PubliCE, (PubliCE) 2005

Monograph

Teoría del Entrenamiento Pliométrico

Alfredo Herrera Corzo

RESUMEN

El concepto teórico del Entrenamiento pliométrico consiste en la capacidad motora reactiva del músculo esquelético de pasar de la contracción excéntrica a la concéntrica y su efecto externo se refleja en la fase de amortiguación. El dominio de los conocimientos teóricos de esta capacidad permite perfeccionarla empleando en ello diferentes métodos y medios, ya que, aunque son los saltos los más conocidos, también hay otros efectivos y menos traumáticos.

Palabras Clave: mesociclo, perfeccionamiento de la capacidad refleja elástica, periodizacion

Nota: El tema fue presentado por el autor en la Clínica Caribeña NSCA 2005, Universidad del Sagrado Corazón, Puerto Rico.

INTRODUCCION

El termino Pliometría proviene del vocablo griego “pleytein” cuyo significado es aumentar, “metric” medida. En la literatura especializada también se emplean otros términos, entre ellos “Entrenamiento Elástico”, “Entrenamiento Reactivo”, “Entrenamiento Excéntrico”, “Método de choque” y quizás otros mas, pero comúnmente se refieren al rápido ciclo de elongación (fase excéntrica donde se acumula cierta cantidad de energía potencial elástica y se da inicio a la acción refleja) y acortamiento muscular (fase concéntrica donde se genera la mayor fuerza resultante, a consecuencia de la energía elástica y de la reacción refleja eferente).

En la literatura sobre este tema son muy diversas las opiniones y recomendaciones de sobre como perfeccionar esta capacidad reactiva del músculo. Entre las opiniones que demuestran poseer dosis de convencimiento, se encuentran: Las que tienen sustentación en el razonamiento lógico, por ejemplo “Los levantadores de pesas muestran gran poder de salto, es sostenible que el entrenamiento con las pesas ayuda al incremento de la saltabilidad”, otras opiniones y quizás las más las difundidas, se apoyan en las experiencias practicas “Los programas de entrenamiento de los deportistas con rendimientos destacados, frecuentemente emplean los ejercicios con las pesas, diferentes tipos de los saltos, lanzamientos, carreras de distancias cortas, etc.”,de estas ponencias surgen muchas y variadas recomendaciones y hasta se incrementan sustancialmente cuando hacen referencia a los tipos y cantidad de saltos, por ciento de pesos a levantar de la fuerza máxima, proporción entre la cantidad de ejercicios en la semana, el mes, etc, en fin, son tan variadas las recomendaciones como deportistas analizados. Si bien los grupos anteriores de opiniones y recomendaciones son frecuentes, hay otras que no son usuales, nos referimos a las cuales que se sustentan en el resultado de la experimentación, el análisis y la discusión de los fundamentos teóricos de la Pliometría.

El estudio histórico lógico referente al proceso experimental del perfeccionamiento de la capacidad refleja elástica sobre la cual se sustenta la Pliometría, lo realizaremos a partir de los trabajo desarrollados en la ya desaparecida URSS,

recordemos que este fue uno de los estados, quizás el mayor, que mas recursos económicos le aportó al desarrollo de la ciencia en la actividad física y los deportes olímpicos, ¿las causas?, no son motivos de análisis en este trabajo pero consideramos que están relacionadas con la promoción política de sus ideas y la centralización de la economía bajo un régimen de Dictadura del Proletariado, como así lo denominó el propio creador de este estado, V. I. Lenin.

Históricamente se conoce que la antigua URSS después de la post guerra le dedico interés especial en demostrar la fortaleza de su sistema político y para ello empleó diferentes programas estratégicos, y uno de ellos fue la de alcanzar victorias relevantes en las confrontaciones deportivas. El programa de apoyo a la actividad física, no era novedoso, ya que contaba con apoyo priorizado del estado socialista ruso desde etapas tan remotas como la década de los años 1920, porque a pesar de que la hambruna en Rusia era general, destinaron grandes recursos económicos para la creación de centros de adiestramiento para la formación de especialistas en la actividad física. Esto estaba estrechamente relacionado con la ya tradición histórica que poseían los rusos en este campo del saber y con la necesidad imperiosa de preparar mejor a sus soldados, porque para ellos, el ejercito que habían heredado del Zarismo estaba integrado por soldados débiles y poco disciplinado y necesitaban de un ejercito fuerte para la defensa del nuevo estado y la conquista de los otros estados fronterizos.

Retomando el programa estratégico relacionado con la actividad física, este sufrió sustanciales cambios culminada la segunda guerra mundial, y pasó a tomar un enfoque deportivo, lógicamente sin alejarse de su fin como medio de preparación de las tropas. El enfoque competitivo tomó un impulso sostenible después de los sobresalientes resultados de la URSS en los Juegos Olímpicos de 1956, y en consecuencia se incremento sustancialmente el apoyo económico a las actividades relacionadas con el deporte competitivo y se intensificaron ambiciosos proyectos investigativos, años más tarde estos proyectos fueron vinculados con las actividades científicas en la preparación física de los cosmonautas.

Los resultados del apoyo científico a las actividades deportivas no se hicieron esperar y en los finales de la década del 1950 e inicio de los años 1960 los métodos de entrenamiento de sus mejores deportistas rusos comenzaron a dar sustanciales cambios. Entre estos cambios se destaco la prioridad en la preparación física general y especial, en particular la dirigida hacia el desarrollo de la fuerza muscular, esto fue a consecuencia del descubrimiento de la proporcionalidad entre el incremento de la fuerza relativa (Fuerza máxima/peso corporal) y los aumentos en los rendimientos competitivos. Un ejemplo cuantitativo de ello son los datos que resumimos de los mejores saltadores de altura en esos años, tabla 1.

