

Estudio de la correlación del salto vertical con los perímetros y dinamometría de las extremidades inferiores

Dr. Juan Vives i Turcó, Dr. Daniel Brotons i Cuixart, Dr. José A. Gutiérrez Rincón
Centre de medicina de l'Esport de Barcelona

Introducción

En la actualidad existen muchas especialidades deportivas cuyo óptimo rendimiento depende de la potencia del tren inferior, motivado por la fuerza que aplican las extremidades inferiores a un gesto deportivo dado. Ante esta premisa, el entrenador y el médico deportivo no solamente indagan sobre el entrenamiento más adecuado del tren inferior, en función del deporte determinado, sino también buscamos la evolución funcional de su potencia a través de algunos test indicativos.

La evaluación médico-deportiva de la potencia del tren inferior no solamente induce a orientar y asesorar al preparador físico, sino también creemos que es labor nuestra intentar buscar alguna relación cineantropométrica para con el mejor resultado obtenido de los test dinamométricos del tren inferior. De esta manera estudiamos y correlacionamos todas las cualidades del deportista que influyen en el gesto específico a evaluar, citamos como ejemplo la búsqueda de alguna proporcionalidad o no entre el incremento del desarrollo muscular y el aumento de la potencia muscular.

De entre los test indicativos, podemos contar con el test dinamométrico de los extensores de la columna vertebral, adaptado al tren inferior y el test del salto vertical, en el cual conocemos las potencias de las EEl a través de la fórmula de LEWIS,

$$POTENCIA = \sqrt{4.9 \times PESO \text{ CORPORAL} \times SALTO \text{ (cm)}}$$

En relación al entrenamiento del tren inferior, hay muchas teorías que confirman que para aumentar la velocidad de ejecución del gesto deportivo, que prevea la superación de una resistencia externa en el menor tiempo posible, es necesario aumentar la fuerza máxima de los músculos agonistas para posteriormente transformarla en potencia.

Entendemos por fuerza, la capacidad de sobrepasar cierta resistencia o actuar contra ella mediante la tensión muscular. Podemos clasificar la fuerza según sus características en fuerza máxima, explosiva y fuerza resistencia.

Fisicamente definimos la fuerza como el producto de masa por aceleración, de tal manera que podemos aumentar la fuerza incrementando la masa o bien la aceleración. La fuerza explosiva, propia de los saltos, la podemos subdividir en tres tipos distintos:

A) EXPLOSIVO TÓNICA, el músculo se contrae con una tensión que se desarrolla velozmente y con un elevado empleo de la fuerza que alcanza su máximo al final de la sollicitación. (Ej. Arrancada de pesas)

B) EXPLOSIVA BALÍSTICA, el músculo se contrae repentinamente, con la máxima fuerza, para vencer una resistencia.

C) EXPLOSIVO REACTIVO BALÍSTICA, se produce cuando el músculo se contrae con empleo repentino máximo de fuerza desde una posición de sobreestiramiento, desarrollando de esta ma-

nera lo que conocemos con el nombre de *método pliométrico* (trabajo excéntrico-concéntrico).

El entrenamiento de la fuerza, tanto general, como multilateral o especial (explosiva) se ha de llevar a cabo de una manera progresiva empezando a trabajar con el peso del cuerpo como resistencia, pasando a utilizar ingenios de peso como los sacos, parejas, etc, posteriormente trabajar con pesos adicionales (extensores, halteras, etc.) y por último la posibilidad de efectuar trabajo más específico, como el trabajo excéntrico (someter al músculo a una carga suficiente como para alargarlo aún cuando al mismo tiempo trate de acortarse), etc.

En relación a la fuerza rápida especial de los saltos, la magnitud del volumen de la carga ya no resulta decisiva, si bien se trata de efectuar la combinación racional y sucesiva de los métodos y medios encaminados al perfeccionamiento de las diferentes cualidades y distribución conveniente de los volúmenes parciales de las cargas dentro del ciclo anual. Un volumen concentrado en un determinado tiempo seguido de un trabajo especial de fuerza-técnica con un volumen mediano conlleva a un fuerte ascenso de los valores de fuerza rápida.

