-metodológico para promover un mayor índice de relajación y favorecer, así, la deformación longitudinal del tejido conectivo con un mayor alcance de amplitud. En este sentido, cualquier tipo de contracción muscular del grupo muscular antagonista puede contribuir efectivamente a la inhibición del músculo a elongar. Se sugiere que las contracciones isométricas no excedan los 4 segundos de duración puesto que, de prolongarse, el mismo músculo contraído se inhibiría por desencadenamiento del reflejo de inhibición autógena provocando, por mecanismo de inervación recíproca, la excitación del mismo músculo que se pretende estirar.

Reflejo Extensor Cruzado

Se lo puede explicar muy simplemente de la siguiente manera: cuando se produce la contracción de un determinado músculo, se inhibe no solamente su antagonista, sino también el grupo muscular agonista contralateral (al tiempo que se excita su antagonista contralateral). Así, por ejemplo, cuando se contrae voluntariamente el grupo muscular flexor de la rodilla (isquiotibiales) se relaja el cuádriceps de mismo miembro y se excita el del miembro contrario pero, y he aquí lo interesante, se inhiben los flexores de la rodilla de la pierna contralateral.

Reflejo Tónico - Vibratorio

Se lo describe de la siguiente manera: la vibración del músculo producida por continuas y repetitivas sacudidas exteriores puede estimular a las aferencias Ia y provocar su contracción refleja. Ahora bien, en cuando a flexibilidad se refiere, el aprovechamiento de este reflejo se justifica a partir del hecho de que, conforme por un lado aumenta la excitabilidad de un determinado grupo muscular, por el otro lado inhibe al grupo muscular antagonista. Dicho efecto inhibitorio puede ser utilizado con el propósito de potenciar la relajación antes de la extensión asistida del músculo en cuestión o, inclusive, durante la misma realización del ejercicio de estiramiento.

Reflejo de Hoffman

Otra manera de excitar las aferencias Ia es por medio de la estimulación eléctrica a través de la piel. Para ello no hace falta la colocación de electrodos que, desde afuera, envíen corrientes eléctricas. Para esto, un recurso útil es la fricción manual de la piel que recubre al músculo lo cual provoca, reflejamente, su excitación al tiempo que la

musculatura opuesta resulta inhibida. Este mismo reflejo puede encontrarse bajo la denominación de "Reflejo de Tacto ligero" o "Fricción Cutánea" .

Reflejos Cervicales Tónicos Simétricos y Asimétricos

Se trata de reacciones de adaptación postural que se producen por la estimulación de los receptores laberínticos (mácula sacular, mácula utricular y conductos semicirculares) y de los receptores propioceptivos localizados en las cápsulas y ligamentos de las articulaciones cervicales. Del conocimiento del mecanismo de su funcionamiento pueden inferirse interesantes conclusiones relativas a la posición ideal de la cabeza durante la ejecución de un ejercicio de la elongación o de flexibilización.

El propósito de ubicar la cabeza en una determinada posición tiene que ver con el hecho de que, según como el cuello sea movido, ciertos músculos tenderán a excitarse y otros a inhibirse. De hecho, para estirar un músculo conviene elegir aquella posición de la cabeza que, por estimulación de los reflejos cervicales tónicos, provoque la inhibición del mismo.

Reacción Positiva de Apoyo

Por este reflejo, cuando se ejerce presión sobre la planta del pie, en ese miembro inferior se verifica un notable incremento del tono de su musculatura extensora. Su propósito es el de mantener el equilibrio corporal evitando la caída del cuerpo. Inclusive, la localización de la presión determina, del total de músculos, fascículos y fibras, aquellos que activarán a los efectos de contrarrestar el desequilibrio producido. En cuanto a flexibilidad se refiere, puede deducirse que, al elongar o flexibilizar cualquier grupo muscular de los miembros inferiores cuanto menor sea la presión ejercida sobre la planta del pie, menor

será también el aumento del tono extensor y mayor la relajación del músculo a estirar lo cual, a su vez, crea premisas aún más favorables para el entrenamiento de la flexibilidad.

8.2.4 Importancia de la flexibilidad

A modo de resumen, la importancia de la flexibilidad la podemos observar en:⁷⁶

1- Flexibilidad y rendimiento técnico-deportivo. La flexibilidad influye en:

- a. Adquisición de gestos deportivos
- b. Perfeccionamiento de gestos deportivos
- c. Elegancia gestual

2- Flexibilidad y rendimiento físico-deportivo

- a. Economía del esfuerzo
- b. Aceleración de los procesos de recuperación
- c. Alivio del dolor muscular
- d. Influencia sobre la fuerza
- e. Influencia sobre la velocidad
- f. Influencia sobre la resistencia
- g. Influencia sobre la capacidad de salto

3- Flexibilidad y salud general, sobre:

- a. Aparato respiratorio

⁷⁶ Di Santo, M. Opcit

- b. Aparato circulatorio
- c. Sistema articular
- d. Sistema muscular
- e. Alivio del Stress
- f. Facilitación de la relajación muscular
- g. Retardo del envejecimiento del aparato motor
- h. Influencia sobre el ajuste postural
- i. Reducción del dolor lumbar

4- Flexibilidad y vida cotidiana

- a. Desarrollo de la conciencia corporal
- b. Ejecución de gestos cotidianos
- c. Ejecución de gestos laborales
- d. Vida sexual
- e. Disfrute y placer por el movimiento

5- Flexibilidad y lesiones

- a. Prevención de lesiones repentinas
- b. Prevención de lesiones crónicas
- c. Influencia sobre los procesos de reparación tisular

8.2.5 Influencia de la flexibilidad sobre la performance deportiva

En la mayoría de los deportes el insuficiente desarrollo de la flexibilidad puede directamente imposibilitar la adquisición elemental de los distintos movimientos propios del deporte o actividad en cuestión. En otras circunstancias, si bien no interrumpe el aprendizaje, la insuficiente flexibilidad puede provocar que se adquieran gestos con muchas incorrecciones y vicios, formándose así, desde un primer momento, defectuosos engramas de movimiento, que serán muy difíciles de contrarrestar. Una gran cantidad de defectos en deportes como la natación y la gimnasia, además de los deportes de equipo y de combate, tiene su lugar en una inadecuada amplitud de movimiento. La flexibilidad debe ser desarrollada en el momento justo, y no esperar a que, por muchas repeticiones con defectos, el gesto así se automatice. Todo lo anterior se suma a que una buena amplitud articular está directamente relacionada con la estética en la performance deportiva. Una buena flexibilidad permite realizar movimientos fluidos, amplios, carentes de rigidez y libres de limitaciones estructurales. El deportista flexible muestra menos alteraciones temporales en el encadenamiento de las diferentes fases que componen el gesto.⁷⁷

En cuanto a la economía de esfuerzo, al ejecutarse un movimiento, la energía utilizada por los grupos musculares motores primarios debe, en un porcentaje, emplearse el vencimiento de la resistencia ofrecida por los músculos antagonistas. Entonces, a mayor flexibilidad de estos, menor resistencia a la tracción, menor será la energía dirigida y empleada para su deformación. Por otra parte, los estiramientos submaximales luego del entrenamiento deportivo, favorecen la remoción del lactato producido y se han mostrado efectivos (utilizando la metodología apropiada) en la disminución del dolor inmediato y el

⁷⁷ Di Santo, M. Op. Cit.

dolor de aparición tardía luego de realizar actividades de gimnasio. Además, numerosos autores afirman que un buen nivel de flexibilidad favorece la expresión de fuerza muscular humana, sin embargo, la naturaleza de dicha relación no es todavía lo suficientemente. En el caso de la velocidad, a mayor flexibilidad, menor resistencia frenante ofrecida por los componentes elásticos y plásticos pertenecientes, principalmente a los grupos musculares agonistas y antagonistas, siempre teniendo en cuenta que el rango de flexibilidad debe ser óptimo y no excesivo, aspecto que también es relevante para la capacidad de salto. Por último, en cuanto a deportes de resistencia, una amplitud de movimiento mayor no parece tener efectos sobre el rendimiento, por lo tanto se mantiene la sugerencia de dar con los niveles óptimos de flexibilidad y mantenerlos en el tiempo.⁷⁸

8.2.6 Flexibilidad y baloncesto

El acondicionamiento físico en el baloncesto, como en otros deportes, hoy en día es fundamental para obtener el máximo rendimiento de los jugadores. Cuanto mejor se sepa driblar, tirar y pasar la pelota mayores posibilidades de éxito tendrán los deportistas. Sin embargo estas cualidades específicas del deporte se ven opacadas si el jugador se encuentra en mala condición física. Es por ello por lo que se destaca la importancia de una buena preparación física en el rendimiento final que alcance el jugador. Este acondicionamiento físico realizado por el jugador de baloncesto debe trabajar todas las capacidades físicas (resistencia, velocidad, fuerza y flexibilidad), ya que es la única manera de que sea eficaz, respete la salud del deportista y pueda ser aplicado al estilo de juego a desarrollar por el

⁷⁸ibid

equipo. Además debe tener un seguimiento para poder evaluar y comparar el estado físico del deportista en diferentes momentos de la temporada ⁷⁹

La flexibilidad en el baloncesto es de vital importancia para el jugador, en especial para los bases, escoltas y aleros, y en menor medida para los pívots. El jugador de baloncesto realiza la mayor parte de sus movimientos en posición de semiflexión de rodillas. Esta posición es la que utiliza en el ataque cuando bota el balón, todavía es mucho más requerida cuando el jugador se sitúa en posición defensiva. En esta posición, se recarga en gran medida la musculatura del cuádriceps, lo cual conlleva, a su vez, a un desplazamiento forzoso de la rótula. En este caso, los isquiotibiales son los encargados de llevar a cabo la difícil labor de estabilizar la rodilla, la cual es insegura y frágil cuando el sujeto se encuentra en esta postura. Una pésima relación de fuerzas y flexibilidad cuádriceps/isquiotibiales en las piernas del jugador de baloncesto es la principal causa de los problemas rotulianos y de ligamentos de la rodilla. Se considera que en deportes como el baloncesto, que requieren de acciones muy rápidas y explosivas con una gran amplitud de movimientos se necesita un buen desarrollo de la flexibilidad.⁸⁰