Nombres	Setandilla (kg)	Fuerza relativa en las piernas	Altura en el despegue (cm)
Brumel	175	2.21	104 cm
Bolchov	175	2.21	96 cm
Rulin	150	1.98	86 cm
Diq	135	1.73	81 cm
Chalavadze	140	1.70	81 cm
Glazkov	130	1.83	78 cm

***Tabla 1**. Relación de la fuerza absoluta y relativa en saltadores de altura, datos aportados por Diachkov 1963.*

En la tabla se hace sugerente que los saltadores para situarse en la elite mundial deben poseer resultados en sentadilla profunda igual o superiores a los 175 kg (aproximadamente 385 libras). Estos niveles de fuerza máxima para la época eran muy cercanos a los de los mejores levantadores de pesas en el mundo, pero si en los saltadores los cuales para su actividad competitiva no deben incrementar desmedidamente la masa muscular, en los atletas del área de lanzamientos los índices de fuerza que debían mostrar los deportistas en los controles de preparación física eran tan elevados que no habían sustanciales diferencias entre ellos y los campeones mundiales y olímpicos de levantamiento de pesas, por ejemplo, el campeón olímpico y uno de los mejores levantadores de pesas del mundo en aquellos años, Pliulfelder solo superaba por 15 kg en el ejercicio fuerza (press) al lanzador de martillo Bakarinov, y en sentadilla no habían sustanciales diferencias, por cuanto la fuerza máxima en piernas del deportista de atletismo era de 260 kg, consecuentemente no era casual que deportistas de lanzamientos (martillo, bala y disco) competían indistintamente en halterofilia y lanzamientos, y en ambos deportes mostraban resultados a nivel mundial. ¿Pero hasta donde podía ser tan exigente el proceso de entrenamiento, en lo referente a las normas de preparación de fuerza? Esta interrogante dio paso a la iniciativa de revisar la preparación de los deportistas para más tarde pasar al objetivo de hacer más eficientes los programas de entrenamiento en particular de los deportistas en el alto rendimiento, con el paso de los años este objetivo tomo una categoría internacional y tomó la calificación de “Problema de Investigación” con líneas a desarrollar de manera conjunta en varios países.

Desarrollo

Retomando a los acontecimientos de la década de los años 1960, los estudios fundamentales se desarrollaron en el Instituto Central de Investigaciones de la Cultura Física radicado en Moscú, y el objetivo investigativo que perseguían era incrementar la Fuerza-Explosiva de los deportistas, en particular en el área de salto del atletismo ya que consideraban que los métodos los cuales estaban empleando eran poco eficientes y muy exigentes para los deportista.

Entre los protagonistas de ese acontecimiento histórico se destacan los importantes investigadores, Dr. Ozolin, Dr. Diaskov, Dr. Kustnensov, etc. y por nombra aquellos con los cuales tuvimos acceso personal y fueron una gran fuente información y opiniones se encuentran el Dr. V. Fiodorov quien para la época era director del laboratorio de fisiología, y el Dr. Ratos, director de la sección de biomecánica y más tarde director del propio instituto. Por ellos conocimos que con la ayuda de modernos (para la época) instrumentos de medición, caracterizaron al salto y comprobaron que su estructura biomecánica y bioeléctrica era bien diferente a la de los ejercicios que regularmente se empleaban en los entrenamientos, básicamente las sentadilla, ejemplo de los estudios desarrollados en el área de la biomecánica lo constituye el registro de fuerza en el despegue, tanto en dirección vertical como horizontal del recordista mundial de salto de altura de aquellos entonces Y. Estepanov, (por razones de autenticidad conservamos el texto en idioma ruso) Figura 1.

En el registro dinamográfico se aprecian dos momentos picos de fuerza, el primero en la fase de inicio del propio despegue y en segundo en la fase de amortiguación, dato de interés especial es el desaprovechamiento de fuerza (para el salto alto, que es vertical) en dirección horizontal, este detalle mas la prolongación en el tiempo de acción en aplicación de fuerza, sugirió la conclusión de que la acción puede realizarse más eficientemente, ante la misma fuerza muscular, si el deportista inicia la acción del despegue desde un ángulo más vertical y acorta la fase de amortiguación.