Estos nuevos conceptos de entrenamiento de la fuerza rápida vienen avalados por las siguientes premisas:

1. Se ha comprobado que el aumento absoluto de la fuerza muscular ejerce una influencia negativa en la velocidad de los movimientos y en la capacidad explosiva de la fuerza muscular.
2. Cuando en el gesto deportivo prevalece una tensión muscular intensa o explosiva para la superación de una resistencia externa relativamente pequeña, también se precisa para ello un nivel correspondiente reducido de fuerza muscular absoluta y cuando la resistencia exterior es insignificante se precisa todavía menos fuerza absoluta.

En general existen dos tareas importantes en el proceso de las cualidades especiales de velocidad fuerza: el desarrollo del potencial de velocidad fuerza de grupos musculares específicos y la mejora del nivel de su empleo durante la ejecución del ejercicio básico.

En la primera, hemos de aplicar un régimen dinámico con acento en la combinación del trabajo muscular de tipo excéntrico y concéntrico: se trata de un método de esfuerzos de corto tiempo de duración y repetitivo. En relación a la segunda tarea se necesitan ejercicios especiales de actuación regional y global con una magnitud de resistencia que debe equivaler a la competitiva.

Existen unas formas de relación dinámica entre el desarrollo de la fuerza explosiva y el volumen de carga dentro del trabajo de entrenamiento. Un volumen de carga mediano y distribuido con relativa igualdad a lo largo del ciclo, conduce a un aumento gradual de la fuerza explosiva.

Después con relativa rapidez, se presenta un descenso de la misma.

Un volumen de carga más alto y algo más concentrado en una determinada etapa trae consigo precisamente un mayor aumento de la fuerza rápida.

En realidad y concretamente en el salto vertical, el principio mecánico más importante es la velocidad vertical inicial, de tal manera que para aumentar la potencia de salto y siguiendo la fórmula física de

$$\text{POTENCIA} = \text{FUERZA} \times \text{VELOCIDAD},$$
$$\text{POTENCIA} = \text{FUERZA} \times \frac{\text{DISTANCIA}}{\text{TIEMPO}},$$

diremos:

1. El entrenador puede desarrollar la fuerza de la pierna del atleta para aumentar su potencia de salto. La masa corporal (resistencia) resulta relativamente más ligera y permite una mayor aceleración vertical.
2. También se puede aumentar la distancia en la que se va a aplicar la fuerza o hacer que el saltador adopte una posición inicial más agachada, de esta manera, manteniendo una fuerza constante se generará una mayor potencia.
3. La última alternativa es la reducción del tiempo. Si mantenemos las demás variables constantes y simplemente "saltando más deprisa" aumentará la potencia y consecuentemente la altura del salto.

A través del test de tinte o del salto vertical siempre se ha intentado buscar tanto la evaluación de los esfuerzos anaeróbicos alácticos o de corta duración como la evaluación de la potencia absoluta de los grupos musculares del tren inferior. La valoración de dicha potencia de extremidades inferiores también se ha efectuado, y se efectúa, mediante test dinamométricos en máxima contracción isométrica, pues su fiabilidad es de un grado elevado.

Sentadas estas premisas, es objetivo de nuestro estudio determinar la capacidad de evaluación, que por si mismos y correlacionados, puedan tener los dos test empleados así como la correlación de la potencia real de las extremidades inferiores y el índice de potencia hallado a partir del salto vertical mediante la fórmula de Lewis, además de observar las interferencias que puedan existir o no entre los aumentos de la masa muscular y el aumento de la potencia real de las extremidades inferiores.

Además completamos la investigación observando las repercusiones que en estos parámetros puedan provocar variables como las de mayor utilización del tren inferior, trabajo de musculación en el programa de entrenamiento, o utilización concreta de un sistema de preparación muscular específico.

