

AUTORES

*Manuel Alberto Riveros Medina

**Ianelen Arias Padilla

***Edgar Raúl Acosta Rodríguez

****Sandra Liliana Amaya Alejo

UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS

Facultad de Cultura Física Deporte y
Recreación
Grupo de investigación en Ciencias
Aplicadas, Ejercicio Físico, Deporte y
Salud

Contacto grupo de investigación

AUTORES

*manriv933@yahoo.com

**iapa81@hotmail.com

***edgaredufisico@yahoo.com

****samaya1@hotmail.com

APROXIMACIONES TEÓRICAS DE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO EN AGUA Y TIERRA SOBRE FUERZA MUSCULAR Y DENSIDAD MINERAL ÓSEA

Fecha de recepción 3 de Julio de 2010 - Fecha de Aprobación 22 de Septiembre de 2010

RESUMEN

El centro de interés del presente artículo es presentar a la comunidad académica la aproximación teórica realizada en el tema de los efectos del entrenamiento pliométrico en agua y en tierra sobre la fuerza muscular y la densidad mineral ósea, con miras a encontrar nuevas alternativas que favorezcan los procesos de adaptación biológica de los sistemas neuromuscular y óseo, y como soporte a la prevención, intervención y generación de modelos de entrenamiento de la fuerza que alimenten las áreas de la salud y el rendimiento deportivo. Esta aproximación teórica corresponde al marco de la investigación sobre "efectos del entrenamiento pliométrico en agua y en tierra sobre la fuerza muscular y la densidad mineral ósea en mujeres físicamente activas", la cual está realizando el Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas, Ejercicio Físico, Deporte y Salud de la Universidad Santo Tomás.

En el presente artículo se realiza una revisión teórica desde el movimiento corporal humano (MCH) hasta la participación integrada del sistema neuromuscular en los procesos fisiológicos para la generación de la fuerza, la cual se ve representada en el movimiento. Se conceptualiza acerca de la fuerza, sus manifestaciones y los métodos de entrenamiento, haciendo énfasis en el entrenamiento pliométrico el cual está sustentado en el ciclo estiramiento acortamiento. También, se identifican las diferentes posturas en torno a los efectos del entrenamiento pliométrico, tanto en tierra como en agua, sobre la fuerza muscular y la densidad mineral ósea (DMO), sustentando sobre ésta los conceptos de remodelación, turnover o recambio óseo, sollicitación y ejercicio físico.

PALABRAS CLAVE

Entrenamiento pliométrico
Fuerza Muscular
Densidad Mineral Ósea (DMO)
Isocinesia

ABSTRACT

The focus of this paper is to present to the academic community theoretical approach undertaken in the context of the development of the research project "Effects of plyometric training in water and on land on muscle strength and bone mineral density in physically active women" by which we purport to solve this question, in order to find new alternatives that promote the processes of biological adaptation of the neuromuscular and skeletal systems as support for prevention, intervention and model generation of strength training to feed the areas of health and athletic performance, where it is still perceived gaps in the application of this knowledge.

A review from the human body movement (HBM) and integrated involvement of the neuromuscular system in physiological processes for the generation of force which is represented in the movement, is conceptualized on the strength of its manifestations and methods training, among these the emphasis on plyometric training which is based in the stretch-shortening cycle, is entered to identify the different positions about the effects of plyometric training on land and in water on muscle strength and bone mineral density (BMD), based on the concepts of remodeling, bone turnover or replacement, sollicitation, physical exercise and shows the need to continue examining the issue because of the gaps that still exist.

KEY WORDS

Plyometric training
Muscle strength
Bone mineral density
Isokinetic

INTRODUCCIÓN

El movimiento corporal humano se desarrolla gracias a la interacción de todos los sistemas orgánicos; una participación importante para lograr este objetivo se genera a partir de la acción integrada de los sistemas nervioso y muscular, mediante procesos fisiológicos en donde la contracción muscular es fundamental para la producción de fuerza representada en movimiento. A su vez, el músculo es una máquina termodinámica con capacidad contráctil que, dependiendo de las exigencias de trabajo, puede multiplicar ampliamente su facultad de obtener energía química y transformarla en mecánica, a partir de la capacidad de movimiento. En fisiología muscular, “la fuerza generada por el músculo que se contrae se denomina tensión muscular, la cual es un proceso activo que requiere un aporte energético por parte del ATP” (1).