Entonces, la flexibilidad tiene una gran importancia en la práctica del baloncesto, tanto desde el punto de vista del rendimiento deportivo, ya que va a permitir la adecuada ejecución del gesto biomecánico específico, como en la prevención de lesiones.⁸¹

⁷⁹Berdejo del Fresno, D. *Evolución de la condición física durante la temporada de un equipo de baloncesto junior*. EFdeportes [revista en línea]; 2008 julio; año XII; n. 122. [13 pantallas]. Disponible desde URL: <http://www.efdeportes.com/efd122/evolucion-de-la-condicion-fisica-de-un-equipo-de-baloncestojunior.htm>

⁸⁰Berdejo, D. *Aumento de la flexibilidad en el baloncesto mediante la aplicación de un protocolo de estiramientos*. The International Journal of Medicine and Science in Physical Education and Sport; 2009; vol. 5; n. 1; p. 3-12. Disponible desde URL: http://www.journalshr.com/MS-PES/papers/17/17_2.pdf

⁸¹Bonaforte, L. *Fisiología del baloncesto*. Archivos de medicina del deporte; 1998; vol. XV; n. 68; p. 479-483. Disponible desde URL: http://femede.es/documentos/Fisiologia_del_baloncesto_471_68.PDF

8.2.7 Trascendencia de la flexibilidad en la musculatura isquiotibial

De la extensa lista de consecuencias peligrosas derivadas de unos isquiotibiales faltos de flexibilidad, se nombraran algunas, para reafirmar aún más la importancia de una buena flexibilidad general, y la de estos músculos en particular.

El acortamiento de estos músculos, entonces, provocara: ascenso de la espina ilíaca anteroposterior, gran extensión en el recto anterior, tendinitis en la rodilla y rotación de la misma con compresión en los meniscos, alargamiento de los aductores (contracturas, tendinitis), alargamiento del ligamento sacrociático mayor (ciatalgia), lordosis lumbar (lumbociatalgia), tensiones del cuadrado lumbar y del psoas, que pueden ocasionar una pubalgia.⁸²

8.3 FACILITACIÓN NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA

La facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) es un método de tratamiento iniciado por el Dr. Herman Kabat en la década del cuarenta.⁸³

Kabat, un neurofisiólogo, basó mucho de la estructura teórica de la FNP en el trabajo de Charles Sherrington, cuyas investigaciones a principios y mediados del siglo veinte, ayudaron a desarrollar un modelo sobre cómo opera el sistema neuromuscular. El Dr. Kabat creía que los principios del desarrollo neurofisiológico y las leyes de Sherrington sobre irradiación, inducción sucesiva e inervación recíproca debían aplicarse en la rehabilitación de pacientes con poliomielitis que presentaban parálisis. En 1946 se funda el instituto Kabat-Kaiser en Washington, donde el Dr. Kabat y Maragaret Knott comienzan a

⁸²Busquet, L. *Las cadenas musculares; Tomo III: La pubalgia*. 4ta. Edición. Barcelona: Paidotribo, 2001.

⁸³Adler, S. Beckers, D. Buck. M. *La facilitación neuromuscular propioceptiva en la práctica*. 2° ed. Madrid: ed. Médica Panamericana; 2002

trabajar con pacientes con parálisis para tratar de identificar combinaciones de patrones de movimiento que fueran coherentes con la teoría de la neurofisiología. En 1951 habían desarrollado nueve técnicas para la rehabilitación. En 1952 la fisioterapeuta Voss fue contada como asistente de Knott y comenzaron a presentar talleres para entrenar a otros fisioterapeutas en el método FNP. Durante los años sesenta los cursos de FNP se pusieron a disposición de varias universidades a través de los departamentos de terapia física, y su popularidad continuó en crecimiento, al punto de que hoy en día es enseñada como curso de grado en muchas carreras de fisioterapia. En los últimos 20 años, los métodos de stretching de FNP hay ganado popularidad, especialmente en la comunidad deportiva, y se han ido difundiendo en la comunidad en general.⁸⁴

Indagando acerca del significado de cada uno de los términos encontramos:⁸⁵

Facilitación: que lo hace más fácil.

Neuromuscular: comprende nervios y músculos.

Propioceptiva: relacionado con cada uno de los receptores sensoriales que provee información acerca del movimiento y la posición del cuerpo.

Por lo tanto, estas técnicas buscan favorecer el rendimiento del sistema neuromuscular a través de la estimulación de las terminaciones propioceptoras, exteroceptoras y teleceptoras. A través de la estimulación de propioceptores, exteroceptores y teleceptores se realizan diversos modelos (patrones) en diferentes posiciones iniciales, bajo la observación de los principios básicos de la FNP y atendiendo a sus criterios de aplicación. Con los diversos objetivos pueden emplearse adicionalmente técnicas

⁸⁴McAtte, R. *Estiramientos facilitados*. 3° ed. Madrid: ed. Médica Panamericana; 2010

⁸⁵Adler, S. Beckers, D. Buck. M. Op. cit

especiales, pero siempre referidas a la secuencia de movimiento que son relevantes y funcionales para el paciente.⁸⁶

Los procedimientos básicos de la FNP brindan las herramientas necesarias para que el terapeuta ayude al paciente a lograr una función motora eficiente, se utilizan para aumentar la habilidad del paciente para moverse o para permanecer estable, guiar el movimiento mediante el control y la resistencia adecuados, ayudar al paciente a lograr un movimiento coordinado con la secuencia correcta, aumentar el vigor del paciente y evitar su fatiga, y son:⁸⁷

Resistencia: ayuda en la contracción muscular y en el control motor y aumenta la fuerza.

Irradiación y refuerzo: amplía la respuesta a la estimulación.

Contacto manual: aumenta la fuerza y guía el movimiento mediante control y presión.

Posición y mecánica del cuerpo: guía y controla el movimiento mediante la alineación del cuerpo, brazos y manos del terapeuta.

Instrucciones (orales): usa las palabras, el tono y el volumen adecuados para dirigir al paciente.

Visión: usa la visión para guiar el movimiento y aumentar la fuerza.

⁸⁶Hütter-Becker, A. Schewe, H. Heipertz, W. *Fisioterapia.Descripción de las técnicas y tratamiento*.1° ed. Barcelona: ed. Paidotrobo; 2003

⁸⁷Adler, S. Beckers, D. Buck. M. Op. cit

Tracción y aproximación: usa la elongación o la compresión de los miembros y tronco para facilitar el movimiento y la estabilidad.

Estiramiento: usa la elongación muscular y el reflejo de estiramiento para facilitar la contracción y reducir la fatiga muscular.

Secuencia: promueve la secuencia normal y aumenta la contracción muscular mediante la “secuencia para el énfasis”.

Patrones: utiliza movimientos sinérgicos en masa, componentes del movimiento funcional normal.

8.3.1 Facilitación neuromuscular propioceptiva y flexibilidad deportiva

Hasta la década del 50 las aplicaciones de la FNP eran de carácter exclusivamente terapéutico, sin embargo, ya a partir de la década del 60 comienzan a surgir investigaciones que concluyeron en la creación de la primera técnica de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva para el desarrollo de la flexibilidad en deportistas. Esta fue desarrollada por Lawrence Holt, el cual la llamó técnica 3 S o “Scientific Stretching for Sports”. En 1973 Jungwirth y Myremberg descubrieron e investigaron la técnica de tensión-relajación y extensión que sirvió de base para el método “Stretching” de Solveborn. En 1975 Cornelius afirma que los métodos de flexibilidad basados en la FNP son más efectivos que el método estático utilizado solo. Según este autor estos métodos provocan influencias sobre los mecanismos sensoriales reduciendo la tensión y provocando la relajación de los tejidos blandos. Además refiere que la tensión del antagonista puede cooperar a la relajación del grupo muscular agonista por activación del reflejo de inhibición recíproca. En 1979, Grahn

y Nordenborgh demuestran que el método de tensión activa seguida de extensión pasiva era muy superior a los métodos tradicionales para el entrenamiento de la flexibilidad. Sady, Wortman y Blanke compararon los efectos del estiramiento balístico, estático y FNP sobre la amplitud de movimientos en las articulaciones de hombros, tronco y el grupo muscular de los isquiotibiales, descubriendo aumentos significativos en la flexibilidad principalmente en las técnicas FNP. En 1986, Abraham y Etnyre descubren que, para la flexibilidad dorsal del tobillo, la FNP es más efectiva que el estiramiento estático. En 1988, Cornelius y Craft-Hann establecen que las técnicas de FNP son más efectivas que el estiramiento pasivo. Descubrieron también que no se producían aumentos significativos en la tensión arterial y concluyeron que los beneficios de la FNP superaban cualquier riesgo potencial de aumento de la presión arterial.⁸⁸ Otro estudio realizado en 2003 constató la mayor efectividad del método FNP sobre los estiramientos estáticos para aumentar la flexibilidad isquiotibial.⁸⁹

Además de las citadas, se han realizado numerosas investigaciones y sugerencias de métodos para trabajar a través de la combinación de diferentes reflejos, lo que demuestra la amplia variedad de posibilidades de trabajo que presenta esta técnica.

