



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES, EDUCACIÓN FÍSICA Y KINESIOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

**“EFECTO DEL ENTRENAMIENTO CON PLATAFORMA  
VIBRATORIA SOBRE LA CAPACIDAD DE SALTO EN  
JUGADORES DE HOCKEY PATÍN DEL CLUB DEPORTIVO  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE”**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
KINESIÓLOGO

**MANUEL IGNACIO PUERTAS FIGUEROA**

PROFESOR GUÍA: KLGO.ENRIQUE ENOCH JARA

SANTIAGO – MARZO 2014





UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES, EDUCACIÓN FÍSICA Y KINESIOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

“EFECTO DEL ENTRENAMIENTO CON PLATAFORMA  
VIBRATORIA SOBRE LA CAPACIDAD DE SALTO EN JUGADORES  
DE HOCKEY PATÍN DEL CLUB DEPORTIVO UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CHILE”

**MANUEL IGNACIO PUERTAS FIGUEROA**

SANTIAGO – CHILE  
MARZO 2014



“EFECTO DEL ENTRENAMIENTO CON PLATAFORMA VIBRATORIA SOBRE  
CAPACIDAD DE SALTO EN JUGADORES DE HOCKEY PATÍN DEL CLUB  
DEPORTIVO UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE”

Tesis  
presentada al Departamento de Kinesiología  
UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
En cumplimiento parcial de los requisitos  
para optar al título de  
KINESIÓLOGO

Por

MANUEL IGNACIO PUERTAS FIGUEROA

DIRECTOR DE TESIS: KLGO. ENRIQUE JONNATHAN ENOCH JARA

PATROCINANTES DE TESIS: KLGO. HERNAN BUSTOS TOLEDO  
MG. MAURICIO CASTRO SEPÚLVEDA  
DR. VÍCTOR DÍAZ NARVAEZ

SANTIAGO - CHILE  
MARZO 2014

UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
FACULTAD DE ARTES, EDUCACIÓN FÍSICA Y KINESIOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

**INFORME DE APROBACION**  
**TESIS DE LICENCIATURA**

Se informa a la Escuela de Kinesiología de la Facultad de Artes, Educación Física y Kinesiología; que la Tesis de Licenciatura presentada por el candidato:

MANUEL IGNACIO PUERTAS FIGUEROA

Ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al título de Kinesiólogo, en el examen de defensa de Tesis rendido el

.....

DIRECTOR DE TESIS  
KLGO. ENRIQUE ENOCH JARA

.....

COMISION INFORMANTE DE TESIS

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mi familia en general, por el apoyo, paciencia y comprensión en toda mi formación universitaria y, por sobre todo, en esta investigación.

Al Kinesiólogo Enrique Enoch, por ser guía y motivador en la elaboración de esta investigación.

Al Kinesiólogo y amigo Hernán Bustos, por la facilitación de la plataforma GLOBUS ERGO JUMP, la instrucción en ella y la gestión para la facilitación de las instalaciones de DUOC UC- Sede Puente Alto.

Al Kinesiólogo Sergio Valdivia, por brindarme la motivación inicial en este proyecto y ayudarme con la elección del tema a investigar.

A Mauricio Castro, Magister en Medicina y Ciencias del Deporte, por su constante motivación para la futura publicación de un artículo sobre este estudio y su ayuda estadística.

A mis amigos, los jugadores del equipo adulto de Hockey Universidad Católica de Chile, su entrenador Mauricio Llera y sus dirigentes, por su disposición y participación en esta investigación.

Al profesor Víctor Díaz, Doctor en Ciencias Biológicas (Ph.D), por su ayuda en el análisis estadístico de este estudio.

A DUOC UC- Sede Puente Alto, por facilitar las instalaciones para la realización de esta investigación.

Y todos aquellos que anónimamente se hicieron partícipes de este estudio.



## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
3. MARCO TEORICO.....	8
3.1.Vibración.....	8
3.1.1. Vibración armónica.....	9
3.1.2. Vibración no armónica.....	9
3.2. Características de la vibración.....	9
3.2.1. Magnitud.....	9
3.2.2. Frecuencia.....	10
3.2.3. Amplitud.....	10
3.2.4. Dirección.....	10
3.2.5. Duración.....	10
3.3. Resonancia Mecánica.....	11
3.4. Aceleración de gravedad.....	11
3.4.1. Primera Ley de Newton.....	12
3.5. Vibración del cuerpo completo (WBV).....	13
3.6. Características de las WBV.....	14
3.7. Efectos de las WBV.....	14
3.7.1. Efectos sobre la flexibilidad.....	15
3.7.2. Efectos sobre el sistema neuromuscular.....	15
3.7.2.1. Aumento de la capacidad de salto y potencia.....	15
3.7.3. Efectos sobre la velocidad del sprint.....	19
3.7.4. Efectos sobre la performance.....	20
3.7.5. Efectos sobre la masa ósea.....	23
3.7.5.1. Propiedades osteogénicas.....	27
3.7.6. Efectos sobre el sistema endocrino.....	29
3.7.6.1. Mecanismos de los cambios endocrinos.....	32
3.7.7. Efectos sobre el sistema cardiovascular.....	33

3.7.7.1. Mecanismos responsables de los cambios en el sistema cardiovascular.....	36
3.8. Contraindicaciones de las WBV.....	37
3.9. Norma ISO 2631.....	38
3.9.1. Objetivo y campo de ampliación.....	39
3.10. Vibro Fitness 300®.....	40
3.10.1. Características.....	40
3.11. Hockey Sobre Patines.....	40
3.11.1. Historia.....	40
3.11.2. Características del jugador.....	42
3.12. Salto vertical.....	43
3.12.1. Medición del salto vertical.....	45
3.13. Test de Bosco.....	46
3.14. Counter Movement Jump o Salto Contra-movimiento (CMJ).....	47
3.14.1. Calidad analizada.....	48
3.14.2. Modalidad de activación muscular.....	48
3.15. Plataforma de Salto Globus Ergo Jump® (Bosco System).....	48
3.16. Altura.....	49
3.17. Tiempo de vuelo.....	49
3.18. Potencia.....	50
3.19. Velocidad Inicial ( $V_0$ ).....	51
4. HIPOTESIS.....	52
5. OBJETIVO GENERAL.....	52
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	52
7. METODOLOGÍA.....	54
7.1. Diseño.....	54
7.2. Variables.....	54
7.3. Sujetos.....	54
7.4. Selección de la muestra.....	54
7.5. Criterios de inclusión.....	55

---

7.6. Criterios de exclusión.....	55
7.7. Materiales.....	56
7.8. Instalaciones.....	56
7.9. Capacitación del evaluador.....	56
7.10. Metodología.....	57
7.11. Análisis de los datos.....	60
8. RESULTADOS.....	61
8.1. Altura.....	62
8.2. Tiempo de vuelo.....	65
8.3. Potencia.....	68
8.4. Velocidad inicial.....	71
9. DISCUSIÓN.....	74
9.1. Tamaño muestral.....	74
9.2. Programa de entrenamiento.....	74
9.3. Parámetros utilizados.....	75
9.4. Tiempo de intervención.....	75
9.5. Tipo de sujeto evaluado.....	76
9.6. Aprendizaje motor.....	76
9.7. Desconcertantes.....	77
9.8. Efectos adversos.....	77
9.9. Concordancias o discrepancias con otros estudios.....	77
9.10. Comparación con otros tipos de entrenamiento.....	78
9.11. Efecto “warm up”.....	78
10. CONCLUSIONES.....	79
10.1. Luego de la primera sesión de entrenamiento con plataforma vibratoria.....	79
10.2. Luego del periodo de entrenamiento de seis semanas.....	80
10.3. Luego de dos semanas de finalizado el periodo de entrenamiento.....	80
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
12. ANEXOS.....	93

## LISTA DE TABLAS

Página		
I.	Estadísticos descriptivos de la muestra.....	61
II.	Resultados de la estimación de los estadígrafos descriptivos, de la variable altura, en ambos grupos estudiados.....	62
III.	Resultados de la comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable altura, medido en los diferentes momentos de evaluación.....	64
IV.	Resultados de la estimación de los estadígrafos descriptivos, de la variable tiempo de vuelo, en ambos grupos estudiados.....	65
V.	Resultados de la comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable tiempo de vuelo, medido en los diferentes momentos de evaluación.....	67
VI.	Resultados de la estimación de los estadígrafos descriptivos, de la variable potencia, en ambos grupos estudiados.....	68
VII.	Resultados de la comparación entre ambos grupos estudiados de la variable potencia, medido en los diferentes momentos de evaluación.....	70
VIII.	Resultados de la estimación de los estadígrafos descriptivos, de la variable velocidad inicial, en ambos grupos estudiados.....	71
IX.	Resultados de la comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable velocidad inicial, medido en los diferentes momentos de evaluación.....	73
X.	Características de los sujetos evaluados (Talla, Peso, Edad).....	96
XI.	Resultados, de la variable altura, en ambos grupos estudiados.....	97
XII.	Resultados, de la variable tiempo de vuelo, en ambos grupos estudiados.....	98
XIII.	Resultados, en la variable potencia, en ambos grupos estudiados.....	99
XIV.	Resultados, de la variable velocidad inicial, en ambos grupos estudiados.....	100
XV.	Resultados de los tres intentos de salto, de la variable altura, en ambos grupos estudiados.....	101
XVI.	Aceleraciones y número de contracciones producidas a distintas frecuencias sobre una plataforma de vibraciones.....	102

## LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Tipos de vibración.....	9
2. Organigrama del plan de entrenamiento.....	58
3. Plan de ejercicios en plataforma vibratoria.....	59
4. Plataforma Vibratoria VIBRO-FITNESS 300®.....	102
5. Salto Contra-movimiento (CMJ).....	103
Gráficos	Página
I. Comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable altura, medido en los diferentes momentos de evaluación.....	63
II. Comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable tiempo de vuelo, en los diferentes momentos de evaluación.....	66
III. Comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable potencia, en los diferentes tiempos analizados.....	69
IV. Comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable velocidad inicial, en los diferentes tiempos analizados.....	72
Anexos	Página
1. Consentimiento Informado.....	93
2. Ficha Personal.....	94
3. Permiso de Utilización de Instalaciones.....	95
4. Tablas.....	96
5. Figuras.....	102

**LISTA DE ABREVIATURAS**

AJ: Abalakov-Jump  
BMD: Densidad mineral ósea  
C: Grupo control  
CG: centro de gravedad  
cm: centímetros  
CMJ: Counter-Movement-Jump  
EA: Efecto agudo  
EMG: Electromiografía  
ER: Efecto residual  
EEII: Extremidades inferiores  
GH: Hormona de crecimiento  
H: Altura  
Hz: Hertz  
I: Grupo Intervención  
J: Joule  
mm: Milímetros  
NS: No significativo  
P: Potencia  
P6S: Efecto post seis semanas de entrenamiento  
PT: Pre test  
s: Segundos  
SJ: Squat jump  
SCI: Lesiones medulares  
T: Testosterona  
TV: Tiempo de vuelo  
TVR: Reflejo tónico vibratorio  
VI: Velocidad Inicial  
VT: Estímulo vibratorio  
WBV: Whole-Body Vibration (Vibración de cuerpo completo)

## **EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO CON PLATAFORMA VIBRATORIA SOBRE CAPACIDAD DE SALTO EN JUGADORES DE HOCKEY PATÍN DEL CLUB DEPORTIVO UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE**

Autor: MANUEL IGNACIO PUERTAS FIGUEROA

Director: KLGO. ENRIQUE JONNATHAN ENOCH JARA

### **RESUMEN**

Introducción: El uso de las plataformas vibratorias en Chile se encuentra en auge, basado en los efectos beneficiosos que provoca sobre el cuerpo humano, sobre todo en el ámbito de la estética y el fitness. Entre esos efectos podemos destacar el aumento de la fuerza, mejora de rango de movimiento (ROM), activación neural, etc.; siendo usada tanto en sujetos sedentarios como en deportistas. Sin embargo, en cuanto a la mejora en la capacidad de salto, los datos son contradictorios. El hockey cuenta con literatura muy escasa, y no existen estudios sobre los posibles beneficios de la aplicación de vibración de cuerpo completo (WBV) en la mejora de la capacidad de salto.

Objetivo: Evaluar los efectos inmediatos, posterior a seis semanas y luego de dos semanas de finalizado el programa de entrenamiento con plataforma vibratoria, sobre la capacidad de salto en deportistas varones pertenecientes a la rama de Hockey Universidad Católica de Chile.

Métodos: Veinte jugadores de hockey patín, varones, del Club Deportivo Universidad Católica fueron distribuidos al azar en 2 grupos: un grupo control (C) y un grupo intervención (I). Éste último fue sometido a un entrenamiento con WBV durante 6 semanas, 3 veces por semana, 6 series por día de 60s de duración cada una, con descansos de 60s entre series, con una frecuencia de 30 hz y 4 mm de amplitud de onda. El grupo control no se sometió al entrenamiento con WBV y sólo realizó los entrenamientos convencionales propios de un periodo competitivo de hockey sobre patines. Ambos grupos fueron sometidos a cuatro test: un pre-test (PT); un post-test inmediato para evaluar el efecto agudo (EA); un post-test luego de 6 semanas transcurrido el periodo de entrenamiento (P6S); y un post-test final, luego de 2 semanas

de terminado el periodo de entrenamiento, para evaluar los efectos residuales (ER). Las mediciones fueron realizadas con el test de salto contramovimiento (CMJ), en una plataforma de salto Bosco, en donde se evaluó la fase de vuelo.

Resultados: Si bien se observó un aumento en la altura del salto en las mediciones EA (2%) y P6S (4,1%), en relación al PT, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el grupo intervención a un valor  $p < 0,05$ . En cuanto al grupo control, se observó una disminución en la altura del salto en las mediciones EA (4,1%), P6S (3,8%) y ER (8%), en relación al PT, resultados que tampoco fueron estadísticamente significativos.

Discusión: Pese a utilizar protocolos que mostraron diferencias significativas sobre la capacidad de salto y otras variables, en diversos estudios realizados en deportistas de otras disciplinas, en esta investigación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de salto.

Conclusiones: El entrenamiento con plataforma vibratoria aplicado durante seis semanas en hockistas del Club Deportivo Universidad Católica, si bien mejora la capacidad de salto inmediatamente después de la primera sesión de entrenamiento con plataforma vibratoria y luego del finalizado el periodo de entrenamiento; dicho aumento no es estadísticamente significativo en cada una de las variables analizadas (altura, tiempo de vuelo, velocidad inicial y potencia). Luego de un periodo de 2 semanas de finalizado el periodo de entrenamiento, la capacidad de salto se ve disminuida, por lo que no se mantienen sus efectos en el tiempo.

**EFFECT OF TRAINING WITH WHOLE BODY VIBRATION ON JUMP  
CAPACITY IN ROLLER HOCKEY PLAYERS OF UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE CHILE SPORT CLUB**

Author: MANUEL IGNACIO PUERTAS FIGUEROA

Advisor: KLGO. ENRIQUE JONNATHAN ENOCH JARA

**SUMMARY**

Introduction: The use of vibrating platforms in Chile is booming, based on the beneficial effects on the human body, especially in the field of esthetics and fitness. Among these effects we emphasize the increased strength, improved range of motion (ROM) , neural activation , etc. Being used both in sedentary subjects and athletes. However, in terms of improvement in the capacity to jump, the data are conflicting. The roller hockey has very little literature, and there are no studies on the potential benefits of implementing whole-body vibration (WBV) in improving jumping ability.

Objective: Assess the immediate effects, after six weeks effects and then two weeks of completion of the training program with WBV on jumping ability in male athletes of roller hockey team of Universidad Católica de Chile sport team.

Methods: Twenty roller hockey players, males, of Universidad Católica de Chile sport team, were randomized into 2 groups: a control group (C) and an intervention group (I). The latter underwent training with WBV for 6 weeks, 3 times a week , 6 sets per day of 60s duration each, with breaks of 60s between sets, with a frequency of 30 Hz and 4 mm wave amplitude. The control group was subjected to WBV training performed only own conventional period of competitive roller hockey training. Both groups were subjected to four tests: a pre-test (PT), a post-test immediately to assess the acute effect (EA), a post-test after 6 weeks after the training period (P6S) and a post end-test, after 2 weeks of completion of the training period to assess the residual effects (ER). The measurements were performed with the test countermovement jump (CMJ), in a Bosco platform, where the flight phase was evaluated.

Results: Although an increase in jump height in EA measurements (2%) and P6S (4.1%), compared to PT, was observed no statistically significant differences in the intervention group were found a P value  $< 0.05$ . Regarding the control group, a decrease was observed in the height of the jump in EA measurements (4.1%), P6S (3.8%) and ER (8%), relative to PT, the results were not statistically significant.

Discussion: Despite using protocols that showed significant differences on jumping ability and other variables, in various studies in athletes from other disciplines, in this study no were found a statistically significant differences in the jump ability.

Conclusions: The applied vibration platform training for six weeks in roller hockey players of Universidad Católica sport team, while improving the jump ability immediately after the first training session with WBV and then completed the training period, this increase is not statistically significant for each of the variables analyzed (height, flight time, initial velocity and power). After a period of 2 weeks training period ended, the jump ability is diminished, so its effects are not maintained over time.

## 1. INTRODUCCIÓN

Si bien hace varias décadas se estudian los efectos de las vibraciones mecánicas sobre el cuerpo humano, éstos han estado ligados en su mayor parte, a las patologías que se producen por una exposición prolongada a dichas vibraciones; sobre todo en el ámbito laboral o de la ergonomía (Da Silva, Vaamonde y Padullés, 2006b).

Estudios recientes hablan acerca de los posibles beneficios, sobre la fuerza, la potencia, la flexibilidad y la capacidad de salto, que podría tener la aplicación de vibraciones mecánicas, con parámetros radicalmente distintos en cuanto a frecuencia, amplitud y tiempo de aplicación (Cardinale y Lim, 2003; Cochrane, Legg y Hooker, 2004; Cochrane y Stannard, 2005; De Hoyo et al, 2009a; De Hoyo et al, 2009b; Issurin, Liebermann y Tenenbaum, 1994). Dichos estudios muestran un sistema que utiliza vibraciones mecánicas aplicadas sobre el cuerpo humano. Para esto se diseñaron dispositivos que permiten transmitir vibraciones mecánicas a distintas partes del cuerpo y, a su vez, permiten controlar la frecuencia, amplitud y el tiempo de aplicación de estas vibraciones. Algunos sistemas utilizan aplicaciones a un segmento corporal solamente, mientras otros utilizan la aplicación a todo el cuerpo; este último método es el más utilizado y se denomina “Whole-Body Vibration” (WBV) o vibración de cuerpo completo. Los dispositivos más utilizados consisten en una plataforma sobre la cual se ubica al sujeto, que efectuará el entrenamiento, y esta comienza a vibrar con determinada amplitud, frecuencia y dirección; todo esto controlado por un sistema computarizado.

Las respuestas humanas a las vibraciones conllevan tanto respuestas biomecánicas como fisiológicas. Las respuestas biomecánicas se dan en un proceso de resortes y amortiguación, ya que el cuerpo consiste, además de muchos segmentos de masas rígidas, en masas oscilantes; siendo estas últimas todas las partes no rígidas del cuerpo como órganos internos, fluidos, tejidos blandos y músculos. Se han diseñado varios modelos de resorte-amortiguación-masa para simular la transmisión de la vibración de cuerpo completo (Da Silva et al., 2006b).

En el caso de la WBV, el estímulo mecánico se aplica de distal a proximal, con el sujeto situado sobre la plataforma vibratoria. Las oscilaciones producidas se transmiten por todo el cuerpo siendo amortiguadas en cada articulación. Los sistemas visco-elásticos, presentes en el cuerpo, provocan una atenuación de la señal mecánica conforme nos alejamos del foco generador (plataforma) de tal manera que la parte más alejada, la cabeza, recibe una señal especialmente débil ya que ésta ha sido atenuada. El movimiento oscilatorio produce aceleraciones en la dirección vertical del orden de  $70 \text{ m/s}^2$  (7,24 veces la aceleración de la gravedad), a nivel del apoyo, utilizando una frecuencia de 30 Hz con una amplitud de 4 mm (Padullés, 2001). (Tabla XVI).

La aceleración será más atenuada si los segmentos inferiores se hallan en semi-flexión. En este caso con cada oscilación se produce un estiramiento a nivel de los músculos y tendones implicados. Éstos se comportan como un sistema formado por un resorte y un amortiguador.

La atenuación del nivel de vibración en la parte superior del cuerpo disminuye el riesgo de que algún órgano pueda entrar en resonancia (fenómeno en que la fuerza constante, aplicada sobre un cuerpo, coincide con la frecuencia de oscilación de éste. A partir de esto, la amplitud del sistema oscilante alcanza su punto máximo). La frecuencia de resonancia de las distintas partes del cuerpo sometidas a vibraciones verticales se encuentran por debajo de los 10 Hz excepto en los ojos que tienen entre 20 y 25 Hz de frecuencia de resonancia (Yue, Kleinöder y Mester, 2010). Con el objetivo de evitar el fenómeno de resonancia, la mayoría de las máquinas de vibración no permiten el uso de frecuencias que puedan representar un riesgo para la salud.

El entrenamiento mediante aplicación de vibraciones provoca efectos similares al entrenamiento con ciclos de estiramiento-acortamiento, siendo éste el método más popular de mejorar la fuerza muscular y la potencia (Fleck & Kraemer, 1997), de una forma mucho más controlada, garantizando la integridad del aparato locomotor (Da Silva et al, 2006).

Como efecto de la vibración, el tejido muscular se ve sometido a una modificación de su longitud en un periodo breve de tiempo, este rápido estiramiento favorece la estimulación del reflejo miotático. Al aplicar vibraciones de ciertas características, se activa el reflejo tónico vibratorio (RTV), que provoca la estimulación muscular por vía refleja. El RTV representa una sucesión de estímulos reflejos inducidos por la vibración.

Cuando se aplican vibraciones de cierta frecuencia y amplitud al cuerpo se observa un aumento en la efectividad neuromuscular, demostrado mediante el cociente entre potencia y la actividad electromiográfica (EMG). Es posible que el estímulo vibratorio (VT) provoque adaptación biológica que tiene conexión con el efecto de potenciación neural, similar al producido por el entrenamiento de fuerza y potencia convencional. La activación neural puede ser influida por un aumento de la actividad de sincronización de las unidades motoras (Da Silva et al, 2006b), aunque no se puede excluir a la co-activación de los sinergistas y una mayor inhibición de los antagonistas. Inmediatamente después aparecen respuestas hormonales, y a largo plazo parece posible que se produzcan cambios estructurales, tanto en músculos como en tendones y huesos (Rittweger, Schiessl y Felsenberg, 2000).

Este método produce un altísimo volumen de trabajo, no reproducible en otros sistemas. Como ejemplo, podemos mencionar que 5 series de 30 segundos de vibración a 30 Hz producen 4500 contracciones (Da Silva, Vaamonde y Padullés, 2006a). Algunos autores (Padullés, 2001; Cardinale y Bosco, 2003; Van den Tillaar, 2006) han considerado que es una muy buena herramienta para entrenar la fuerza, debido al aumento en la carga gravitacional que produce, que puede llegar hasta 14 G (Bosco et al., 1998; Torvinen et al, 2002a; Cardinale y Bosco, 2003). La influencia de la carga gravitacional es fundamental sobre la performance muscular, ya que la vida cotidiana es

suficiente para mantener las capacidades funcionales de los músculos (Bosco, Colli y Cardinale, 1999). Este efecto es similar a la hiper-gravedad, que se utiliza para entrenamientos de fuerza y potencia muscular.

El estímulo vibratorio puede provocar también un efecto de “Warm up” o calentamiento, incrementando el umbral del dolor, la circulación sanguínea y la elasticidad muscular (Issurin et al, 1994). Estudios como los de Bosco et al. (1998), Torvinen et al. (2002ab), Da Silva et al (2006a), revelaron un menor efecto ergogénico de las WBV, ya que emplearon un ciclo de calentamiento, previo al pre-test.

En cuanto a los parámetros que hay que utilizar, para lograr esta serie de efectos, no se tiene un consenso. Pero se han planteado hipótesis de que aplicaciones con una amplitud baja (2-10 mm) y una frecuencia de estimulación moderada (25-40 Hz) son una forma segura y eficiente de mejorar la fuerza muscular, el equilibrio y la competencia mecánica corporal de los huesos (Torvinen et al, 2002b). La frecuencia más recurrentemente utilizada, y la que presenta mayor evidencia, es 30 Hz (Da Silva et al, 2006b), ya que con ella se han experimentado los resultados más significativos.

La mayoría de los estudios trabajan con amplitudes bajas, ya que son las que han obtenido resultados mayormente significativos, siendo la más utilizada la de 4 mm (Bosco et al, 2000, Torvinen et al, 2002b; Da Silva et al, 2006; Da Silva et al, 2006ab). Pero sin embargo, se ha demostrado que con amplitudes excesivamente bajas, como 1 mm, no se producen efectos residuales importantes (Torvinen et al, 2002a).