LA FUERZA, SUS MANIFESTACIONES Y MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO

La fuerza se define desde las perspectivas tanto fisiológica como física. Newton planteó que “las leyes de la mecánica o leyes del movimiento establecen la ley de la inercia, que la fuerza es el producto de la masa por la aceleración, y por último, que las fuerzas siempre son combinadas, es decir, que a toda fuerza siempre la contrarrestará una fuerza contraria de igual magnitud y dirección, pero diferente sentido”(2) El anterior planteamiento es aplicado por Izquierdo, quien afirma que la fuerza muscular como causa se define como “la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo: iniciar o detener el movimiento de un cuerpo, aumentar o reducir su velocidad o hacerlo cambiar de dirección” (3).

Desde el primer concepto de fuerza emitido por Newton hasta el día de hoy este concepto se ha ido transformando de acuerdo a las necesidades y a las disciplinas que lo requieren; es así como surge en la actividad física y el deporte el concepto de fuerza aplicada, definida por González-Badillo y Ribas (2002) citados por Izquierdo (3) como “resultado de la interacción entre fuerzas internas y externas”. La primera generada por los músculos esqueléticos y la segunda producida por la carga (fuerza) otorgada por los cuerpos, es así como “la fuerza interna resulta de la fuerza producida por la contracción muscular sobre el punto de inserción sobre el hueso” (4), mientras que la fuerza externa, es la carga (fuerza ejercida por la gravedad, una masa, un adversario, la fricción, la inercia) que se debe vencer a partir de la contracción muscular. En este contexto, la fuerza desarrollada por el ser humano se manifiesta de tres maneras completamente diferenciables, aunque la fuerza en los deportes casi nunca se manifiesta de forma pura, pues se halla normalmente de forma más o menos mezclada en función del deporte específico (5).

La primera manifestación de la fuerza hace referencia a la fuerza máxima que corresponde “a la magnitud de la fuerza interna que el sistema neuromuscular puede desarrollar frente a fuerzas externas mediante contracción máxima voluntaria (6). Por otro lado, Serrato

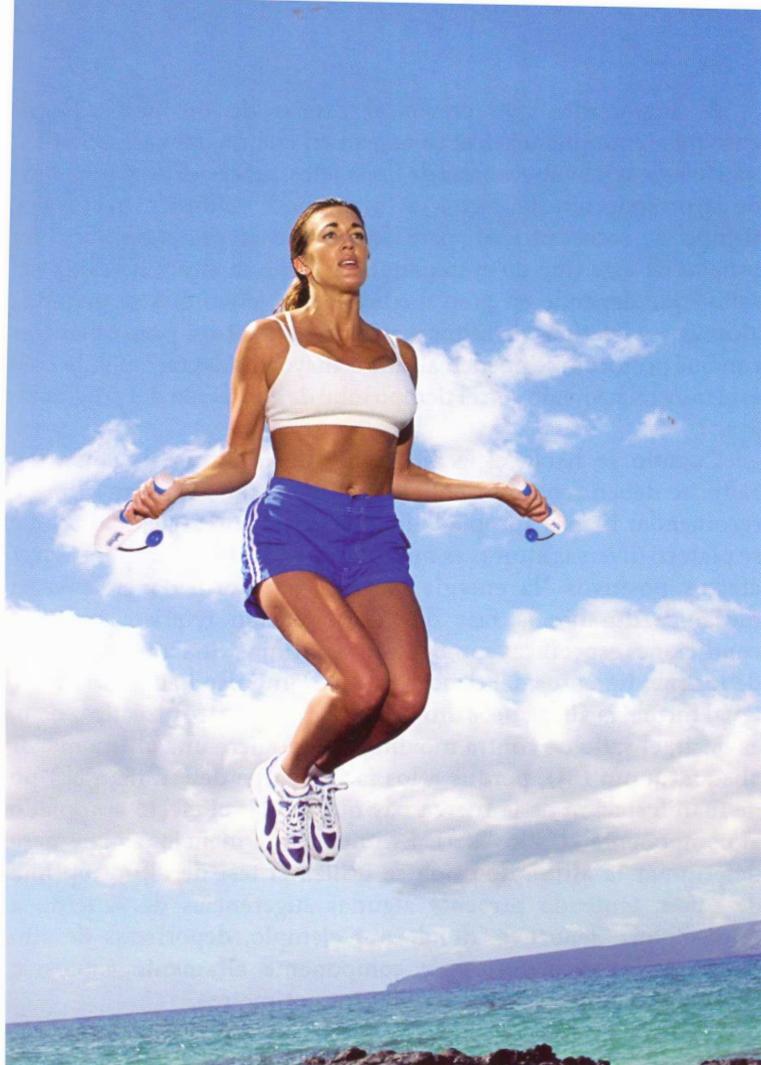
la define como “fuerza máxima isotónica, magnitud en kilogramos que una persona puede levantar, movilizar o soportar solamente una vez a lo largo de todo el rango de movimiento y realizando una ejecución técnica adecuada. Se denomina una repetición máxima (1RM)” (4).