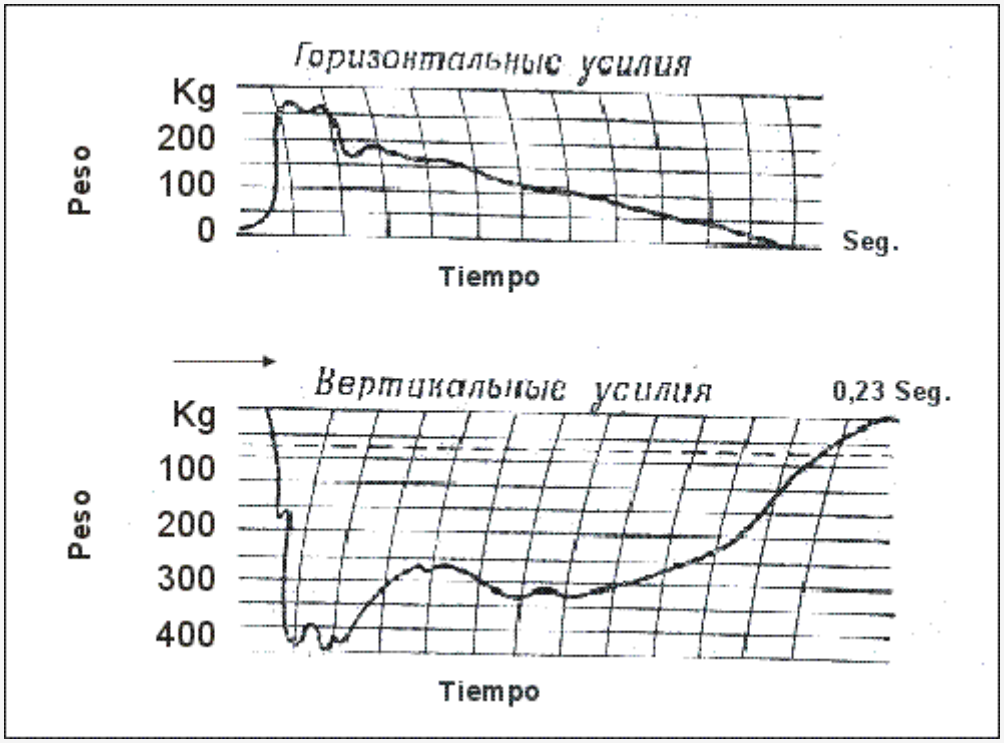


Figura 1*. Registro dinamográfico del despegue en el salto ejecutado por el ex recordista mundial de salto alto, Y. Estepanov, (V.M Diachkov 1958). En el eje de coordenadas, en el eje y se encuentran indicados los kilogramos fuerza, en escala de 50 kg, y en el eje x el tiempo en escala de décimas de segundos.*

La ilustración permite cuantificar la anterior afirmación. En el momento de inicio del despegue si bien el deportista aplicó aproximadamente 450 kg fuerza en el eje vertical también aplicó más del 50% de esa fuerza en el eje horizontal, vectorialmente los más de 250 kg fuerza en la horizontal reducen la posibilidad de que se alcance una mayor altura en el despegue, es decir, no es que únicamente se desaproveche un gran cantidad de fuerza generada por los músculos del deportista, es que esa fuerza reduce la eficiencia en la acción mecánica de los músculos en dirección vertical. El criterio de cuánto se puede elevar la potencia en el despegue reduciendo la fase de amortiguación, puede ser analizado

cuantitativamente siguiendo el propio ejemplo de la siguiente manera: si la aplicación de fuerza promedio fue de 450 kg durante la fase de amortiguación, balance del pie desde el tacón hacia la punta del pie, en un recorrido, por ejemplo de 25 cm. o 0.25 m, en los 0.23 segundos que duró ese recorrido, la potencia pude ser de 489 kgm/seg, pero si ante la misma fuerza pero con la reducción de la fase de amortiguación hasta 0.15 m. el tiempo de aplicación se viera reducido aproximadamente hasta 0.12 seg., la potencia en el despegue sería aproximadamente de 565 kgf/seg, es decir un aumento de la potencia en el orden del 15.5%. En resumen, un ángulo de ataque en el contacto del pie con el piso al inicio del despegue y sin que se realice el balance de tacón a punta del pie, la eficiencia en el aprovechamiento de la fuerza sería significativamente muy superior.

La anterior conclusión provocó sustanciales cambios en la ejecución técnica de los ejercicios de salto y mas tarde en los de fuerza, ya que técnicamente empezó la tendencia de que las carreras y saltos debían ejecutarse de manera tal, que la fase de amortiguación durara el minino de tiempo y que en el salto el momento de "ataque" del pie al inicio del despegue fuera con un ángulo entre el pie y la superficie del piso lo más cercano a la perpendicular. En el orden de la metodología del entrenamiento surgió un nuevo enfoque metodológico a partir del axioma de que para perfeccionar el potencial de fuerza se debían realizar mediante ejercicios en los cuales la potencia fuera igual o superior a la desarrollada en los ejercicios de competencia, es decir, un nuevo enfoque objetivo por el cual clasificar los ejercicios de preparación física especial. Para dar un ejemplo cuantitativo, los ejercicios especiales para el entrenamiento del despegue en los saltadores de altura debían cumplir con el requisito de generar una fuerza muscular al menos de 450 Kg. en un tiempo no mayor de 0.23 segundos.

Los estudios que seguidamente se realizaron para conocer las potencialidades que se desarrollaban con los diferentes medios y ejercicios de entrenamientos que hasta aquel entonces se clasificaban preparación física especial, en particular con las pesas y en específico las sentadilla, demostraron que la potencia en ellos era muy baja, con relación al salto, y consecuentemente el régimen de contracción muscular era bien diferente. Este fue el motivo por el cual se aventuraron en buscar nuevos ejercicios para desarrollar la Preparación Física Especial, así fue que surgió el salto de profundidad "Método de Choque", en el cual tuvo participación decisiva V. Verjachanski.