En relación al tiempo de aplicación no existe consenso alguno, debido a los variados tiempos de aplicación que se encuentran en la bibliografía existente. Pero se tiene conocimiento de que se debe exponer al sujeto a cortos periodos de aplicación, para evitar la rápida fatiga que produce el estímulo vibratorio. Estudios muestran que sobre 5 minutos de aplicación no se producirían cambios significativos en la fuerza y el equilibrio, y que disminuiría considerablemente la actividad EMG, producto de la fatiga muscular (Torvinen et al, 2002b). El tiempo de descanso entre series más utilizado es de 60 segundos, aunque tampoco existe un consenso acerca de éste parámetro.

Respecto al número de series, se observa que las más utilizadas y que obtuvieron resultados estadísticamente significativos, son de no más de 10 series, 3 veces por

semana (Issurin et al, 1994; Bosco et al, 2000; Cochrane y Stannard, 2005; Da Silva et al, 2006b).

Y finalmente en cuanto al periodo de entrenamiento, se estipula que se obtendrían resultados significativos en la capacidad de salto, en plazos relativamente cortos de entre 3 semanas y 8 semanas (Issurin et al, 1994). Teniendo en cuenta que con entrenamientos convencionales, generalmente, se observan resultados por sobre las 12 o 16 semanas (Komi, 2003).

Como forma de medición de los efectos sobre la fuerza explosiva que producen las WBV se pueden utilizar, de manera indirecta, los test de salto vertical, countermovement jump (CMJ) y salto en Squat (SJ), ya que son pruebas utilizadas por muchos entrenadores y preparadores físicos para supervisar los efectos del entrenamiento, y es una prueba funcional que involucra a muchas disciplinas (Cochrane y Stannard, 2005).

Podemos ver entonces, que las expectativas que las WBV han generado, se basan en la facilidad de uso y en la rapidez de la aparición de resultados, si a ello añadimos que el tiempo necesario para efectuar una sesión de entrenamiento puede ser de diez minutos, efectuado tres días por semana, no resulta nada extraño que el sistema se empiece a utilizar en ámbitos tan variados como el entrenamiento deportivo, la medicina espacial, rehabilitación, fitness, medicina preventiva, etc.

## 2. PROBLEMA DE INVESTIGACION

Hoy en día en nuestro país, las plataformas vibratorias viven momentos de auge en el campo de la estética, el deporte y la salud, siendo utilizadas principalmente en centros de belleza o gimnasios. Enfocadas principalmente a personas sedentarias en las que cualquier intervención podría ser beneficiosa y en las cuales se han visto mejorías en variadas capacidades como: la flexibilidad (Cardinale y Lim, 2003); la fuerza explosiva (Delecluse, Roelants et al., 2006); el tono postural (Rittweger et al, 2000); el aumento de la masa libre de grasa en mujeres no entrenadas (Roelants, Delecluse, Goris y Verschueren, 2004); reducir el tejido adiposo (Vissers et al., 2010); o atenuar el aspecto flácido de la piel y el tratamiento de la “celulitis” o lipodistrofia subcutánea (Frank, Moos, Kaufmann y Herber, 2003).

En el área del deporte, en donde si bien se ha planteado la hipótesis de que una vibración con una amplitud baja y una frecuencia de estimulación alta es una forma segura y eficiente de mejorar la fuerza muscular, el equilibrio y la competencia mecánica corporal de los huesos (Torvienen et al, 2002b), entre otros aspectos; en relación a la capacidad de salto, los datos son contradictorios, ya que algunos autores muestran que no hubo cambios significativos (Torvinen et al, 2002a, Cochrane et al., 2004), otros obtienen una disminución (Rittweger et al., 2000, Cardinale y Lim, 2003, Da Silva et al, 2006), o un incremento (Bosco et al, 2000; Torvinen et al, 2002b; Cardinale y Lim, 2003; Porta et al, 2004; Cochrane y Standard, 2005; Da Silva et al, 2006) tras una exposición aguda.

Por todo lo anterior, es que sorprende la escasez de estudios investigando el efecto de las WBV sobre el salto vertical, teniendo en cuenta el número de actividades deportivas que se verían favorecidas por una mejora en la capacidad funcional (Cochrane y Standard, 2005). Ésta heterogeneidad de resultados puede deberse a las múltiples variables que se pueden regular para este tipo de entrenamiento, las cuales hacen que cada estudio sea diferente y difícil de comparar con los demás. Sin embargo, a partir del análisis de los diferentes estudios, se desprende que la vibración es un estímulo potencialmente eficaz para la mejora del rendimiento de forma aguda, sin embargo, es necesario conocer cuál es el protocolo de intervención más acertado, cuál es la relación ideal dosis-respuesta y si estos efectos se mantienen en el tiempo como resultado de la aplicación a largo plazo, utilizando las WBV como programa de entrenamiento, o como parte de un programa de entrenamiento.

En el caso del deporte Chileno, existen profesionales del área de la salud y el deporte, que utilizan las plataformas vibratorias como una herramienta más en el entrenamiento o la rehabilitación de sus deportistas, como es el caso de MEDS o el Centro de alto rendimiento (CAR), respondiendo a una tendencia mundial, que se observa en deportistas de la talla de Rafael Nadal y Serena Williams (tenistas). Por lo anterior, sería interesante observar los resultados de dichas vibraciones en deportistas de otras disciplinas en Chile.

En particular, el hockey sobre patines no cuenta con ningún estudio que nos permita conocer los beneficios de la aplicación de las WBV sobre estos deportistas. Y, en general, el hockey sobre patines no cuenta con estudios de ningún tipo, lo que hace interesante ahondar sobre este tema.

Por esta razón es pertinente realizar un estudio para evaluar los efectos que tienen las WBV sobre la capacidad de salto en deportistas de la rama de Hockey Patín del Club Deportivo Universidad Católica, para así obtener resultados que avalen o descarten el trabajo con plataformas vibratorias en esta disciplina.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Vibración

Su significado radica en la acción y efecto de vibrar, o en su segunda acepción a cada movimiento vibratorio, o doble oscilación de las moléculas o del cuerpo vibrante. (Real Academia Española, 2001). La manipulación de la frecuencia y la amplitud, crea lo que se conoce como aceleración, que se puede comparar con la aceleración de gravedad de la tierra, a la que nuestro cuerpo está afecto diariamente.

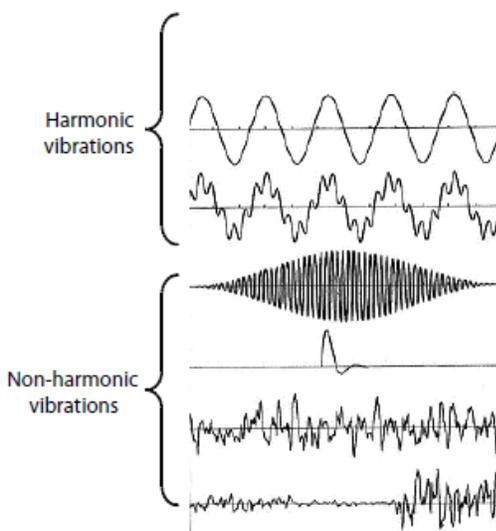
Además de esto, las vibraciones están presentes a través de diversas formas, como sonido y la música, la luz y el color, en la interacción entre los planetas y satélites o entre los átomos en las moléculas; y en nuestra vida cotidiana podemos encontrar fuentes de vibración en medios de transporte como: coches, motos, trenes, helicópteros, aviones, embarcaciones, etc; o de trabajo: tractores, camiones y multitud de tipos de maquinaria y herramientas. También en la actividad física y el deporte pueden encontrarse ejemplos evidentes como el patinaje, el skateboarding, el surf, el ski, la equitación, la vela, el mountain-bike, etc. (Thompson y Belanger, 2002). Todo material conocido por el hombre tiene una frecuencia natural a la que vibra (Warman, Humprhries y Purton, 2002) y los tejidos biológicos como el músculo también vibran a frecuencias específicas tanto en reposo como en activación (Barry & Cole, 1988).

Hay dos tipos principales de vibraciones en general:

**3.1.1. Vibración armónica:** oscilaciones ordenadas y estables en la forma y la velocidad (amplitud y frecuencia). A menudo da una sensación agradable (música o una mecedora).

**3.1.2. No Armónica:** desorganizado e inestable. Sensación desagradable (terremoto).

**Figura 1:** Tipos de vibración



### 3.2. Características de la vibración:

**3.2.1. Magnitud:** la magnitud de una vibración suele expresarse por razones prácticas en unidades de aceleración ( $m/s^2$ ), empleándose para ello acelerómetros. En los aparatos que se emplean para la mejora del rendimiento físico no se ofrece información sobre este parámetro pero puede obtenerse a partir de la frecuencia ( $f$ ) y el desplazamiento ( $d$ ), mediante la ecuación:  $a = (2\pi f)^2 d$  (Griffin, 1994). Esto quiere decir que un movimiento oscilatorio sinusoidal

con una frecuencia de 30 Hz y 4 mm de desplazamiento resultará en una aceleración de 7,24 G.

**3.2.2. Frecuencia:** es el número de ciclos de movimiento sinusoidal realizado en un segundo expresado mediante la unidad hertzios (Hz). El rango de frecuencias de vibración mayormente empleadas en los estudios de entrenamiento está entre 23 y 44 Hz. (Tous y Moras, 2004).

**3.2.3. Amplitud:** es el desplazamiento que se realiza en cada ciclo de movimiento sinusoidal expresado por lo general en mm. El rango de amplitud empleado en los estudios se sitúa entre 2 y 10 mm, aunque el valor más utilizado son 4 mm. (Tous y Moras, 2004).

**3.2.4. Dirección:** las tres principales direcciones de la vibraciones aparecen en los ejes antero-posterior (x), lateral (y) y vertical (z) (Griffin, 1994). En el mercado existen plataformas vibratorias donde predomina la dirección vertical y otras donde existe además un marcado componente lateral.

**3.2.5. 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 (Tous y Moras, 2004).

La forma más habitual de aplicar vibraciones con el objeto de mejorar el rendimiento físico es mediante plataformas, que consiguen el efecto "en todo el cuerpo", aunque también se han aplicado de manera localizada empleando mancuernas (Bosco et al., 1999) o cables (Liebermann e Issurin, 1997; Issurin y Tenenbaum, 1999; Issurin et al., 1994; McBride, Schuenke y Porcari, 2003).

### 3.3. Resonancia mecánica

Se estipula que un cuerpo resuena cuando vibra al recibir impulsos de frecuencia igual a la suya o múltiplo de ella. En el momento en el que todo el cuerpo humano entra en resonancia se produce el máximo desplazamiento entre los órganos y la estructura esquelética, siendo esta una frecuencia de vibración a evitar para minimizar el impacto que sufren los tejidos implicados. Esta frecuencia parece ser independiente del peso corporal y la estatura (Randall, Matthews y Stiles., 1997) aunque podría estar influenciada por la tensión muscular, presentando la mayoría de sujetos una mayor frecuencia cuando están tensos (Tous y Moras, 2004). Randall et al. (1997) encontraron un rango de frecuencias resonantes en todo el cuerpo entre 9 y 16 Hz (promedio de 12,3 Hz). Sin embargo, otros autores defienden una frecuencia principal de 5Hz y una secundaria de 8Hz (Kitazaki y Griffin, 1998). Por otro lado, algunos efectos provocados por las vibraciones pueden alcanzar su máximo a una frecuencia algo superior a la de resonancia. Por esta razón, se recomienda emplear frecuencias superiores a los 20 Hz en los dispositivos habitualmente empleados para el entrenamiento de la fuerza (Yue et al., 2001).

### 3.4. Aceleración de gravedad

En la mayor parte de los casos, la velocidad de un objeto cambia mientras este se mueve. El movimiento en el que la magnitud o la dirección cambian respecto al tiempo se llama aceleración. (Tippens, 2011). Supongamos que observa el movimiento de un corredor durante un tiempo “t”. La velocidad inicial “ $v_0$ ” del cuerpo se define como su velocidad al inicio del intervalo de tiempo (en general,  $t = 0$ ). La velocidad final ( $v_f$ ) se define como la velocidad al terminar el intervalo de tiempo (cuando  $t = t$ ). Por tanto, si somos capaces de medir las velocidades inicial y final de un objeto en movimiento, entonces afirmaremos que su aceleración está dada por:

$$\text{Aceleración} = \frac{\text{cambio de velocidad}}{\text{intervalo de tiempo}}$$

(Tippens, 2011)

La aceleración de gravedad es la aceleración que experimenta un cuerpo físico en las cercanías de un objeto astronómico. También se denomina interacción gravitatoria o gravitación.

Por efecto de la gravedad nuestra masa adquiere peso. Si estamos situados en las proximidades de un planeta, experimentamos una aceleración dirigida hacia la zona central de dicho planeta, si no estamos sometidos al efecto de otras fuerzas. La aceleración gravitacional corresponde a un movimiento uniformemente acelerado. Dicha aceleración se ha medido en el nivel del mar y a una latitud de 45°, y su valor es de 32.17 ft/s<sup>2</sup>, o 9.806 m /s<sup>2</sup>, y se representa con G.

Los valores mayores de 1G, se producen en situaciones como el buceo, una montaña rusa, los coches de F1, cohetes espaciales o los aviones de la fuerza aérea.

Valores por debajo de 1 G se pueden presentar en situaciones de micro gravedad, como en el espacio, la luna o flotando en el agua.

$$1 \text{ G} = 9,806 \text{ m/s}^2$$

*(Tippens, 2011)*

Todo movimiento es producto de una fuerza. Con el fin de levantar un lápiz o caminar necesitamos producir una cierta cantidad de fuerza a través de los músculos para ser capaz de realizar estas simples tareas (Tippens, 2011).

### **3.4.1. Primera Ley de Newton**

La primera ley de Newton plantea que:

Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él (Tippens, 2011).

En la tierra, la fuerza a la que están expuestos todos los cuerpos es una fuerza de atracción y es igual a su masa por la aceleración de gravedad (G)

$$\text{Fuerza (F)} = \text{masa (m)} \times \text{aceleración (a)}$$

*(Tippens, 2011)*

Una persona con una masa de 70 kg, haciendo una sentadilla pliométrica producirá una fuerza mayor que una persona de 70 kg realizando una sentadilla dinámica normal, debido a una mayor aceleración, cuando la masa permanece constante.

Una persona con una masa de 70 kg realizando una sentadilla con un peso adicional de 70kg, producirá una fuerza mucho mayor que una persona de 70 kg realizando la misma sentadilla sin la carga adicional, debido a la aumento de la masa, cuando la aceleración es la misma.

Las plataformas vibratorias manipulan el factor “aceleración” en la ecuación. Así, crea un entorno de trabajo en el que incrementa la fuerza sin la necesidad de añadir más masa. Esta modalidad de entrenamiento permite un entorno en el que tanto “m” y “a” pueden ser manipulados.

Por ejemplo, si una persona con una masa de 70 kg, realiza una sentadilla en la plataforma vibratoria con un dispositivo adicional de 45 libras (20.5 kg), tanto la masa y la aceleración estación siendo incrementados, por lo tanto la fuerza (F) aumenta (Tous y Moras, 2004).

### **3.5. Vibración del cuerpo completo (WBV)**

Se refiere a la transmisión hacia el cuerpo humano de ondas sinusoidales de frecuencias entre el intervalo de 0,5 a 80 Hz a través de una amplia área de contacto, tales como los pies cuando está en bipedestación, las nalgas cuando está sedente, o el cuerpo en decúbito cuando en contacto con la superficie vibrante (Paschold y Mayton, 2011). Estas vibraciones provocan un estímulo mecánico, este estímulo se transmite por todo el cuerpo consiguiendo aumentar la carga gravitatoria a la que es sometido el sistema neuromuscular. Las WBV han de diferenciarse de las vibraciones aplicadas localmente. Las primeras ocurren cuando todo el cuerpo es sometido a movimiento y el

efecto no es localizado. Las segundas ocurren cuando una parte determinada del cuerpo es sometida a movimiento (por ejemplo, aplicación directa al bíceps braquial mediante una mancuerna en vibración) (Cardinale y Lim, 2003).

### **3.6. Características de las WBV**

Una plataforma vibratoria es un dispositivo de vibración multi-dimensional que utiliza principalmente desplazamiento vertical, pero también desplazamiento residual frontal y sagital.

El movimiento vertical de la placa es la única que se mide en amplitud y frecuencia, y es el principal responsable de las adaptaciones en la aceleración y las respuestas observables.

Los desplazamientos en el plano sagital y frontal son significativamente menores, por lo tanto, tienden a jugar un papel menos importante en las fuerzas de aceleración. Aun cuando son muy importantes a nivel de la retroalimentación propioceptiva.

La razón principal por la que estos dispositivos se desplazan, principalmente, de manera vertical es su relación con la fuerza de gravedad. Como la gravedad es la fuerza principal a la que siempre estamos expuestos, tratando de permanecer en una posición vertical, incluso al movernos o mover objetos; la plataforma vibratoria se desplaza principalmente en una oscilación vertical para inducir a mejoras en nuestro "entorno gravitacional". (Power Plate®, 2010).

### **3.7. Efectos de las WBV**

Cuando el cuerpo humano es sometido a vibraciones responde de una manera bastante compleja que afecta a los diferentes sistemas que regulan sus funciones (Randall et al., 1997). Así, las respuestas del organismo pueden diferenciarse según el momento de su aparición (aguda o crónica) y el sistema biológico afectado (neuromuscular, sensorial, metabólico, endocrino, óseo y cartilaginoso).

**3.7.1. Efectos sobre la flexibilidad:** Las primeras observaciones sobre los efectos de la aplicación de vibraciones mecánicas a todo el cuerpo como método de entrenamiento, se centraron en los efectos sobre el sistema neuromuscular. Fue Nazarov, citado por Künnemeyer y Schmidtbleicher (1997), quien observó que el ejercicio de estiramiento junto con vibraciones producía una mejora en la flexibilidad mayor que el ejercicio de estiramiento por sí solo. A raíz de esta observación se hipotetizaron dos mecanismos posibles de la WBV para aumentar la flexibilidad: cambio en el umbral de dolor, y estimulación de los órganos tendinosos de Golgi (inhibición de la contracción) (Issurin et ál., 1994). Sin embargo, algunos investigadores (Magnusson, Aagaard, Simonsen y Bojsen-Moller, 1998; Halbertsma, Mulder, Goeken y Eisma, 1999) postulan que el primer mecanismo es el más probable debido a que se produce un cambio en la percepción del estiramiento del músculo; por tanto, parece que los cambios en los detectores de longitud (husos musculares) influirían en la percepción del movimiento.

En un estudio realizado con mujeres sedentarias, midiendo la flexibilidad con el test “seat and reach”, los autores observaron el efecto inducido por la WBV sobre este parámetro usando 2 frecuencias distintas. Se usaron una frecuencia de 20 Hz y otra de 40 Hz (amplitud de 4 mm), observándose que la de 20 Hz producía una mejora mientras que la de 40 Hz no sólo no producía mejora sino que disminuía la flexibilidad (Cardinale y Lim, 2003).

**3.7.2. Efectos sobre el sistema neuromuscular:** A pesar de que casi todos los artículos citados anteriormente tratan sobre la mejora en la flexibilidad, la mayoría de los artículos publicados posteriormente basan sus investigaciones en los efectos sobre la fuerza y activación neural medida por EMG.

**3.7.2.1. Aumento de la capacidad de salto y potencia:** Bosco et al (1998) estudiaron 2 grupos de sujetos activos practicantes de balonmano, con el fin de estudiar los efectos de las WBV. Tras 10 días de aplicación

de vibraciones con una duración de 10 minutos por día se observaron cambios significativos en la potencia de salto (CMJ) y en saltos reactivos continuos en 5 segundos (CJ5). Un año más tarde Bosco y colaboradores publican dos estudios en los que postulan que el efecto de las WBV es también inmediato después de 1 sola sesión (el denominado efecto agudo) (Bosco et al., 1999a y 1999b).

En un estudio de Bosco et al. (1999b) se intenta observar cómo afecta la vibración a las propiedades mecánicas de los músculos flexores de los brazos en sólo una sesión. Para tal finalidad se aplica la vibración sólo a un brazo. Se observan diferencias significativas en potencia media en el brazo tratado con las vibraciones; aunque la electromiografía (RMS) no había cambiado, al dividir ésta por la potencia mecánica, lo que nos permite averiguar el índice de eficacia neural, se observan aumentos estadísticamente significativos. En el mismo año, Issurin y Tenenbaum (1999) también publican un estudio sobre los efectos agudos del WBV; comparando dos poblaciones (atletas y aficionados) observaron mejoras significativas aplicando una sola sesión (efecto agudo) y no hubo diferencias para el efecto residual (en este caso tal efecto viene determinado por un entrenamiento sin vibración después de una serie con vibración). Rittweger y colaboradores (2000) realizaron un estudio con dos poblaciones (hombres y mujeres) en el que observaron una disminución en la fuerza máxima voluntaria (MVF) en la extensión de la pierna, disminución de la altura de salto (CMJ) y atenuación de la frecuencia media de EMG durante la contracción voluntaria máxima. En el índice de eficacia neural (RMS/potencia) se observan aumentos estadísticamente significativos.

El grupo de Bosco et al. (2000) publica un estudio tras un tratamiento de WBV en el cual observaron un aumento de la efectividad neuromuscular. Tal aumento viene expresado mediante el cociente entre la potencia y la señal EMG y, dicha relación ha disminuido después de un

entrenamiento de 10 minutos (2 sesiones de 5 minutos con 6 minutos de recuperación entre ellas) pues se observa una disminución de la actividad EMG de los músculos extensores de la pierna y el aumento en el output de potencia muscular. Es un efecto similar al que se refleja al final de un programa de larga duración de entrenamiento de fuerza y potencia (Komi, Viitasalo, Raurama, R. y Vihko, 1978). Del mismo modo, en atletas entrenados con carga sub-máxima en un rango del 70-80 % de 1RM la respuesta máxima de EMG disminuyó al principio del entrenamiento (Häkkinen y Komi, 1985), por tanto, es posible que el VT provoque una adaptación biológica que tiene conexión con un efecto de potenciación neural similar al producido por entrenamiento de fuerza y potencia. Parece que, al igual que con el entrenamiento de fuerza, las primeras estructuras que se ven influidas por el entrenamiento son los componentes neurales específicos y sus mecanismos de feedback propioceptivos (Bosco et ál., 1983; Häkkinen y Komi, 1985). La activación neural puede ser influida por un aumento de la actividad de sincronización de las unidades motoras; aunque tampoco se puede excluir la mejora en la co-activación de los sinergistas y una mayor inhibición de antagonistas; de cualquier modo, el aumento de la activación neural parece depender de algún mecanismo intrínseco (Bosco et ál., 2000).

Torvinen y colaboradores (2002a) realizan un estudio con hombres y mujeres en el que se someten a dos sesiones en 2 días consecutivos con WBV aplicada durante 4 minutos a un grupo y sin vibración aplicada al otro grupo. El efecto fue un aumento transitorio en la altura de salto (CMJ), mejora en la fuerza isométrica de los extensores de las rodillas y mejora del equilibrio corporal; a los 60 minutos, sin embargo, las diferencias ya no eran significativas. Por otra parte, en otro estudio similar al anterior (2002b). Torvinen y colaboradores mostraron que los 4 minutos de entrenamiento de vibración no producían cambios estadísticamente significativos en los tests de fuerza y de equilibrio

mientras que la señal EMG mostraba signos de fatiga. En otro estudio el mismo grupo (2003) aumentó el periodo de entrenamiento con vibraciones a 4 meses, utilizando 56 individuos sanos de ambos sexos, en tal investigación se estudió la performance y el equilibrio corporal, observando que el entrenamiento producía una mejora neta en la fuerza explosiva (expresada por un aumento del CMJ), aunque no hubo influencia sobre el equilibrio. Delecluse et ál. (2003) publicaron un estudio con mujeres comparando el aumento de fuerza tras la aplicación de WBV con respecto al entrenamiento tradicional con sobrecargas. En un periodo de 12 semanas se sometió a 3 grupos a un entrenamiento para aumentar la fuerza de los extensores de la rodilla, con una frecuencia de 3 veces por semana. Un grupo, denominado R, realizó entrenamiento con prensa de pierna y ejercicios de extensión de pierna. El grupo de WBV realizó ejercicios de extensión de la rodilla tanto estáticos como dinámicos sobre la plataforma de vibración. La aceleración de la plataforma de vibración varió progresivamente desde un valor inicial de 2,28G hasta 5,09G (mediante la manipulación de las variables de amplitud y frecuencia de la plataforma vibratoria); otro grupo, el grupo PL (placebo), realizó los mismos ejercicios que el grupo de WBV pero con una aceleración de 0,4G. Además de dichos grupos, se tuvo un grupo C (control) que no participó de ningún entrenamiento. Se midió la fuerza de los extensores de la pierna (pre y post en condiciones isométrica, dinámica, balística y explosiva), encontrándose un aumento significativo en la fuerza dinámica e isométrica de los extensores de la rodilla tanto en el grupo R como en el WBV, no siendo significativa la diferencia entre ambos; sin embargo, la fuerza explosiva aumentó de modo significativo exclusivamente en el grupo WBV. Un estudio del mismo año (De Ruiters, Van der Linden, Van der Zijden, Hollander y De Hann, 2003) analizó el efecto de 11 semanas de entrenamiento WBV sobre la capacidad de salto y la fuerza isométrica. La muestra (20 sujetos) se dividió en 2 grupos,

experimental (E) y control (C); al grupo E se le sometió a un WBV 3 veces por semana; durante las 11 semanas los sujetos aumentaron de 5 a 8 series (de 1 minuto de vibración con un minuto de descanso entre series); se utilizó una frecuencia de 30 Hz y una amplitud de 8mm. No se encontró diferencia significativa en ninguno de los parámetros referidos.