La segunda manifestación es la fuerza resistencia definida según Hartmann (6) como la capacidad de resistencia del organismo frente al cansancio en cargas relativamente prolongadas con un elevado componente de fuerza (superior al 30% de la fuerza máxima individual, e inferior al 70%). La calidad de la fuerza resistencia se manifiesta en el número de repeticiones de movimiento o en el tiempo durante el cual puede desarrollarse una fuerza (fuerza estática) frente a una resistencia (carga) determinada. La fuerza resistencia involucra adicionalmente factores cardiovasculares.

La última manifestación de la fuerza se refiere a la fuerza rápida considerada base para el desarrollo de la potencia y definida “mediante la magnitud de fuerza interna que el sistema neuromuscular puede desarrollar por unidad de tiempo. La calidad de la fuerza rápida se mide mediante la aceleración o velocidad en un tiempo determinado o la transmitida a otros cuerpos” (4). Hartmann la asume como “la magnitud de fuerza interna que el sistema neuromuscular puede desarrollar por unidad de tiempo mediante contracciones voluntarias (velocidad y alcance de la fuerza desarrollada) y el tiempo que se puede mantener esta manifestación de la fuerza”(6).

La fuerza rápida presenta dos formas específicas a saber: la fuerza explosiva y la fuerza de salida. La fuerza explosiva corresponde a la capacidad de desarrollar rápidamente una fuerza elevada, que es decisiva en acciones de fuerza rápida que se consiguen en un tiempo de unos 150 m/seg frente a resistencias medianas o altas. La fuerza de salida es la capacidad de alcanzar en la fase inicial del esfuerzo (hasta unos 50 m/seg después de la contracción) un gran incremento de la fuerza. La fuerza de salida constituye, por tanto, un componente de la fuerza explosiva e influye de forma decisiva en acciones de fuerza rápida que deben realizarse con una elevada velocidad inicial frente a una resistencia relativamente baja.

La fuerza está relacionada con una serie de factores de carácter estructural y otros de tipo neural. En cuanto a los primeros se puede mencionar, entre otros: “el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina, el número de sarcomeros en paralelo, la tensión específica o fuerza que una fibra muscular puede ejercer por unidad de sección transversal, la longitud de la fibra y del músculo y el tipo de fibra. En cuanto al referente neural se tienen en cuenta: el número de unidades motoras activas, los aumentos en la frecuencia de estimulación que se den en las motoneuronas que gobiernan las fibras musculares, el número de sarcomeros que se activen, los factores facilitadores e inhibidores de la activación neuromuscular y las características del manejo del calcio iónico en el interior de la fibra, aspectos básicos para la generación de la fuerza muscular” (7).



Adicionalmente, la fuerza total que un músculo puede producir está influenciada por sus propiedades mecánicas, que pueden describirse mediante la valoración de las relaciones de tensión-longitud, carga-velocidad y fuerza-tiempo del músculo y de la arquitectura muscular esquelética. Otros factores principales en la producción de fuerza es el ángulo articular, el tipo de activación, la temperatura del músculo, la fatiga muscular y el pre-estiramiento.

La tensión en un músculo varía con el tipo de activación (contracción), es así como el trabajo muscular resultante puede clasificarse de acuerdo con la relación entre la tensión muscular y la resistencia a ser vencida, el momento muscular generado y la resistencia a ser vencida. En una activación isométrica no se realiza movimiento ni se desarrolla trabajo mecánico, pero sí se desarrolla trabajo muscular (trabajo fisiológico), igualmente se gasta energía y principalmente se disipa en forma de calor, lo que se conoce también como producción isométrica de calor.