8.3.2 Ventajas y desventajas

Como toda técnica de trabajo, la FNP presenta aspectos en los que resultará favorable y otros en los que no lo será tanto, los que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de trabajar, entre ellos:⁹⁰

⁸⁸ Di Santo, M. Op. cit.

⁸⁹ Funck, D. Swanck, A. Mikla, B. Fagan, T. Farr, B. *Impact of prior exercise on hamstring flexibility: a comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching.*; 2003 agosto; vol. 17; n. 3; p. 489-92.

⁹⁰ Di Santo, M. Op cit.

Ventajas

- El rápido y eficaz avance en los arcos de movimiento articular.
- Desarrolla paralela y coordinadamente la flexibilidad y la fuerza muscular, mejorando la estabilidad de la articulación.
- Incrementa la temperatura intramuscular, reduce la viscosidad del tejido conectivo y minimiza así la resistencia a la deformación, lo que también disminuye la probabilidad de lesiones.
- Reduce, por inhibición de la motoneurona alfa, la magnitud de la respuesta contráctil desencadenada por el reflejo miotático. Así al minimizarse la resistencia sarcomérica al estiramiento, las extensiones inciden principalmente en el tejido conectivo, que es el que sufre las adaptaciones a largo plazo.
- Puede trabajarse en parejas, lo que promueve la interacción.
- Promueve la conciencia muscular local por contraposición y contraste de los tres tipos de sensaciones distintas: la de contracción, la de relajación y la de extensión.
- Mejora la funcionalidad del conjunto del sistema neuromuscular

Desventajas

- Los procedimientos son extremadamente sutiles y precisos
- La falta de atención por parte del asistente de trabajo puede causar lesiones
- El enfriamiento del compañero, que si también debe estirar, es muy probable que, cuando llegue su turno, se haya enfriado por completo.

- No es recomendable en personas hipertensas si se van a realizar contracciones isométricas máximas. Si pueden utilizarse las técnicas de estimulación de reflejos que no requieran contracción muscular.
- Al promover una gran relajación, no se recomiendan en los calentamientos precompetitivos, sobre todo en deportes que demanden fuertemente el CEA, la fuerza explosiva y la velocidad.
- Algunos procedimientos, como la manipulación tendinosa, pueden provocar daños, por ejemplo en la piel.
- Pueden convertirse en monótonas y aburridas, sino se ofrece variedad. Esto no resulta un problema por la gran variedad de procedimientos existentes.

9. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

9.1 Tipo de estudio

- Trabajo de campo
- Experimental
- Descriptivo
- Prospectivo

9.2 Área de estudio

Las intervenciones y evaluaciones de este trabajo se llevaron a cabo en el gimnasio “Ova Gym”, situado en Av. San Martín 1560, de la ciudad de Granadero Baigorria en la provincia de Santa Fe.

9.3 Duración

Periodo comprendido entre los meses de julio y diciembre de 2010.

9.4 Universo

El presente estudio tuvo como sujetos a los jugadores de baloncesto del Club Atlético Sportivo Paganini Alumni de la ciudad de Granadero Baigorria.

➤ *Criterios de inclusión:*

- Sexo masculino
- Participar en entrenamientos regulares 3 veces por semana
- Poseer entre 16 y 18 años de edad

➤ *Criterios de exclusión:*

- Presencia de patología aguda y/o crónica de miembro inferior
- Aquellos que no participasen con regularidad en los entrenamientos del equipo
- Presencia de algún tipo de contraindicación para ser expuesto a vibraciones de cuerpo completo

9.5 Muestra

En la evaluación inicial fueron incluidos un total de 11 jugadores. A posteriori fueron excluidos dos jugadores, ya que al observarse los registros de asistencia a los entrenamientos, se advirtió que estos individuos no asistían con la frecuencia requerida a los entrenamientos regulares con su equipo. Por este motivo la muestra quedó conformada por 9 jugadores de baloncesto, los cuales representaron un 81,82% del total posible.

9.6 Variables

La variable evaluada en este trabajo, y sobre la cual se realizaron las intervenciones es la flexibilidad isquiotibial, medida a través de la flexión de la cadera con la rodilla en extensión.

Flexión de cadera: es un movimiento que lleva la cara anterior del muslo al encuentro del tronco, de tal modo que el muslo y el miembro inferior, en conjunto, quedan colocados por delante del plano frontal que pasa por la articulación. La amplitud de la flexión está condicionada por varios factores.

- La flexión activa no es tan amplia como la pasiva. La posición de la rodilla interviene asimismo en la amplitud de la flexión: con la rodilla extendida, la

flexión debería alcanzar los 90°, mientras que con la rodilla en flexión, debería alcanzar y superar los 120°.

- En lo que se refiere a la flexión pasiva, esta siempre sobrepasa los 120°, pero la posición de la rodilla también interviene aquí, ya que si esta se encuentra en flexionada, la amplitud de flexión de la cadera debería alcanzar los 140°.

9.7 Detalle de las actividades

El trabajo comenzó con la citación de los jugadores que se encontraban en el rango de edad que va de los 16 a los 18 años a una reunión informativa. En la misma se expusieron las actividades a realizar y se solicitó la participación voluntaria de aquellos que tuviesen deseos de hacerlo. Luego de que todos manifestasen su predisposición a participar se prosiguió a la recolección de datos personales, antecedentes médicos y patológicos y datos con respecto a los entrenamientos. Seguidamente fueron excluidos dos sujetos que no cumplían con los criterios de inclusión para participar en esta investigación.

El estudio fue realizado en dos etapas.

En la primera, la actividad inicial, consistió en la evaluación de la flexibilidad isquiotibial a través del test de Ake, luego de un calentamiento previo de 10 minutos de trote.

Luego de la evaluación, los sujetos fueron divididos al azar en dos grupos: un grupo que trabajó con vibraciones mecánicas de cuerpo completo, constituido por 4 sujetos, y otro grupo que trabajó con la técnica de FNP de contracción-relajación, el cual estuvo integrado por 5 sujetos. Para concluir los individuos recibieron un cronograma con los días y horarios

en los que debían presentarse en el gimnasio, tanto para flexibilizar como para realizar las evaluaciones.

Durante el mes de julio de 2010 los individuos del grupo que trabajo con la plataforma vibratoria, lo hicieron en 3 sesiones semanales, durante 4 semanas, para un total de 12 sesiones. El dispositivo utilizado contó con las siguientes características:

Tamaño del producto: 37 cm x 50 cm x 27 cm de alto.

Peso neto: 43kg

Alimentación: 220v /50hz

Carga máxima: 120kg

Motor: 500w Corrientes Continua

Velocidad de trabajo: Variable en forma continua de 1 a 30 ciclos por segundo

Control: a través de microprocesador

El protocolo consistió en una entrada en calor general, con un trote de 10 minutos, seguido de la exposición a las vibraciones, utilizando 30 Hz de frecuencia y 2 mm de amplitud. Los sujetos se colocaron en bipedestación sobre la plataforma y flexibilizaron sus isquiotibiales mediante el contacto de los dedos de las manos con la punta de los pies, a partir de una flexión de tronco. Se realizaron 4 series de cada posición, manteniendo cada una durante 20 segundos con 20 segundos de pausa entre ellas.

Mientras tanto, el grupo que trabajo con la FNP, luego de la entrada en calor general de 10 minutos de trote, recibió la aplicación de la técnica de contracción-relajación, la cual

constó de 4 series de 8 segundos de contracción por 12 de extensión (para un total de 20 segundos) con 20 segundos de pausa entre series.

En ambos grupos se realizaron evaluaciones a los 10, a los 20 y a los 30 días de trabajo. Igualmente se efectuaron otras tres evaluaciones al finalizar la intervención, a los 10, a los 20 y a los 30 días posteriores para realizar un seguimiento de los resultados obtenidos.

En la segunda etapa de la operación, llevada a cabo durante el mes de noviembre de 2010, los individuos cambiaron de grupo y realizaron los mismos procedimientos descriptos con anterioridad. De la misma manera se realizó una evaluación inicial, una a los 10, a los 20 y a los 30 días, así como, a los 10, a los 20 y a los 30 días posteriores.

9.8 Técnicas de recolección de datos

La fuente de obtención de los datos fue una fuente primaria, ya que los datos fueron recolectados por el propio investigador en el mismo lugar donde se originaron, a través de un programa de recolección estereotipado, mediante el cual se obtuvieron datos cuantificables

9.9 Instrumentos de recolección de datos

- **Ficha de evaluación personal:** en la misma se constataron los datos personales y los antecedentes médicos y patológicos de los participantes.

- **Cámara fotográfica Kodak EasyShare C913:** cuyas características son:
 - Dimensiones: 91.1 x 62.2 x 25.3 mm
 - Peso: 137 gramos (sin batería)
 - 9.2 Megapíxeles
 - Sensor CCD 1/2.5"
 - Zoom óptico de 3X
 - Zoom digital de 5X
 - Estabilizador de imagen digital
 - Pantalla LCD de 2.4" con resolución de 480 x 240px
 - Tecnología Kodak PerfectTouch
 - ISO hasta 1000
 - Memoria interna de 16MB
 - Ranura SD/SDHC
 - Grabación de vídeo en formato VGA a 15 FPS y QVGA a 29 FPS

- **Kinovea 0.8.7:** es un programa gratuito lanzado bajo la licencia GPL que ofrece la posibilidad de analizar videos deportivos, diseñado especialmente para entrenadores, atletas y médicos dedicados al deporte, que también encuentra utilidad de aplicación en el campo de la rehabilitación. Es básicamente un programa que permite **analizar vídeos deportivos y encontrar los fallos** en la coordinación, en la técnica, entre otros aspectos relevantes del campo deportivo, entre ellos la flexibilidad.