Antes de pasar a desarrollar los fundamentos teóricos sobre el cual se sustenta la gran potencia muscular que se puede desarrollar de manera voluntaria en los saltos de profundidad y que su generalización dio origen al método de choque, queremos subrayar que la tendencia de priorizar la preparación física especial en el proceso de entrenamiento se mantiene y que aquellos ejercicios con los cuales se desarrollan gran potencia, en particular los pliométricos, son muy utilizados en el entrenamiento de los mejores deportistas del mundo y la tendencia es de ir incrementándolos, dado que la actividad competitiva se ha hecho aun mas dinámica y estos ejercicios continúan demostrando gran efectividad. Por ejemplo, A. Medviedev en colaboración con V. Verjachanski, (los resultados de la investigación se encuentran en el libro, "Sistema de entrenamiento perspectivo en los levantadores de pesas" 1986, paginas 110-113, texto en ruso), demuestran que después de un mes de entrenamiento, el promedio de incremento de los rendimientos competitivos (levantadores de pesas) fue del 6.7% y en algunos deportistas fue del 11% en el ejercicio envión, y le atribuyen estos incrementos al empleo del entrenamiento pliométrico. La cantidad total de saltos pliométricos fueron de 310 y se aplicaron tres veces en la semana, ejecutaron series de 10 saltos y con altura variable de 0.5 hasta 0.7 metros, en la metodología general recomiendan que este método se emplee básicamente en los periodo competitivos y con una frecuencia anual de dos a tres veces.

En la afirmación de la vigencia del entrenamiento pliométrico tomamos las observaciones efectuadas sobre la cantidad y características de las acciones motoras que ejecutan los deportistas competitivos en los deportes de Juegos con pelotas, queda evidente que la mayor frecuencia y cantidad son las que se realizan de manera rápida y explosiva, y entre los deportes donde es mayor el por ciento se encuentran: Voleibol, Baloncesto, Fútbol (incluido el Americano), béisbol, etc. Pero además, la tendencia es la de ir incrementándose este tipo de acciones.

Tomando de referencia los estudios realizados sobre las características de las carreras de máxima velocidad, por ejemplo, en la carrera de 100 metros del atletismo, demuestran objetivamente que la potencia muscular que desarrollan los deportistas en los primeros metros tiene relación directa con el resultado final. Esto lo podemos ilustrar objetivamente con el análisis de las características cinemáticas de la carrera de 100 metros planos, y tomemos de ejemplo al medallista olímpico, soviético V. Borsov.

En las características cinemáticas de la carrera hay dos etapas fundamentales que están estrechamente vinculadas con el éxito competitivo. En la primera se trata de alcanzar la máxima velocidad (aproximadamente hasta los 50 metros) y la segunda mantenerla al nivel más elevado posible, es decir que la primera está estrechamente relacionada con la velocidad "Pura" y la segunda con el nivel de desarrollo de la "Resistencia a la velocidad". En la primera etapa se delimitan dos momentos picos en la velocidad del corredor, hay un incremento totalmente lineal de la velocidad con relación a la cantidad de metros recorridos y está sujeto al aumento de la longitud y frecuencia de los pasos, pero básicamente por la frecuencia, esto es hasta el metro 18 aproximadamente. En la segunda parte de la primera etapa, el aumento de la velocidad se mantiene pero con un menor grado de incremento, hasta aproximadamente en el metro 50 de la carrera, y está relacionado por la óptima relación entre la longitud y frecuencia de los pasos. En la segunda etapa (Resistencia a la

velocidad) se aprecian tres sub-etapas, y dependen de la capacidad del deportista en mantener el ritmo apropiado entre la longitud y frecuencia de los pasos. En el estudio que nos ocupa, el entrenamiento de Pliometría tiene influencia directa en el incremento de la velocidad en los primeros metros de la carrera, esta observación es válida para las demás carreras cortas y son extensivos para los deportes donde las acciones motoras se realizan en una distancia aproximada de 10 metros. En otro términos, las acciones de máxima velocidad en espacios reducidos deben ser perfeccionadas con formas de entrenamiento que posibiliten el incremento de la frecuencia de pasos y mantener la adecuada longitud de ellos, todo lo cual está estrechamente relacionado con la capacidad motora reactiva de los músculos de las piernas en la transición de la contracción excéntrica a la concéntrica y su efecto externo se refleja en la posibilidad de acortar la fase de amortiguación en el apoyo, estamos en presencia de la aplicación práctica del concepto teórico de la Pliometría.

Estudios posteriores, han reafirmado el razonamiento de que las fases de amortiguación debe ser reducida para aumentar la potencia en la carrera y por consiguiente la velocidad, pero en el caso de las carreras al contrario de los saltos donde la potencia debe ser dirigida hacia el vector horizontal, se debe reducir los desplazamientos verticales del centro de gravedad del cuerpo, y recomiendan que el ángulo de ataque del pie en el empuje debe ser menor. Una observación importante de estos autores es que recomiendan esta forma de carrera para las distancias de 1500 y 5000, y coinciden con otros especialistas en el hecho de que la energía cinética, si la fase de amortiguación es bien corta, se multiplica de un paso al otro como un hecho acumulación de energía elástica en la fase excéntrica que se va transfiriendo a la concéntrica.

En los estudios que realizamos entre los años 1977 al 1981 relacionados con la dirección del Sistema Nervioso Central en los movimientos de fuerza explosiva y con la constante aseria del Dr. V. Fiodorov, nos permitó dar respuesta a dos problemas, muy afines entre si y determinantes en el proceso de mejorar la eficiencia del entrenamiento. El primero, ¿Cuál era objetivamente la relación entre la actividad muscular tanto inter como intramuscular y con las características dinámicas del ejercicio en condiciones naturales?, en otras palabras, para perfeccionar el proceso de mejoramiento de la fuerza explosiva no era suficiente con el saber qué ejercicios desarrollaban más potencia, era preciso indagar en el régimen de actividad muscular que se generaba ese potencial explosivo. La segunda, determinar con mayor precisión las fases del movimiento desde el punto de vista de la actividad de los músculos cinergistas y su relación, en tiempo y magnitud de fuerza con las fases de la estructura dinámica del ejercicio, en el orden practico el problema radicaba en que no siempre los deportistas podían terminar correctamente el ejercicio a pesar de que realizaban la misma fuerza máxima, todo indicaba que el problema no era solo alcanzar la mayor potencia posible, había que mantener una relación optima entre las fases del ejercicio, pero del cual de ellas dependía básicamente. Figura 2.