Todas las activaciones dinámicas implican que puede considerarse una fase inicial estática (isométrica) cuando el músculo primero desarrolla una tensión igual a la carga que se espera vencer. Las activaciones isométricas producen mayor tensión que las concéntricas,

y a su vez las excéntricas pueden exceder estas últimas. Se piensa que estas diferencias son debidas, en parte, a la gran cantidad de variables de tensión suplementaria producidas en los componentes elásticos en serie del músculo y a las diferencias en el tiempo de contracción. El mayor tiempo de contracción en las isométricas y en las excéntricas permite una mayor formación de puentes cruzados por parte de los componentes contráctiles, por lo tanto, permite que se genere una mayor tensión. Además, se dispone de más tiempo para que esta tensión sea transmitida a los componentes elásticos en serie (CES) y así se estira la unidad músculo-tendinosa. El mayor tiempo de contracción permite el reclutamiento (llamada de unidades motoras adicionales en respuesta a una mayor estimulación del nervio motor) de unidades motoras adicionales.

La fuerza en sus diversas manifestaciones (máxima, explosiva y resistencia) puede ser entrenada por diversos métodos. En referencia a una manifestación específica, la fuerza explosiva puede ser ejercitada a través de los ejercicios pliométricos. Estos ejercicios son definidos “como un movimiento enérgico y rápido que impliquen una pre-extensión del músculo y una activación del ciclo estiramiento-acortamiento, para producir una contracción concéntrica subsiguiente más fuerte” (8).

El ciclo estiramiento-acortamiento según Verhoshansky (9) se entiende “como la capacidad específica de desarrollar un impulso elevado de fuerza inmediatamente después de un brusco estiramiento muscular”; éste proceso produce en el individuo diversas adaptaciones biológicas que contribuyen a mejorar su desempeño. “La ventaja del ciclo estiramiento-acortamiento es que el músculo puede realizar una mayor cantidad de trabajo si es activamente elongado antes de que se produzca la contracción excéntrica” (10) contribuyendo al alcance de adaptaciones funcionales y estructurales. Las adaptaciones funcionales se dan por ajustes de tipo neural, ya que los ejercicios de multisaltos producen un “aumento en la excitabilidad del sistema nervioso para mejorar la capacidad de reacción del sistema neuromuscular” (8), lo que favorece la velocidad de respuesta ante diferentes actividades de la vida diaria o ante la práctica de cualquier disciplina deportiva; por otro lado, se puede plantear que se da una mejora en la coordinación neuromuscular, por lo que es utilizado actualmente tanto en programas de rehabilitación como de entrenamiento de la fuerza, ya sea en su manifestación de explosiva o máxima, sin embargo éste método ha sido más utilizado para mejorar el rendimiento deportivo, que con fines terapéuticos, realizando los entrenamientos la mayoría de las veces en el campo de juego.

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

Con base en el objetivo de este estudio, García López y colaboradores (11) plantean que hay diversos estudios que evidencian los efectos del entrenamiento pliométrico con ejercicios en el suelo (césped, pavimento), recalando la importancia de la pliometría como método de entrenamiento de la fuerza, que conduce a la adaptación biológica del sistema músculo-esquelético, generando mejoras en el rendimiento mediante un efecto acumulado.

En cuanto a la revisión bibliográfica realizada, son pocos los estudios que describen entrenamientos pliométricos en el agua. Uno de los estudios corresponde al de Robles (12) que describe los cambios isocinéticos con ejercicios pliométricos en el agua. El objetivo de dicho estudio fue demostrar la efectividad de los ejercicios pliométricos acuáticos en la gonartrosis. Los resultados de dicho estudio fueron: el grupo A (rutina de rehabilitación para miembros inferiores en tanque terapéutico) no tuvo diferencia significativa en ningún valor. El grupo B (programa de ejercicios pliométricos acuáticos para miembros inferiores en tanque terapéutico) sí tuvo diferencia significativa en todos los valores, excepto en resistencia a la fatiga de músculos flexores y extensores y potencia de extensores. Si bien el grupo B mejoró en general, no fue suficiente para lograr una diferencia significativa entre ambos grupos, lo cual se debió a que el tiempo durante el cual se realizó el programa de ejercicios pliométricos probablemente fue insuficiente, de lo cual se concluye que los ejercicios pliométricos acuáticos son efectivos para mejorar pico de torque, trabajo total y potencia, en pacientes con gonartrosis.