Algunas características de Kinovea son:

- Permite comparar 2 vídeos de forma simultánea para encontrar diferencias en la ejecución deportiva.
 - Permite sincronizar 2 vídeos para poder ver un mismo evento/ejecución desde diferentes puntos de vista.
 - Ofrece la posibilidad de marcar partes de los vídeos con comentarios para trabajar sobre ellos posteriormente.
 - Permite marcar la trayectoria recorrida por el deportista o la pelota.
 - Se puede ampliar una parte del vídeo para ver con más detalle un movimiento o efecto en concreto.
 - Soporta la posibilidad de introducir cronómetros en la imagen para controlar el tiempo.
 - Los contenedores de vídeo soportados son: AVI, MPG, MOV, WMV, MP4, MKV, VOB, 3GP y los formatos de compresión son numerosos como DV, DivX, Xvid, x264, MJPEG o Theora, entre otros.
- **Test de Ake:** este test consiste en una flexión activa de la cadera con la rodilla extendida, encontrándose el sujeto en decúbito supino y manteniendo el miembro inferior contralateral apoyado sobre la camilla. El movimiento se detiene cuando el grado de flexibilidad isquiotibial impida continuar, y en ese momento se mide en grados el recorrido articular de la cadera.

10. DESAROLLO

Este estudio fue realizado sobre jugadores de baloncesto del club Atlético Sportivo Paganini Alumni de la ciudad de Granadero Baigorria, los cuales se encontraban en un rango de edad que oscilaba entre los 16 y los 18 años.

La muestra evaluada se corresponde con el 81.82% del universo total posible, ya que este porcentaje fue el que cumplió con los criterios de inclusión.

Como puede ser observado en los gráficos 1 y 2 los valores iniciales de flexión de cadera en grados, tanto para la primera etapa de la intervención, como para la segunda, estuvieron por debajo del valor mínimo recomendado, que es de 70°, para ambas piernas, en 8 de los 9 individuos. Es decir que el 88,89% presentaron una pobre flexibilidad isquiotibial.

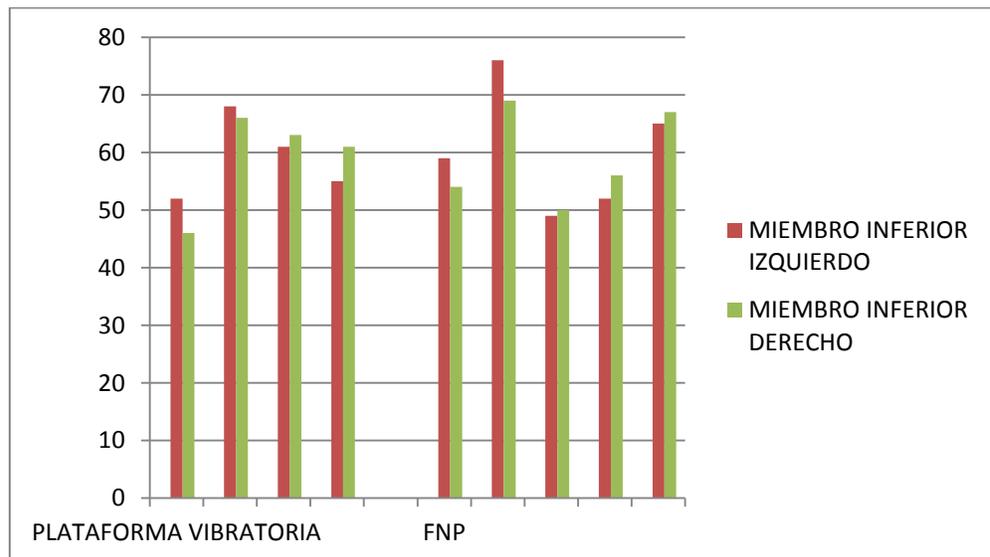


Gráfico 1. Valores iniciales de flexibilidad en grados, por individuo, en la primera etapa del trabajo.

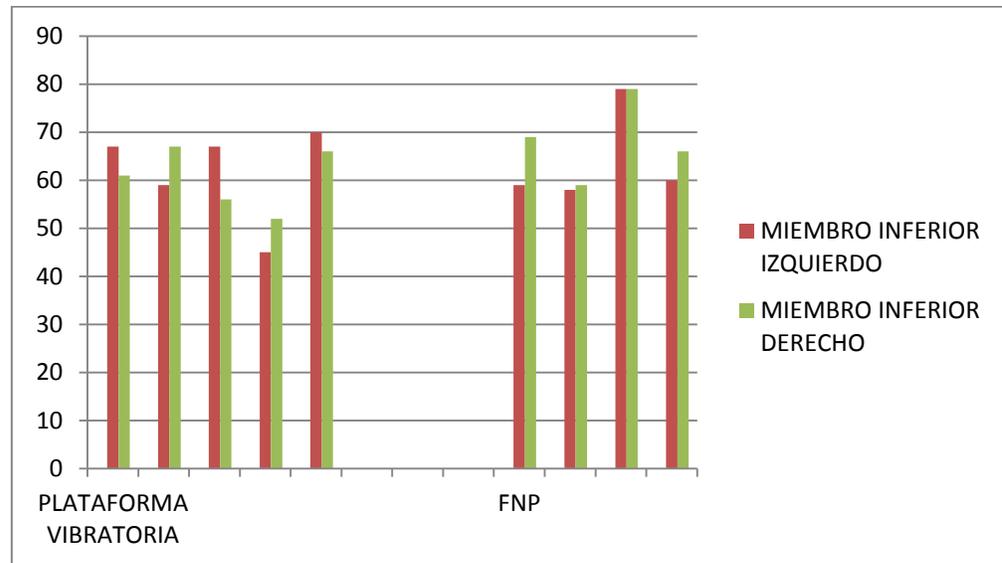


Gráfico 2. Valores iniciales de flexibilidad en grados, por individuo, en la segunda etapa del trabajo.

Al momento de analizar los datos, las comparaciones fueron realizadas sobre el mismo sujeto, contrastando los efectos de la primera etapa de trabajo y los de la segunda, es decir determinando, en el mismo individuo, si el aumento de la flexibilidad era mayor utilizando la plataforma vibratoria o la técnica FNP de contracción-relajación.

Transcurridos diez días de intervención el 44,44 % de los sujetos (4) habían aumentado un promedio de 8,78 % su flexibilidad utilizando la plataforma vibratoria (promedio 5,65 % más que con la FNP). Por su parte, el 55,56 % de los sujetos (5) habían aumentado su flexibilidad un promedio de 10,69 % utilizando la técnica de FNP (promedio 7,09% más que utilizando la plataforma). En el gráfico 3 pueden observarse los promedios individuales expresados en porcentaje.

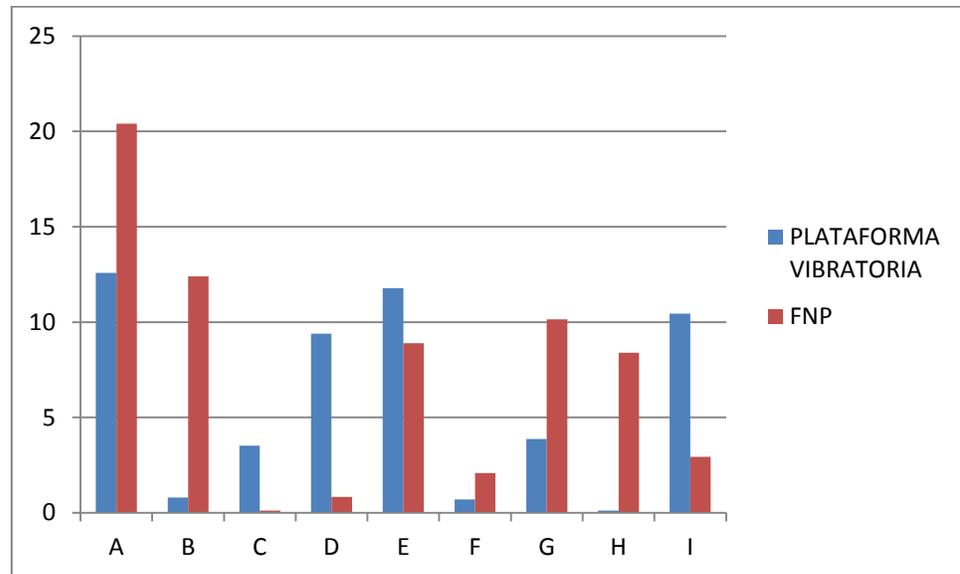


Gráfico 3. Comparación de los promedios individuales expresados en porcentajes a los diez días de intervención.

Luego de veinte días de intervención el 22,22 % de los sujetos (2) habían aumentado más su flexibilidad con las plataformas, para un promedio de 13,46 % (3,54% promedio más que con FNP); Por su parte el 77,78 % de los sujetos (7) habían aumentado más su flexibilidad con la FNP, para un promedio de 16,08 % (7,93% promedio más que con las plataformas). En el gráfico 4 pueden observarse los promedios individuales expresados en porcentajes.

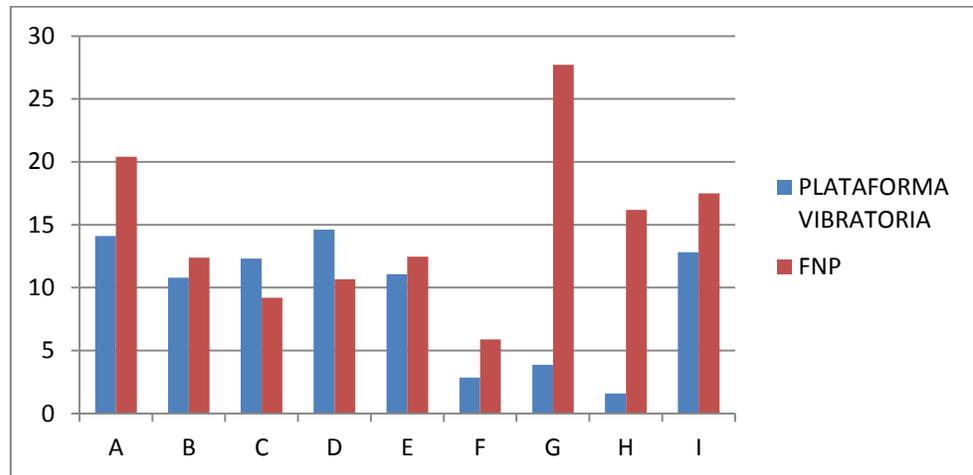


Gráfico 4. Comparación de los promedios individuales expresados en porcentajes a los veinte días de intervención.