Rittweger, Mutschelknauss y Felsenberg (2003) han realizado un estudio comparativo de realización de ejercicio extremo de sentadilla con y sin vibración. Con tal estudio los autores pretendían ver los efectos en la función neuromuscular y el patrón de reclutamiento de fibras. Aplicaron tres test distintos: salto continuo máximo durante 30 segundos, electromiografía y evaluación del reflejo patelar. Se comprobó que el tiempo transcurrido hasta el agotamiento era significativamente más corto en el grupo sometido a vibración (26 Hz y 6 mm de amplitud), mientras que los niveles de lactato sanguíneo y de esfuerzo percibido (escala de Borg) indicaban niveles comparables de fatiga. Tales observaciones llevan a la conclusión de que la vibración asociada al ejercicio crea una alteración tal en el patrón de reclutamiento de fibras que, por lo menos aparentemente, mejora la excitabilidad neuromuscular.

Porta et ál. (2004), aplicaron una única sesión de 6 series de 60'' x 60'' de descanso (6 mm, 40 Hz), en deportistas jóvenes que incluía saltadores, ciclistas y un grupo control (practicantes de fitness). Los tres grupos redujeron la fuerza (FMDC), siendo dicha disminución significativa en los saltadores ( $p < 0,05$ ). Por otra parte, la capacidad de salto (CMJ) aumentó significativamente en los tres grupos (control,  $p < 0,05$ ; ciclistas,  $p < 0,001$ ; saltadores,  $p < 0,05$ ).

**3.7.3 Efectos sobre la velocidad del sprint:** Se podría pensar que si el WBV mejora la potencia muscular podría de igual modo producir una mejora de la velocidad; sin embargo, es posible que no sea así pues en un estudio se observó con sujetos atletas, aunque no de élite, la velocidad para sprint de 5, 10 y 20 m no

cambió de manera significativa (Cochrane et ál., 2004). Tal estudio observó el efecto de 9 días de entrenamiento repitiendo el protocolo aplicado por Bosco et al., (1998). Los resultados comentados anteriormente están en consonancia con unos reportados en otro estudio del grupo de Da Silva et ál. (2006), aunque este experimento pretendía encontrar los efectos agudos. En dicho estudio se estudiaron los tiempos de carrera en 10 y 20 metros en jugadores de fútbol de la liga universitaria, no hallando diferencia estadísticamente significativa al comparar el grupo control con el grupo experimental sometido a WVB. En este caso probablemente este hecho se debió al alto volumen empleado (10 exposiciones) y la poca recuperación entre cada exposición (30 segundos); otro factor podría ser el tiempo entre el término de la exposición y el re-test. Hay que tener en mente que algunos jugadores comentaron que estaban cansados. Es posible que si se hubiesen realizado menos exposiciones con un mayor tiempo de recuperación entre ellas y el tiempo entre la última exposición y el re-test se aumentase se observasen mejoras en el tiempo de carrera. De ser así habría que considerar que el entrenamiento realizado llevó a una fatiga muscular. Mas por otra parte es posible que la falta de resultados se deba bien al poco tiempo empleado en el entrenamiento o a que los ejercicios de WBV hayan carecido de especificidad de posicionamiento para sprint y por tanto no se hayan producido los efectos neuromusculares necesarios.

**3.7.4 Efectos sobre la performance:** Bosco y colaboradores (1998, 1999a y 1999b) sugieren que la activación muscular mediante la vibración puede inducir mejoras similares a las producidas por el entrenamiento de fuerza. La similitud con ejercicios pliométricos y de fuerza se debe probablemente a la aceleración impuesta por la vibración (aumento de la carga gravitacional). Se ha descrito que la carga gravitacional en WBV puede llegar hasta 14G (Bosco et ál., 1998, 1999a, 1999b, 2000a; Torvinen et ál., 2002a; Cardinale y Bosco, 2003).

Padullés (2001) publica una tabla en la que se han calculado las aceleraciones que se producen a distintas frecuencias sobre una plataforma de

vibraciones que oscila con una amplitud de 4 mm. Las aceleraciones observadas aplicando frecuencias de 30 Hz, y la amplitud de 4mm, que son los parámetros más habituales en WBV, son superiores a 7G, similares a las producidas en una batida de salto de longitud. En el mismo estudio aparece el número de contracciones que se provocan en función de la frecuencia y del tiempo de exposición (Tabla XVI).

La influencia de la carga gravitacional sobre la performance muscular es de gran importancia, el efecto de la gravedad sobre el organismo en las rutinas diarias es suficiente para mantener las capacidades funcionales de los músculos. Por otra parte, si se induce un descenso de gravedad, llamado micro-gravedad, se producirá una disminución tanto en masa como en fuerza muscular, pero si se aumenta la carga gravitacional, híper-gravedad, se aumentará la masa y la fuerza muscular (Bosco et ál., 1983). Esta última situación (híper-gravedad) se usa comúnmente en el entrenamiento con el fin de aumentar la fuerza y la potencia muscular. Se ha visto que este tipo de ejercicio produce respuestas adaptativas específicas en los músculos esqueléticos, ya que éstos son un tejido especializado que modifica su capacidad funcional global en respuesta a estímulos diversos (Da Silva, 2006).

La situación híper-gravitatoria producida por las vibraciones se debe a las altas aceleraciones (Issurin et ál., 1994; Bosco et ál., 1998, 1999a ,1999b, 2000; Issurin y Tenenbaun, 1999; Torvinen et ál., 2002a). La acción mecánica de la vibración produce cambios rápidos en la longitud del complejo músculo-tendón; la perturbación es detectada por los receptores sensoriales que modulan el stiffness muscular a través de la actividad muscular refleja e intentan amortiguar las ondas vibratorias (Cardinale y Bosco, 2003). Las vibraciones mecánicas aplicadas tanto al músculo como al tendón pueden provocar el denominado reflejo tónico vibratorio que es una forma de contracción muscular refleja. La vibración produce una activación de los husos musculares y por tanto una mejora del loop reflejo de estiramiento. La excitación producida durante la vibración está ligada a la activación refleja. A menudo se observa un aumento en la

actividad EMG similar a la obtenida mediante contracción voluntaria máxima (MVC). Aunque las terminaciones primarias del huso muscular son las más sensibles a la vibración, ésta es percibida también por la piel, las articulaciones y las terminaciones secundarias. Así, las diversas estructuras sensitivas facilitarían probablemente la actividad del sistema gamma durante la vibración aplicada localmente (Bosco et ál., 1999b) o sobre todo el cuerpo entero (Bosco et ál., 2000). La mejora aguda de la performance neuromuscular que hemos citado en los ejemplos se debe probablemente a un aumento en la sensibilidad del reflejo de estiramiento. Parece también que la vibración inhibe la activación de los músculos antagonistas (neuronas Ia inhibitorias); tal inhibición conlleva una fuerza de frenada disminuida sobre las articulaciones (Cardinale y Bosco, 2003). Al mismo tiempo el estímulo vibratorio influye sobre el comando motor central. Las señales aferentes son procesadas en la unidad central constituida por la corteza somato-sensorial primaria y secundaria y el área motora suplementaria (Naito et ál., 2000).

Más aun, según Naito y colaboradores (2000) la vibración es capaz de activar el área motora suplementaria entre otras áreas cerebrales. Esta área motora suplementaria es activada también en la fase temprana del inicio de los movimientos. El estímulo vibratorio influye sobre el estado excitatorio de las estructuras periféricas y centrales, lo cual facilitaría movimientos voluntarios subsiguientes.

En un estudio de Torvinen y colaboradores (2003) se observó que las mejoras producidas en la capacidad de salto vertical y fuerza por el WBV desaparecían después de 60 min. Parece ser que los efectos agudos observados tras la exposición a vibración tienen una vida corta; por tanto, resulta de vital importancia prever la duración del WBV. Sin embargo, según Rittweger y colaboradores (2000) una vibración de larga duración reduce la capacidad de generar fuerza. Tal efecto se puede deber a una activación del feedback inhibitorio y/o a una sensibilidad reducida de los husos musculares. Es posible que los niveles aumentados de fuerza tras la vibración se deban tanto a la mejora

del reflejo de estiramiento como al estado de excitación del área somato-sensorial (Cardinale y Bosco, 2003), aunque hoy por hoy no hay una clara explicación de las adaptaciones neurales específicas.

**3.7.5 Efectos sobre la masa ósea:** La normalidad de la arquitectura esquelética, el pick de masa ósea o la masa ósea en un momento concreto, no son sólo parámetros genéticamente determinados, sino que además son el reflejo de una historia de modelamiento y remodelamiento la cual se encuentra profundamente influida por la sobrecarga mecánica. Es sabido que la masa ósea va aumentando a través de los años desde la infancia a la madurez, hasta un momento álgido (más o menos sobre los 30 años) en el cual se detiene tal aumento. Una vez alcanzado su valor máximo, empieza a disminuir a partir de los 40. Sin tener clara la pauta de disminución ósea, se puede decir que la pérdida media anual es del 0,5- 1%, siendo esta pérdida más acentuada en las mujeres, las cuales en la post-menopausia pueden llegar a perder un 5- 8% al año. Asimismo se sabe que el tejido óseo más afectado es el trabecular. Sobre el efecto benéfico de la actividad física sobre el tejido óseo se han postulado diversos mecanismos. Aloia y Cohn (1978) ofrecen tres posibles explicaciones: una influencia nerviosa directa, cambios vasculares y del flujo sanguíneo asociado al ejercicio y la tensión mecánica y muscular como resultado del esfuerzo para mantener el peso (Palacios, Santaella y Sainz, 2001). Parece que el tejido óseo se ve influido por los esfuerzos de compresión en su eje longitudinal, normalmente producido por efecto gravitatorio y por tensión muscular, pero también como resultado de fuerzas de impactos longitudinales que a su vez provocan vibración en el hueso como en el caso de la marcha y la carrera.

Las explicaciones ofrecidas por los estudios de vibración se centran más sobre los factores intrínsecos del propio hueso y su ambiente. Una de ellas sugiere que la carga induce alteraciones de la presión inter-medular lo cual induce un flujo de líquido a través de los espacios extracelulares en las lagunas y canalículos, el cual aumenta al utilizar frecuencias más altas. El flujo causa un

“estrés de cizallamiento” sobre la membrana celular lo cual se sabe que estimula células en cultivo (Hsieh y Turner, 2001); podría ser que también estimulase las células in vivo. Además, también se ha sugerido la posibilidad de que los potenciales eléctricos generados por el estrés inducido por la carga mejoren el flujo extracelular y estimulen las células óseas (Hsieh y Turner, 2001).

Se han propuesto también diversos mecanismos para la conversión de fuerzas de líquido extracelular en respuestas celulares; tales mecanismos son mecano-receptores de membrana, proteínas de adhesión locales, señales citoesqueléticas, y la curvatura de las fibras extracelulares. Desde el punto de vista biológico las señales mecánicas osteogénicas que forman y previenen la pérdida de hueso pueden también influir sobre moléculas que participan en la formación y reabsorción ósea. Rubin, Sommerfeldt, Judex y Qin (2001) mostraron que hay una relación inversa entre la citoquina (osteoclastogénesis) y la tasa de formación ósea. Cualquiera que sea la verdadera explicación, se requieren más estudios, pues los mecanismos de mejora ósea no están bien explicados. Para intentar retrasar la problemática de la pérdida de masa ósea, se han realizado muchos estudios que han reflejado el efecto benéfico del ejercicio para aumentar o, al menos, disminuir la pérdida del contenido mineral óseo. Asimismo, el auge del entrenamiento con vibraciones ha llevado también a examinar los distintos efectos de dicho método de entrenamiento, entre los cuales se encuentra también el efecto sobre la masa ósea. Los estudios más numerosos se deben a Rubin y la mayoría se han realizado con modelos animales. Ya en su primer trabajo con McLeod (1994) se puso de manifiesto la sensibilidad del tejido óseo al estímulo vibratorio. Un año más tarde usando también un modelo animal (pavo) para su experimento observó que una vibración de baja amplitud y alta frecuencia puede mejorar de forma eficaz la formación de tejido trabecular. Los índices dinámicos de neoformación ósea (tasa de aposición mineral y superficie etiquetada) se estimularon de manera significativa (un 51 % tras 30 días de intervención) en la trabécula de la parte distal de la tibia. Rubin y colaboradores han continuado su investigación con otros modelos animales.

Estudiaron los efectos de la vibración tras un periodo de 12 meses (5 veces a la semana, 20 minutos al día), sobre las porciones proximal y distal del fémur (2001a y 2002a) y sobre la tibia (2002b). Se aplicó una vibración vertical a 30 Hz, con aceleración pico de 0,3 G y amplitud de 0,1mm. Tras el periodo de estimulación se observó que la densidad mineral ósea (medida a través de densitometría ósea: DXA) de la porción proximal del fémur era un 5,4 % mayor (aunque no había diferencia estadísticamente significativa) en los animales experimentales. Tampoco se encontró diferencia significativa en el aumento de la densidad total de la porción proximal del fémur (aunque éste fue del 6,5 %); sin embargo, en el trocánter menor se encontró un aumento del 34,2 % en la densidad ósea trabecular (Rubin et ál., 2001 y Rubin, Turner, Bain, Mallinckrodt y McLeod, 2001). La histología del hueso sin descalcificar mostró un aumento en la densidad trabecular reflejado por un incremento del 32,2 % en el volumen de hueso trabecular, un 45 % de aumento en el número de malla trabecular, y un 36 % de reducción en el espacio de malla; lo cual indica mejora en la calidad del hueso trabecular. De la misma manera, aunque tampoco fue estadísticamente significativo, se sugirió un aumento en la tasa de formación y mineralización según el estudio histomorfométrico. Sin embargo, ninguno de los parámetros corticales presentó cambios significativos y por eso se postula que el efecto anabólico producido por la vibración es sumamente específico del tejido óseo trabecular (Rubin et ál., 2001). Por su parte, los hallazgos en hueso trabecular de la porción distal del fémur, también estimulado, fueron un aumento del contenido mineral en un 10,6 %, y aumento del número trabecular en un 8,3 %, mientras que el espacio trabecular disminuyó un 11,3 %. El escáner de tomografía computarizada, mostró un aumento de rigidez (stiffness) y fuerza en el plano que soporta el peso. El DXA por su parte no mostró diferencias en contenido mineral óseo entre los grupos control y experimental en el cóndilo medial del fémur. Se realizó en cambio el análisis del contenido mineral óseo (CMO) por DXA, el cual, tras un año de experimentación, reveló que el CMO era mayor en el grupo experimental que en el control en todas y cada una de las veces que fue realizado.

El cambio alcanzó la significancia estadística a las 29 semanas (Rubin et ál., 2002a).

Rubin evaluó también la capacidad de la vibración para neutralizar la osteoporosis inducida por la falta de actividad, para lo cual se sometieron ratas a un protocolo de vibración durante 28 días (10 minutos al día durante 5 días a la semana). Al final de dicho periodo se comprobó que el entrenamiento con vibración había neutralizado por completo los efectos negativos de la falta de actividad.

Por otra parte, Flieger y colaboradores (1998) demostraron que una vibración de 50 Hz con una aceleración de 2 G, durante 30 minutos al día, 5 días a la semana y 12 semanas producía una prevención en la pérdida de la masa ósea en ratas ovariectomizadas pero no se apreciaba efecto alguno en ratas que no lo estaban.

Los dos últimos estudios realizados emplean periodos de tiempo bastante largos (6 y 12 meses) y utilizan como sujetos a mujeres posmenopáusicas. El estudio de 6 meses (Verschueren et ál., 2004) comparó los efectos producidos en tres grupos sometidos a condiciones diferentes de WBV, entrenamiento de fuerza y sin entrenamiento (grupo control). El protocolo de WBV consistía en 3 sesiones a la semana de un máximo de 30 minutos (incluido calentamiento y vuelta a calma). Cada sesión estaba separada de la precedente por un mínimo de un día. La amplitud máxima alcanzada fue de 2,5 mm, la frecuencia 35-40 Hz y la aceleración varió entre 2,28 y 5,09 G. Tras los 6 meses de tratamiento observaron que mientras la densidad mineral ósea total y en la zona lumbar no había cambiado sí había aumentado en la zona de la cadera. Sin embargo, los marcadores séricos de remodelamiento óseo (osteocalcina y telopéptido-c) no mostraron diferencias para ninguno de los grupos. Por otra parte, en un estudio realizado por un periodo de 1 año (Rubin et ál., 2004) se sometió a mujeres que estaban en periodo posmenopáusico desde hacía 3-8 años a un tratamiento con WBV. El protocolo usado fue de 2 entrenamientos diarios de 10 minutos separados por 10 h cada uno. La frecuencia empleada era de 30 Hz y la

aceleración producida de 0,2 G. El entrenamiento se aplicó todos los días durante un año. Tras este periodo se aplicaron tests para ver si la densidad mineral ósea había cambiado; se analizó la DMO tanto en la cabeza del fémur como en la columna lumbar. Los resultados encontrados fueron un aumento relativo del 2,17 % para la cabeza del fémur y un 1,5 % para la columna; aunque la columna mostró un beneficio relativo, la DMO en el grupo experimental disminuyó tras el periodo de un año; sin embargo, la disminución fue mínima con respecto al grupo placebo. Al mismo tiempo los autores observaron que los cambios más beneficiosos se daban en mujeres con un peso corporal más bajo (Rubin et ál., 2004).

**3.7.5.1 Propiedades osteogénicas:** Con respecto a la falta de efecto positivo encontrada por Torvinen, en su estudio del 2003, se puede decir que se debe a las características de su muestra, sujetos jóvenes, es posible por tanto que no necesitasen de una adaptación al estímulo vibratorio; esta teoría viene apoyada por el hecho de que las ovejas usadas por Rubin et ál. (2002) en sus estudios eran viejas. Quizás si los participantes hubiesen sido mayores o su tejido óseo más débil, posiblemente se hubiesen observado cambios. También, como manifiestan Rubin y colaboradores (2001), donde aparecen los primeros cambios esqueléticos es en aquellos casos en los que algún componente de la fisiología normal de la señal reguladora esté disminuido, como por ejemplo cuando hay falta de actividad muscular por inmovilizaciones o causas neurológicas. Esta teoría viene también apoyada por los estudios más recientes (Rubin et ál., 2004; Verschueren et ál., 2004) en los que se observó con mujeres posmenopáusicas una mejora de masa ósea o, por lo menos, una disminución de pérdida de ésta. Es posible que el tipo de carga vibratoria también pueda influir sobre los resultados. Así pues, los resultados positivos descritos en estudios animales fueron llevados a cabo con muy baja magnitud (0,3 G) y a una alta frecuencia 30 Hz (Rubin et ál., 2001,

2002). Torvinen y colaboradores (2003) por otra parte utilizó un estímulo mecánico que proveía una relativa alta magnitud y una exposición multidireccional. Es posible que, como postulan Rubin y McLeod (1994), el efecto anabólico sobre el hueso trabecular lo constituyan los estímulos mecánicos de baja magnitud y alta frecuencia. Torvinen y colaboradores (2003) querían observar al mismo tiempo los efectos de la vibración sobre la performance física, para lo cual hacían que los sujetos realizasen una serie de ejercicios, como cambiar el peso de una pierna a otra, dar pequeños saltos o mantenerse en una posición relajada. Con estas diversas posiciones se conseguía una vibración no sólo sobre el hueso sino también sobre los músculos; por otra parte, es posible que estas posiciones produjesen una disminución en la capacidad de transmisión de las ondas vibratorias a través del sistema esquelético. El mantenimiento de una posición de media sentadilla sobre la plataforma a 30 Hz disminuye la transmisión de la onda vibratoria a valores inferiores a una quinta parte de lo que sería en bipedestación (Rubin et ál., 1994). La transmisión viene afectada por otra parte por la frecuencia empleada, y así frecuencias que se acercan a los 40 Hz disminuyen dramáticamente la capacidad de transmisión; por tanto, las frecuencias ideales en este sentido son frecuencias de un valor límite de unos 35 Hz. Hay que recordar también que mientras Torvinen usó un tratamiento de vibración de 4 min de duración por sesión, los estudios en los que se ha encontrado una mejora en la masa ósea utilizan 20 o 30 min, por lo tanto es posible que las condiciones del estudio de Torvinen no ofreciesen un estímulo suficiente para que se produjesen dichas mejoras. Finalmente, es posible que los cambios óseos precisen de más tiempo para ocurrir y ser observados.

En cualquier caso, el estudio de Torvinen no fue capaz ni siquiera de observar los cambios iniciales en marcadores séricos. Este hecho parece sin embargo no poseer una gran importancia ya que Verschueren

et ál. (2004) no consiguieron en su estudio observar cambios en osteocalcina y telopéptido-C mientras que hubo un aumento de la DMO en la región de la cadera. Los autores concluyeron que tal ganancia de DMO (similar a la producida por agentes farmacológicos anti-resorción usados durante el mismo periodo de tiempo) no podía resultar por tanto de una disminución de la resorción del hueso. El hecho de que se produzca un aumento de DMO en la región de la cadera pero no en la región lumbar o el total corporal hace que los autores postulen que el efecto sobre el tejido óseo sea de tipo local. Los autores también propusieron que el efecto osteogénico de las vibraciones no está mediado por las contracciones musculares reflejas ya que la ganancia muscular no está estadísticamente relacionada a los aumentos de fuerza generados por las vibraciones. La razón por la cual la alta frecuencia puede ser el estímulo más adecuado no se sabe aún, pero según Rubin y colaboradores (2002) tal respuesta del hueso puede no resultar de la deformación del hueso sino de los derivados de la señal de alta frecuencia como el “estrés de cizallamiento” causado por el flujo de fluido. También surge la pregunta que por qué unas frecuencias pueden producir el cambio y otras no. Es posible que se deba a la denominada resonancia estocástica la cual es un fenómeno por el que un ruido mecánico mejora la respuesta de un sistema no lineal a una señal débil empujándola por encima de su umbral. La resonancia estocástica puede aumentar la mecano-sensibilidad de distintos mecano-receptores como los husos musculares. De todos modos parece que aún queda por definir que protocolo de vibración puede resultar más osteogénico.

**3.7.6. Efectos sobre el sistema endocrino:** Se ha observado que tras la realización de ejercicios de fuerza de corta duración como pueden ser: 60 segundos de saltos consecutivos (Bosco et al., 1999c), ejercicios anaeróbicos (Kraemer et ál., 1989) y levantamiento de pesas (Kraemer et ál., 1990) producen

respuestas hormonales rápidas tanto en hombres como en mujeres (Kraemer, 1992; Kraemer et ál., 1991). Aún se desconocen sin embargo muchos de dichos efectos y hay resultados discordantes debido en parte al control inadecuado de la intensidad y la duración del entrenamiento. Parece ser que existe cierta relación entre las concentraciones plasmáticas de hormonas y la performance de corta duración.

Se postula que atletas con una mejor fuerza explosiva y de alto rendimiento en sprint tienen una concentración de testosterona basal mayor (Kraemer et ál., 1995; Bosco et al., 1999c). Dichos cambios hormonales son significativos tanto para la adaptación aguda como para el desencadenamiento de efectos a largo plazo (Kraemer et ál., 1996). De igual modo parece ser que el entrenamiento con WBV no sólo produce mejoras significativas a nivel de músculo esquelético y su performance sino que además produce cambios significativos sobre el perfil hormonal que pueden ser importantes para la mejora crónica de la función neuromuscular.

Se realizaron estudios preliminares con ratas para ver el efecto de las WBV sobre las hormonas. Ariizumi y Okada (1983) investigaron el contenido de serotonina en el cerebro y corticosterona en sangre. Realizaron varios experimentos en función de la aceleración y de la frecuencia. Los resultados fueron un aumento de ambas hormonas y relación entre el aumento en ambas. Los autores reflejan que, al igual que el estudio de Sugawara y colaboradores (1972), el nivel de corticosterona subió, como posible función de mantenimiento de la homeostasis. Los autores también concluyeron que la serotonina juega un papel importante, especialmente a nivel del hipotálamo, sobre la función hipofiso-adrenocortical.

El grupo de Bosco publica un estudio (2000) sobre las respuestas agudas de las concentraciones de hormonas plasmáticas y del performance neuromuscular tras un tratamiento de vibración sobre cuerpo entero.