Este estudio brinda una pauta para buscar el tiempo óptimo programado de ejercicios pliométricos acuáticos. Sin embargo es importante tener en cuenta que dicho estudio no muestra variables de prescripción del programa de entrenamiento pliométrico, lo cual se hace indispensable para poder mostrar la efectividad en el entrenamiento. Por otro lado, permite establecer que sí es posible que mediante entrenamiento pliométrico en agua se puedan generar adaptaciones, por lo menos para el caso descrito anteriormente en fuerza, ya que en el mismo artículo refiriéndose específicamente al entrenamiento pliométrico acuático, se dice que “proporcionó las mismas ventajas del realce del funcionamiento que los pliométricos en tierra” (12), por lo cual es una opción viable.

Adams, K. O'Shea, J.P. O'Shea K.L. y Climstein, M (1992) citados por Robles (12) han propuesto que “los ejercicios pliométricos combinados con peso son de gran estímulo para realizar el salto; si se realiza el entrenamiento en agua el peso es reemplazado por la resistencia del agua y su propio peso corporal”, convirtiéndose en un factor protector, ya que se disminuye la carga sobre los tejidos gracias a la gravedad cero del cuerpo en el agua.

Es importante que previo al diseño de un programa de entrenamiento pliométrico, se tengan en cuenta, las características morfológicas y biomecánicas de los sujetos, así como los parámetros de la prescripción del ejercicio (intensidad, volumen, frecuencia tiempo de recuperación), pero además tener presentes variables propias de este tipo de entrenamiento como la altura de caída del salto (que depende en gran medida del objetivo que se pretenda alcanzar) y los tipos de saltos a aplicar, entre otros, para establecer con qué protocolo se pueden alcanzar mayores adaptaciones, lo cual está muy relacionado con el tiempo total de aplicación del programa.

Cuando se habla específicamente de la altura de caída del salto, se deben tener presente los objetivos por alcanzar, a fin de recomendar la más apropiada (9, 13, 14); sin embargo, a pesar que se plateen diversas alturas es importante considerar que para lograr efectos positivos “la energía cinética transformada en energía mecánica durante la fase de amortiguación requiere de unas condiciones específicas como la altura óptima y una intensificación de los movimientos del deportista en el impulso hacia arriba. De igual forma, la altura del salto es dependiente entre un salto u otro, es decir, el salto de contra movimiento requiere una altura mayor al squat jump (SJ), porque a los factores que determinan el tipo de manifestación de la fuerza hay que añadir el efecto apropiado al componente elástico” (11). Es importante mencionar que para determinar la altura de caída se utiliza el test de altura óptima de caída, teniendo presente algunas sugerencias de acuerdo a la disciplina deportiva, donde por ejemplo, deportistas de alto rendimiento en deportes de componente altamente explosivo tienen las referencias entre los 70 - 80 centímetros.

Frente a las recomendaciones del número de sesiones de entrenamiento, la mayoría de los autores recomiendan que sólo en el caso de atletas bien preparados se pueden programar tres sesiones semanales, teniendo en cuenta que el tiempo de recuperación para este tipo de entrenamiento debe ser por lo menos de 24 horas entre sesión, pudiendo realizar con los sujetos sometidos al programa otro tipo de ejercicio, los cuales pueden ser de recuperación. (9, 13, 16)

Otro parámetro importante del protocolo son el número de saltos necesarios para lograr efectos tanto funcionales como

“... si se realiza el entrenamiento en agua el peso es reemplazado por la resistencia del agua y su propio peso corporal”, convirtiéndose en un factor protector, ya que se disminuye la carga sobre los tejidos gracias a la gravedad cero del cuerpo en el agua. ➤➤

estructurales; para su estimación se puede llevar a cabo el test de número de repeticiones óptimas para una serie en donde con un aumento del tiempo de contacto y una disminución del tiempo de vuelo son suficientes para determinar el número de saltos en una serie para el entrenamiento pliométrico. En contraposición, otros autores no encontraron mejoras significativas en esta cualidad tras la ejecución de programas de 4, 6 y 12 meses respectivamente (11, 16, 17). Esto permite deducir que existen diferencias en las conclusiones alcanzadas en las investigaciones planteadas, indicando la necesidad de seguir indagando acerca del efecto que genera dicho entrenamiento sobre la fuerza, manifestado en la fuerza rápida. Precisamente, con relación a esta problemática García López y colaboradores (11) en su estudio “análisis de las adaptaciones inducidas por cuatro semanas de entrenamiento pliométrico” plantean que se hace necesario realizar nuevos estudios, que trabajen con distintos programas de entrenamiento pliométrico para observar los alcances en torno a las adaptaciones en la fuerza explosiva.