A los treinta días de intervención el 22,22 % de los sujetos (2) habían aumentado un promedio de 17,12 % más su flexibilidad utilizando la plataforma vibratoria (lo que representó un 5,53% más que con la FNP) mientras que el 77.78 % de los sujetos (7) habían aumentado un promedio de 18,74 % utilizando la técnica de PNF (para un promedio de 7,07% más que con las plataformas). En el gráfico 5 pueden observarse los promedios individuales expresados en porcentajes.

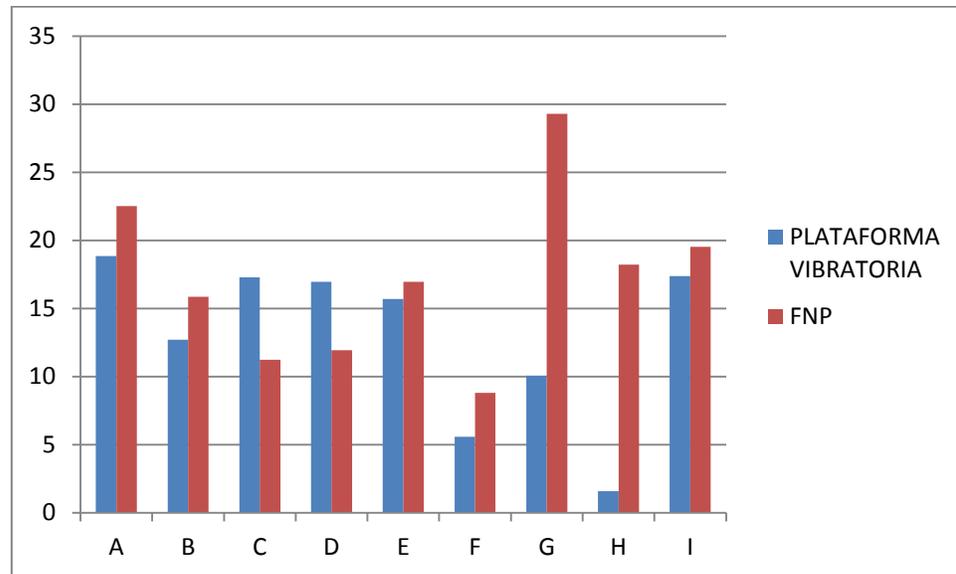


Gráfico 5. Comparación de los promedios individuales expresados en porcentajes a los treinta días de intervención.

A los diez días posteriores, con respecto a la evaluación realizada al terminar la intervención, el 100 % de los sujetos (9), presentó grados mayores de flexibilidad al utilizar la plataforma vibratoria, con una diferencia promedio de 8,52 % sobre la técnica de FNP. Incluso el 77,78 % de los sujetos (7), al utilizar la plataforma vibratoria continuaron aumentando sus valores de flexibilidad en un promedio de 4,69 %. Un solo evaluado presentó un 3% más de rango articular, con respecto a su evaluación al finalizar la intervención, trabajando con el método FNP. Los dos individuos que utilizando la plataforma perdieron rango articular lo hicieron en un promedio de 3,32% y los ocho que perdieron más con la FNP presentaron un promedio de disminución del 6,69%. Los porcentajes individuales registrados en la evaluación diez días después de concluir la intervención se observan en el gráfico 6.

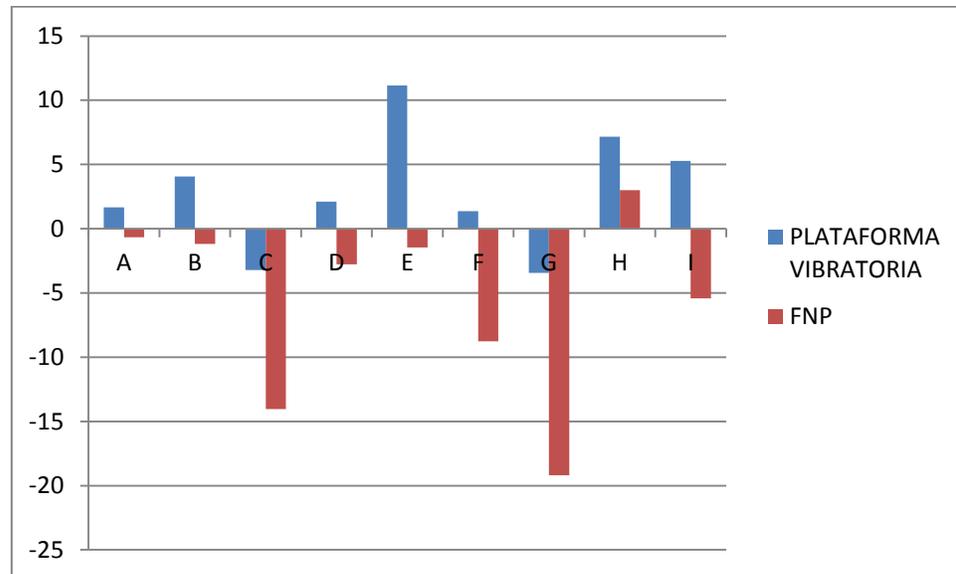


Gráfico 6. Comparación de los promedios individuales expresados en porcentajes, obtenidos diez días después de concluir el trabajo, a partir del valor logrado al finalizar la intervención.

A los veinte días posteriores el 77.78 % de los sujetos (7), utilizando la plataforma vibratoria, presentaron grados mayores de flexibilidad con respecto a la evaluación realizada al terminar la intervención, con una diferencia promedio de 10.05 % sobre la técnica de PNF. De esos 7 sujetos, el 42,86 % (3) presentaron un aumento promedio de 3,73 % luego de los veinte días. El porcentaje promedio de pérdida, en los individuos que disminuyeron su rango articular al utilizar plataformas vibratorias, fue del 3.32%. Hubo dos personas (22,22 %) que presentaron una disminución menor con la técnica de FNP (un promedio de pérdida de 1,70%), y que al ser evaluadas exhibieron una media de apenas el 0,03% más de rango articular comparado con el efecto que mostraron al utilizar las plataformas vibratorias. El porcentaje de disminución promedio al utilizar la FNP luego de veinte días de finalizar el trabajo fue del 8.78%. Los porcentajes individuales registrados en la evaluación veinte días después de concluir la intervención se observan en el gráfico 7.

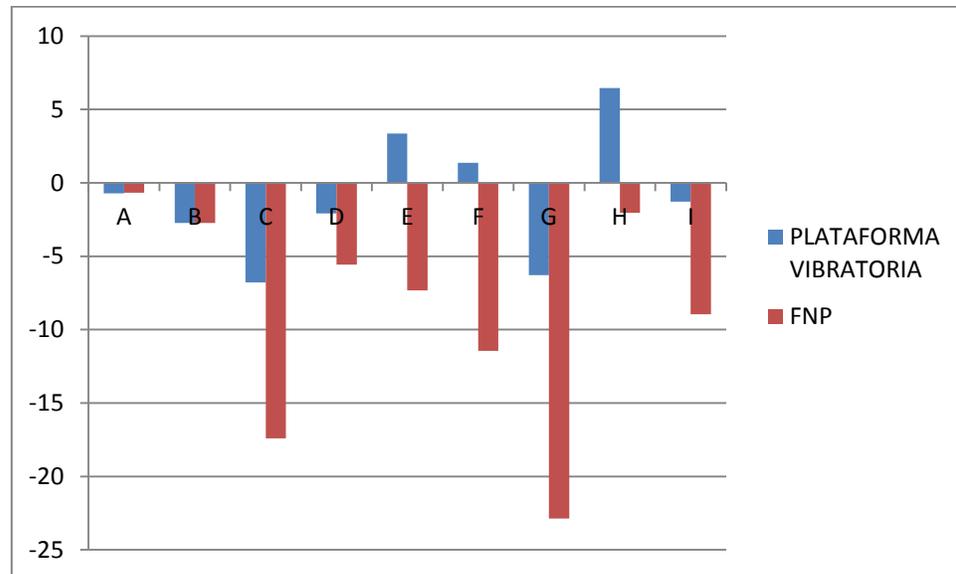


Gráfico 7. Comparación de los promedios individuales expresados en porcentajes, obtenidos veinte días después de concluir el trabajo, a partir del valor logrado al finalizar la intervención.

A los treinta días posteriores el 88,89 % de los sujetos (8) utilizando la plataforma vibratoria presentaron grados mayores de rango articular con respecto a la técnica de FNP, con un rango promedio de 9.02 %. El sujeto restante (11,11 %) presentó una disminución promedio del 3.97% al trabajar con la plataforma pero una diferencia promedio de 3,30% menos flexibilidad con respecto a la intervención con FNP. Un solo sujeto siguió presentando valores mayores que al finalizar el trabajo con la plataforma, con una media de 2,49% luego de los treinta días. En los restantes ocho sujetos que entrenaron con vibraciones la disminución del rango de flexión de cadera tuvo un promedio del 4,45% La disminución promedio de la flexibilidad a los 30 días utilizando el método de contracción-relajación fue del 11.40%. Los porcentajes individuales registrados en la evaluación treinta días después de concluir la intervención se observan en el gráfico 8.