Entre las conclusiones del trabajo que dieron respuestas a los anteriores interrogantes podemos destacar tres: La fase fundamental de los movimientos de características explosivas en el orden pliométrico es la de freno, antes se pensaba que era la del despegue y algunos especialistas consideraban la fase de amortiguación, la duración de esta fase a partir de la dinamografía debe ser inferior a 0.1 segundo para alcanzar los más altos niveles de fuerza de acción en el despegue, en el orden de la actividad bioeléctrica de los músculos esta fase debe durar aproximadamente 0.05 segundos, la actividad coordinativa de la cual depende el acotamiento de esta fase en el interno del músculo es el tiempo de reclutamiento de las unidades motoras. Otra conclusión importante es la que se refiere a que la fuerza máxima que los músculos son capaces de desarrollar en el momento del despegue está condicionada a la coordinación ente la actividad eléctrica de los músculos antagonistas con los cinergistas, la actividad del pico bioeléctrico de ambos debe coincidir en tiempo y magnitud, esto sucede básicamente en el entorno de los 170 y 175 grados en la articulación fundamental. La tercera conclusión, y que también se relaciona con la Pliometría, es que el sincronismo en la contracción de las fibras es el factor determinante en el cambio de sentido, es decir pasar rápidamente de la flexión al empuje.

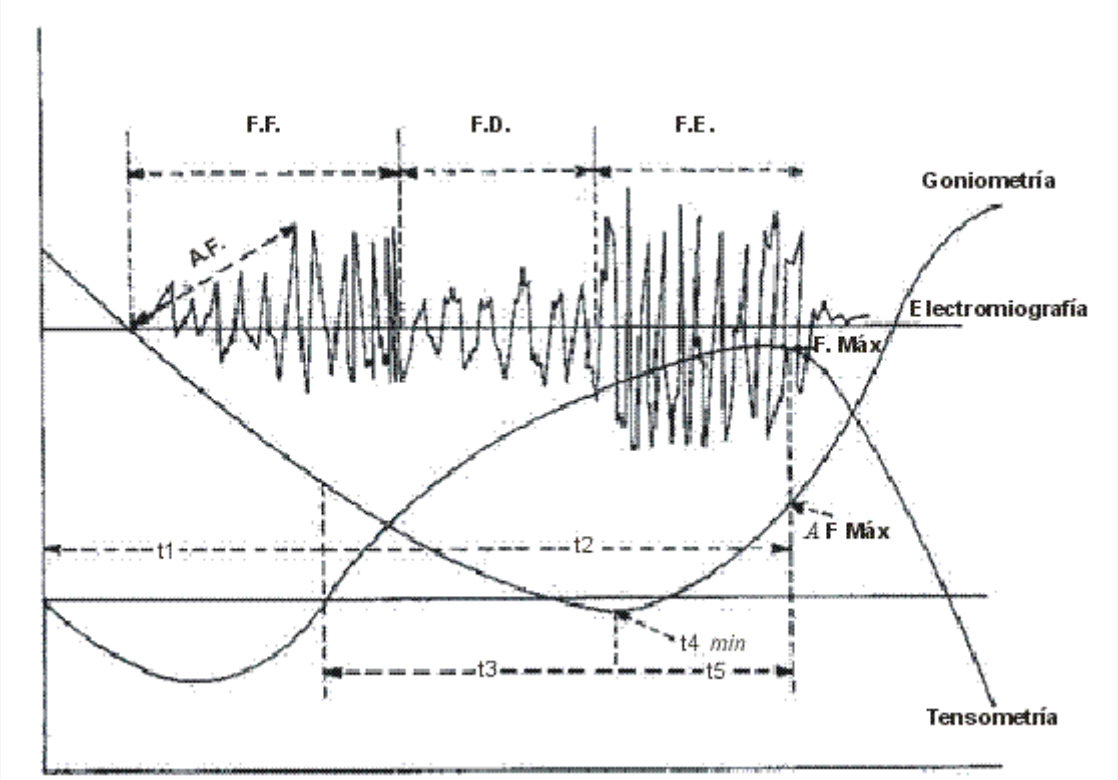


Figura 2. *Magnitudes promedios de las características bioeléctricas, goniometrías y tensométricas del envión desde el pecho de levantadores de pesas rusos de alta maestría deportiva internacional, cuando levantaban el peso correspondiente al 90 % del resultado máximo en este ejercicio. En el eje x está el tiempo, el eje y esta en función del método de estudio: electromiograma promedio del tiempo en las fases de freno (F.F. 0.225±0.7 seg.) fase de detención (F.D.0.049±0.02 seg.) y la fase de empuje (F.E. 0.156±0.03) en el músculo recto anterior del cuadriceps, así como su amplitud en milivoltios y frecuencia de potenciales eléctricos en la F.F. (amplitud 6.83±1.4mv, frecuencia 14.5±2.3 y el tiempo de reclutamiento de las unidades motoras (A.F. 0.131±0.05), en la F.E. (amplitud promedio 8.74±2.1 mv y la frecuencia 17.7±5.02); por la goniometría registrada en la articulación de la rodilla, el tiempo promedio de duración de la fase de freno determinada por este indicador (T.1 0.126±0.02 seg.), el ángulo promedio que coincide con la fuerza mínima registrada en la tensométrica, (A min. 119±4.29 grados) y el ángulo de coincidencia con el punto de fuerza máxima (A Fmax 144±17.6 grados); la tensométrica en valores cualitativos de la fuerza máxima sobre el apoyo en el eje vertical (F max 235±11.6), dada en por ciento, al tomar el 100 % a la suma de los kg, del peso corporal del deportista y la cantidad de kg en la palanqueta.*