En cuanto al concepto de la densidad mineral ósea (DMO) “se define como el resultado de un proceso dinámico de formación y reabsorción de tejido óseo llamado remodelación. La reabsorción causa un deterioro de este tejido en cuanto a la formación del mismo y es responsable por la reconstrucción y fortalecimiento del tejido deteriorado” (18). Según Bemben (2000) citado por Cadore, este proceso ocurre a lo largo de la vida en ciclos de cuatro a seis meses de duración (19). De igual manera, López Chicharro (20) plantea que en el esqueleto adulto humano el proceso de remodelado óseo en una determinada unidad, tarda en ser completado entre 4 y 7 meses. Así mismo, a la cantidad de hueso sustituido por hueso nuevo, en la unidad de tiempo, se le denomina turnover o recambio óseo y depende del número de unidades de remodelado activas en un momento dado. Astrand y Rodahl establecieron que diferentes componentes celulares son los responsables de la reabsorción y formación de hueso nuevo, donde los osteoblastos contribuyen a la formación ósea, mientras los osteoclastos a la destrucción y reabsorción (21).

Creighton y colaboradores (18) establecieron que las respuestas de remodelación ósea ocurren por la acción de la fuerza de gravedad y por la acción intensa de los músculos ligados al segmento óseo. Nordin (22) lo reafirma al plantear que la remodelación ósea es producto de la sollicitación impuesta sobre el tejido óseo y la acción de la fuerza de gravedad. Lo anterior es complementado por diferentes autores quienes plantean que la remodelación es regulada por hormonas en la circulación sistémica, además de factores de crecimiento, citoquinas, nutrición y factores extrínsecos como la genética, la raza, sexo y las hormonas (10, 20, 23, 24, 25, 27).

Según lo anterior, la formación ósea producida por el entrenamiento, se da gracias a la aplicación de carga mecánica sobre la estructura esquelética, este estrés mecánico sobre el tejido óseo puede ser de carácter tensil, compresivo, de torsión o cizallamiento. Es así como, “los ejercicios con carga mecánica leve o moderada parecen no provocar adaptaciones significativas en los depósitos minerales, por el contrario, los practicantes de modalidades deportivas de mayor carga mecánica presentan resultados positivos” (28,29). En este sentido, Gannong afirma que “la masa ósea corporal total adquirida

en la adolescencia es del 95% convirtiéndose en un objetivo para la prevención de alteraciones óseas degenerativas en edades avanzadas (30). Más aún, se debe tener presente la capacidad de soporte de carga del tejido óseo pues si ésta es superada puede generar reacciones negativas en el tejido en respuesta al ejercicio (29-31).

Groothausen (1997) citado por Urtrassum (29) plantea que los deportes que incluyen saltos generan una fuerza de reacción del suelo (FRS) aumentada 4 veces o más y los deportes realizados con velocidad y cambios rápidos de dirección multiplican el peso corporal de 2 a 4 veces. Por tanto, se hace necesario tener en cuenta las características de disciplinas deportivas que impliquen gran carga sobre el sistema músculo-esquelético y sean favorables a largo plazo.

Teniendo en cuenta las características de las prácticas físicas y siendo el salto un componente presente en muchas de éstas como la pliometría, lleva a sugerir que este método de entrenamiento y las características metodológicas con que se desarrolla la prescripción de las cargas, puede conllevar a largo plazo a alteraciones de los tejidos biológicos solicitados. Por lo tanto, se hace necesario establecer los efectos protectivos que brinda el entrenamiento pliométrico en agua con respecto a la tierra sobre la estructura musculoesquelética (integridad articular y desempeño muscular) de manera tal que contribuya a la prevención de alteraciones músculo esqueléticas por sobreuso.