Material y método

Material

Para la realización del presente trabajo se utilizó el siguiente material técnico:

1. Báscula de contrapeso sobre una base horizontal, con una capacidad hasta 140 Kg. y una precisión de 100 gr.
2. Tallímetro vertical, sobre una base horizontal, con una capacidad hasta 2 metros, y una precisión de 5 mm.
3. Dinamómetro de tracción lumbar y de extremidades inferiores, marca "TKK", modelo "Back & Leg", con una capacidad hasta 300 Kg. y una precisión de 1 Kg.
4. Placa de salto vertical, marca "TKK", de panel movable ("cero móvil"), con una capacidad de hasta 100 cm. y una precisión de 1 cm.
5. Cinta métrica metálica, con una precisión de 1 mm.
6. Compás de pliegues cutáneos "Holtain", precisión 0,2 mm.

Población

El estudio se ha efectuado sobre una población compuesta de 314 sujetos, deportistas de ambos sexos, y practicantes de diversos deportes, según la distribución siguiente:

| | | | | | |
|--------------|-------------|---------------|--------------------|----|--|
| Varones: 214 | Atletismo | 80 | Fondo | 15 | |
| | | | Medio fondo | 43 | |
| | | | Velocidad y saltos | 20 | |
| | | | Lanzamientos | 2 | |
| | | | | | |
| | | Natación | 50 | | |
| | | Water-polo | 37 | | |
| | | Ciclismo | 22 | | |
| | | Piragüismo | 8 | | |
| | | Tenis | 6 | | |
| | | Karate | 3 | | |
| | | Balonmano | 2 | | |
| | | Gimnasia dep. | 1 | | |
| | | Fútbol sala | 1 | | |
| | Hockey pat. | 4 | | | |
| Mujeres: 100 | Atletismo | 40 | Fondo | 11 | |
| | | | Medio fondo | 10 | |
| | | | Velocidad y saltos | 15 | |
| | | | Lanzamientos | 4 | |
| | | | | | |
| | | Natación | 45 | | |
| | | Baloncesto | 8 | | |
| | | Tenis | 3 | | |
| | | Patinaje | 2 | | |
| | | Karate | 1 | | |
| | | Voleibol | 1 | | |

La media de edad de los sujetos era de 18'2 años en los varones y de 15'4 años en las mujeres.

Los sujetos efectuaban una media de 12'3 horas de entrenamiento semanal en cuanto a varones y 11'1 horas en cuanto a mujeres.

Método

El presente estudio se realizó en cada sujeto, efectuando una medición de peso y talla, en bipedestación, descalzos y en ropa interior, con una precisión de hasta 5 mm. en cuanto a la talla y de 100 gr. en cuanto al peso.

Seguidamente se efectuó la medición de la potencia del tren inferior, utilizando el dinamómetro "back & leg" de la marca TKK, siendo la posición de partida del sujeto en bipedestación, con las rodillas flexionadas aproximadamente 115°, la espalda totalmente erguida y apoyada en una superficie posterior, teniendo asido el dinamométrico con los brazos totalmente extendidos, de tal manera que el tronco y extremidades superiores sólo actuasen de transmisores de la potencia de extremidades inferiores.

La tracción se efectuó intentando la máxima extensión de las extremidades inferiores.

Se concedieron dos intentos, con un tiempo intermedio entre ambos de 5 minutos como mínimo.

La medición de los perímetros de las extremidades inferiores, cuyos valores fueron corregidos para disminuir el error provocado por el componente graso, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Perim. corregido} = \text{Perim. observado} - \frac{\text{pliegue cutáneo corresp.}}{10}$$

se realizó en las siguientes localizaciones:

a) Cuadriceps: Se tomó en el punto de límite entre el tercio superior y el tercio intermedio de la longitud entre la cresta iliaca antero-superior y el límite superior de la rótula.

b) Gemelos: La medición se efectuó en el punto correspondiente al 25% de la distancia del hueco popliteo hasta el astrágalo, partiendo del hueco popliteo.

Ambas mediciones se efectuaron en la extremidad dominante y en máxima contracción isométrica.

Finalmente se efectuó la prueba del salto vertical (Detente) utilizando la placa de salto vertical de la marca TKK.

Inicialmente el sujeto marcaba su propio punto de partida, haciendo coincidir el borde inferior del aparato con la punta del dedo medio de su brazo dominante totalmente extendido hacia arriba.