Se observaron incrementos en las concentraciones de testosterona y hormona del crecimiento (7 y 460% respectivamente) y una disminución de la concentración

de cortisol (32 %). Al mismo tiempo se observa un aumento de la efectividad neuromuscular. Aunque ambos hechos fueron simultáneos pero independientes, los autores especularon que los dos fenómenos pueden tener mecanismos subyacentes comunes. Los autores concluyeron que la disminución de cortisol representaba que la sesión de vibración no producía un estrés general (al contrario que el estudio de ratas) ni producía una respuesta que es común a los ejercicios de alta intensidad (Bosco, 2000). Dicha respuesta del cortisol (disminución) se puede deber a una estimulación insuficiente del comando músculos esqueléticos. Dicho feedback es esencial para las respuestas de corticotrofina y  $\beta$ -endorfina; al contrario que en el estudio de las ratas, los autores exponen la posibilidad de que las estructuras serotoninérgicas del hipocampo posean un papel inhibitorio sobre los centros neurosecretorios hipotalámicos.

Aunque los estudios hasta ahora citados reflejan efectos positivos sobre el sistema hormonal, en un estudio de Bosco (1999c), no citado en otros artículos, se publica una supresión parcial en los sistemas pituitario-adrenocortical y pituitario-testicular, reflejado por una concentración disminuida de cortisol y testosterona en sangre después de una sola sesión. La sesión, realizada con la plataforma vibratoria Galileo 2000 constaba de 7 series de 1 min, con 1 min de intervalo. La sesión estaba precedida por un calentamiento de 5 min en bicicleta y 5min de estiramiento estático. Las vibraciones tenían una frecuencia de 26 Hz, amplitud de 10 mm y aceleración de 54 m/s<sup>2</sup>. Se observaron resultados muy semejantes en estudios realizados después de una sola sesión de entrenamiento intenso de fuerza tradicional.

En tales estudios se encontró una relación inversa entre los cambios en la concentración de T y la tasa EMG/ W durante el test de medio squat con carga externa de 200 % de la masa corporal y de squat completo con carga extra del 100 % de la masa corporal (Bosco et al, 2000). Los autores mantienen que un nivel adecuado de hormona sexual masculina (T) puede compensar el efecto de la fatiga asegurando una eficacia neuromuscular en fibras rápidas, lo cual estaría

de acuerdo con el descenso tanto hormonal como neuromuscular publicado en dicho estudio.

**3.7.6.1 Mecanismos de los cambios endocrinos:** Las adaptaciones neuromusculares podrían estar relacionadas o influidas por factores hormonales. Se sabe que las respuestas a los cambios ambientales externos conllevan factores tanto neurales como hormonales (McCall, Grindeland, Roy y Edgerton, 2000) incluso en las respuestas a los cambios gravitacionales, ya mencionados en el apartado de los efectos sobre el sistema neuromuscular, se observan alteraciones hormonales; y así, estudios realizados con astronautas han mostrado que la micro-gravedad lleva a una disminución en los niveles de andrógenos y hormona del crecimiento (McCall et ál., 2000).

Los cambios mencionados se deben a la gran perturbación sobre la homeostasis corporal, producida por la micro-gravedad, debido a la falta de tensión física en el sistema músculo-esquelético, la pérdida de presión hidrostática y la alteración del sistema motor sensorial (Cardinale y Bosco, 2003).

Por otra parte, el aumento de la carga gravitacional impuesto por el ejercicio de fuerza aumenta los niveles de las hormonas ya mencionadas (androgénicas y GH). El alto stress impuesto por esta forma de ejercicio sobre las estructuras músculo-esqueléticas requieren un alto nivel de activación neural y representa una demanda aumentada con respecto a las situaciones homeostáticas, estimulando así respuestas fisiológicas rápidas (Cardinale y Bosco, 2003). Al realizar un entrenamiento de fuerza, se pone en marcha una rápida activación endocrina por las colaterales del comando motor central y se transmite a los centros autonómicos y neuro-secretorios hipotalámicos. Las influencias de retroalimentación de los propioceptores y metaborreceptores del músculo estimulan aún más tales respuestas. Las características

mecánicas de la vibración podrían proporcionar un estímulo adecuado para la secreción hormonal. Se ha comprobado que la vibración también aumenta los niveles de T y GH además de producir efectos sobre la retroalimentación sensorial (Bosco et al., 2000).

Investigaciones más recientes subrayan la interacción entre los propioceptores y las respuestas hormonales; así se ha comprobado con los niveles de GH tras identificar la activación de músculos específicos tras la aplicación de vibración (McCall et ál., 2000). Parece razonable que los aumentos de T observados tras la vibración estén relacionados con el mayor output de fuerza y potencia; de hecho, la posible influencia de este andrógeno sobre el mecanismo de manejo del calcio en el músculo esquelético podría facilitar una activación muscular más poderosa.

**3.7.7. Efectos sobre el sistema cardiovascular:** Los primeros estudios que analizaron el efecto de las vibraciones sobre el sistema cardiovascular se centraron en el efecto producido de manera localizada sobre la mano. Estos estudios se debían a los síntomas presentados por trabajadores que estaban sometidos a vibración sobre la mano. Esos individuos exhibían desórdenes vasoespásticos en los dedos, el llamado dedo blanco producido por vibración o Vibration-induced White Finger (VWF).

Más tarde se analizaron también los efectos producidos tanto en la mano ipsilateral como en la contralateral y posteriormente se empezaron a introducir otros parámetros como distintas frecuencias y aceleraciones y distintos tiempos de exposición. Algunos estudios también realizaron experimentos semejantes sobre el pie. Se puede destacar que una magnitud aumentada de vibración tiene una tendencia a acrecentar la disminución del flujo sanguíneo del dedo en las dos manos al igual que la temperatura de la piel. Se postula que el fenómeno subyacente es la actividad del sistema nervioso simpático, el cual al ser activado produce una vasoconstricción (Luo et ál., 2000).

Algunos estudios también demuestran que cuanto mayor es la vibración, mayor es la vasoconstricción producida, y que tal vasoconstricción puede ser agravada por la exposición repetida. Hay que mencionar que una vasoconstricción repetida acelerará cambios vasculares tales como la hipertrofia muscular medial. Además, la exposición prolongada a vibración de alta intensidad puede producir factores tan adversos en el SNC como una mayor respuesta simpática frente al frío tal como se ha observado en pacientes con VWF (Luo et ál., 2000; Bovenzi, 1986). No hay consenso, sin embargo, sobre tales resultados y, por su parte, Nakamura y colaboradores (1995) encontraron efectos opuestos sobre el flujo sanguíneo digital. Aunque el flujo disminuyó en un principio, lo cual puede ser atribuido al hecho de realizar el agarre en la máquina vibratoria, éste aumentó gradualmente con la vibración. Al mismo tiempo encontraron que los niveles de endotelina (que es un potente vasoconstrictor) eran significativamente menores tras la vibración; por tanto, los autores postularon que el efecto de la vibración sobre la mano era una vasodilatación.

En un estudio realizado con la aplicación de vibraciones con una frecuencia alta (80-100Hz) se ha observado un efecto negativo tanto sobre la fuerza muscular como sobre el flujo sanguíneo (Lundström y Burstöm, 1984).

Hay muchos estudios realizados acerca del efecto de la vibración de baja frecuencia sobre la fuerza muscular (Bosco et ál., 1998, 1999a, 1999b, 1999c, 2000; Cardinale y Lim, 2003; Delecluse et ál., 2003; Torvinen et ál., 2002a, 2002b, 2003), pero pocos son los estudios que han examinado el efecto de tales vibraciones sobre el flujo sanguíneo. Kerschman-Schindl y colaboradores en el 2001 realizaron un estudio para observar la posible influencia del WBV utilizando la plataforma Galileo 2000 a una frecuencia de 26 Hz. Estudiaron el volumen sanguíneo muscular del gastrocnemio y cuádriceps femoral mediante sonografía Power Doppler y el flujo sanguíneo de la arteria poplítea con un ecógrafo Doppler. Encontraron que el volumen sanguíneo muscular en la

pantorrilla y en muslo había aumentado después del ejercicio al igual que la velocidad media de flujo de la arteria poplítea.

Además de los posibles efectos ya citados se han estudiados otros parámetros cardiovasculares importantes como el consumo de oxígeno.

Rittweger, Schiesel y Felsenberg, en el 2001, realizan un estudio con la misma plataforma para evaluar el consumo de oxígeno durante un ejercicio de WBV con el fin de probar la existencia de una respuesta muscular, puesta en duda por algunos. Si no hubiese respuesta muscular, la potencia metabólica, medida por el consumo de oxígeno, no resultaría alterada por el entrenamiento con vibraciones; por tanto, la evaluación del consumo de oxígeno se presenta como un método válido para demostrar la respuesta muscular. Los autores usaron los siguientes parámetros para el entrenamiento: frecuencia de 26 Hz y amplitud de vibración de 6 mm ( $\approx 18G$ ). Se observó un aumento en el consumo de oxígeno, siendo a veces éste más controlable en el caso de la vibración que con la realización de sentadilla tradicional, lo cual indica que la WVB aumenta la respuesta muscular. Los autores comentan que este tratamiento con vibraciones requiere un nivel de metabolismo energético comparable al de un paseo moderado. Tras este estudio se estudiaron los efectos de distintos parámetros como son distintas frecuencias de vibración, amplitud y carga externa (Rittweger et ál., 2002). En dicho estudio los autores verificaron que el VO<sub>2</sub> aumentaba proporcionalmente con la frecuencia de vibración (18, 26 y 34 Hz), con la amplitud (2,5; 5 y 7,5 mm) y con la carga externa, para este último parámetro se utilizó el 40 % de la LBM con carga bien sujeta a la cintura bien a los hombros (las cargas externas utilizadas 0kg de carga extra, carga del 40 % LBM sujeta a la cintura, carga del 40 % LBM sujeta a los hombros). Los autores concluyeron que el entrenamiento con vibraciones mejora de manera substancial la potencia metabólica y por ende la actividad muscular.

**3.7.7.1. Mecanismos responsables de los cambios en el sistema cardiovascular:** En el estudio de Kerschman-Schindl y colaboradores (2001) hubo un aumento del número de vasos visualizados con un diámetro mínimo de 2 mm, lo cual refleja el ensanchamiento de pequeños vasos producido por el ejercicio; tal ensanchamiento capilar observado en cuádriceps y gastrocnemio viene apoyado por un “blush score” aumentado y que posiblemente se puede atribuir al paso de un mayor número de moléculas. Aunque en este estudio se utilizó el método Newmam para medir el volumen relativo de sangre en movimiento y éste es incapaz de distinguir entre el loop capilar arterial y el venoso, tal hecho no es un problema ya que las dos camas capilares tienen aproximadamente la misma velocidad de flujo. Con respecto a la arteria poplítea, su área sistólica y su velocidad sistólica y diastólica máxima no cambiaron; sin embargo, la velocidad media de flujo aumentó, siendo la explicación más razonable el ensanchamiento observado en los vasos pequeños que reduce la resistencia periférica con lo cual puede aumentar la velocidad de flujo de la arteria poplítea. Al mismo tiempo el tixotropismo también puede influir; es posible que la vibración reduzca la viscosidad sanguínea y esto puede permitir el aumento en la velocidad media. Es posible que la relación encontrada en el estudio de Nakamura y colaboradores (1995) entre la endotelina y el flujo sanguíneo ofrezca una explicación para el fenómeno de la vasodilatación, ya que la endotelina es un potente vasoconstrictor y en el citado estudio sus niveles disminuyeron.

En relación al consumo de oxígeno se postula que el VO<sub>2</sub> estaba correlacionado con los niveles control; es decir, cuanto mayor sea el VO<sub>2</sub> en condiciones normales mayor la potencia metabólica relacionada con la vibración. Tal potencia metabólica que está relacionada con la vibración disminuye con un aumento del coste metabólico general, lo cual se puede

deber a una mayor proporción del trabajo muscular excéntrico o al almacenamiento de energía elástica a mayores precargas musculares.

Para entender las vibraciones es de suma importancia tener en cuenta tanto el ejercicio excéntrico como el almacenamiento elástico.

### **3.8. Contraindicaciones de las WBV**

Actualmente, se encuentran únicamente descritos leves efectos secundarios cuando exponemos el organismo a WBV. Siendo éstos: ligeros eritemas, edemas y prurito de carácter transitorio de la zona próxima a la fuente de WBV (Rittweger, Beller y Felsenberg, 1999).

A su vez, con el fin de aumentar la seguridad, la WBV se encuentra contraindicada en personas con:

- Trombosis aguda
- Inflamación aguda
- Embarazo
- Tumores u otra patología maligna
- Implantes recientes
- Fracturas recientes
- Tendinopatías agudas
- Litiasis de vías renales y biliares

### 3.9. Norma ISO 2631

Hace algunos años entraron en régimen diferentes normas que atienden a la revisión y control de las vibraciones que sufren los trabajadores a vibraciones de cuerpo completo, dichos seguimientos proponen mediciones que son compatibles con los trabajos realizados en Plataformas Vibratorias.

La importancia de una vibración, desde un punto de vista ergonómico, está dada por dos magnitudes, la intensidad y la frecuencia. Cualquier estructura física (incluidas las partes del cuerpo humano) puede ampliar la intensidad de una vibración que reciba de otro cuerpo. Esto ocurre si la vibración incluida se da en ciertas frecuencias que son características de la estructura receptora (frecuencia de resonancia). (Aguila, 2005).

Desde hace algunos años, se ha tratado con sumo cuidado y se ha prestado especial atención a la exposición prolongada a la vibración transmitida al cuerpo entero. La evaluación de exposición a las vibraciones se basa en el cálculo de la exposición diaria "A(8)", expresada como la aceleración continua equivalente para un período de 8 horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinada según los tres ejes ortogonales ( $1.4a_{wx}$ ,  $1.4a_{wy}$ ,  $1a_{wz}$ , para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con los capítulos 5,6 y 7, el anexo A y el B de la norma ISO 2631-1 (1997).

Además de la Norma UNE-ISO 2631-1:2008, la norma UNE-EN 14253:2004+A1 también trata el impacto de las vibraciones en el cuerpo humano, ambas normas apuntan a la exposición diaria prolongada ( entre 6 y 8 horas al menos 5 días a la semana ), se puede observar cómo afectan estos límites al cuerpo en el entrenamiento por aceleración, donde los tiempos de exposición jamás deberán superar los 25 / 30 minutos diarios un máximo de 2 veces a la semana para principiantes y 4 veces a la semana para avanzados.

El propósito principal de la norma ISO 2631 es definir métodos de cuantificación de vibraciones de cuerpo entero en relación con:

- La salud humana y el bienestar
- La probabilidad de percepción de las vibraciones

- La incidencia del mal del movimiento (mareos)

### **3.9.1. Objetivo y campo de ampliación**

- Se definen los métodos para la medición de vibraciones de cuerpo entero periódicas, aleatorias y transitorias.
- El rango de frecuencias considerado (para la salud) es de 0.5 Hz a 80 Hz.
- Se aplica a movimientos transmitidos al cuerpo humano en su conjunto.
- No se aplica en la evaluación de choques de magnitud extrema tal como ocurre en los accidentes de vehículos.

Si bien a través del control de la exposición a diferentes mediciones de vibración se aportan datos significativos en la regulación de las medidas de seguridad laboral no ofrecen mediciones válidas para exposiciones a vibraciones controladas en lapsos menores a A(6) y A(8), pero si dan cuenta de la importancia de estabilidad de las mismas a lo largo de la exposición.

Cuando se utiliza el método de entrenamiento por aceleración, la calidad de la máquina utilizada es fundamental en la búsqueda de resultados positivos. Es importante que el proveedor de los equipos pueda demostrar que los rangos de vibraciones expuestos en los visores son reales, que tengan una relación verdadera con la frecuencia de la vibración del aparato y que las vibraciones no sean aleatorias (bajen y suban los niveles de vibración sin patrón), sino que sean vibraciones sostenidas en el tiempo en forma constante.

Los materiales de fabricación también resultan fundamentales, donde los motores deben estar preparados para no variar su nivel de prestación a lo largo del tiempo y si lo hiciera la empresa deberá informar el tiempo de vida útil de los mismos. La superficie de trabajo deberá estar construida en materiales de alta durabilidad y que permita el uso intensivo sin deformación, permitiendo la transmisión correcta de vibraciones al usuario.

### 3.10. Vibro Fitness® 300

Las plataformas vibratorias de Vibro-Fitness® emiten unas vibraciones tridimensionales que estimulan los reflejos naturales de estiramiento del cuerpo humano. Por cada segundo se producen entre 30 y 50 vibraciones, lo que conlleva entre 30 y 50 contracciones involuntarias de esos músculos por segundo. El Vibro-Fitness® logra que el músculo trabaje hasta el 97% de su capacidad (Vibro-Fitness®, 1999) (Figura 3).

#### 3.10.1 Características

- Motor: 1 Motor CA 150W
- Vibración tripolar
- Área de uso: 650mm x 450mm
- Temporizador: 30, 45, 60 seg.
- Frecuencia: 25Hz, 30Hz, 35Hz, 40Hz, 45Hz y 50Hz
- Amplitud: dos ajustes (Low y High)
- Material: Fibra de vidrio, recubrimiento acrílico.
- Elementos:
  - 4 botones de ajuste rápido para frecuencia.
  - 3 botones de ajuste rápido para tiempo.
  - 5 programas.

### 3.11. Hockey Sobre Patines

**3.11.1. Historia:** El nombre inglés del Hockey viene de la antigua palabra francesa “Hoquet”, que significa bastón de pastor. Aquellos pastores de la campiña francesa que, tomando su vara por el extremo contrario, le pegaban con el lado curvo a las piedras redondas que se les cruzaban. Pero ellos no fueron los exclusivos creadores de este deporte, el hockey es internacional en su origen. Los persas lo practicaban 4000 años a.C; los griegos hace 2500 años jugaban al “Keramelkos”; también lo practicaron los romanos; en América fueron los Aztecas y también los Araucanos quienes disfrutaban del “Koura” en las laderas de los Andes; sin olvidarnos de que en Chile, nuestros ancestros Mapuches aún

disfrutan de la “Chueca”. Es llamativo que, sin ninguna vinculación entre sí, practicaran un deporte tan similar.

Existe una íntima relación entre el Hockey sobre césped y el hockey sobre patines. El hockey sobre patines es hijo directo del hockey sobre césped y hermano del hockey sobre hielo.

Para hacer un resumen, el hockey patín como tal, tiene sus inicios con la creación de la rueda metálica para patín, creada por el Holandés Hans Brinker, en 1773; pasando por la creación de la rueda de madera, por el francés Jean Garcín, en 1813; hasta que a fines del siglo XIX, el Inglés Edward Crawford, realiza la adaptación de hockey sobre hielo al piso de madera, denominándolo “Rink Hockey” o Hockey de Pista, para que a fines del siglo XX ya se hubiese difundido por toda Europa. En Noviembre de 1910 tiene lugar el primer encuentro jugado entre el Centaur Roller Club de París y el Royal Rink Hockey Club de Bruselas y en 1924 se fundó la Federación Internacional de Patín a Ruedas (FIPR); hasta que el 10 de abril de 1926 se juega el primer Campeonato Mundial (Forti & Grieco, 1998).

Actualmente, el hockey sobre patines o hockey patín es un deporte colectivo que se disputa entre dos equipos de cinco jugadores (cuatro jugadores de pista y un portero), con dos porterías, en una cancha cerrada por una valla con las esquinas redondeadas o con forma de pico. Los jugadores se desplazan gracias a unos patines de cuatro ruedas (paralelas) con un freno y utilizan una “chueca”, stick o palo de madera con forma curva para conducir una pelota de caucho con corcho comprimido hasta la portería contraria. En cuanto a las protecciones, los jugadores cuentan con: guantes, canilleras, coderas (opcional), protector genital y rodilleras; en el caso de los porteros: casco, guantes (más grandes), “piñeras” (son protecciones para las piernas), protecciones para pecho y muslos, coderas, collarín protector y protector genital. El tiempo de juego está determinado por escalones de edades, y son los siguientes: Categoría Adulto: 2 períodos de 25 minutos cada uno; Categoría Juvenil: 2 períodos de 20 minutos cada uno; Categoría Escuela, Mini, Pre-Mini, Infantil: 2 períodos de 15

minutos cada uno. Entre el primero y el segundo período de juego, existirá siempre un tiempo de "intervalo" con duración de 10 minutos, con un respectivo cambio de lado. Además, en cualquiera de las dos fracciones, el entrenador tendrá derecho a pedir un minuto técnico (Liga Nacional de Hockey sobre Patines, 2005). Las sanciones de juego varían según la gravedad de la falta y el lugar donde se haya producido, se sancionan tiros libres indirectos, tiros libres directos o penaltis. Las sanciones disciplinarias a los jugadores pueden ser: tarjeta amarilla (amonestación), tarjeta azul (expulsión de 2 min o hasta que ocurra un gol), o tarjeta roja (expulsión directa y definitiva) (Fédération Internationale de Roller Sports, 2011).

En Chile, la Federación Chilena de Hockey y Patinaje, cuenta con una Liga Nacional de Hockey Patín, en la que participan 16 equipos que cuentan con divisiones de: pre-mini, mini, infantil, juvenil y adulto (masculino y femenino); y, a su vez, cuenta con una Liga de Honor, la cual alberga a los mejores equipos del país y que cuenta con 6 equipos participantes (masculino y femenino). En la división adulta, Liga de Honor, cada equipo cuenta con un promedio de entre 15 y 20 jugadores, haciendo que el total de deportistas, en esta división en Chile, sea de entre 90 y 100 jugadores (LNH, 2005).

**3.11.2. Características del Jugador:** Dentro del juego, se distinguen, a grandes rasgos, dos tipos de jugadores: arquero y jugador de campo.

El arquero se mantiene, la mayor parte del juego, en posición de cuclillas; por lo que realizan un entrenamiento completamente distinto al de los jugadores de campo, lo que fomenta su flexibilidad y potencia (Aguado, 1991).

Dentro de los jugadores de campo podemos distinguir: defensores y atacantes. El esfuerzo desarrollado por un jugador de campo, depende básicamente de la distancia total recorrida ( $14.44 \pm 1.83$  km) y de las velocidades de los desplazamientos efectuados (entre 2 y 8 m/s) (Aguado, 1991). Además, las acciones técnicas y la posición corporal se añaden al gasto

energético de dichos desplazamientos, lo que supone una sobrecarga adicional al esfuerzo realizado.

La conducción y dribling de la bola, junto con el pase, representan las tareas más habituales repetidas por parte de cada jugador durante la práctica del hockey sobre patines. El interés de conocer el estrés causado por dichos gestos técnicos radica en que proporciona indicaciones concretas sobre la sobrecarga adicional impuesta a los jugadores, aparte de las distancias recorridas con diversas intensidades. Driblar y conducir la bola con un stick en las diferentes especialidades del hockey (sobre patines, hielo, sala o sobre hierba) supone una posición de flexión del tronco, originaria en muchas ocasiones, de molestias a nivel de la columna vertebral (Reilly & Seaton, 1990).

### **3.12. Salto Vertical**

La capacidad de salto es considerada como una de las acciones básicas del individuo y en ella se conjugan factores como potencia, rapidez, coordinación, fuerza y velocidad (Acero, 2003).

Históricamente ha sido una de las cualidades físicas funcionales más estudiadas comenzando con Marey y Demeney en el año 1885, pasando por Sargent (1921), Lewis (1924), Abalakov (1938), hasta Bosco en el año 1982 introduciendo un método eficaz y sencillo de la medición del salto vertical y sus cualidades (Bosco, 1994; Acero, 2003).

Ahora bien, desde el punto de vista físico el salto vertical se rige por las mismas leyes que el lanzamiento vertical de proyectiles, este movimiento se presenta cuando un cuerpo se proyecta en línea recta hacia arriba. Su velocidad disminuirá con rapidez hasta llegar a algún punto en el cual esté momentáneamente en reposo; luego caerá de vuelta, adquiriendo de nuevo, al llegar al suelo la misma velocidad que tenía al ser lanzado. Esto demuestra que el tiempo empleado en elevarse al punto más alto de su trayectoria es igual al tiempo transcurrido en la caída desde allí al suelo. Esto implica que los movimientos hacia arriba son iguales a los movimientos hacia abajo, pero invertidos, y

que el tiempo y la rapidez para cualquier punto a lo largo de la trayectoria están dados por las mismas ecuaciones para la caída de los cuerpos.

En el salto vertical, la altura alcanzada depende de la velocidad inicial de despegue del cuerpo. Simultáneamente la velocidad inicial está determinada por la fuerza impresa sobre el cuerpo de la acción muscular que debe vencer la fuerza de gravedad actuante en el individuo, y requiere ser la máxima posible para poder sobrepasar en mayor medida a la gravedad y alcanzar una mayor altura. Cuando el individuo está en el aire sólo influyen la fuerza de gravedad y el roce del aire, que frenan el movimiento, y cuando se igualan las fuerzas de gravedad y la aplicada por el sujeto el cuerpo ya no se eleva más y empieza a descender llegando al suelo con la misma velocidad que la inicial. Por lo cual, todo salto posee un tiempo de vuelo medido en segundos y un desplazamiento vertical del centro de gravedad medido en centímetros (Acero, 2003).