Lo anterior permite inferir que para desarrollar programas de entrenamiento pliométrico con miras a lograr adaptaciones a nivel del sistema músculo-esquelético, se deben desarrollar en lapsos de tiempo moderado (duración total del programa), y más si se pretende buscar cambios en la densidad mineral ósea (DMO). En las revisiones realizadas se encontró un estudio de análisis de las adaptaciones inducidas por cuatro semanas de entrenamiento pliométrico, del cual se concluyó que “un programa de 4 semanas de duración, a razón de 3 sesiones por semana y con una media de 163 apoyos por sesión, aplicado a estudiantes de educación física, no produce incrementos significativos en la fuerza explosiva” (11). En cuanto al modo de empleo de ejercicios de multisaltos, en diferentes direcciones, pueden ser saltos sin desplazamiento, saltos de pie, saltos de respuesta múltiple y saltos en un solo pie.

Desde la perspectiva de la frecuencia no hay muchos estudios que soporten cuál es la dosificación para lograr mayores adaptaciones, puesto que “no se han llevado a cabo investigaciones acerca de la frecuencia óptima para el aumento de rendimiento” (32), lo que sí se especifica con mayor claridad es el tiempo que debe tener la persona para recuperarse, lo que sugiere “que hacen falta entre 48 y 72 horas para recuperarse por completo antes del siguiente estímulo de entrenamiento” (32). Sin embargo, autores como Adams y Diallo (13,15) recomiendan tres sesiones por semana, mientras Verkhoshansky (9) indica que sólo en el caso de atletas realmente preparados se pueden programar tres sesiones semanales.

Las revisiones realizadas establecen que la duración de las sesiones promedia los 45 minutos y el volumen es determinado por el número de contactos del pie con el suelo; por otro lado, la

intensidad se puede establecer por diferentes aspectos como el tipo de ejercicio, el cual va a depender del grado de complejidad del mismo y la recuperación “puesto que el entrenamiento pliométrico es de naturaleza anaerobia, hay que dejar un período de recuperación más prolongado para que se re-establezcan las reservas metabólicas” (32). En lo que sí coinciden los autores consultados es en la necesidad de respetar al menos un día de descanso (sin trabajo pliométrico) entre dos sesiones consecutivas.

En consecuencia, al reconocer que el ejercicio físico en general y la fuerza muscular en particular corresponden a uno de los factores con mayor influencia sobre el sistema neuromuscular y óseo (la densidad mineral ósea) debido al estrés mecánico que produce sobre estos, se convierten en uno de los principales moduladores de

estos tejidos y en una herramienta perfecta para la prevención de alteraciones del aparato musculo-esquelético.

Por tanto, la intención de abordar la problemática para determinar el efecto del entrenamiento pliométrico en agua y tierra en mujeres físicamente activas, pretende contribuir a dar solución al cuestionamiento acerca de la influencia que ejerce éste, sobre la fuerza muscular y la DMO, con miras a encontrar nuevas alternativas de prevención e intervención sobre los sistemas neuromuscular y óseo que favorezcan los procesos de adaptación biológica y como soporte a la prevención, intervención y generación de modelos de entrenamiento de la fuerza, que alimenten las áreas de salud y el rendimiento deportivo, donde aún se perciben vacíos en la aplicación de este conocimiento.

Referencia:

Las referencias a otras obras son una parte muy importante en la literatura científica; ya que estas permiten conocer más sobre los autores y mantener vivas sus voces dentro del texto.