A continuación, el sujeto se separaba unos 20 cm. de la vertical del aparato, y se mojaba los

dedos de la mano dominante con agua, jabón, etc. de cara a dejar una marca ostensible sobre el aparato.

Seguidamente se procedía a efectuar un salto vertical máximo, desde una posición estática, intentando el sujeto dejar la marca de su dedo lo más arriba posible sobre el aparato.

Acto seguido se procedía a la lectura de resultados con una precisión de 5 mm.

Se concedió la posibilidad de un nuevo intento, a los 5 minutos como tiempo mínimo de intervalo.

El estudio estadístico de los resultados obtenidos se hizo mediante el T-test de Student y los coeficientes de correlación.

Resultados

En la tabla I se observan los valores medios de peso, talla, perímetros de extremidades inferiores a nivel de cuádriceps y gemelos, salto vertical, potencia de extremidades inferiores tanto a nivel global como especificado por sexos.

Mediante la tabla II se expresan los valores del coeficiente de correlación entre el parámetro del salto vertical con los valores del perímetro de extremidades inferiores tanto a nivel de gemelos como de cuádriceps y la potencia de piernas.

También se expone la relación entre la potencia

| | Total | ♂ | ♀ |
|----------|-------|-------|-------|
| Peso | 58.2 | 61.6 | 50.6 |
| Talla | 166.7 | 169.8 | 159.8 |
| Ø Cuad. | 49.2 | 49.4 | 48.7 |
| Ø Gem. | 33.8 | 34.4 | 32.5 |
| Potencia | 134.6 | 152.9 | 94.9 |
| Salto | 41.7 | 44.7 | 35.4 |
| n | 314 | 214 | 100 |

TABLA I

| Salto | Coef. Correl. | | |
|-------|---------------|--------|----------|
| | Ø Cuad. | Ø Gem. | Potencia |
| | 0.40 | 0.51 | 0.63 |

TABLA II

| Potencia | Coef. Correl. | | Lewis |
|----------|---------------|------|-------|
| | ♂ | ♀ | |
| | 0.56 | 0.65 | |

TABLA III

| Salto | Coef. Correl. | | | |
|-------|---------------|--------|----------|----------|
| | Ø Cuad. | Ø Gem. | Potencia | |
| | 0.41 | 0.25 | 0.43 | Musc. |
| | 0.28 | 0.53 | 0.52 | No Musc. |
| | ♂ | | | |

TABLA IV

| Salto | Coef. Correl. | | | |
|-------|---------------|--------|----------|----------|
| | Ø Cuad. | Ø Gem. | Potencia | |
| | 0.55 | 0.46 | 0.53 | Musc. |
| | 0.62 | 0.58 | 0.50 | No Musc. |
| | ♀ | | | |

TABLA V

de piernas medida en dinamómetro estático y la potencia hallada mediante el salto vertical, a través de la fórmula de Lewis, en la tabla III.

Se expresan, mediante la tabla IV, los coeficientes de correlación entre el salto vertical y los perímetros de extremidades inferiores (cuádriceps y gemelos) y la potencia de piernas, referido a

individuos que han realizado trabajo de musculación e individuos que no lo han hecho, en cuanto al sexo masculino, observándose en la tabla V los mismos parámetros en cuanto al sexo femenino.

En las tablas VI y VII podemos observar los valores del coeficiente de correlación entre la potencia de extremidades inferiores y el salto

| Pred. Tren Inferior | | |
|---------------------|-------|---------|
| Coef. Correl. | | |
| | Salto | Potenc. |
| Ø Cuad. | 0.30 | 0.28 |
| Ø Gem. | 0.10 | 0.16 |
| Salto | | 0.28 |

♂

TABLA VI

| | No | | |
|----------|-------|-------|--------|
| | Musc. | Musc. | T-test |
| Ø Cuad. | 50.0 | 49.2 | 1.04 |
| Ø Gem. | 34.5 | 34.3 | 1.09 |
| Potencia | 165.7 | 146.7 | 3.95 |
| Salto | 47.8 | 43.8 | 4.61 |
| n | 75 | 139 | |