Las conclusiones pertinentes referente al corto periodo de tiempo en le cual se desarrolla el proceso de “Freno”, y la gran fuerza de reacción que se genera sobre el apoyo, la cual se mantienen aun después de empeorarse la coordinación interna en el músculo, tanto en deportistas de alto nivelo nivel competitivo como en quienes se iniciaban, nos hizo llegar a la observación de que la máxima fuerza reactiva estaba condicionada a otro factor más, y nos detuvimos en el análisis de la reactividad de muscular que se genera por los tejidos con propiedades elásticas y comprobamos que tanto el corto reclutamiento de unidades motoras como la gran fuerza de reacción solo se alcanzaba cuando los movimientos eran bien cortos y rápidos, esto lo comprobamos mediante el estadio de varios tipos de saltos en los cuales variamos la profundidad de la semiflexion, tanto en el despegue como en la caída así como su velocidad de ejecución. Fue entonces que la discusión sobre el otro factor que estaba influyendo sobre la explosividad del movimiento se dirigió hacia las propiedades físicas del músculo, en particular la elasticidad, la cual en condiciones naturales es inversamente proporcional con la viscosidad, esto es lo que regularmente se conoce como relación viscosidad-elasticidad que los rusos la resumen en “Dureza muscular”. De aquí surge la hipótesis de que disminuyendo la viscosidad en el músculo, como factor limitante de la elasticidad muscular, podemos incrementar la fase reactiva de la contracción excéntrica, este es un fenómeno reactivo de uno o varios músculos que no necesariamente mantienen un patrón de coordinación ni tampoco depende directamente de la energía celular, razón por la cual algunos lo llaman factores no energéticos de la contracción muscular.

Otro aspecto que también provocó discusión científica se refiere a que la cúspide de la fuerza máxima está precedido, (inferior a 0.1 seg.) por la coincidencia con el pico bioeléctrico de característica sincrónica en la contracción de las fibras musculares, tanto en el músculo cinergista como en el antagonista. Esta observación nos llevó a la conclusión de que los músculos supuestamente antagonistas en condiciones de esfuerzos máximos y en determinado ángulo hacen la función de

ayudar al trabajo de los músculos cinergistas. La continuación de esta discusión provocó el estudio de la influencia de un medio adicional que frenara el movimiento explosivo en el instante en el cual se generaba el pico de fuerza máxima, el medio que elegimos fue la resistencia a través de una liga. Los resultados experimentales demostraron que la cúspide de fuerza máxima sobre el apoyo se incrementó como promedio en 50 Kg., es decir que la acción de frenar el movimiento posibilitó un incremento del potencial de fuerza que generan los músculos en particular los antagonistas, los detalles de esta investigación se encuentran publicados en el Boletín Científico Técnico, No 2, 1979.

En resumen, desde el punto de vista experimental, el principio teórico del entrenamiento pliométrico de generar una gran fuerza en un muy corto periodo de tiempo, tiene básicamente dos factores que intervienen en la acción excéntrica o previa a la contracción concéntrica, ellos son: La acumulación de la energía elástica producto de la ejecución de movimientos previos, condicionada a la magnitud mecánica de la acción y a la relación entre las propiedades físicas del músculo, en especial la viscosidad y la elasticidad que tienen como resultante la dureza del músculo, sobre este factor nos concretaremos a recordar que Hill en el siglo pasado fue uno de los primeros estudiosos de las propiedades físicas de los músculos, y estableció la relación entre los componentes elásticos en serie y los componentes elásticos en paralelo que intervienen en la contracción de carácter explosivo.

El segundo factor, está relacionado con las características reflejas de la contracción muscular, tanto entre el músculo cinergista como en el antagonista, (por el objetivo de este trabajo omitimos los factores energéticos), su mecanismo reflejo general, se resumen en la tabla 2.

Receptor Terminaciones axónicas y las fibras intrahusales del tipo Ia y II	**Vías aferentes** Las terminaciones de las fibras Ia (primaria y II (secundaria) en los ganglios raquídeos situados en la parte posterior de la medula espinal. Los estiramientos rápidos aumentan los potenciales de las primarias y los lentos los disminuye.	**Centro reflejo** A nivel medular y en el central constituido por los axones de las neuronas sensitivas, las ínter neuronas y las motoneuronas.	**Vías eferentes** Estas dependen de la información y su elaboración, pueden tomar las vías eferentes del: Reflejo monosinapticos (las terminaciones sensitivas establecen sinapsis con las motoneuronas) o del Reflejo polisináptico (terminaciones sensitivas establecen sinapsis con las interneuronas y estas con las motonueronas), de gran importancia en la coordinación entre segmentos del cuerpo.	**Función.** La información recibida de las fibras intrahusales estimularon a las motoneuronas alfa y sus axones constituyen las placas motoras de las fibras extrahusales o contráctiles. Surgen los movimientos de magnitud de fuerza variable y complejidad de acciones.