1. López, Chicharro, J y López M, L. (2008). Fisiología Clínica del ejercicio. Buenos Aires, Argentina: editorial Medica Panamericana. P. 85.
2. Riveros M, M. (2006). Entrenamiento propioceptivo para futbolistas, una propuesta desde la fisioterapia. Volumen 2, número 11. Revista lúdica Pedagógica. Universidad Pedagógica Nacional. P. 22.
3. Izquierdo, M. (2008) Biomecánica de bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Madrid, España: Médica Panamericana. P. 18
4. Serrato, R. M. (2004). Prescripción del ejercicio. Parte III. Evaluación del Fitnes . Acta Colombiana de medicina del deporte , P. 4.
5. González, B. J. y Gorostiaga A, E. (1996). Metodología del entrenamiento para el desarrollo de la fuerza. Madrid, España: Centro Olímpico de estudios superiores. Comité Olímpico Español.
6. Hartmann, J. (2000). Entrenamiento Moderno de la Fuerza. Barcelona España: Paidotribo. P.9.
7. Izquierdo, M. (2008) Biomecánica de bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Madrid, España: Médica Panamericana. P. 553
8. Prentice E. W. (2001). Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva. Paidotribo. P. 107-108.
9. Verhoshansky. (1999). Todo sobre el metodo pliometrico. Barcelona España: Paidotribo.
10. Izquierdo, M. (2008). Mitos y evidencias del entrenamiento pliometrico. Centro de estudios, investigación y medicina del deporte. XX Curso de Fisiología del Ejercicio. Avances en fisiología clínica y rendimiento deportivo: Universidad Complutense Madrid.
11. Garcia, L. D., JA, H. A., Bresciani, G., & De Paz, F. (2005). Analisis de las adaptaciones inducidas por cuatro semanas de entrenamiento pliometrico. Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad fisica y el deporte , P. 68-67.
12. Robles, G. O. (2006). Cambios isocinéticos en el medio acuatico. Revista Mexicana de Medicina Fisica y rehabilitacion , P. 39-42.
13. Diallo, O; Dore, E; Duche, P y Van Praagh, E. (2001); Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical on physical performance in prepubescent soccer players. En, García, D. Análisis de las adaptaciones inducidas por cuatro semanas de entrenamiento pliométrico. Revista internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
14. Matavulj, D, Kukolj, M; Ugarkovic, D; Tihanyi, J y Jaric, S. (2001) effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. En, García, D. Análisis de las Adaptaciones inducidas por cuatro semanas de entrenamiento pliométrico. Revista internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad física y el Deporte.
15. Adams K, O'Shea JP, O'Shea KL, Climstein M. The effect of six weeks of squat, plyometric, and squat-plyometric training on power

- production. *J Appl Sport Sci Res* 1992; 6: 36-41.
16. Turner, A. M; Owings, M y Schwane, J. A. (2003) Improvement in running economy after 6 weeks plyometric training.
 17. Brown, M. E; Mayhew, J. L y Boleach; L. W. (1986). Effects of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. En, García, D. Análisis de las adaptaciones inducidas por cuatro semanas de entrenamiento pliométrico. *Revista internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*.
 18. Creighton DL; Morgan, A. L; Boardley, D; Brolinson, P. G. (2001) Weight – bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. En, Cadore, E. L., Arias, B. M., y Kruel, L. F. (2005). Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. *Revista Bras Med Esporte*. P. 565-570.
 19. Cadore, E. L., Arias, B. M., y Kruel, L. F. (2005). Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. *Revista Bras Med Esporte*.
 20. López, Chicharro. J y Fernández V. A. (2008). *Fisiología del ejercicio*. 3era edición. Buenos Aires, Argentina: editorial Medica Panamericana. P. 893.
 21. Astrand, P; Rodahl. (1992). *Fisiología del trabaja físico*. Buenos Aires Argentina: Panamericana.
 22. Nordin, M. (2004). *Biomecanica del sistema musculoesqueletico*. Madrid España: Mc Graww Hill.
 23. Miralles, M. R. (1998). *Biomecanica clínica del aparato locomotor*. Barcelona España: Masson.
 24. Malagon, C. V. (2005). *Compendio de ortopedia y fracturas*. Colombia: editorial Celsus.
 25. Guyton, A. (1991). *Tratado de fisiologia medica* . Madrid España: Mc Graw Hill.
 26. Thibodeau, A. G. (1995). *Anatomía y fisiología* . Madrid España: Harcourt Brace.
 27. Gutiérrez, M. C. (2006). *Conceptos de Biomecanica "aproximación al análisis de movimiento"* . Bogotá Colombia: Corcas editores.
 28. Ginty F; Rennie K. L. Mills. L; Stear, S; Jones, S; Prentice; A. (2005). Positive,site- specific associations between bone mineral status, fitness, and time spent at high-impact activities in16-to 18 years-old boys. En Urtassum, M. D., E, L. C., y L, M. K. (2008). *efeitos do exercicio na densida de mineral ossea motriz*.
 29. Urtassum, M. D., E, L. C., y L, M. K. (2008). *efeitos do exercicio na densida de mineral ossea motriz*.
 30. Ganon, W. F (1999). *Fisiología Médica*. Sao Paulo. Mac Graw Hill.
 31. Silva, C; teixeiraas y Golberg, T. (2003) *Sporte e suas implicacoes na saúde óssea de atletas adolescentes*. En *efeitos do exercicio na densida de mineral ossea motriz*.
 32. Voight, M., & Tippett. (2001). *El ejercicio pliométrico en la rehabilitacion*. En *Técnicas de rehabilitacion en la medicina del deporte*.