Efecto del entrenamiento con vibraciones mecánicas vs efecto del entrenamiento FNP de contracción-relajación sobre la flexibilidad isquiotibial en jugadores de baloncesto

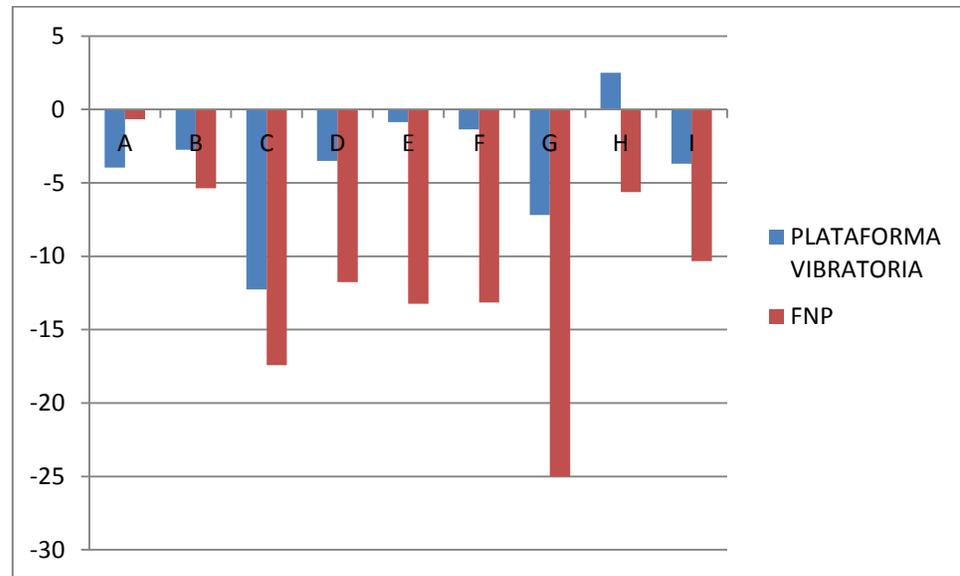


Gráfico 8. Comparación de los promedios individuales expresados en porcentajes, obtenidos treinta días después de concluir el trabajo, a partir del valor logrado al finalizar la intervención.

11. CONCLUSIÓN

Luego de realizar el trabajo de campo y efectuar un análisis metódico de los datos obtenidos, se elaboraron las siguientes conclusiones.

En cuanto a la determinación del método que proporcionaba un mayor incremento del grado de flexibilidad en la musculatura isquiotibial luego de un mes de intervención en tres sesiones semanales en jugadores de baloncesto de entre 16 y 18 años de edad, se precisó que el método FNP de contracción-relajación resultó ser más efectivo en 7 de los 9 (77.78%) sujetos analizados, los cuales presentaron una mejoría del 7,07% en relación al trabajo con las vibraciones mecánicas de cuerpo completo.

Al momento de determinar con qué método las ganancias de flexibilidad se obtenían a mayor velocidad las diferencias fueron claras en favor de la técnica de FNP. A los diez días, cinco de los nueve sujetos presentaban mayor aumento, con una diferencia de 1,91%. Pasados veinte días, siete de los nueve individuos presentaban mayores grados utilizando FNP, para una diferencia de 2,62%. Al finalizar los treinta días de trabajo, siete de los nueve evaluados continuaban presentando rangos mayores de flexibilidad, pero con una diferencia de 1,62% a favor de la técnica de FNP. Esto sugiere que las ganancias con el método de contraer-relajar se obtienen a una mayor velocidad.

Al corroborar con cuál de los métodos trabajados las ganancias en flexibilidad se mantenían por más tiempo, se pudo observar que, a pesar de que los beneficios obtenidos habían sido menores, casi el 90% (88,89%) de los individuos al flexibilizar con plataforma vibratoria, presentaban una menor pérdida de flexibilidad que cuando trabajaron con la técnica FNP de contracción-relajación, luego de 30 días de haber concluido las sesiones de estiramiento. La disminución con el método FNP fue del 11,40% mientras que en los que entrenaron con vibraciones fue del 4,45%.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que si un deportista/paciente necesitara elevar sus grados de flexibilidad isquiotibial en forma rápida, no debería dudarse en utilizar la técnica FNP de contracción-relajación como medio para lograrlo, ya que con la plataforma vibratoria las ganancias tardan más en aparecer. También podemos sugerir que si luego de evaluar a la persona, los déficits de flexibilidad son mínimos, y las necesidades de aumentar el rango no son a corto plazo, podría ser factible utilizar vibraciones de cuerpo completo que han demostrado mantener la ganancia obtenida por más tiempo. Otro método interesante podría ser el de combinar las técnicas, utilizando FNP para lograr el ROM óptimo del sujeto, y partir de allí mantenerlo ejercitando en plataforma.

Al momento de realizar esta investigación se pudo advertir como este método de entrenamiento, por medio de vibraciones mecánicas de cuerpo completo, es ofrecido en gimnasios de fitness, en SPAs e incluso en domicilios particulares, como una forma de incrementar todas las capacidades físicas, sin tener en cuenta siquiera los mínimos parámetros que se encuentran probados científicamente, siendo el más importante el tiempo de exposición a la vibración, el cuál en la búsqueda de mejores resultados se torna excesivo y provoca daños en la salud de los sujetos.

Debido a la escasez en la bibliografía de estudios que investiguen los efectos combinados de las vibraciones mecánicas de cuerpo completo y los ejercicios de flexibilización, esta investigación deja abierta la puerta a futuras investigaciones, en las cuáles se debería ensayar con diferentes protocolos, es decir, modificando la frecuencia de vibración, la amplitud, el tiempo de trabajo, la posición sobre el aparato, además de realizarse sobre diferentes y más numerosas poblaciones con el objetivo de poder determinar cuáles son los valores óptimos de cada uno, y de esta manera poder confeccionar un protocolo de vibración específico para el aumento de la flexibilidad.

12.BIBLIOGRAFÍA

Adler, S. Beckers, D. Buck. M. *La facilitación neuromuscular propioceptiva en la práctica.*

2° ed. Madrid: ed. Médica Panamericana; 2002

AlentornGeli, E. *Tratamiento de la fibromialgia por medio de vibraciones mecánicas [tesis].* Barcelona: Universitat de Barcelona; 2008

Atha, J. Wheatley, D. *Joint mobility changes due to low frequency vibration and stretching exercise.* Br J Sports Med; 1976 marzo; vol. 10; n. 1; p. 26–34. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1859364/pdf/brjmed00272-0028.pdf>

Batista, M et al. *Efeitos do treinamento com plataformas vibratórias.* R. bras. Ci. E Mov [revista en línea] 2007; 15(3): [12]. Disponible desde URL: <http://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/viewFile/766/769>

Baum, K. Votteler, T. Schiab, J. *Efficiency of vibration exercise for glycemic control in type 2 diabetes patients.* International journal of medical science; 2007; vol. 4; p. 159-163. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1885552/pdf/ijmsv04p0159.pdf>

Bautmans, I. Van Hees, E. Lemper, J. Mets, T. *The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. BMC Geriatrics* 2005 diciembre, **5**:17. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1368976/pdf/1471-2318-5-17.pdf>

Bazett-Jones, D. Finch, H. Dugan, E. *Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. Journal of Sports Science and Medicine*; 2008; marzo vol.7; p. 144-150. Disponible desde URL: http://inlifestudio.com/pdf/BazettJones_EffectsVerticalJump.pdf

Berdejo, D. *Aumento de la flexibilidad en el baloncesto mediante la aplicación de un protocolo de estiramientos. The International Journal of Medicine and Science in Physical Education and Sport*; 2009; vol. 5; n. 1; p. 3-12. Disponible desde URL: http://www.journalshr.com/MS-PES/papers/17/17_2.pdf

Berdejo, D. *Evolución de la condición física durante la temporada de un equipo de baloncesto junior. EFdeportes [revista en línea]*; 2008 julio; año XII; n. 122. [13 pantallas]. Disponible desde URL: <http://www.efdeportes.com/efd122/evolucion-de-la-condicion-fisica-de-un-equipo-de-baloncesto-junior.htm>

Bosco, C. Cardinale, M. Tsarpela, O. *Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles*. Eur J ApplPhysiol; 1999; vol. 79; p. 306-311. Disponible desde URL: <http://www.vib.pl/file/bad/fitspo/03.pdf>

Bosco, C. et al. *Adaptative responses of human skeletal muscle to vibration exposure*. *Clinical Physiology*; 1999; vol. 19; n. 2; p. 183-187. Disponible desde URL: <http://www.bodyvibrodynamic.com/docs/research/Adaptive%203.pdf>

Bosco, C. et al. *Hormonal responses to whole-body vibration in men*. Eur J ApplPhysiol; 2000; vol. 81; p. 449-454. Disponible desde URL: http://www.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/Bosco_HormonalResponseMen.pdf

Bonaforte, L. *Fisiología del baloncesto*. Archivos de medicina del deporte; 1998; vol. XV; n. 68; p. 479-483. Disponible desde URL: http://femedede.es/documentos/Fisiologia_del_baloncesto_471_68.PDF

Busquet, L. *Las cadenas musculares; Tomo III: La pubalgia*. 4ta. Edición. Barcelona: Paidotribo, 2001.