En el salto vertical la fuerza muscular es aplicada contra la base de sustentación, la que resultará en la velocidad inicial de despegue. En ella participan contracciones excéntricas y concéntricas (ciclo acortamiento-estiramiento), donde la primera actúa en la fase de descenso del centro de gravedad, y la contracción concéntrica actúa en la fase de ascenso y despegue del centro de gravedad (Aguado, 1999).

En la aplicación de esta fuerza de propulsión actúan principalmente los músculos de las extremidades inferiores siendo los más importantes: cuádriceps, flexores plantares del tobillo y en mucha menor medida el glúteo mayor, los que trabajan de manera sinérgica. En la propulsión también contribuyen los músculos extensores de tronco y de cuello, siendo necesaria para la extensión de tronco la acción sinérgica del glúteo mayor. La relación porcentual de los movimientos segmentarios en el salto vertical son: extensión de rodilla 56%, flexión plantar 22%, extensión de tronco 10%, balanceo de brazos 10%, balanceo de cabeza 2% (Luthanen & Komi, 1978).

La activación de estos músculos está dada por una acción secuencial que es de proximal a distal, la que imprime su fuerza resultante sobre el centro de gravedad corporal para generar la fase de impulso en el salto vertical (Fernández, & Mansilla, 2006).

Los niveles de fuerza desarrollados en la fase de impulso están asociados a la velocidad del ciclo estiramiento-acortamiento y por lo tanto, a su duración, la que es llamada tiempo de acoplamiento, existiendo una mayor producción de fuerza cuando el tiempo de acoplamiento es menor (Luthanen & Komi, 1978). Esta velocidad del ciclo posee una relación directa a la cantidad de fibras rápidas que posee el individuo (Bosco, 1994). Lo que es reafirmado por estudios con plataformas de fuerza en que una alta velocidad del ciclo estiramiento-acortamiento produce mayores niveles de fuerzas aplicadas sobre la base que se traducen en un mayor salto vertical (Linthorne, 2001).

Cuando se realiza un salto vertical se manifiestan parámetros físicos dentro del ciclo estiramiento-acortamiento. El salto comienza con una disminución de la altura del centro de gravedad por la combinación de una flexión de rodilla y cadera en donde la fuerza aplicada a la base disminuye, la aceleración del centro de gravedad se hace negativa al igual que la velocidad. Cuando comienza la fase de acortamiento la fuerza aplicada a la base aumenta progresivamente, luego se mantiene y desciende en el momento del despegue. La aceleración y la velocidad se hacen positivas y aumentan también progresivamente hasta el momento del despegue (Linthorne, 2001).

El rendimiento del salto vertical varía entre género, siendo significativamente mayor la altura y fuerza desarrollada en los varones que en las mujeres (Patterson y Peterson, 2004).

**3.12.1 Medición del salto vertical:** En la actualidad existen gran número de procedimientos o rutinas para medir la altura del salto vertical: sobre una plataforma de fuerza se puede calcular la velocidad de despegue del centro de gravedad (CG) y el tiempo de vuelo (Fórmula B); mediante técnicas fotogramétricas también se puede medir la velocidad de despegue del CG; y sobre una plataforma de contacto se puede medir el tiempo de vuelo (Test de Bosco) (Fórmula C). Así como también se puede medir la altura del salto vertical considerando la diferencia entre dos marcas realizadas con la mano como representativas del recorrido del CG durante el salto (Fórmula A), etc. (Fernández, 2006).

**Fórmula A.**

$$H = H_{\max} - H_d$$

(Donde  $H_{\max}$ : altura máxima alcanzada;  
 $H_d$ : altura inicial del centro de gravedad  
 cuando todavía se está apoyado en el suelo)

(García-López y Paleteiro 2004)

**Fórmula B.**

$$H = \frac{V_{zd}^2}{2G}$$

(Donde H: altura del salto en m;  
 $V_{zd}$ : velocidad vertical de despegue  
 del CG en m/s; G: aceleración de  
 gravedad en  $m/s^2$ )

(García-López y Paleteiro 2004)

**Fórmula C.**

$$H = \frac{G \cdot T_v^2}{8}$$

(Donde H: altura del salto en m;  
 g: aceleración de gravedad en  $m/s^2$ ;  
 $T_v$ : tiempo de vuelo en s)

(García-López y Paleteiro 2004)

**3.13. Test de Bosco**

El Test fue creado por Carmelo Bosco en Italia a principios de la década de los ochenta. Bosco comienza con los estudios estimulado por la necesidad de tener una herramienta que proporcionara datos válidos y confiables sobre la capacidad de salto. Además, quería que el método de medición fuese de fácil aplicación y de bajo costo.

Los tests de salto vertical son frecuentemente utilizados para evaluar la potencia de la musculatura extensora de las extremidades inferiores. Más aún en deportes que impliquen saltos o cambios rápidos de posición.

Este Test mide la capacidad de salto en la persona evaluada. La batería del instrumento no contempla un solo salto sino varios tipos de salto vertical, en los que se cuentan: Squat Jump (SJ) o salto partiendo de 90°; Counter Movement Jump (CMJ) o salto vertical con las manos en la cintura; Abalakov (AJ) o salto vertical con ayuda de brazos; Drop Jump (DJ) o salto desde altura; y Saltos Continuos, con o sin ayuda de brazos.

### 3.14. Counter Movement Jump o Salto Contra-movimiento (CMJ)

Es uno de los saltos incluidos en la batería de saltos de los test creados por Carmelo Bosco. En esta prueba el individuo se encuentra en bipedestación con las manos en la cintura, teniendo que efectuar un salto vertical después de un rápido contra-movimiento hacia abajo. Durante la acción de flexión de rodillas y cadera, el tronco debe permanecer lo más erguido posible para evitar cualquier posible influencia de la extensión del tronco en el rendimiento de los miembros inferiores.

En este salto, el atleta ingresa a la plataforma, sitúa la vista al frente, ambas manos en las caderas. En un movimiento descendente rápido y continuo dobla las rodillas (fase excéntrica) hasta un ángulo de flexión de 90° (fase isométrica o acoplamiento) manteniendo el tronco lo más próximo al eje vertical posible y desde allí genera la impulsión vertical (fase concéntrica) que lo eleva. Durante toda la fase de vuelo al atleta debe mantener sus miembros inferiores y tronco en completa extensión, hasta la recepción con la plataforma (Figura 5).

Es muy importante comprender que la recepción durante la caída debe ejecutarse en flexión plantar a nivel del tobillo y en extensión de rodilla y cadera, para luego si generar flexión de los núcleos articulares y amortiguar el impacto generado por la masa corporal durante la caída del salto (Bosco, 2000).

En esta prueba la acción de saltar se realiza gracias al ciclo estiramiento-acortamiento, puesto que el contra-movimiento se realiza con una aceleración muy baja y los extensores se activan sólo en el momento de la inversión del movimiento, se puede afirmar que el estiramiento de los elementos elásticos y la sucesiva reutilización de energía elástica se hallan presentes, y que el incremento del rendimiento, respecto al Squat Jump, es debido al reflejo miotático.

**3.14.1. Calidad analizada:** fuerza explosiva (con reutilización de energía elástica y aprovechamiento del reflejo miotático).

**3.14.2. Modalidad de activación muscular:** contracción concéntrica precedida de una fase muy breve de contracción excéntrica necesaria para la inversión del movimiento. (Bosco, 1994)

### **3.15. Plataforma de Salto Globus Ergo Jump® (Bosco System)**

La plataforma de contacto Ergo Jump Bosco-System (Bosco, Luhtanen y Komi, 1983), es quizás la más conocida, usada y comercializada, de todas las plataformas de contacto existentes. Está compuesta por un microprocesador Psion Organiser II, un interface plataforma-microprocesador y una plataforma mecánica donde se realizan los saltos. La alfombra conductiva tiene incorporado un circuito eléctrico en el que constantemente circula una corriente eléctrica. Cuando la persona a evaluar se ubica encima de la plataforma deja de circular la corriente, en el instante que la persona realiza el salto y despega el último apoyo de la plataforma la corriente nuevamente circula. Cuando la persona cae en la plataforma, el primer apoyo corta nuevamente la circulación de la corriente. Todo esto es registrado por un procesador, el cual posee en su interior un cronómetro que se activa cuando la corriente comienza a circular por el despegue de la persona al saltar, luego se detiene cuando ésta cae y también se detiene el flujo de corriente. Además, el procesador tiene incorporadas todas las fórmulas para determinar la altura alcanzada por el evaluado, dando los siguientes datos en la pantalla: tiempo de vuelo (TV), altura (H), velocidad inicial (VI) y potencia (P) alcanzados en el salto (Bosco, 1994).

Se calcula que la frecuencia de muestreo de este sistema es de 1000Hz. Este instrumento se basa en los estudios y Test que tomaban como base el cálculo de la altura en un salto vertical producto del tiempo de vuelo empleado.

A partir del TV se puede estimar la altura del salto vertical aplicando la siguiente ecuación:

$$H = \frac{G \cdot Tv^2}{8}$$

(Donde H: altura del salto en m;  
g: aceleración de gravedad en m/s<sup>2</sup>;  
Tv: tiempo de vuelo en s)

*(García-López y Paleteiro 2004)*

En este sistema el cálculo de la altura del salto vertical es muy poco complejo, por lo que ha sido muy utilizado en la investigación científica en general y en la investigación sobre la valoración de los factores de rendimiento y los efectos del entrenamiento deportivo en particular (García-López y Paleteiro, 2004). Esta plataforma de validez internacional ha sido utilizada en el tiempo por diversos investigadores cuyos resultados son de gran utilidad, por cuanto dan luces respecto de los diversos factores que influyen en las actividades funcionales de las extremidades inferiores (Bosco et al., 1983).

### **3.16. Altura (H)**

Distancia vertical de un cuerpo respecto a la tierra o a cualquier otra superficie tomada como referencia (RAE, 2001).

### **3.17. Tiempo de vuelo (TV)**

El tiempo de vuelo es el tiempo transcurrido entre el momento en que el sujeto se despegas de la plataforma de salto hasta el momento en que el sujeto vuelve a hacer contacto con ella. Dicho tiempo es el que se demora en recorrer la distancia del salto vertical. Es un indicador de la elevación del centro de gravedad (siempre y cuando la posición de salida sea la misma que la de llegada).

### 3.18. Potencia (P)

El término potencia puede ser definido como la habilidad para ejercer una fuerza máxima durante el menor tiempo posible (Tippens, 2011).

La potencia máxima generada durante la prueba de salto vertical puede ser calculada mediante varios métodos.

En primera instancia, es posible emplear la fórmula (o nomograma) de Lewis. La fórmula de Lewis (Fórmula D) ha sido usada por muchos entrenadores, profesores de educación física e investigadores, pero no se especifica qué potencia se está midiendo. Los estudios de Harman, Rosenstein, Frykman, Rosenstein y Kraemer (1991), llegan a la conclusión de que la potencia que se obtenía era la media ejercida por la gravedad sobre el sujeto en la fase de caída y no la realizada durante la batida del salto. Así, este autor propuso su propia fórmula para determinar la potencia producida durante la fase de impulso. Por último, Sayers et al., haciendo ensayos con diferentes tipos de saltos, también proponen sus fórmulas para hallar el pico de potencia en salto con contra-movimiento (CMJ) y sin contra-movimiento (SJ), aunque no da fórmula para el salto Abalakov (ABK)

#### Fórmula D: Lewis.

$$\text{Potencia (W)} = \sqrt{4,9 \times 9,8 \times \text{MC} \times \sqrt{\text{Hs}}}$$

Donde: 4,9=valor constante; 9,8=aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>); MC=masa corporal (Kg); Hs=Altura del salto (m).

#### Fórmula E: Harman et al.

$$\text{Potencia (W)} = (61,9 \times \text{Hs}) + (36 \times \text{MC}) - 1822$$

Donde: 61,9; 36 y 1822=valor constante; MC=masa corporal (Kg); Hs=Altura del salto (m).

#### Fórmula F: Sayers et al.

$$\text{Potencia CMJ (W)} = (51,9 \times \text{H CMJ}) + (48,9 \times \text{MC}) - 2007$$

Donde: 51,9; 48,9 y 2007=valor constante; MC=masa corporal (Kg); H CMJ=Altura del salto en CMJ (m)

### **3.19. Velocidad Inicial ( $V_0$ )**

Magnitud física que expresa el espacio recorrido por un móvil en la unidad de tiempo. Su unidad en el Sistema Internacional es el metro por segundo (m/s) (Tippens, 2011).

En el salto vertical, se traduce como la velocidad que posee el individuo al momento exacto de despegarse de la plataforma de salto.

#### **4. HIPÓTESIS**

El entrenamiento con plataforma vibratoria aplicado durante seis semanas en deportistas del club deportivo Universidad Católica, rama de Hockey sobre Patines, mejora la capacidad de salto inmediatamente después de la aplicación de WBV (efecto agudo) y luego del periodo de entrenamiento; y sus efectos se mantienen luego de un periodo de dos semanas terminado el entrenamiento (efecto residual).

#### **5. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los efectos de la aplicación de un programa de entrenamiento con plataforma vibratoria, sobre la capacidad de salto, en deportistas pertenecientes a la rama de Hockey sobre patines del Club Deportivo Universidad Católica de Chile.

#### **6. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Registrar y analizar los datos de altura, potencia, velocidad inicial y tiempo de vuelo del salto, obtenidos mediante el test countermovement jump, posterior a la primera sesión de entrenamiento con plataforma vibratoria; en relación al pre-test.
2. Medir las variaciones en la altura, la potencia, la velocidad inicial y el tiempo de vuelo del salto; posterior al periodo de seis semanas de entrenamiento con plataforma vibratoria, en relación a las mediciones anteriores.

3. Analizar las variaciones en la altura, la potencia, la velocidad inicial y el tiempo de vuelo del salto; posterior a 2 semanas de terminado el entrenamiento con plataforma vibratoria, en relación a las mediciones anteriores.

## **7. METODOLOGÍA**

### **7.1. Diseño**

El presente estudio es de tipo cuantitativo cuasi-experimental con seguimiento en el tiempo.

### **7.2. Variables**

- Independiente: Entrenamiento con WBV.
- Dependiente: Rendimiento en capacidad de salto (altura, tiempo de vuelo, potencia y velocidad inicial).

### **7.3. Sujetos**

Se incluirán en este estudio un universo de 20 deportistas de alto rendimiento, varones, pertenecientes a la rama de Hockey Patín del Club Deportivo Universidad Católica.

### **7.4. Selección de la muestra**

La selección de la muestra fue a través del “muestreo probabilístico aleatorio simple” y corresponde a 20 individuos de la población en estudio, número adecuado para que esta investigación tenga validez estadística (Hernández, Fernández y Baptista, 1998).

### **7.5. Criterios de Inclusión**

Fueron incluidos, dentro del estudio, los sujetos que cumplían con las siguientes características:

- Ser deportista perteneciente a la división adulta de la rama de Hockey sobre patines del Club Deportivo Universidad Católica de Chile.
- Género Masculino.
- Edad entre 18 y 30 años (inclusive).
- Nunca antes haber entrenado con WBV o plataforma vibratoria.
- Aceptar el consentimiento informado.

### **7.6. Criterios de Exclusión**

Fueron excluidos del estudio los sujetos que presentaban:

- Diagnóstico de enfermedades músculo-esqueléticas agudas, de extremidades inferiores o de columna, de hace menos de 30 días.
- Diagnóstico de enfermedades neuro-musculares.
- Diagnóstico de enfermedades cardiovasculares.
- Diagnóstico de enfermedades respiratorias agudas.
- Diagnóstico de enfermedades urinarias.
- Diagnóstico de tumores.
- Prótesis o implantes articulares.
- Haber entrenado anteriormente con WBV o plataforma vibratoria.
- No aceptar el consentimiento informado.

### **7.7. Materiales**

- Plataforma Vibratoria VIBRO-FITNESS 300®
- Plataforma de Salto GLOBUS ERGO JUMP® Boscosystem
- Computador Portátil LENOVO G465®
- Software CRONO-JUMP® Boscosystem 0.9.3.0
- Cronómetro IPHONE 4s
- Balanza TANITA BF-559
- Tallímetro SECA 240
- Materiales de escritorio (lápiz, papel, etc.)

### **7.8. Instalaciones**

Todas las evaluaciones y el entrenamiento con plataforma vibratoria, fueron realizadas en las dependencias de la Escuela de Salud de DUOC UC, Sede Puente Alto; posterior a la solicitud de autorización para su utilización (Anexo 3). Sala amplia, con luz y temperatura adecuada.

### **7.9. Capacitación del evaluador**

El evaluador realizó, antes de cualquier medición, una instrucción acerca del funcionamiento de la plataforma vibratoria (Vibro Fitness 300®) y la plataforma de salto (Globus Ergo-Jump®), impartida por un experto en su uso (Curso de fundamentos básicos del fitness y performance, Nivel 1: Profesional -Power Plate International, Ltd.).

Además el evaluador realizó un entrenamiento previo a las mediciones de la investigación. Este consistió en evaluar a 30 personas que no forman parte de la muestra, utilizando el protocolo de trabajo definido en esta investigación.

### 7.10. Metodología.

Luego de la firma voluntaria del consentimiento informado (anexo 1) y el registro de los datos en la ficha personal (anexo 2) y en el software Cronojump (balanza, tallímetro, materiales de escritorio), por parte de todos los participantes en el estudio, los sujetos fueron distribuidos al azar en 2 grupos: un grupo E (estudio), el cual fue sometido a un programa de entrenamiento con plataforma vibratoria (Vibro-Fitness 300), y un grupo C (control), el cual no fue sometido al entrenamiento con WBV. Ambos grupos se encontraban realizando sus entrenamientos de hockey cotidianos, correspondientes a la etapa competitiva, 3 veces por semana, 9 horas por semana.

Ambos grupos fueron sometidos a cuatro mediciones sobre una plataforma de salto (Globus Ergo Jump), en el gimnasio de DUOC UC, Sede Puente Alto, utilizando el test de salto con contra movimiento (CMJ), y los resultados quedaron registrados en el software Crono-jump (computador portátil). Dichas mediciones fueron denominadas: Pre-test (PT); Post-test efecto agudo (EA); Post-test 6 semanas (P6S) y Post-test efecto residual (ER) (Fig. 1). Cada uno de estos test constó de 3 intentos de CMJ, evaluados de la siguiente forma: PT- antes de la primera sesión de entrenamiento; EA- 60 s después de finalizada la primera sesión de entrenamiento; P6S- 60 s después de finalizada la sesión 18 de entrenamiento (última sesión); ER- luego de 2 semanas terminado el programa de entrenamiento. El grupo Control solamente fue citado los día de la sesión 1, sesión 18 y luego de 2 semanas de terminado el periodo de entrenamiento. Como nivel de referencia se tomó el intento con mejor rendimiento. Antes del pre-test se realizó una inducción en el salto CMJ, con objeto de obtener fiabilidad de los mismos y evitar la influencia del aprendizaje motor.

El programa de entrenamiento al que fue sometido el grupo Estudio, sobre la plataforma vibratoria, se inició el día lunes 7 de Mayo de 2012 (sesión 1) y finalizó el día viernes 15 de Junio de 2012 (sesión 18). Todos fueron realizado en el gimnasio de DUOC UC, Sede Puente Alto, todos en el mismo horario (18:00 horas); y constó de un programa de 6 semanas de duración, en el cual se realizaron 3 sesiones semanales (lunes, miércoles y viernes), con 6 series de 60 s cada una y descansos de igual duración

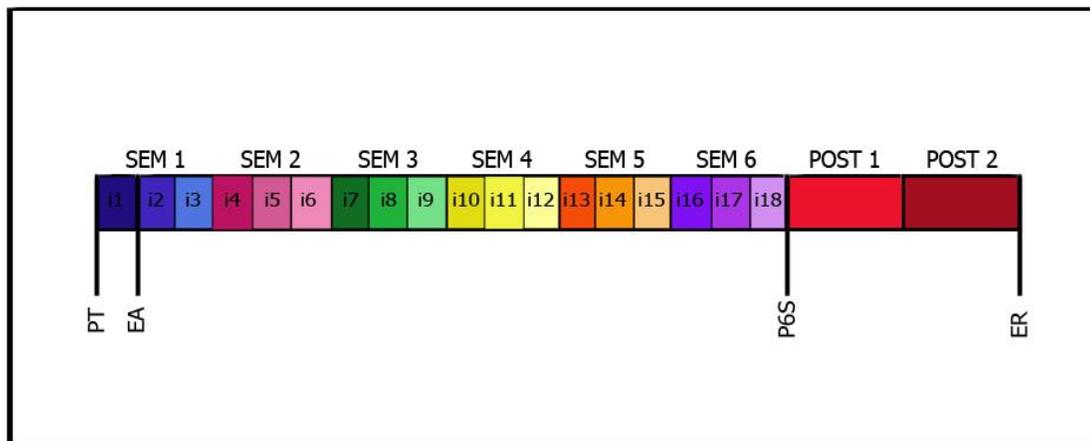
entre series, para evitar la aparición de fatiga. Este protocolo es el más utilizado en la bibliografía (De Hoyo et al, 2009b). La metodología del entrenamiento en plataforma vibratoria se rige por el protocolo de ejercicios de Mester, Spitzenpfeil y Yue (2002) y bajo la norma ISO 2631, por lo que se utilizó una frecuencia de 30 Hz y una amplitud “High” de 4 mm (Fig. 2).

Tras la primera intervención con WBV, se realizó un post-test inmediato (EA), en el grupo E y, a su vez, se realizó el post-test en el grupo C, el cual no realizó ninguna intervención con WBV.

Al finalizar el periodo de 6 semanas, se realizó un post-test (P6S) en ambos grupos.

Finalmente, se dejó transcurrir un periodo de 2 semanas sin entrenamiento con plataforma vibratoria. Y se realizó una medición final, sobre la plataforma de salto en ambos grupos (ER), el día viernes 29 de Junio.

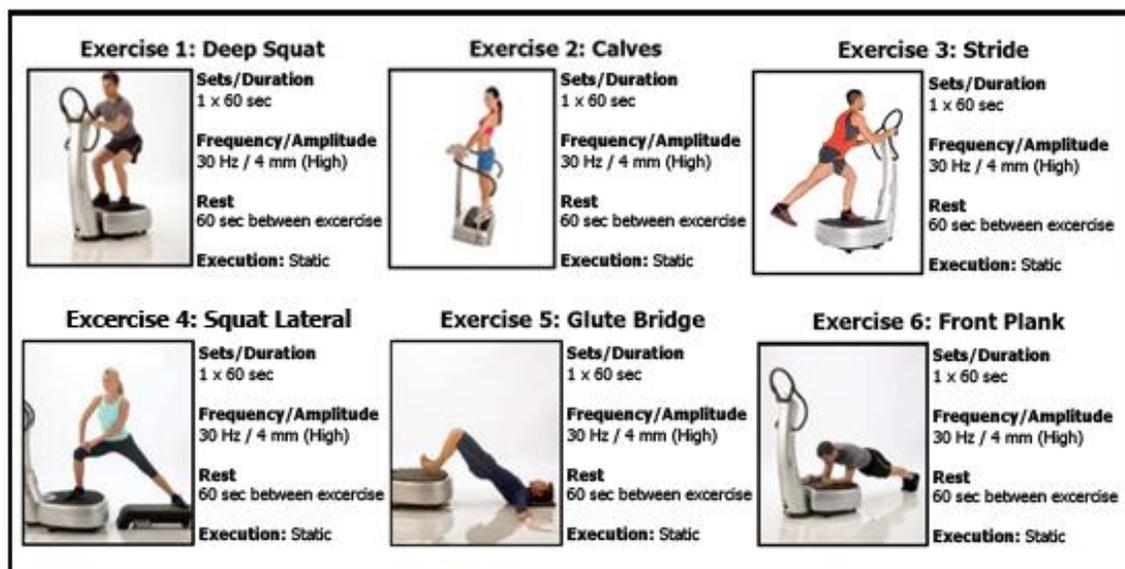
**Figura 2:** Organigrama del plan de entrenamiento



La figura 2 muestra, en orden cronológico, las mediciones y su relación con las sesiones de entrenamiento con WBV. En primer lugar se observa la división en las seis semanas de entrenamiento con plataforma vibratoria (SEM 1, SEM 2, etc.), las dos semanas post-entrenamiento (POST 1 y POST 2), y la división de cada una de las intervenciones de entrenamiento (i1, i2, i3, etc.), siendo éstas, tres sesiones en cada semana.

En cuanto a las mediciones, se observa inicialmente el pre-test (PT) realizado antes de cualquier intervención con plataforma vibratoria, en ambos grupos. Luego se observa la medición del post-test para el efecto agudo (EA), luego de la primera sesión con WBV, en el grupo Estudio; y, al mismo tiempo, se midió al grupo Control sin haber realizado dicha sesión con WBV. Luego de transcurridas 6 semanas, se realizó la medición post 6 semanas (P6S), en ambos grupos. Y finalmente se dejó pasar un periodo de 2 semanas, sin sesiones de entrenamiento con WBV para ambos grupos, y se realizó la medición post-test para el efecto residual (ER).