Tabla 2. *Mecanismo reflejo del movimiento a nivel muscular*

En los mecanismos reflejos, el miotático o de estiramiento, tiene como punto de excitación los propio receptores del Sistema Nervioso Central, ver tabla 3. Recordemos que el arco reflejo miotático es uno los más rápidos del cuerpo humano, y responde a la conexión directa de los receptores sensoriales en los músculos con células de la médula espinal y la acción refleja del ciclo es el proceso de estiramiento – acortamiento, este reflejo incondicionado con respuesta ya desde el nivel medular produce movimientos muchos mas rápidos que cualquier otro surgido de contracción muscular voluntaria no automatizada y sus receptores se encuentran en el uso muscular, como su nombre lo indica, se origina a partir del estiramiento o elongación muscular.

Receptor Fibras intrahusuales y las terminaciones primarias y secundarias	**Vías aferentes** Terminaciones Ia y II. Básicamente la primera.	**Centro reflejo** Sinapsis de la terminación Ia con la motoneurana alfa del músculo estimulado y la propia del antagonista, además de la sinapsis con la interneurona inhibitoria.	**Vías eferentes** Axones de las motoneuranas del músculo estimulado	**Función** La estimulación de las fibras intrausuales, estimulando las motoneuronas del músculo cinergista e inhibe las del antagonista.

Tabla 3. *Reflejo miotático, de estiramiento o monosináptico*

En la acción concéntrica, paso al estiramiento, se libera la energía elástica acumulada por los movimientos previos de estiramiento y por la fuerza que se desencadena producto del reflejo de estiramiento en la contracción muscular, a consecuencia del rápido reclutamiento de las unidades motoras.

Otro de los reflejos que intervienen en la acción pliométrica se refiere al de alargamiento, (ver tabla 4) que tiene acción excitante con las ínter neuronas excitadoras del músculo antagonista el cual en el orden práctico posee estrecha relación con la participación de los músculos antagónicos durante en el momento de esfuerzo máximo en la fase de empuje.

Es decir, que la capacidad de fuerza en función de tiempo que se genera en los ejercicios bajo el régimen de Entrenamiento de la Pliometría es superior a la desarrollada por los ejercicios de reacción voluntaria, se debe a las múltiples reacciones reflejas que de manera sincronizada se desarrollan durante la contracción rápida y al aprovechamiento de las propiedades físicas del músculo, aunque con menos protagonismo no deben ser ignorados otros factores como son los energéticos de la contracción muscular y los momentos de inercia por el desplazamiento y proporcionalidad de los segmentos del cuerpo. El principio teórico del Entrenamiento pliométrico es la garantía de las acciones de gran potencia como son los saltos y las carreras a gran velocidad.

Receptor Órgano tendinoso de Golgi, durante una acción dinámica aumenta la frecuencia de estimulación, ante una estática disminuye	**Vías aferentes** Fibras que salen del órgano tendinoso y llegan a la médula.	**Centro reflejo** En la médula se establecen sinapsis, son las motonueronas del músculo estimulado a través de unas motoneuronas de carácter inhibidor que colateralmente se relacionan con interneuronas excitadoras del músculo antagonista	**Vías eferentes** Los axones de las motoneuronas alfa del propio músculo estimulado constituyendo las vías eferentes para recibir un estimulo inhibidor para disminuir su actividad.	**Función** 1) Alternaciones del flexo-extensión en los movimientos rápidos. Ejemplo, carreras, saltos, lanzamientos, etc. 2) Para graduar adecuadamente la magnitud de la fuerza. 3) impedir lesiones articulares.

Tabla 4. *Reflejo Miotático invertido, de alargamiento (tensión(*

CONCLUSIONES

1. En el orden bioeléctrico, las contracciones musculares en las cuales se combinan la fuerza con la velocidad, se presentan al menos cuatro fases en la actividad eléctrica de los músculos agónicos o cinergistas: I- Acción previa, en la que predomina la contracción excéntrica o de alargamiento de las fibras musculares y el reflejo miotónico, II- Fase de contracción concéntrica (la denominamos "Freno"), donde se manifiesta el rápido reclutamiento de las unidades motoras, III- Fase isométrica, en la cual hay sustancial incremento de la amplitud y baja frecuencia de los potenciales eléctricos, la contracción muscular se desarrolla básicamente en el régimen de contracción isométrica, predominio de la contracción

sincrónica de las fibras musculares. IV- Fase de brusco incremento de los potenciales eléctricos en su alta frecuencia y alta amplitud de los potenciales eléctricos, régimen de contracción balística dinámica.

2. El registro sincronizado de estas fases bioeléctricas con las cinemáticas y dinámicas demuestra que la actividad eléctrica del músculo (causa) antecede a las manifestaciones externas de las fuerzas y el movimiento (efecto), por tal motivo, la estructura externa de los ejercicios no siempre reflejan la realidad objetiva en la interioridad del trabajo muscular, ni todos los ejercicios los cuales se consideran idóneos para el incremento de la fuerza explosiva cumplen conveniente con este objetivo. En investigaciones que hemos desarrollado y por consultas de los materiales investigativos de otros autores, recomendamos que la duración de la fase de isométrica de la contracción de músculo fundamental debe ser inferior a 0.05 segundos y se relaciona con la fase de "Freno" determinada por medio de la goniometría, la cual debe ser igual o inferior a 0.1 de segundo. En la estructura dinámica, el tiempo que media entre el punto de convergencia de la fuerza aplicada sobre el apoyo con la línea media del peso del deportista hasta el momento que se alcanza la fuerza máxima debe ser igual o inferir a 0.4 segundos.