Cardinale, M. Leiper, J. Erskine, J. Milroy, M. Bell, S. *The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study*. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 26; 6; p. 380–384. Disponible desde URL:

http://gr8vibrations.com/yahoo_site_admin/assets/docs/WBV__Endocrine_System_in_Young_Men.129232521.pdf

Cardinale, L. Lim, J. *Electromyography Activity of VastusLateralis Muscle During Whole-Body Vibrations of Different Frequencies*. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 2003; vol. 17; n. 3; p. 621–624. Disponible desde URL: http://gr.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/PP_vastus_lateralis.pdf

Cardinale, M. Lim, J. *The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance*. *Medicina dello sport*; vol. 56; n. 4; p. 287-292. Disponible desde URL: <http://www.cranbrookphysio.com/pdf/bodyVibrationFrequencies.pdf>

Cataldo, P. Di Bella, N. Barbera, G. Pugliese, A. Letizia Mauro, G. *WBV: possibileimpiego per l'osteoporosi? Review*. *Europa medicophysica*; 2008 octubre; Vol. 44 - Suppl. 1; n. 3. Disponible desde URL: http://www.medik.net/atti/SIMFER_08/doc/057.pdf

Cochrane, D. et al. *A Comparison of the Physiologic Effects of Acute Whole-Body Vibration Exercise in Young and Older People*. ArchPhysMedRehabil; 2008 mayo; vol. 89; p. 815-821. Disponible desde URL: <http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/00039993/PIIS0003999308000695.pdf>

Cochrane, D. Legg, S. Hooker, M. *The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance*. J. Strength Cond Res; 2004 noviembre; vol.18; n.4 p. 828-832. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15574090>

Cochrane, D. Stannard, S. *Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite field hockey players*. Br J Sports Med; 2005; vol. 39; p. 860-862. Disponible desde URL: <http://www.vibotherapy.com.au/incidentals/Cochrane,%20WBV%20increases%20jump%20height%20and%20flexibility.pdf>

Cuenca, E. *Fundamentos de fisiología*. 1º ed. Madrid: ed. Thompson; 2006

Dantas, E. *A Flexibilidade. Alongamento e Flexionamento*; 2da Edición: ed. Shade; 1991.

Dantas, E. *La flexibilidad en el personal training*. Fit. & Perform. J. [en línea] 2007 septiembre-diciembre; vol. 1: [7] Disponible desde URL: http://www.saudeemmovimento.com.br/revista/artigos/fitness_performace/v1n0a2e.pdf

Da Silva, M. et al. *Efectos agudos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre el tiempo de carrera en corta distancia en jugadores de fútbol*. Medicina del ejercicio; 2006 agosto; año XXI; n. 1-2. Disponible desde URL: http://www.vibrafit.com.ar/biblioteca/efectos_agudos_del_entrenamiento_con_vibraciones.pdf

Da Silva, M. et al. *Effects of different frequencies of whole body Vibration on muscular performance*. Biology of sport; 2006; vol.3; n. 3. Disponible desde URL: http://www.vibrafit.com.ar/biblioteca/efectos_de_las_diferentes_frecuencias_de_vibracion.pdf

De Hoyo Lora, M. Romero Granados, S. Sañudo Corrales, B. Carrasco Páez, L. *Efecto de una sesión de entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre la capacidad de salto*. Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fis. Deporte [en línea] 2009 diciembre; vol. 9, n. 36 [13]. Disponible desde URL: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista36/artefecto112.htm>

Delecluse, C. Roelants, M. Diels, R. Koninckx, E. Verschueren, S. *Effects of Whole Body Vibration Training on Muscle Strength and Sprint Performance in Sprint-trained Athletes*. Int J Sports, Med; 2005; vol. 26; n. 8; p. 662-668. Disponible desde URL: http://www.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/Delecluse_EffectsWBVStengthSprint.pdf

Delecluse, C. Roelants, M. Verschueren, S. *Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*; 2003 junio; vol. 35; n. 6; p. 1033-1041. Disponible desde URL: <http://www.cranbrookphysio.com/pdf/strengthincreasesafterwholebodyvibrationcompared.pdf>

de Ruiter, C. van der Linden, R. van der Zijden, M. Hollander, A. de Haan, A. *Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise*. *Eur J Appl Physiol*; 2003; vol. 88; p. 472–475. Disponible desde URL: http://www.vibratech.co.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/155.-Short-term-effects-of-whole-body-vibration-on-maximal-voluntary%283%29.pdf

de Ruiter, C. van Raak, S. Schilperoort, J. Hollander, A. de Haan, A. *The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors*. *Eur J Appl Physiol*; 2003; vol. 90; p. 595–600. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12923646>

Di Santo M. *Amplitud de movimiento*. 1º ed. Córdoba: Graficamente ediciones; 2006

Di Santo, M. *Bases neurofisiológicas de la flexibilidad (parte 2)*. PubliCEstandard [revista en línea]. 05/06/2000. Pid: 66. Disponible desde URL: <http://www.sobrentrenamiento.com/publicce/Articulo.asp?ida=66>

Erskine, J. Smillie, I. Leiper, J. Ball, D. Cardinale, M. *Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in healthy young men.*

ClinPhysiolFunct Imaging; 2007; vol. 27, p. 242–248. Disponible desde URL: http://www.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/Erskine_NeuromuscularHormonalEffects.pdf

Faganani, F. Giombini, A. Di Cesare, A. Pigozzi, F. Di Salvo, V. *The Effects of a Whole-Body Vibration Program on Muscle Performance and Flexibility in Female Athletes.* Am. J.

Phys. Med. Rehabil; 2006 diciembre; vol. 85; n. 12. Disponible desde URL: <http://teutonicsales.com/pdf/Performance/Fagnani%20F%202006%28whole-body%20vibration%20,%20muscle%20performance%20flexibility%20female%20athletes%29.pdf>

Fontana, T. Richardson, C. Stanton, W. *The effect of weightbearing exercise with low frequency, whole body vibration on lumbosacral proprioception: A pilot study on normal subjects.* Australian Journal of Physiotherapy; 2005; vol. 51; p. 259-263. Disponible desde URL:

<http://www.cranbrookphysio.com/pdf/Effectofweightbearingexercisewithlowfrequency--article.pdf>

Funck, D. Swanck, A. Mikla, B. Fagan, T. Farr, B. *Impact of prior exercise on hamstring flexibility: a comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching;* 2003 agosto; vol. 17; n. 3; p. 489-92.

García-Artero, F. Ortega Porcel, J. Ruiz, F. Carreño Gálvez. *Entrenamiento vibratorio. Base fisiológica y efectos funcionales*. Dpto. Fisiología de Medicina Universidad de Granada; 2006; 15 (2): 78-86. Disponible desde URL: http://74.125.155.132/scholar?q=cache:pFYJtq4AK2oJ:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=2000

Garman, R. Gaudette, G. Donahue, L. Rubin, C. Judex, S. *Low-Level Accelerations Applied in the Absence of Weight Bearing Can Enhance Trabecular Bone Formation*. Journal of orthopaedic research; 2007 Junio; 25(6):732-40. Disponible desde URL: <http://www.bme.sunysb.edu/people/faculty/docs/crubin/2007-JOR-accelerations.pdf>

Gil Soares de Araujo, C. *Flexitest. Un método innovador de evaluación de la flexibilidad*. 1º ed. Badalona: Ed. Paidotrobo; 2005

Gonçalves da Silva, R. et al. *Efeito do treinamento vibratório na força muscular e em testes funcionais em idosos fisicamente ativos*. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum; 2009; vol. 11; n.2; p. 166-173. Disponible desde URL: http://api.ning.com/files/MiaVKXVBC4*HCXoXlq2hAaZwV44bRcwKyZhqmeVdmbcSNLhXGPvUub7Gk98e94KV06t525ieu3f73Tqbxaz1UAnN5kSjbjqt/Efeitodotreinamentovibratorioforamusculareemttestefuncionaisemidososfisicamenteativos2009.pdf

Gusi, N. Raimundo, A. Leal, A. *Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial.* BMC Musculoskeletal Disorders; 2006 noviembre; 7:92. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1693558/pdf/1471-2474-7-92.pdf>

Hands, J. Verscheure, S. Osternig, L.A *Comparison of Whole-Body Vibration and Resistance Training on Total Work in the Rotator Cuff.* Journal of athletic training; 2009 septiembre; vol. 44; n. 5; p. 469-474. Disponible desde URL: <http://journalofathletictraining.org/doi/pdf/10.4085/1062-6050-44.5.469>

Hütter-Becker, A. Schewe, H. Heipertz, W. *Fisioterapia. Descripción de las técnicas y tratamiento.* 1° ed. Barcelona: ed. Paidotrobo; 2003

Issurin, V. Liebermann, D. Tenembaun, G. *Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility.* J Sports Sci; 1994 diciembre; vol. 12; n. 6; p. 561-566. Disponible desde URL: http://www.powerplate.ch/downloads/Wissenschaftliche%20Studien/3%20Beweglichkeit/1b_beweglichkeit_journal_of_sport_israel_issurin_1994.pdf

Jordan, M. Norris, S. Smith, D. Herzog, W. *Acute effects of whole-body vibration on peak isometric torque, muscle twitch torque and voluntary muscle activation of the knee extensors.* Scand J Med Sci Sports; 2009; vol. 20; n.3; p. 535-540. Disponible desde URL: <http://www.jordanstrength.com/documents/AcuteEffectsofWBV.pdf>

Kawanabe, K. et al. *Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly*. Keio J Med; 2007 marzo; 56(1): 28–33. Disponible desde URL: <http://www.kjm.keio.ac.jp/past/56/1/28.pdf>

Kerschman-Schindl, K. et al. *Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume*. Clin Physiol. 2001 Mayo; 21(3): 377-82. Disponible desde URL: <http://www.wholebodyvibration.net/research/Medisch-Kerschman-WBVleadstoalterationsinmusclebloodflow.pdf>