**Figura 3:** Plan de ejercicios en plataforma vibratoria (© Copyright 2010 Power-Plate International)



La figura 3 muestra el plan de ejercicios en plataforma vibratoria, extraído desde la batería de ejercicios de Power-Plate International específicamente para trabajar la cadena de salto, utilizada para el programa de ejercicios con WBV en el estudio. Se divide en seis ejercicios, de 60 s de duración, 30 Hz de frecuencia y 4 mm de amplitud; cada uno. Con un periodo de 60 s de descanso entre cada uno de los ejercicios. Todos ellos realizados de forma estática, manteniendo una posición determinada.

Los seis ejercicios que se observan, son: 1. Deep Squat (sentadilla profunda); 2. Calves (pantorrillas); 3. Stride (zancada o estocada); 4. Squat Lateral (sentadilla o estocada lateral); 5. Glute Bridge (puente o plancha de glúteos); y 6. Front Plank (plancha frontal). Y trabajan, principalmente, los siguientes grupos musculares: 1. Glúteos, Cuádriceps e Isquiotibiales, bilateral; 2. Tríceps sural; 3. Cuádriceps, Glúteos e Isquiotibiales, unilateral; 4. Cuádriceps, Aductores, Glúteos e Isquiotibiales; 5. Glúteos, Erectores Espinales e Isquiotibiales; 6. Abdominales y Erectores Espinales.

### **7.11. Análisis de los datos**

Los datos primarios inicialmente se sometieron a la prueba de Shapiro-Wilk y Levene con el objeto de comprobar normalidad de los datos y homocedasticidad respectivamente (Díaz, 2009). Posteriormente, los datos de ambos grupos estudiados fueron sometidos a comparación mediante un análisis de varianza Modelo I para efectos fijos (Díaz, 2009). El nivel de significación empleado en todos los casos fue de  $\alpha \leq 0,05$ . Los resultados fueron llevados a gráficos, para hacer más fácil su comprensión.

## 8. RESULTADOS

Todos los sujetos completaron el estudio sin ningún efecto secundario objetivo. Tampoco se observaron reacciones adversas subjetivas ni fatiga excesiva después de la realización de los entrenamientos. La mayoría de los sujetos informó de que las WBV estimularon fundamentalmente sus extremidades inferiores.

**Tabla I.** Estadísticos descriptivos de la muestra.

<b>Variables</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>
TALLA (cm)	20	160	188	173,20	7,661
PESO (kg)	20	63	95	76,15	8,506
EDAD (años)	20	18	28	21,60	3,185

En las tablas II, IV, VI y VIII se muestran los resultados de la estimación de las medias (y otros estadígrafos descriptivos) de cada variable y en cada momento analizado. Se observa que la media del grupo estudio en algunos casos es superior en la mayoría de las variables, especialmente después del pre-test (PT); lo cual muestra una tendencia sostenida y consistente. Sin embargo, en las tablas III, V, VII y IX los resultados de las comparaciones no fueron estadísticamente significativas en ningún caso. La ausencia de significancia, está en contradicción con la tendencia antes expresada.

## 8.1. Altura.

**Tabla II.** Resultados de la estimación de los estadígrafos descriptivos, de la variable altura, en ambos grupos estudiados.

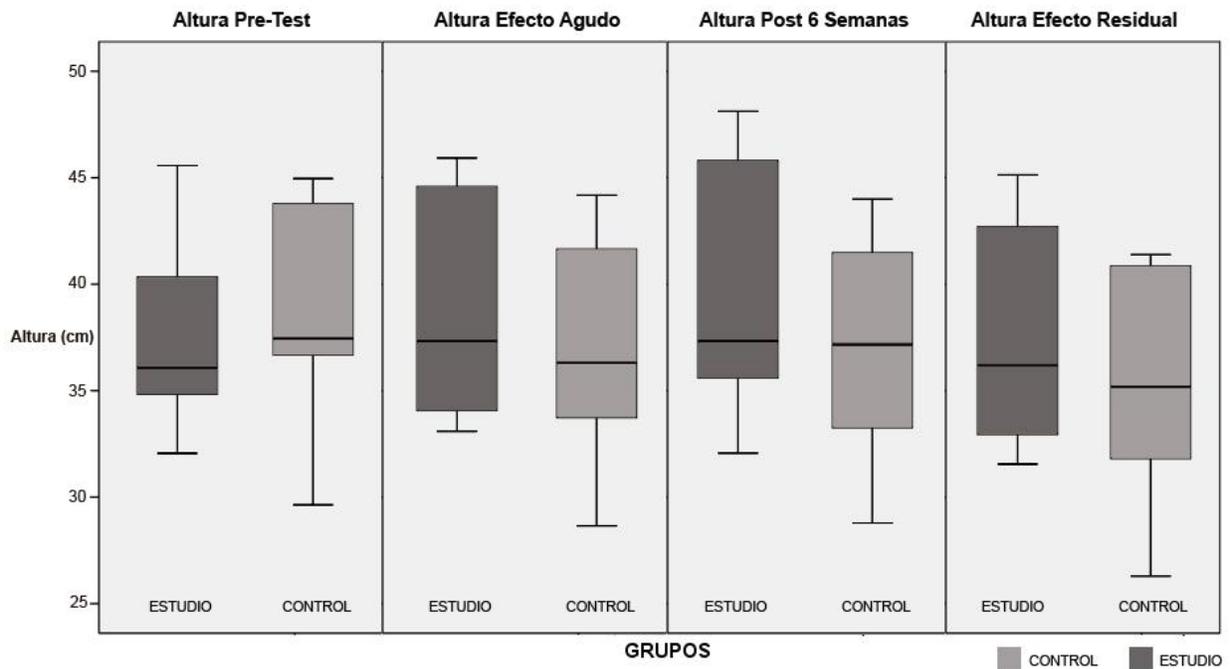
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Altura Pre Test (PT)	Grupo Control	10	38,62660	5,205510	1,646127	34,90280	42,35040	29,633	44,959
	Grupo Estudio	10	37,78040	4,409587	1,394434	34,62597	40,93483	32,061	45,568
	<b>Total</b>	20	38,20350	4,715352	1,054385	35,99665	40,41035	29,633	45,568
Altura Efecto Agudo (EA)	Grupo Control	10	37,02840	5,208757	1,647153	33,30228	40,75452	28,653	44,182
	Grupo Estudio	10	38,53770	5,079579	1,606304	34,90399	42,17141	33,093	45,931
	<b>Total</b>	20	37,78305	5,066865	1,132986	35,41168	40,15442	28,653	45,931
Altura Post Entrenamiento (P6S)	Grupo Control	10	37,14760	4,988220	1,577414	33,57924	40,71596	28,788	44,001
	Grupo Estudio	10	39,32800	5,705052	1,804096	35,24685	43,40915	32,065	48,119
	<b>Total</b>	20	38,23780	5,334300	1,192786	35,74127	40,73433	28,788	48,119
Altura Efecto Residual (ER)	Grupo Control	10	35,55190	5,271596	1,667025	31,78083	39,32297	26,286	41,392
	Grupo Estudio	10	37,55220	5,118428	1,618589	33,89070	41,21370	31,554	45,131
	<b>Total</b>	20	36,55205	5,160060	1,153825	34,13707	38,96703	26,286	45,131

**Tabla II:** En cuanto a las medias de la variable altura, el grupo estudio obtuvo un aumento de 37,780 cm a 38,537 cm, lo que equivale a una variación del 2% luego de la primera sesión con WBV, en relación al pre-test; un aumento de 37,780 cm a 39,328 cm, lo que es equivalente a una variación del 4,1% luego de finalizado en periodo de entrenamiento, en relación al pre-test; y una disminución de 37,780 cm a 37,552 cm, lo que equivale a una variación del 0,6% luego de dos semanas de terminado el periodo de entrenamiento, en relación al pre-test.

En cuanto al grupo control, se observa una disminución de 38,626 cm a 37,028 cm, lo que equivale a un 4,1% de variación entre la medición EA y el PT; una

disminución de 38,626 cm a 37,147 cm, lo que equivale a un 3,8% de variación entre la medición P6S y el PT; y una disminución de 38,626 cm a 35,551 cm, lo que equivale a un 8% de variación entre la medición del ER y el PT.

**Gráfico I.** Comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable altura, medido en los diferentes momentos de evaluación.



**Gráfico I:** El gráfico muestra que, en ambos grupos, los valores de mayor altura de salto tienen una mayor dispersión que los valores de los de menor altura en el salto; en cada una de las evaluaciones realizadas.

En cuanto a las diferencias entre máximo valor y el mínimo valor, se observa que el grupo control presenta siempre el menor valor mínimo, alejándose de la media del grupo.

La diferencia intercuartílica, en el grupo estudio, aumentó hasta la evaluación P6S; para luego disminuir en la evaluación ER. En cuanto a la diferencia intercuartílica del grupo control, esta se comportó bastante irregular; aumentando en la evaluación EA,

disminuyendo en la evaluación P6S, y finalmente aumentando nuevamente en la evaluación ER.

**Tabla III.** Resultados de la comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable altura, medido en los diferentes momentos de evaluación.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Altura Pre-Test (APT)</b>	Inter-grupos	3,580	1	3,580	,154	,699
	Intra-grupos	418,876	18	23,271		
	Total	422,456	19			
<b>Altura Efecto Agudo (AEA)</b>	Inter-grupos	11,390	1	11,390	,430	,520
	Intra-grupos	476,399	18	26,467		
	Total	487,789	19			
<b>Altura Post Entrenamiento (AP6S)</b>	Inter-grupos	23,771	1	23,771	,828	,375
	Intra-grupos	516,870	18	28,715		
	Total	540,640	19			
<b>Altura Efecto Residual (AER)</b>	Inter-grupos	20,006	1	20,006	,741	,401
	Intra-grupos	485,892	18	26,994		
	Total	505,898	19			

## 8.2. Tiempo de Vuelo.

**Tabla IV.** Resultados de la estimación de los estadígrafos descriptivos, de la variable tiempo de vuelo, en ambos grupos estudiados.

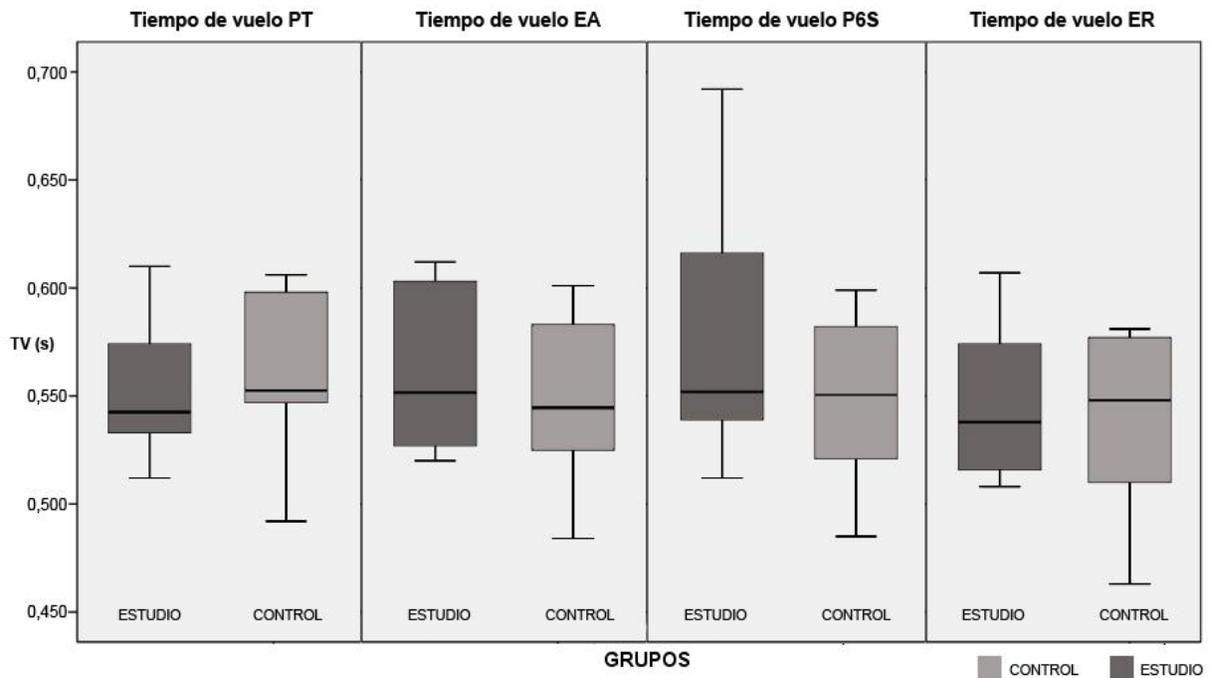
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Tiempo de Vuelo Pre Test (PT)	Grupo Control	10	,56040	,038312	,012115	,53299	,58781	,492	,606
	Grupo Estudio	10	,55460	,031889	,010084	,53179	,57741	,512	,610
	<b>Total</b>	20	,55750	,034436	,007700	,54138	,57362	,492	,610
Tiempo de Vuelo Efecto Agudo (EA)	Grupo Control	10	,54870	,038919	,012307	,52086	,57654	,484	,601
	Grupo Estudio	10	,55970	,036542	,011556	,53356	,58584	,520	,612
	<b>Total</b>	20	,55420	,037173	,008312	,53680	,57160	,484	,612
Tiempo de Vuelo Post Entrenamiento (P6S)	Grupo Control	10	,54950	,037405	,011829	,52274	,57626	,485	,599
	Grupo Estudio	10	,57410	,055983	,017703	,53405	,61415	,512	,692
	<b>Total</b>	20	,56180	,048027	,010739	,53932	,58428	,485	,692
Tiempo de Vuelo Efecto Residual (ER)	Grupo Control	10	,54020	,042455	,013425	,50983	,57057	,463	,581
	Grupo Estudio	10	,54570	,034766	,010994	,52083	,57057	,508	,607
	<b>Total</b>	20	,54295	,037872	,008468	,52523	,56067	,463	,607

**Tabla IV:** En cuanto a las medias en la variable tiempo de vuelo, el grupo estudio obtuvo un aumento de 0,554 s a 0,559 s, lo que equivale a una variación del 0,9% luego de la primera sesión con WBV, en relación al pre-test; un aumento de un 0,554 s a 0,574 s, lo que equivale a una variación del 3,5% luego de finalizado en periodo de entrenamiento, en relación al pre-test; y una disminución de 0,554 s a 0,545 s, lo que equivale a una variación del 1,6% luego de dos semanas de terminado el periodo de entrenamiento, en relación al pre-test.

En cuanto al grupo control, se observa una disminución de 0,560 s a 0,548 s, lo que equivale a un 2,1% de variación entre la medición EA y el PT; una disminución de 0,560 s a 0,549 s, lo que equivale a un 1,9% de variación entre la medición P6S y el PT;

y una disminución de 0,560 s a 0,540 s, lo que equivale a un 3,6% de variación entre la medición del ER y el PT.

**Gráfico II.** Comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable tiempo de vuelo, en los diferentes momentos de evaluación.



**Gráfico II:** El gráfico muestra que, en ambos grupos, los valores de los mayores tiempos de vuelo tienen una mayor dispersión que los valores de los menores tiempos de vuelo; en cada una de las evaluaciones realizadas. Exceptuando el grupo control, que muestra una dispersión equilibrada, en la medición P6S y una mayor dispersión en el primer cuartil, en la medición ER.

En cuanto a las diferencias entre máximo valor y el mínimo valor, se observa que el grupo estudio presenta un valor muy escapado del valor máximo, en la medición P6S.

La diferencia intercuartílica, en el grupo estudio, aumentó hasta la evaluación P6S; para luego disminuir en la evaluación ER. En cuanto a la diferencia intercuartílica del grupo control, esta se comportó de igual manera que en la variable altura;

aumentando en la evaluación EA, disminuyendo en la evaluación P6S, y finalmente aumentando nuevamente en la evaluación ER.

**Tabla V.** Resultados de la comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable tiempo de vuelo, medido en los diferentes momentos de evaluación.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Tiempo de Vuelo Pre-Test (TVPT)</b>	Inter-grupos	,000	1	,000	,135	,717
	Intra-grupos	,022	18	,001		
	<b>Total</b>	,023	19			
<b>Tiempo de Vuelo Efecto Agudo (TVEA)</b>	Inter-grupos	,001	1	,001	,425	,523
	Intra-grupos	,026	18	,001		
	<b>Total</b>	,026	19			
<b>Tiempo de Vuelo Post-Entrenamiento (TVP6S)</b>	Inter-grupos	,003	1	,003	1,335	,263
	Intra-grupos	,041	18	,002		
	<b>Total</b>	,044	19			
<b>Tiempo de Vuelo Efecto Residual (TVER)</b>	Inter-grupos	,000	1	,000	,100	,755
	Intra-grupos	,027	18	,002		
	<b>Total</b>	,027	19			

### 8.3. Potencia.

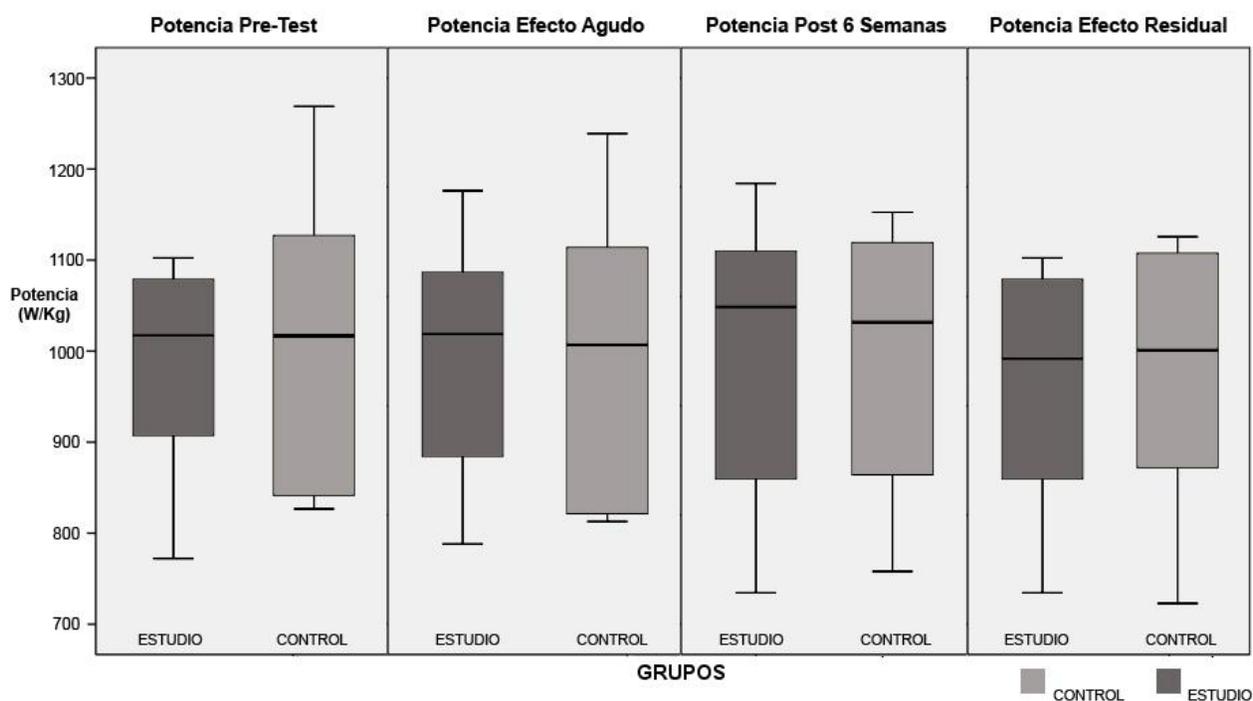
**Tabla VI.** Resultados de la estimación de los estadígrafos descriptivos, de la variable Potencia, en ambos grupos estudiados.

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
<b>Potencia Pre Test (PT)</b>	<i>Grupo Control</i>	10	1021,916	158,88	50,24321	908,2579	1135,5740	826,622	1268,938
	<i>Grupo Estudio</i>	10	975,8911	112,10	35,45100	895,6953	1056,0868	772,200	1102,309
	<b>Total</b>	20	998,9035	135,89	30,38764	935,3014	1062,5056	772,200	1268,938
<b>Potencia Efecto Agudo (EA)</b>	<i>Grupo Control</i>	10	999,8687	152,32	48,16901	890,9028	1108,8345	812,840	1238,921
	<i>Grupo Estudio</i>	10	986,0573	125,83	39,79175	896,0420	1076,0725	788,247	1176,160
	<b>Total</b>	20	992,9630	136,16	30,44758	929,2354	1056,6905	788,247	1238,921
<b>Potencia Post Entrenamiento (P6S)</b>	<i>Grupo Control</i>	10	991,4928	134,32	42,47872	895,3992	1087,5863	756,553	1150,989
	<i>Grupo Estudio</i>	10	999,5380	143,74	45,45571	896,7100	1102,3659	734,576	1184,225
	<b>Total</b>	20	995,5154	135,46	30,29171	932,1141	1058,9166	734,576	1184,225
<b>Potencia Efecto Residual (ER)</b>	<i>Grupo Control</i>	10	974,4825	134,91	42,66327	877,9714	1070,9935	722,931	1125,542
	<i>Grupo Estudio</i>	10	962,0516	127,66	40,37010	870,7280	1053,3751	734,576	1102,309
	<b>Total</b>	20	968,2670	127,99	28,62018	908,3643	1028,1697	722,931	1125,542

**Tabla VI:** En la variable potencia, el grupo estudio obtuvo un aumento de 975,891 W/kg a 986,057 W/kg, lo que equivale a una variación del 1% luego de la primera sesión con WBV, en relación al pre-test; un aumento de 975,891 W/kg a 999,538 W/kg, lo que equivale a una variación del 2,4% luego de finalizado el periodo de entrenamiento, en relación al pre-test; y una disminución de 975,891 W/kg a 962,051 W/kg, lo que equivale a una variación del 1,4% luego de dos semanas de terminado el periodo de entrenamiento, en relación al pre-test.

En cuanto al grupo control, se observa una disminución de 1021,916 W/kg a 999,868 W/kg, lo que equivale a un 2,2% de variación entre la medición EA y el PT; una disminución de 1021,916 W/kg a 991,492 W/kg, lo que equivale a un 3% de variación entre la medición P6S y el PT; y una disminución de 1021,916 W/kg a 974,482 W/kg, lo que equivale a un 4,6% de variación entre la medición del ER y el PT.

**Gráfico III.** Comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable potencia, en los diferentes tiempos analizados.



**Gráfico III:** El gráfico muestra que, en ambos grupos, los valores de menor potencia tienen una mayor dispersión que los valores de mayor potencia; en cada una de las evaluaciones realizadas. Contrario a lo que se observaba en las variables anteriormente mencionadas.

En cuanto a las diferencias entre máximo valor y el mínimo valor, se observa que el grupo estudio presenta, de forma constante, el menor valor muy lejano del segundo cuartil. En cambio el grupo control, presenta el valor máximo alejado del segundo

cuartil, en la evaluación PT y EA; y el valor mínimo alejado del segundo cuartil, en la evaluación P6S y ER.

La diferencia intercuartílica, en el grupo estudio, aumentó hasta la evaluación P6S; para luego disminuir en la evaluación ER. Al igual que lo ocurrido en las dos variables anteriores (altura y tiempo de vuelo). En el grupo control, en cambio, la diferencia intercuartílica disminuyó en la evaluación EA y P6S, para luego aumentar levemente en la evaluación ER.