3. En el orden biomecánico, el tiempo desde el momento de inicio del empuje con el momento fuerza máxima en el apoyo y la duración de la fase de "Freno" es inversamente proporcional con la potencia muscular en el movimiento, por tal motivo la flexión o actividad previa debe ser corta y pasar rápidamente a la fase de empuje que también debe ser corta y rápida. Sobre este particular, hemos desarrollado la hipótesis de que el en tiempo de 0.1 segundo de la fase de "Freno" (biomecánicamente determinada), es la frontera entre la Fuerza-Explosiva y Fuerza-Rápida, la primera es cuando la fase de "Freno" se prolonga por un tiempo igual o inferir a 0.1 segundo, cuando se ejecuta en un tiempo mayor, estamos en presencia de una acción de fuerza Fuerza-Rápida, razón por la cual consideramos que los ejercicios en un régimen pliométrico la fase de "freno" debe ser igual o inferior a 0.1 segundos y con esto justificamos las opiniones de algunos entrenadores los cuales subrayan que los entrenamiento de la Pliometría no les han aportado beneficios a sus deportistas, ya que no dominan este concepto metodológico.

4. En el orden metodológico, la aplicación del método de Pliometría amparado únicamente en la experiencia práctica puede ser riesgoso y poco efectivo, pero al conocer su fundamento teórico y experimental estamos en condiciones de afirmar de que los saltos pueden ser un buen ejercicio para el entrenamiento pliométrico, en particular los de profundidad, pero también pueden ser empleados otros medios y métodos menos propensos a lesiones y no contraindicados en la adolescencia, siempre que en ellos el tiempo de la fase de "freno" sea inferior a 0.1 segundo.

5. También en el orden metodológico y a partir de los experimentos donde estudiamos las variaciones de los parámetros bioeléctricos y biomecánicos del salto de profundidad desde diferentes alturas, descubrimos que las alturas en las cuales es mejor el efecto de reclutamiento de unidades motoras esta entre 40 y 60 cm., saltos de profundidad desde alturas entre 80 cm. y 1 metro eran menos efectivos, porque disminuye la velocidad de reclutamiento de las unidades motoras y la fuerza máxima.

RECOMENDACIONES

Entre los ejercicios que recomendamos, además de los saltos de profundidad en alturas de 40 a 60 cm., se encuentran los lanzamientos y recibos del balón u objetos medianamente pesados ya sea con una o dos manos; saltos continuos pasando sobre objetos cercanos y de altura igual 40 cm.; ejercicios dinámicos con una fase previa en el régimen de contracción isométrico, ejercicios dinámicos en los cuales se contrarreste los efectos positivos de la aceleración, realicen la función de freno, lo cual puede ser por medio de ligas o tensores; ejercicios donde se provoque efecto de resonancia, por ejemplo golpear sobre una banda de caucho gruesa.

Entre los métodos que han demostrado efecto muy positivo sobre el desarrollo de la fuerza explosiva y que en cierta forma se relacionan con la Pliometría se encuentra el de "Contraste". El método de entrenamiento de los músculos antagónicos, ya sea de manera pasiva y tensiones entre el 25 y el 30% de la fuerza máxima o activa con pesos del 70 al 75 % de la fuerza máxima.

Es sugerente para desarrollar el adecuadamente el Entrenamiento Pliométrico, que los entrenadores conozcan aquellos factores que pueden influir negativamente, entre los que se encuentran: 1- La inadecuad técnica de ejecución del ejercicio; 2-Calentamiento muscular Incorrecto. 3- Condiciones ambientales inhóspitas para la contracción muscular.

REFERENCIAS

1. Anderson, F. C. & Pandy, M.G (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of Biomechanics, 12, 1413-1427*
2. Chu, Donald (1996). Ejercicios pliométricos. *Edit. Paidotribo*
3. Fiodorov. V. L; G. A. Herrera (1979). Medio para el desarrollo de la fuerza en el levantamiento de pesas. *Boletín Científico Técnico. No. 2, INDER. Cuba.pp-41-44*
4. Adriano Vretaros (1990). Efeitos do programa da pliometria de contraste sobre os valores de impulsão horizontal nos jogadores de tênis de campo. *http://www.efdeportes.com/indic53.hm*
5. Herrera, G.A (1981). Metodología del perfeccionamiento de la técnica del envión desde el pecho en el proceso de formación de la maestría deportiva. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. *Instituto Central Estatal Orden de Lenin (Moscú). Tutores: A. S. Medviedev y N. A. Masalguin, 137 h*
6. Herrera Corzo A. V. Fiodorov (1991). Método para determinar la capacidad de movilización de las unidades motoras en los movimientos de velocidad-fuerza, aplicable en levantadores de pesas.
7. Herrera Corzo, Alfredo. Navarro Despaigne, Justo M (1990). Modelo de Entrenamiento Deportivo para Atletas Olímpicos. *http://www.efdeportes.com/efd65/pesas.htm*
8. Masalguin. N.A.;Verjohoshansky Y.V.; Golovina L.L.;Naraliev A.M (1990). The influence of the shock method of training on the eletromiyographic parameters of explosive effort. *Soviet Sports Review, v.25, n.01, p.34-36*
9. Barnes, Michael (2003). Introducción a la Pliometría. *PubliCE Standard. 28/11/2003. Pid: 213*
10. Verjohoshansky, Y.V (1999). Todo sobre el método pliométrico. *Editorial Paidotribo, España*