Kinser, A. et al. *Vibration and Stretching Effects on Flexibility and Explosive Strength in Young Gymnasts*. Med Sci Sports Exerc; 2008 enero; vol. 40; n. 1; p. 133-140. Disponible desde URL: <http://www.wholebodyvibrationmachine.com/files/1653108/uploaded/explosive-strength-gymnasts.pdf>

Kvorning, T. Bagger, M. Caserotti, P. Madsen, K. *Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures*. Eur J Appl Physiol; 2006; vol. 96; p. 615–625. Disponible desde URL: <http://www.cranbrookphysio.com/pdf/Effectsofvibrationandresistancetrainingonneuromuscula.pdf>

Maddalozo, G. Iwaniec, U. Turner, R. Rosen, C. Widdrick, J. *Whole-body vibration slows the acquisition of fat in mature female rats*. Int J Obes (Lond) 2008 Septiembre ; 32(9): 1348–1354. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2586051/pdf/nihms77504.pdf>

Mahieu, N. et al. *Improving Strength and Postural Control in Young Skiers: Whole-Body Vibration Versus Equivalent Resistance Training*. Journal of Athletic Training; 2006; vol. 41; n. 3; p. 286–293. Disponible desde URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17043697>

Manonelles Marqueta, P. Gimenez Salillas, L. Álvarez Medina, J. García Rivas, B. *Efecto de las vibraciones mecánicas en el entrenamiento de la fuerza*. Educación física y deportes; 2007 1º trimestre; p. 73-80. Disponible desde URL: http://articulos.revista-apunts.com/87/es/087_073-080ES.pdf

Martinez Pardo, E. Carrasco Paez, L. Alcaráz Ramón, P. Brunet Gómez, A. Nadal Soler, C. *Efectos agudos de las vibraciones mecánicas sobre el salto vertical*. Educación física y deportes; 2007 1º trimestre; p. 81-85. Disponible desde URL: http://www.mirallas.org/Esport/APUNTS87b_2007_cas.pdf

McAtte, R. *Estiramientos facilitados*. 3º ed. Madrid: ed. Médica Panamericana; 2010

Merino, R.; Fernández, E..*Revisión sobre tipos y clasificaciones de la flexibilidad. Una nueva propuesta de clasificación*.Revista Internacional de Ciencias del Deporte; vol. 16; n. 5; p. 52-70. Disponible desde URL: <http://www.cafyd.com/REVISTA/01604.pdf>

Murfee, W. et al. *High-frequency, low-magnitude vibrations suppress the number of blood vessels per muscle fiber in mouse soleus muscle*. J ApplPhysiol, 2005 Enero; 98: 2376–2380. Disponible desde URL: <http://jap.physiology.org/content/98/6/2376.full.pdf+html>

Paradisis, G. Zacharogiannis, E. *Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance*.Journal of Sports Science and Medicine; 2007; vol. 6; p.44-49. Disponible desde URL: <http://www.jsportscimed.org/vol6/n1/5/v6n1-5pdf.pdf>

Perelló, I *Estudio de la musculatura de la región posterior del muslo tras programa de estiramientos*. [Tesis Doctoral] Valencia: Universidad de Valencia; 2006

Rees, S. Murphy, A. Watsford, M.*Effects of Vibration Exercise on Muscle Performance and Mobility in an Older Population*. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2007, 15, 367-381. Disponible desde URL: http://www.comfitsolutions.com/yahoo_site_admin/assets/docs/WBV_-_Performance__Mobility_in_Older_Population.13001434.pdf

Rees, S. Murphy, A. Watsford, M. *Effects of Whole-Body Vibration Exercise on Lower-Extremity Muscle Strength and Power in an Older Population: A Randomized Clinical Trial*. *Physicaltherapy*; 2008 abril; vol. 8; n. 4; p. 462-470. Disponible desde URL: <http://ptjournal.apta.org/content/88/4/462.full.pdf+html>

Rittweger, J. Schiessl, H. Felsenberg, D. *Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement*. *Eur J ApplPhysiol*; 2001 octubre; vol. 86; p. 169-173. Disponible desde URL: <http://www.simove.es/bibliografia/Oxygen%20uptake%20during%20whole-body%20vibration%20exercise.pdf>

Roelants, M. Delecluse, C. Goris, M. Verschueren, S. *Effects of 24 Weeks of Whole Body Vibration Training on Body Composition and Muscle Strength in Untrained Females*. *Int J Sports Med*; 2004; vol. 25; n. 1; p. 1-5. Disponible desde URL: <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/sportsmed/doi/10.1055/s-2003-45238>

Roth, J. et al. *Whole body vibration in cystic fibrosis – a pilot study*. *J Musculoskelet Neuronal Interact*; 2008; vol. 8; n. 2; p. 179-187. Disponible desde URL: <http://www.ismni.org/jmni/pdf/32/11ROTH.pdf>

Russo, C. et al. *High-Frequency Vibration Training Increases Muscle Power in Postmenopausal Women*. *ArchPhysMedRehabil*; 2003 diciembre; vol 84; p. 1854-1857. Disponible desde URL: <http://www.hypervibeuk.co.uk/research/4.pdf>

Saez Pastor, F. *Una revisión de los métodos de flexibilidad y su terminología*. Revista Kronos. 2005 enero/junio; vol 4; n. 7: [11]. Disponible desde URL: http://www.revistakronos.com/docs/File/kronos/7/kronos_7_1.pdf

Saggini, R. et al. *Submaximal aerobic exercise with mechanical vibrations improves the functional status of patients with chronic fatigue syndrome*. Europa Medicophysica; 2006 junio; vol. 42; n. 2; p. 97-102. Disponible desde URL: <http://www.minervamedica.it/en/freedownload.php?cod=R33Y2006N02A0097>

Sands, W. McNeal, J. Stone, M. Haff, G. Kinser, M. *Effect of Vibration on Forward Split Flexibility and Pain Perception in Young Male Gymnasts*. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; 2008 diciembre; vol. 3; n. 4; p. 469-481. Disponible desde URL: <http://web.ewu.edu/groups/cehdmgr/kudos%20pages/Sands%20McNeal%20vib%20pain%20IJSPP09.pdf>

Sands, W. Mcneal, J. Stone, M. Russel, E. Jemni, M. *Flexibility Enhancement with Vibration: Acute and Long-Term*. *Med Sci Sports Exerc*; 2006 abril; vol. 38: n. 4; p. 720-725. Disponible desde URL: http://www.vibratech.co.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/175.-Flexibility-Enhancement-with-Vibration.-Acute-and-Long-term.pdf

Semler, O. Fricke, O. Vezyroglou, K. Starck, C. Schoenau, E. *Preliminary results on the mobility after whole bodyvibration in immobilized children and adolescents.* J Musculoskelet Neuronal Interact; 2007; vol. 7; n. 1; p. 77-81. Disponible desde URL: http://www.comfitsolutions.com/yahoo_site_admin/assets/docs/WBV_-_Immobilized_Children.13002052.pdf

Torvinem, S. et al. *Effect of 8-Month Vertical Whole Body Vibration on Bone, Muscle Performance, and Body Balance: A Randomized Controlled Study.* Journal of bone and mineral research; 2003; vol. 18; n. 5; p. 876-884. Disponible desde URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1359/jbmr.2003.18.5.876/pdf>

Torvinem, S. et al. *Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study.* Clinical Physiology and Functional Imaging ; 2002; 22, 2, p.145-152. Disponible desde URL: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.118.1755

Torvinem, S. *Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance.* Medicine & science in sports & exercise; 2002 abril; p.1523-1528. Disponible desde URL: http://www.powerplate.com/pdfs/technology/scientific/Torvinen_EffectPerformanceBalance.pdf

Tous Fajardo J. Moras Ferliú G. *Entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas: revisión de la literatura.* www.efdeportes.com [en línea], diciembre 2004, vol. 79.

Disponible desde URL:
<http://www.simove.es/bibliografia/Entrenamiento%20por%20WBV%20revisi%F3n%20de%20bibliograf%EDa.pdf>

van den Tillaar, R. *Will Whole-Body Vibration Training Help Increase the Range of Motion of the Hamstrings?*. The Journal of Strength and Conditioning Research; 2006 febrero; vol. 20; n. 1, p. 192–196. Disponible desde URL: <http://cranbrookphysio.com/pdf/Willwhole-bodyvibrationtraininghelpincreaseetherom.pdf>

Van Nes, I. et al. *Long-Term Effects of 6-Week Whole-Body Vibration on Balance Recovery and Activities of Daily Living in the Postacute Phase of Stroke A Randomized, Controlled Trial.* Stroke; 2006 agosto; vol. 37; p. 2331-2335. Disponible desde URL: <http://stroke.ahajournals.org/cgi/reprint/37/9/2331>

Van Nes, I. Geurts, A. Hendricks, H. Duysens, J. *Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: Preliminary evidence.* Am J PhysMedRehabil; 2004 noviembre; vol. 83; p. 867–873. Disponible desde URL: <http://www.galileouk.co.uk/download/206.pdf>

Verschueren, S. et al. *Effect of 6-Month Whole Body Vibration Training on Hip Density, Muscle Strength, and Postural Control in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Pilot Study*. Journal of bone and mineral research; 2004; vol. 19: n. 3; p. 352-359. Disponible desde URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1359/JBMR.0301245/pdf>

Verschueren, S. et al. *Vibration-Induced Changes in EMG During Human Locomotion*. J Neurophysiol; 2003; vol. 89; p. 1299–1307. Disponible desde URL: <http://jn.physiology.org/content/89/3/1299.full.pdf+html>

Vissers, D. et al. *Effect of Long-Term Whole Body Vibration Training on Visceral Adipose Tissue: A Preliminary Report*. Eur J Obesity-ObesFacts; 2010 Abril; 3:000–000. Disponible desde URL: <http://www.powerplate-tulln.at/pdf/studie22.pdf>