**Tabla VII.** Resultados de la comparación entre ambos grupos estudiados de la variable potencia, medido en los diferentes momentos de evaluación.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Potencia Pre-Test (PPT)</b>	Inter-grupos	10591,457	1	10591,457	,560	,464
	Intra-grupos	340303,875	18	18905,771		
	<b>Total</b>	350895,332	19			
<b>Potencia Efecto Agudo (PEA)</b>	Inter-grupos	953,774	1	953,774	,049	,828
	Intra-grupos	351327,391	18	19518,188		
	<b>Total</b>	352281,165	19			
<b>Potencia Post-Entrenamiento (PP6S)</b>	Inter-grupos	323,626	1	323,626	,017	,899
	Intra-grupos	348359,793	18	19353,322		
	<b>Total</b>	348683,419	19			
<b>Potencia Efecto Residual (PER)</b>	Inter-grupos	772,636	1	772,636	,045	,835
	Intra-grupos	310490,997	18	17249,500		
	<b>Total</b>	311263,633	19			

#### 8.4. Velocidad Inicial.

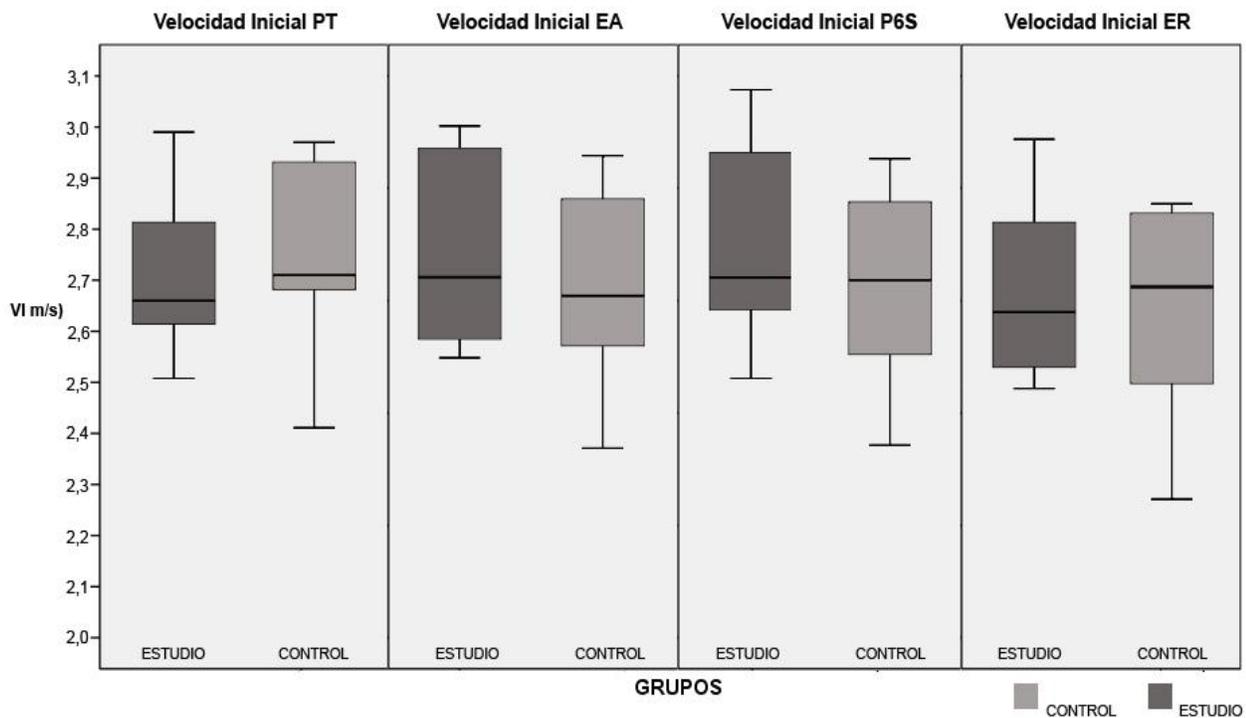
**Tabla VIII.** Resultados de la estimación de los estadígrafos descriptivos, de la variable Velocidad Inicial, en ambos grupos estudiados.

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
<b>Velocidad Inicial Pre Test (PT)</b>	<i>Grupo Control</i>	10	2,74700	,187939	,059431	2,61256	2,88144	2,411	2,970
	<i>Grupo Estudio</i>	10	2,71850	,156182	,049389	2,60677	2,83023	2,508	2,990
	<b>Total</b>	20	2,73275	,168817	,037749	2,65374	2,81176	2,411	2,990
<b>Velocidad Inicial Efecto Agudo (EA)</b>	<i>Grupo Control</i>	10	2,68920	,190869	,060358	2,55266	2,82574	2,371	2,944
	<i>Grupo Estudio</i>	10	2,74450	,179192	,056666	2,61631	2,87269	2,548	3,002
	<b>Total</b>	20	2,71685	,182404	,040787	2,63148	2,80222	2,371	3,002
<b>Velocidad Inicial Post Entrenamiento (P6S)</b>	<i>Grupo Control</i>	10	2,69410	,183070	,057892	2,56314	2,82506	2,377	2,938
	<i>Grupo Estudio</i>	10	2,76070	,193346	,061141	2,62239	2,89901	2,508	3,073
	<b>Total</b>	20	2,72740	,186414	,041683	2,64016	2,81464	2,377	3,073
<b>Velocidad Inicial Efecto Residual (ER)</b>	<i>Grupo Control</i>	10	2,64860	,208033	,065786	2,49978	2,79742	2,271	2,850
	<i>Grupo Estudio</i>	10	2,67500	,171509	,054236	2,55231	2,79769	2,488	2,976
	<b>Total</b>	20	2,66180	,186056	,041603	2,57472	2,74888	2,271	2,976

**Tabla VIII:** En la variable velocidad inicial, el grupo estudio obtuvo un aumento de 2,718 m/s a 2,744 m/s, lo que equivale a una variación del 1% luego de la primera sesión con WBV, en relación al pre-test; un aumento de 2,718 m/s a 2,760 m/s, lo que equivale a una variación del 1,6% luego de finalizado en periodo de entrenamiento, en relación al pre-test; y una disminución de 2,718 m/s a 2,675 m/s, lo que equivale a una variación del 1,6% luego de dos semanas de terminado el periodo de entrenamiento, en relación al pre-test. En cuanto al grupo control, se observa una disminución de 2,747 m/s a 2,689 m/s, lo que equivale al 2,1% de variación entre la medición EA y el PT; una disminución de 2,747 m/s a 2,694 m/s, lo que equivale al 1,9% de variación entre la

medición P6S y el PT; y una disminución de 2,747 m/s a 2,648 m/s, lo que equivale al 3,6% de variación entre la medición del ER y el PT.

**Gráfico IV.** Comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable velocidad inicial, en los diferentes tiempos analizados.



**Gráfico VI:** El gráfico muestra que, en ambos grupos, los valores de mayor velocidad inicial tienen una mayor dispersión que los valores de menor velocidad inicial; en cada una de las evaluaciones realizadas. Exceptuando el grupo control, que muestra un equilibrio en la dispersión del primer y tercer cuartiles en la evaluación P6S y una mayor dispersión en los valores de menor velocidad inicial, en la evaluación ER.

En cuanto a las diferencias entre el valor máximo y el mínimo valor, se observa que el grupo estudio presenta, de forma constante, el mayor valor más lejano del segundo cuartil. En cambio el grupo control, presenta el valor mínimo más alejado del segundo cuartil, en todas las evaluaciones realizadas.

La diferencia intercuartílica, en el grupo estudio, aumentó hasta la evaluación P6S; para luego disminuir en la evaluación ER. En cuanto a la diferencia intercuartílica del grupo control, esta se comportó de igual manera que en la variable altura y en la variable tiempo de vuelo; aumentando en la evaluación EA, disminuyendo en la evaluación P6S, y finalmente aumentando nuevamente en la evaluación ER.

**Tabla IX.** Resultados de la comparación entre ambos grupos estudiados, de la variable velocidad inicial, medido en los diferentes momentos de evaluación.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Velocidad Inicial Pre-Entrenamiento (VIPT)</b>	Inter-grupos	,004	1	,004	,136	,717
	Intra-grupos	,537	18	,030		
	<b>Total</b>	,541	19			
<b>Velocidad Inicial Efecto Agudo (VIEA)</b>	Inter-grupos	,015	1	,015	,446	,513
	Intra-grupos	,617	18	,034		
	<b>Total</b>	,632	19			
<b>Velocidad Inicial Post-Entrenamiento (VIP6S)</b>	Inter-grupos	,022	1	,022	,626	,439
	Intra-grupos	,638	18	,035		
	<b>Total</b>	,660	19			
<b>Velocidad Inicial Efecto Residual (VIER)</b>	Inter-grupos	,003	1	,003	,096	,760
	Intra-grupos	,654	18	,036		
	<b>Total</b>	,658	19			

## 9. DISCUSIÓN

Si bien los resultados de esta investigación muestran que el grupo estudio muestra una tendencia a mejorar la capacidad de salto, mostrado por el aumento en los valores de las medias de las variables altura, tiempo de vuelo, potencia y velocidad inicial; luego del pre-test. Dichos cambios no son estadísticamente significativos. Esta situación puede deberse a una serie de factores, dentro de los cuales podemos señalar:

**9.1. Tamaño muestral:** A pesar de que el tamaño de la muestra puede parecer pequeño, es una porción representativa del hockey en patines en la división adulta de la Liga de Honor, ya que el total de los jugadores de ésta división en Chile es de entre 90 y 120 deportistas. Se evaluó, entonces, a un 8,3% del total de la población total a evaluar (LNH, 2005).

**9.2. Programa de entrenamiento:** En cuánto a los programas de entrenamiento utilizados en la mayoría de los estudios con WBV, no existe un consenso. Por lo que el programa de entrenamiento utilizado en este estudio fue extraído de la batería de ejercicios con la que cuenta Power-Plate en sus programas de entrenamiento. Power-Plate es la empresa con mayor reconocimiento a nivel mundial, en la comercialización y uso de plataformas vibratorias, cuenta con gran cantidad de estudios realizados con sus plataformas vibratorias (Cormie, Deane, Triplett y McBride et al., 2003; Delecluse et al, 2003; Paradisis & Zacharoqiannis, 2007; Roelants et al, 2004; Roelants et al, 2006; Verschueren et al, 2004; Vissers et al., 2010) además de ser la entidad que certifica a los

entrenadores para la utilización de plataforma vibratoria en sus entrenamientos, en gran parte del mundo.

Los ejercicios utilizados fueron seleccionados en función de fortalecer la musculatura enfocada en la cadena de salto.

**9.3. Parámetros utilizados:** Del programa de entrenamiento también se desprenden los parámetros de frecuencia y amplitud de onda utilizados en este estudio. Si bien la amplitud de 4mm y la frecuencia de 30 Hz, son los parámetros más utilizados en la bibliografía (De Hoyo et al, 2009b; Mester et al, 2002), la diferencia entre los resultados de este estudio y otros estudios, que obtuvieron resultados estadísticamente significativos, podría deberse a las múltiples variables que se pueden regular para este tipo de entrenamiento, las cuales hacen que cada estudio sea diferente y difícil de comparar con los demás.

**9.4. Tiempo de intervención:** Otra de las variables que es regulable en el entrenamiento con WBV, y a lo cual puede deberse la falta de significancia en los resultados de este estudio, es el tiempo de intervención. De esta variable podemos desprender el tiempo de cada serie de ejercicios, los tiempos de descanso entre cada serie, la duración total de una sesión de ejercicio y la duración total del periodo de entrenamiento. Para este estudio se utilizó un periodo de entrenamiento de 6 semanas, tiempo estimado para encontrar adaptaciones en un entrenamiento de fuerza convencional (Mester et al, 2002), además de ser uno de los periodos de entrenamiento que más se repite en los estudios revisados. La tendencia a mejorar la capacidad de salto durante el periodo de entrenamiento y a disminuir luego del cese del mismo, es muy similar a la tendencia que se observa en cualquier tipo de entrenamiento; lo que indica que el período elegido puede ser el más correcto. Sin embargo la falta de significancia estadística puede indicar que dicho periodo de entrenamiento debiese ser más extenso.

En relación a la duración de cada sesión, la duración de cada serie y el tiempo de descanso entre series, se utilizaron tiempos que se observan con mayor recurrencia en los estudios revisados, y siguiendo los protocolos que plantea Power-Plate en sus

programas de entrenamiento (Da Silva et al 2006a; De Hoyo et al, 2009b; Power-Plate, 2010), todos ellos enfocados en evitar la aparición de fatiga en los deportistas.

**9.5. Tipo de sujeto evaluado:** Otra variable que puede haber causado la falta de significancia en los resultados obtenidos puede haber sido la elección de los sujetos evaluados. Al ser éstos, deportistas de alto rendimiento, ya que cumplen con las exigencias técnicas establecidas en el artículo 8° de la Ley del Deporte de Chile (Ministerio del Interior & Subsecretaría del Interior, 2001). Estos deportistas entrenan periódicamente guiados por un entrenador y un preparador físico, 3 veces por semana, 9 horas semanales; por lo que se puede suponer que dichos deportistas se encuentran en su máximo rendimiento y, por lo cual, cualquier entrenamiento que se aplique sobre ellos podría no mejorar, sustancialmente, su capacidad de salto.

**9.6. Aprendizaje Motor:** En los resultados de otros estudios similares, se observó un aumento estadísticamente significativo en la capacidad de salto luego del pre-test (Bosco et al, 2000), dicho incremento observado, posiblemente, puede deberse al aprendizaje del gesto técnico del salto por parte del evaluado. En la segunda evaluación, lograr la posición exigida para la realización del salto, tiene una menor dificultad debido a que la técnica de salto ya se encuentra dentro de los patrones de movimiento del individuo, lo cual favorece la realización del salto, y por ende la obtención de una mayor magnitud de la altura. En este estudio se realizó un periodo de inducción en el salto CMJ, en donde se explicó con detalle el protocolo y se practicó la correcta realización de la técnica de salto. Con esto se evita la influencia del aprendizaje motor, ya que los sujetos internalizan el patrón de movimiento antes de realizar la primera evaluación.

A pesar de esto, se observó que la mayoría de los individuos del grupo estudio aumentaron la altura de su salto en el segundo intento de evaluación. En algunos casos particulares, los individuos mantuvieron la magnitud de su salto, e incluso algunos disminuyeron su altura en el salto (Tabla XI).

**9.7. Desconcertantes:** Si bien la mayoría de los individuos del grupo estudio evaluados aumentaron su capacidad de salto, ya sea luego de la primera sesión con WBV o luego de terminado el periodo de entrenamiento; lo cual puede indicar que el entrenamiento con WBV puede ser beneficioso para mejorar la capacidad de salto.

Dicho aumento no fue estadísticamente significativo (sujetos 2, 3, 8, 12 y 16), e incluso, algunos presentaron una mantención en la altura del salto (sujetos 5, 7 y 10) o una disminución de esta (sujeto 4 y 15). Una posible explicación de esto, es que puedan haber sufrido una alteración en su estado anímico por factores externos, ya sea distractores, estresantes o motivacionales a la hora de realizar la evaluación.

**9.8. Efectos Adversos:** Durante la realización del estudio, los deportistas no reportaron ningún efecto secundario adverso. La mayoría de los participantes consideraron que la carga de vibración era un estímulo divertido y que, si bien cansaba, no lo consideraron como un ejercicio duro o agotador. Esto se condice con los comentarios expresados por los sujetos participantes en la mayoría de estudios revisados, los cuales no reportaron efectos adversos, lesiones o problemas relacionados con el entrenamiento con WBV (Delecluse et al, 2003; De Hoyo et al, 2009b).

**9.9. Concordancias o discrepancias con otros estudios:** Frente a los resultados obtenidos en este estudio, se hace muy difícil hacer alguna comparación con otros estudios porque no existe un consenso en cuanto a los parámetros a utilizar, como fue señalado anteriormente. Pero además de esto, se hace prácticamente imposible comparar los resultados de este estudio con otros similares, ya que no existe ningún estudio sobre entrenamiento con plataforma vibratoria en hockey sobre patines.

Aun así, los resultados de este estudio concuerdan con los resultados que obtuvieron otros estudios realizados en hockey césped, deportistas recreacionales y personas sanas (Bosco et al, 2000; Cochrane y Stannard, 2005; Cormie et al, 2006; Da Silva et al 2006a; Delecluse et al, 2003 & Torvinen et al, 2002b); los cuales muestran que el entrenamiento con plataforma vibratoria mejora la capacidad de salto en dichos sujetos. Aunque la mejoría en este estudio no haya sido estadísticamente significativa.

**9.10. Comparación con otros tipos de entrenamiento:** Al comparar el entrenamiento en plataforma vibratoria con otras modalidades de entrenamiento, como lo es el entrenamiento convencional de estiramiento- acortamiento (Fleck & Kraemer, 1997), podemos destacar que el entrenamiento con WBV requiere periodos más cortos de entrenamiento, los resultados y adaptaciones aparecen más rápidamente y el estímulo es considerado un estímulo agradable y entretenido. Todo esto podría contribuir a que el entrenamiento con plataforma vibratoria sea utilizado, por sobre otras modalidades de entrenamiento, como un mecanismo de entrenamiento para personas que no tienen tiempo para entrenar o que no les gusta el entrenamiento de estiramiento-acortamiento.

**9.11. Efecto “warm-up”:** Algunos estudios como el de Issurin et al, 1994, hablan acerca del efecto de calentamiento que produciría el entrenamiento con plataforma vibratoria sobre los músculos. Es por este motivo que se puede inducir que la mejora obtenida sobre la capacidad de salto, pueda estar inducida por dicho efecto y no a otras adaptaciones adquiridas con el entrenamiento con WBV.

## 10. CONCLUSIONES

Se rechaza la Hipótesis de investigación, por lo tanto:

Al observar el análisis estadístico podemos determinar que el entrenamiento con plataforma vibratoria aplicado durante seis semanas en hockistas del Club Deportivo Universidad Católica, si bien mejora la capacidad de salto inmediatamente después de la primera sesión con WBV y luego del finalizado el periodo de entrenamiento; dicho aumento no es estadísticamente significativo en cada una de las variables analizadas. Y luego de un periodo de 2 semanas de finalizado el periodo de entrenamiento, la capacidad de salto se ve disminuida, por lo que no se mantienen sus efectos. Por todo lo anterior, podemos concluir que el entrenamiento con plataforma vibratoria no mejora la capacidad de salto en jugadores de hockey sobre patines del Club Deportivo Universidad Católica de Chile.

### **10.1. Luego de la primera sesión de entrenamiento con plataforma vibratoria (EA)**

El grupo control mostró una tendencia a disminuir la capacidad de salto, en relación al pre-test. Pero esta disminución no fue estadísticamente significativa.

El grupo estudio, en cambio, mostró una tendencia a mejorar la capacidad de salto, en relación al pre-test, luego de la primera sesión con WBV. Pero dicho aumento no fue estadísticamente significativo.

**10.2. Luego del periodo de entrenamiento de seis semanas (P6S):**

El grupo control mostró una tendencia a mantener o, incluso, disminuir la capacidad de salto, según los resultados obtenidos en los distintos parámetros observados. Pero dichos cambios no fueron estadísticamente significativos.

El grupo estudio, siguiendo la tónica de la evaluación anterior, mostró un aumento en las variables estudiadas para la capacidad de salto. Pero dichos cambios no fueron estadísticamente significativos.

**10.3. Luego de dos semanas de finalizado el periodo de entrenamiento (ER):**

En esta evaluación se observó un fenómeno distinto a las dos mediciones anteriores. Se observó una disminución en la capacidad de salto en ambos grupos estudiados, aun cuando esta no fue estadísticamente significativa.

El grupo control siguió su tendencia a disminuir la capacidad de salto, y en esta medición mostró una mayor tendencia a disminuir, no siendo estadísticamente significativa.

El grupo estudio, al igual que el grupo control, presentó una disminución en los parámetros estudiados de la capacidad de salto, explicada por el cese del entrenamiento con plataforma vibratoria durante dos semanas. Pero tampoco llegaron a ser estadísticamente significativos.

En general, todas las evaluaciones mostraron que la variable que evidenció mayores variaciones fue la altura del salto, seguida por la potencia y el tiempo de vuelo. La variable que mostró menor fluctuación en sus valores fue la velocidad inicial del salto. Pero debemos destacar que ninguna de estas variaciones fue estadísticamente significativa.



## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acero, J. (2003). La evolución matemática de la evaluación del salto vertical. Clon; Universidad de Pamplona.
2. Aguado, X. (1999). Plataforma de fuerza en la medición de las manifestaciones de la fuerza. Programa de doctorado; Universidad Castilla-La Mancha.
3. Aguado, X. (1991). Cuantificación de los desplazamientos del jugador de hockey sobre patines en la competición; Apunts: Educació Física i Esport; 23: 71 -76.
4. Aguila, A. (2005). Procedimiento de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales.
5. Albasini, A., Krause, M. & Rembitzki, I. (2010). Using Whole Body Vibration in Physical Therapy and Sport: Clinical Practice and Treatment Exercises. London: Churchill Livingstone.
6. Barry, D. & Cole, N. (1988). Fluid mechanics of muscle vibrations. Biophysical Journal; 53: 899-905.
7. Bosco, C. (1994). La valoración de la fuerza con el Test de Bosco. Barcelona: Editorial Paidotribo.
8. Bosco, C. (2000). La fuerza Muscular Aspectos metodológicos. Editorial INDE.
9. Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O., Colli, R., Tihanyi, J., Von Duvillard, S. et al. (1998) The influence of whole body vibration on jumping performance. Biol Sport; 15: 157-164.
10. Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O. (1999a). New trends in training science: the use of vibrations for enhancing performance. New Stud. Athletics. 14: 55–62.

11. Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O. (1999b). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexors muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.* 79: 306-311.
12. Bosco, C., Colli, O. & Cardinale, M. (1999c). The effects of whole body vibration on mechanical behaviour of skeletal muscle and hormonal profile. Lyritis, G.P. (Ed.). *Musculoskeletal interactions. Basic and clinical aspects.* Atenas: Hylonome. p. 67-76.
13. Bosco, C., Colli, R., Introini, E., Cardinale, M., Iacovelli, M., Tihanyi, J. et al. (1999d). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*; 16: 317-322.
14. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J. et al. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol*; 81: 449-454.
15. Bosco, C., Luhtanen, P. & Komi, P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol*; 50: 273-282.
16. Cardinale, M. & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev*; 31: 3-7.
17. Cardinale, M. & Lim, J. (2003). The Acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Med Sport*; 56: 287-292.
18. Cardinale, M., Soiza, R., Leiper, J., Gibson, A. & Primrose, W. (2010). Hormonal responses to a single session of whole-body vibration exercise in older individuals. *Br J Sports Med*; 44: 284-288.
19. Cardinale, M. & Wakeling, J. (2005). Whole body vibration exercise: Are vibration good for you? *Br J Sports Med*; 39:585-9.
20. Cochrane, D., Legg, S. & Hooker, M. (2004). The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res*; 18: 828-832.
21. Cochrane, D. & Stannard, S. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med*; 39:806-865.

22. Cormie, P., Deane, R., Triplett, N. & McBride, J. (2006). Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 20: 257–26.
23. Da Silva, M., Padullés, J., Núñez, V., Vaamonde, D., Viana, B., Gómez, J. et al. (2006). Efectos agudos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre el tiempo de carrera en corta distancia en jugadores de fútbol. *Medicina del Ejercicio* (en prensa).
24. Da Silva, M., Vaamonde, D. & Padullés, J. (2006a). Entrenamiento con vibraciones mecánicas y salud: efectos sobre los sistemas óseo, endocrino y cardiovascular. *Apunts Educación Física y Deportes.*; 84: 48-57.
25. Da Silva, M., Vaamonde, D. & Padullés, J. (2006b) Efectos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre la “performance” neuromuscular. *APUNTS Educación Física y Deportes.* 84:39-47.
26. De Blas, X. & Guerra, M. (2012). Proyecto Chronojump-Boscosystem. Herramienta libre para el estudio cinemático del salto vertical. *Salut, Activitat Física i Esports. Grup SAFE. C.I.F. G: 59069740: Universitat Ramon Lull Fundació Privada. Rgtre. Fund. Generalitat de Catalunya.* p.472.
27. De Hoyo, M., Romero, S., Carrasco, L. & Sañudo, B. (2009a). Revisión del efecto agudo de las vibraciones mecánicas sobre diversas manifestaciones de la fuerza. *Archivos de Medicina del Deporte.* Vol XXVI; 129:14-21.
28. De Hoyo, M., Romero, S., Carrasco, L. & Sañudo, B. (2009b). Efecto de una sesión con vibraciones mecánicas sobre la capacidad de salto. *Rev. Int. Med. Ciencias de la Actividad Física y Deporte.* Vol 9. p.36.
29. Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S. (2003). Strength increase after Whole Body Vibration compared whit resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*®, Vol. 35, No. 6; p. 1033-1041
30. De Ruitter, C., Van der Linden, R., Van der Zijden, M., Hollander, A. & De Hann, A. (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur J Appl Physiol*; 88:472–5.

31. Díaz, V. (2009). Metodología de la Investigación Científica y Bioestadística para Estudiantes de Ciencias de la Salud. RiL Editores: Santiago. Chile.
32. Fédération Internationale de Roller Sports – FIRS. (2011). Reglas del juego 2011. Spanish Version; 2011. Consultado 6 de marzo de 2012. Disponible en [http://www.rollersports.org/RollerSports/upload/media/hockey/Reglas\\_de\\_Juego\\_2011Spanish\\_20\\_12\\_2010.pdf](http://www.rollersports.org/RollerSports/upload/media/hockey/Reglas_de_Juego_2011Spanish_20_12_2010.pdf).
33. Fernandez, R. & Mansilla, G. (2006). Validación de la plataforma de contacto CINETIC-06 mediante la comparación de los resultados con la plataforma de contacto, validada internacionalmente, GLOBUS ERGO JUMP. Tesis de grado no publicada, Facultad de Medicina- Universidad de Chile.
34. Fleck, S. & Kraemer, W. (1997). Designing resistance training programs. *Human Kinetics*;1-2004.
35. Fortti, A. & Grieco, A. (1998). Hockey sobre patines, La Grulla, Avellaneda (Bs. Aires).
36. Frank, H., Moos, B., Kaufmann, A. & Herber, A. (2003) Anti-Cellulite Untersuch. SANADERM: Professional Clinic for Skin Illnesses and Allergies, Bad Mergentheim, Germany. Internal publication.
37. García-López, J. & Peleteiro, J. (2004). Tests de salto vertical (II): Aspectos biomecánicos. *RendimientoDeportivo.com*, N°7.
38. Griffin, M. (1994). Handbook of human vibration. London: Academic Press Limited.
39. Halbertsma, J., Mulder, I., Goeken, L. & Eisma, W. (1999). Repeated passive stretching: acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehabil*; 80:407-414.
40. Harman, E., Rosenstein, M., Frykman, P., Rosenstein, R. & Kraemer, W. (1991). Estimation of human power output from vertical jump. *Journal of Applied Sports and Science Research*; 5:116-120.
41. Hernández, J. (1991). Evolución, valoración y diferenciación de la condición física en los jugadores de hockey sobre patines. *Revista Científica Apunts, Educación Física Esports*, N° 23.

42. Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (1998). Metodología de la Investigación (2ª ed.). México. Editorial Mc Graw Hill; 1998.
43. Hsieh, Y. & Turner, C. (2001). Effects of loading frequency on mechanically induced bone formation. *J Bone Miner Res* 16; 2001; 5: 918-24.
44. ISO 2631-1. (1997). Mechanical vibration and shock -Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: General requirements. International Organization for Standardization.
45. Issurin, V., Liebermann, D. & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Sports Sci*; 12:561-566.
46. Issurin, V. & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J Sports Sci*; 17:177-182.
47. Kerschán-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V. et al. (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology: Blackwell Science Ltd.* p.21; 3:377-382.
48. Kitazaki, S. & Griffin, M. (1998). Resonance behaviour of the seated human body and effects of posture. *Journal of Biomechanics.* p. 31.
49. Komi, P. (2003). Strength and power in sport. 2<sup>nd</sup> Ed. The Encyclopaedia of sports medicine; v.3. An IOC Medical Commission publication in collaboration with the International Federation of Sports Medicine. ISBN 0-632-05911-7
50. Komi, P., Viitasalo, J., Raurama, R. & Vihko, V. (1978). Effect of isometric strength training on mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function. *Eur J Appl Physiol*; 40:45-55.
51. Kraemer, W. (1992). Hormonal mechanisms related to expression of muscular strength and power. In: Strength and power in Sport, PV Komi (ed). Boston: Oxford Scientific Publications; pp 64-67.
52. Kraemer, W., Fleck, S. & Evans, W. (1996). Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exerc Sports Sci Rev*; 24: 363-397.

53. Kraemer, W., Gordon, S. & Fleck, S. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med*; 12: 228-235.
54. Kraemer, W., Marchitelli, L., Gordon, S., Harman, E., Dziados, J. & Mello, R. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol*; 69: 1442-1450.
55. Kraemer, W., Patton, J., Knuttgen, H., Marchitelli, L., Cruthirds, C. & Damokosh, A. (1989). Hypothalamic-pituitary-adrenal response to shortduration high intensity cycle exercise. *J Appl Physiol*; 66:161-166.
56. Kraemer, W., Hakkinen, K., Newton, R., Patton, J., Harman, E. & Dohi, K. (1995). Factors in various strength and power performance in men. In: *Proceedings of the XVth Congress of the International Society of Biomechanics*. Jyvaskyla, University of Jyvaskyla; pp. 508-509.
57. Liebermann, D. & Issurin, V. (1997). Effort perception during isotonic muscle contractions with superimposed mechanical vibratory stimulation. *Journal of Human Movement Studies*; 32:171-186.
58. Liga Nacional de Hockey sobre Patines- LNH. (2005). Reglamento del torneo regular masculino, femenino y reglamento de la Liga de Honor de la Liga Nacional de Hockey Patín. Santiago- Chile. Consultado 6 de marzo de 2012. Disponible en <http://www.lnh.cl/documentos>
59. Linthorne, N. (2001). Analysis of standing vertical jump using a force platform. *Annual of Journal Physical*. p.69; 11:1198-1204.
60. López, J. & Fernandez, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. 3ª edición; 1:98-156.
61. Magnusson, S., Aagaard, P., Simonsen, E. & Bojsen-Moller, F. (1998). A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. *Int J Sports Med*; 19:310-316.
62. McBride, J., Schuenke, M. & Porcari, J. (2003). Vibration alters pattern of muscle activity during fatiguing resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35, S294.

63. McCall, G., Grindeland, R., Roy, R. & Edgerton, V. (2000). Muscle afferent activity modulates bioassayable growth hormone in human plasma. *J Appl Physiol* 89, pp; 1137-1141.
64. Mester, J., Spitzenpfeil, P. & Yue, Z. (2002). Vibration loads: potential for strength and power development. En: Komi PV, editor. *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell. p.488-501.
65. Ministerio del Interior & Subsecretaría del Interior. (2001). Ley 19712. Ley del Deporte. Última versión de 22-01-2011. 181636. Santiago-Chile.
66. Padullés, J. (2001). Vibraciones, un nuevo método de entrenamiento. *Set Voleibol* (Mayo). p.54-56.
67. Palacios, N., Santaella, O. & Sainz, L. (2001). Relación entre masa ósea y la fuerza muscular: Nuevo campo en la aplicación de vibroestimulación en el mundo del deporte. IX Congreso Nacional de la Federación Española de Medicina del Deporte Oviedo.
68. Paradisis, G. & Zacharoqiannis, E. (2007). Efectos del entrenamiento vibratorio corporal total sobre la cinemática del sprint y de la fuerza explosiva. *Journal of Sports Science and Medicine*. Vol. 6. p.44-49.
69. Paschold, H. & Mayton A. (2011). Whole-Body Vibration: Building Awareness in SH&E. *Professional Safety*; 56: 30–35.
70. Patterson, D. & Peterson, D. (2004). Vertical jump and leg power norms for young adults. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. Vol 8; 1: 33-41.
71. Pons, M. (1991). Lesiones traumatológicas en el hockey sobre patines. *Revista Científica Apunts, Educación Física Esports*, N° 23.
72. Porta, J., Mas, J., Paredes, C., Izquierdo, E., Aliaga, J. & Martí, D. (2004). Efectos de una sesión de vibroestimulación en la fuerza máxima y explosiva de ciclistas y saltadores juniors; 27: 9-14.
73. Power Plate®. (2010). An introduction to the benefits of Power Plate® Exercise for a healthier population. Power Plate International Ltd. 9A Utopia Village 7 Chalcot Road. London NW1 8HL United Kingdom.

74. Randall, J., Matthews, R. & Stiles, M. (1997). Resonant frequencies of standing humans. *Ergonomics*. p.40.
75. Real Academia Española – RAE. (2001). *Diccionario de la Lengua Española: 22a ed., tomo I. Argentina*. Editorial Planeta S.A.I.C.
76. Reilly, T. & Seaton, A. (1990) Physiological strain unique to field hockey. *J Sports Med Phys Fitness*; 30(2):142-6.
77. Rittweger, J., Beller, G. & Felsenberg, D. (1999). Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. *Clin. Physiol*. Vol 20; 2:134-142.
78. Rittweger, J., Ehrig, J., Kust, K., Mutschelknauss, M., Kirsch, K. & Felsenberg, D. (2002). Oxygen uptake in whole body-vibration exercise: Influence of Vibration frequency, Amplitude and external load. *Int J Sports Med*; 23:428-432.
79. Rittweger, J., Mutschelknauss, M. & Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustivewhole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clinical Physiology & Functional Imaging*; 23:81–86.
80. Rittweger, J., Schiessl, H. & Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical Physiology*; 20: 134-142.
81. Rittweger, J., Schiesel, H. & Felsenberg, D. (2001). Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol*; 86:169–73.
82. Rodríguez, F. (1991). Valoración funcional del jugador de hockey sobre patines. *Revista Científica Apuntes, Educación Física Esports*, N° 23.
83. Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M. & Verschueren, S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int J Sports Med*; ISSN 0172-4622; 25: 1-5.
84. Roelants, M., Sabine, S., Verschueren, S., Delecluse, C., Levin, O. & Stijnen, V. (2006). Whole-Body-Vibration-Induced increase in leg muscle activity during

- different squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 20; 1:124–129.
85. Rubin, C. & McLeod, K. (1994). Promotion of bony ingrowth by frequency-specific, low-amplitude mechanical strain. *Clin Orthop*; 298: 165-174.
86. Rubin, C., McLeod, K., Pope, M., Magnusson, M., Rostedt, M. & Fritton, C. (1994). Transmissibility of ground vibration to the axial and appendicular skeleton: an alternative strategy for the treatment of osteoporosis. *18th Am Soc Biom*; 5: 79-80.
87. Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., McCabe, J. & McLeod, K. (2004). Prevention of Postmenopausal Bone Loss by a Low-Magnitude, High-Frequency Mechanical Stimuli: a Clinical Trial Assessing Compliance, Efficacy, and Safety. *J Bone Miner Res*; 19: 343-351.
88. Rubin, C., Sommerfeldt, D., Judex, S. & Qin, Y. (2001). Inhibition of osteopenia by low magnitude, high-frequency mechanical stimuli. *DDT*; 6: 848-858.
89. Rubin, C., Turner, S., Bain, S., Mallinckrodt, C. & McLeod, K. (2001). Low mechanical signals strengthen long bones. *Nature*; 412: 603-604.
90. Rubin, C., Turner, S., Mallinckrodt, C., Jerome, C., McLeod, K. & Bain, S. (2002). Mechanical strain, induced noninvasively in the high-frequency domain, is anabolic to cancellous bone, but not cortical bone. *Bone*; 30: 445-452.
91. Rubin, C., Turner, S., Muller, R., Mitra, E., McLeod, K., Lin, W. & Qin, Y. (2002). Quantity and quality of trabecular bone in the femur are enhanced by a strongly anabolic, non-invasive mechanical intervention. *JBMR*; 17: 349-357.
92. Thompson, C. & Belanger, M. (2002). Effects of vibration in inline skating on the Hoffmann reflex, force, and proprioception. *Med Sci Sports Exerc*; 34:2037-44.
93. Tippens, P. (2011). *Física, conceptos y aplicaciones*. Séptima Edición. Southern Polytechnic State University McGraw Hill.
94. Torvinen, S., Kannus, P., Sievänen, H., Järvinen, T., Pasanen, M., Kontulainen, S. et al. (2002a). Effect of vibration exposure on muscle performance and body balance: A randomized cross-over study. *Clin Physiol & Func Im*; 22: 145-152.

95. Torvinen, S., Kannus, P., Sievänen, H., Järvinen, T., Pasanen, M., Kontulainen, S. et al. (2002b). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc*; 34:1523-1528.
96. Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T., Pasanen, M., Kontulainen, S. et al. (2003). Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study. *J Bone Miner Res*; 18:876-84.
97. Torvinen, S., Sievänen, H., Järvinen, T., Pasanen, M., Kontulainen, S. & Kannus, P. (2002). Effect of 4-min vertical whole vibration reflex on muscle performance and body balance: A randomized cross-over study. *Int J Sport Med*; 23:374-379.
98. Tous, J. & Moras, G. (2004). Entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas: revisión de la literatura. *Revista Digital EFDeportes*. Año 10 - N°79.
99. Trullols, C. (1991). Táctica y estrategia en el Hockey sobre Patines. *Apunts: Educació Física i Esports*; 23:07-14.
100. UNE-EN 14253:2004+A. (2009). Mechanical vibration- Measurement and calculation of occupational exposure to whole-body vibration with reference to health – Practical guidance.
101. Van den Tillaar, R. (2006). Will Whole-Body Vibration Training Help Increase the Range of Motion of the Hamstrings? *The Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol.20; 1:192-196.
102. Verschueren, S., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschueren, D. & Boonen, S. (2004). 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*. Vol. 19; 3:352-359.
103. Vibro-Fitness®. (1999). *Vibro Fitness 300. Manual de uso*. Siluet Fitex S.L 28010 – Madrid.
104. Vissers, D., Verrijken, A., Mertens, I., Van Gils, C., Van de Sompel, A., Truijen, S. et al. (2010). Effect of long-term whole body vibration training on visceral adipose tissue: A preliminary report. *Obesity facts*. Online published April 7.

105. Warman, G., Humphries, B. & Purton, P. (2002). The effects of timing and application of vibration on muscular contractions. *Aviation, Space and Environmental Medicine*; 73:119-127.
  
106. Yue, H., Kleinöder, J. & Mester, J. (2010). A model analysis of the effects of wobbling mass on Whole-Body Vibration. *European Journal of Sport Science*, vol. 1, issue 1, by Human Kinetics and the European College of Sport Science.

## 12. ANEXOS

### Anexo 1: Consentimiento Informado



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación  
Facultad de Artes, Educación Física y Kinesiología  
Departamento de Kinesiología

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, \_\_\_\_\_, R.U.T. \_\_\_\_\_  
declaro haber recibido toda la información con respecto al estudio en que participaré, el cual consta en evaluar el efecto del entrenamiento con plataforma vibratoria sobre la capacidad de salto en jugadores de hockey sobre patines del Club Deportivo Universidad Católica de Chile. Para lo cual deberé asistir a cuatro evaluaciones, los días que se me señale. Y, de ser seleccionado, deberé asistir durante seis semanas, los días lunes, miércoles y viernes; a sesiones con plataforma vibratoria en el gimnasio de DUOC UC, Sede Puente Alto.

Todos los entrenamientos y mediciones serán realizados por Manuel Ignacio Puertas Figueroa, alumno de Licenciatura en Kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, RUT: 16.097.969-0, fono: +56 9 8428 88 77, domiciliado en Los Juncos 5601, comuna de Peñalolén. Y cualquier problema que se presente durante el proceso de este estudio, podré comunicarme con él para resolverlo.

También declaro que tuve la opción de negarme a ser parte de él, con todo derecho y libertad; pudiendo manifestar todas mis inquietudes y que éstas fueron resueltas satisfactoriamente. Además tendré el derecho de retirarme cuando lo desee.

Entonces, sabiendo que mi participación no tendrá grandes riesgos asociados y que será un aporte al desarrollo de evidencia este tema, acepto y me comprometo a participar voluntariamente de esta investigación.

\_\_\_\_\_  
Nombre  
RUT:

\_\_\_\_\_  
Manuel Ignacio Puertas  
RUT: 16097969-0

Santiago, \_\_\_\_ de Abril de 2012.

**Anexo 2: Ficha Personal**



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación  
 Facultad de Artes, Educación Física y Kinesiología  
 Departamento de Kinesiología

**FICHA PERSONAL**

Nombre: \_\_\_\_\_

Rut: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_

Peso (Kg.): \_\_\_\_\_

Talla (cm.): \_\_\_\_\_

**Altura CMJ MEDICIÓN 1:**

Fecha: \_\_\_\_\_

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

3) \_\_\_\_\_

**Altura CMJ MEDICIÓN 2:**

Fecha: \_\_\_\_\_

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

3) \_\_\_\_\_

**Altura CMJ MEDICIÓN 3:**

Fecha: \_\_\_\_\_

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

3) \_\_\_\_\_

**Altura CMJ MEDICIÓN 4:**

Fecha: \_\_\_\_\_

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

3) \_\_\_\_\_

**Anexo 3: Permiso de Utilización de Instalaciones**

Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación  
Facultad de Artes, Educación Física y Kinesiología  
Departamento de Kinesiología

**PERMISO DE UTILIZACIÓN DE INSTALACIONES**

Director de Carreras de Actividad Física DUOC UC  
Sra. Joana León:

Solicito su aprobación y autorización para hacer uso de las dependencias de la sala de fisioterapia y del gimnasio de DUOC UC - Sede Puente Alto, para poder llevar a cabo la realización de las investigaciones correspondientes a mi proyecto de tesis “EFECTO DEL ENTRENAMIENTO CON PLATAFORMA VIBRATORIA SOBRE LA CAPACIDAD DE SALTO EN JUGADORES DE HOCKEY PATÍN DEL CLUB DEPORTIVO UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE”, durante los meses de Mayo y Junio del presente año, la cual estoy realizando en conjunto con los profesores de su institución, el Klgo. Hernán Bustos Toledo y el Mg. Mauricio Castro Sepúlveda.

De antemano agradezco su colaboración y buena disposición para con mi investigación.

Atentamente, Manuel Ignacio Puertas, estudiante de Licenciatura en Kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

---

Manuel Ignacio Puertas  
Estudiante de Lic. En Kinesiología

---

Klgo. Enrique Enoch Jara  
Director de Tesis

---

Klgo. Hernán Bustos Toledo  
Patrocinante de Tesis

---

Mg. Mauricio Castro Sepúlveda  
Patrocinante de Tesis

Santiago \_\_ de Abril de 2012

**Anexo 4: Tablas****Tabla X: Características de los sujetos evaluados (Talla, Peso, Edad).**

ID de sujeto	ALTURA (cm)	PESO (kg)	EDAD (años)
1	163	67	18
2	175	73	21
3	175	80	23
4	169	66	21
5	169	77	21
6	171	80	28
7	172	73	21
8	160	69	18
9	165	63	18
10	172	77	21
11	177	85	23
12	180	80	21
13	175	70	20
14	187	95	18
15	162	69	20
16	179	81	21
17	182	92	19
18	173	68	28
19	170	76	27
20	188	82	25

**Tabla XI:** Resultados, de la variable altura, en ambos grupos estudiados**ALTURA GRUPO EXPERIMENTAL**

ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
2	32,061	33,093	37,556	35,493
3	34,747	36,711	37,081	35,424
4	35,713	33,93	32,065	32,065
5	44,621	44,587	46,493	45,131
7	45,568	45,528	48,119	42,704
8	36,401	37,929	32,94	32,94
10	34,825	34,07	37,072	36,891
12	40,344	45,931	45,812	44,938
15	35,74	34,4	35,594	31,554
16	37,784	39,198	40,548	38,382

**ALTURA GRUPO CONTROL**

ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
1	43,792	41,656	40,862	40,069
6	42,161	39,269	41,474	41,061
9	36,987	35,4	38,957	36,72
11	36,903	36,486	34,57	33,654
13	29,633	28,653	28,788	26,286
14	37,913	36,14	35,384	33,372
17	36,668	33,729	33,26	31,805
18	44,696	43,77	44,001	40,854
19	32,554	30,999	32,272	30,306
20	44,959	44,182	41,908	41,392

**Tabla XII:** Resultados, de la variable tiempo de vuelo, en ambos grupos estudiados**TIEMPO DE VUELO GRUPO EXPERIMENTAL**

ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
2	0,512	0,52	0,554	0,538
3	0,533	0,547	0,55	0,538
4	0,54	0,526	0,512	0,512
5	0,604	0,603	0,616	0,607
7	0,61	0,61	0,627	0,59
8	0,545	0,556	0,519	0,519
10	0,533	0,527	0,55	0,516
12	0,574	0,612	0,692	0,574
15	0,54	0,53	0,539	0,508
16	0,555	0,566	0,582	0,555

**TIEMPO DE VUELO GRUPO CONTROL**

ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
1	0,598	0,583	0,578	0,572
6	0,587	0,566	0,582	0,579
9	0,549	0,538	0,564	0,577
11	0,549	0,546	0,531	0,524
13	0,492	0,484	0,485	0,463
14	0,556	0,543	0,537	0,522
17	0,547	0,525	0,521	0,51
18	0,604	0,598	0,599	0,577
19	0,516	0,503	0,513	0,497
20	0,606	0,601	0,585	0,581

**Tabla XIII:** Resultados, en la variable potencia, en ambos grupos estudiados**POTENCIA GRUPO EXPERIMENTAL**

ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
2	908,966	923,478	983,774	956,369
3	1010,2	1038,364	1043,584	1020,003
4	907,47	884,532	859,886	859,886
5	1086,817	1086,4	1109,377	1093,012
7	1025,066	1024,622	1053,369	992,326
8	772,2	788,247	734,576	734,576
10	1024,14	1012,984	1056,67	991,194
12	1102,309	1176,16	1184,225	1102,309
15	842,976	827,02	841,253	792,074
16	1078,767	1098,766	1128,666	1078,767

**POTENCIA GRUPO CONTROL**

ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
1	961,83	938,073	929,091	920,031
6	1126,864	1087,526	1117,644	1112,066
9	831,172	813,141	853,014	872,11
11	1120,149	1113,798	1122,429	1107,453
13	826,622	812,84	756,553	722,931
14	1268,938	1238,921	1062,01	1031,373
17	1208,527	1159,082	1150,989	1125,542
18	1015,21	1004,642	1007,291	970,598
19	841,653	821,303	862,656	835,967
20	1018,195	1009,361	1053,251	1046,754

**Tabla XIV:** Resultados, de la variable velocidad inicial, en ambos grupos estudiados**VELOCIDAD INICIAL GRUPO EXPERIMENTAL**

ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
2	2,508	2,548	2,714	2,639
3	2,611	2,684	2,697	2,636
4	2,647	2,58	2,508	2,508
5	2,959	2,958	3,02	2,976
7	2,99	2,989	3,073	2,895
8	2,672	2,728	2,542	2,542
10	2,614	2,585	2,697	2,53
12	2,813	3,002	2,95	2,813
15	2,648	2,598	2,643	2,488
16	2,723	2,773	2,763	2,723

**VELOCIDAD INICIAL GRUPO CONTROL**

ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
1	2,931	2,859	2,831	2,804
6	2,876	2,776	2,853	2,838
9	2,694	2,635	2,765	2,827
11	2,691	2,676	2,604	2,57
13	2,411	2,371	2,377	2,271
14	2,727	2,663	2,635	2,559
17	2,682	2,572	2,555	2,498
18	2,961	2,93	2,938	2,831
19	2,527	2,466	2,516	2,438
20	2,97	2,944	2,867	2,85

**Tabla XV:** Resultados de los tres intentos de salto, de la variable altura, en ambos grupos estudiados.

GRUPO ESTUDIO				
ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
2	38,799	33,093	35,296	33,715
2	32,061	32,237	32,14	31,843
2	31,873	32,633	37,556	35,493
3	37,102	35,058	36,459	35,292
3	31,013	34,848	35,368	33,724
3	34,747	36,711	37,081	35,424
4	33,497	32,7	32,065	32,065
4	30,928	33,752	31,181	31,181
4	35,713	33,93	30,905	28,905
5	34,908	42,371	44,483	45,131
5	38,47	41,827	43,753	44,018
5	44,621	44,587	46,493	44,287
7	37,5	44,516	48,119	42,175
7	40,206	44,786	45,383	41,31
7	45,568	45,528	48,028	42,704
8	36,401	37,929	32,647	32,647
8	28,519	34,343	32,545	32,545
8	29,725	34,049	32,94	32,94
10	37,209	33,848	35,201	34,839
10	34,825	34,07	36,93	35,038
10	32,62	33,637	37,072	36,891
12	39,796	44,963	42,753	41,372
12	40,344	42,714	45,812	44,938
12	36,748	45,931	44,758	43,932
15	37,781	31,008	34,887	29,984
15	35,74	34,4	34,033	31,554
15	34,324	32,519	35,594	28,82
16	33,082	37,375	38,328	37,392
16	32,004	39,198	36,504	36,328
16	37,784	38,481	40,548	38,382

GRUPO CONTROL				
ID de sujeto	PT	EA	P6S	ER
1	39,477	40,978	34,176	35,832
1	42,495	40,392	39,893	40,069
1	43,792	41,656	40,862	40,042
6	39,871	37,219	39,466	38,892
6	37,049	39,269	41,329	39,832
6	42,161	38,832	41,474	41,061
9	36,987	36,987	35,811	35,378
9	32,397	34,547	38,957	35,328
9	35,329	35,432	36,328	36,72
11	36,903	36,486	34,57	33,434
11	36,123	35,821	33,213	33,654
11	35,896	35,128	32,851	32,743
13	24,815	24,329	24,642	25,439
13	29,633	27,392	25,183	26,286
13	27,213	28,653	28,788	25,328
14	34,069	33,732	32,336	32,128
14	37,913	36,14	35,384	33,372
14	35,218	36,067	32,182	33,172
17	32,874	30,473	27,278	30,437
17	34,217	32,47	33,26	31,436
17	36,668	33,729	32,382	31,805
18	42,723	42,438	40,854	42,436
18	44,696	43,123	41,774	40,232
18	44,134	43,77	44,001	39,723
19	30,993	30,382	32,272	29,984
19	32,554	29,843	29,093	30,023
19	30,732	30,999	29,865	30,306
20	44,959	43,129	41,908	40,382
20	43,473	44,182	40,982	40,973
20	42,265	41,293	40,567	41,392

 : mejor salto

**Tabla XVI:** Aceleraciones y número de contracciones producidas a distintas frecuencias sobre una plataforma de vibraciones (Padullés, 2001).

Frec. (Hz)	Ampl. (mm)	Acel. (m/s <sup>2</sup> )	Acel. (G)	N.º Contracciones			
				15 seg	30 seg	45 seg	1 min
10	4	7,89	0,80	150	300	450	600
15	4	17,75	1,81	225	450	675	900
20	4	31,55	3,22	300	600	900	1.200
25	4	49,30	5,03	375	750	1.125	1.500
30	4	70,99	7,24	450	900	1.350	1.800
35	4	96,62	9,86	525	1050	1.575	2.100
40	4	126,20	12,88	600	1200	1.800	2.400
45	4	159,73	16,30	675	1350	2.025	2.700
50	4	197,19	20,12	750	1500	2.250	3.000

#### **Anexo 5:** Figuras

**Figura 4:** Plataforma Vibratoria VIBRO-FITNESS 300®



**Figura 5:** Salto Contra-movimiento (CMJ)