♂

TABLA IX

| Pred. Tren Inferior | | |
|---------------------|-------|---------|
| Coef. Correl. | | |
| | Salto | Potenc. |
| Ø Cuad. | 0.41 | 0.42 |
| Ø Gem. | 0.28 | 0.36 |
| Salto | | 0.49 |

♀

TABLA VII

| | No | | |
|----------|-------|-------|--------|
| | Musc. | Musc. | T-test |
| Ø Cuad. | 50.6 | 47.1 | 2.87 |
| Ø Gem. | 33.8 | 32.6 | 2.11 |
| Potencia | 114.1 | 87.3 | 3.16 |
| Salto | 37.8 | 34.4 | 2.21 |
| n | 27 | 73 | |

♀

TABLA X

| | Coef. Correl. | |
|----------|---------------|--------|
| | Ø Cuad. | Ø Gem. |
| Potencia | 0.46 | 0.49 |

TABLA VIII

| | Coef. Correl. | | | |
|-------|---------------|--------|----------|------------|
| | Ø Cuad. | Ø Gem. | Potencia | |
| Salto | 0.58 | 0.39 | 0.53 | T. Exc. |
| Salto | 0.28 | 0.49 | 0.45 | No T. Exc. |

♂

TABLA XI

vertical con los perímetros de extremidades inferiores a nivel de cuádriceps y gemelos en individuos que practican un deporte de predominancia del tren inferior, tanto en hombres como en mujeres.

A través de la tabla VIII podemos observar los coeficientes de correlación entre la potencia de piernas y los perímetros de extremidades inferiores (cuádriceps y gemelos) en toda la población estudiada.

En la tabla IX se reflejan los valores medios de los perímetros de extremidades inferiores, salto vertical y potencia de piernas de los individuos que han realizado trabajo de musculación y de los que no lo han realizado, con el T-test calculado entre cada par de parámetros, todo ello referido al sexo masculino, viéndose los valores correspondientes al sexo femenino en la tabla X.

Mediante las tablas XI y XII se expresan los coeficientes de correlación entre el salto vertical y

los perímetros de extremidades inferiores a nivel de gemelos y cuádriceps, y la potencia de piernas, en referencia a individuos que han realizado un trabajo específico de tipo excéntrico e individuos que no lo han realizado tanto en hombres como en mujeres.

Los valores medios de los perímetros de extremidades inferiores (cuádriceps y gemelos) así como de salto vertical y potencia de piernas en individuos que han realizado dicho trabajo excéntrico y los que no lo han realizado se reflejan en las tablas XIII y XIV, así como también el T-test entre cada par de parámetros.

Finalmente en la tabla XV se observan los valores medios de los perímetros de extremidades inferiores, potencia de piernas y salto vertical del grupo de especialidades de velocidad, comparado con el mismo número de individuos no velocistas, así como el T-test calculado entre cada par de valores, todo ello referido al sexo masculino.

| | | Coef. Correl. | | | |
|-------|--|---------------|--------|----------|-----------|
| | | Ø Cuad. | Ø Gem. | Potencia | |
| Salto | | 0.79 | 0.80 | 0.50 | T. Exc. |
| Salto | | 0.66 | 0.56 | 0.55 | NoT. Exc. |
| ♀ | | | | | |

TABLA XII

| | | No | | |
|----------|--|---------|---------|--------|
| | | T. Exc. | T. Exc. | T-test |
| Ø Cuad. | | 50.5 | 49.2 | 1.40 |
| Ø Gem. | | 34.5 | 34.4 | 0.25 |
| Potencia | | 180.9 | 148.2 | 3.93 |
| Salto | | 54.6 | 42.9 | 8.52 |
| n | | 32 | 43 | |
| ♂ | | | | |

TABLA XIII

| | | No | | |
|----------|--|---------|---------|--------|
| | | T. Exc. | T. Exc. | T-test |
| Ø Cuad. | | 49.3 | 47.8 | 0.98 |
| Ø Gem. | | 33.6 | 32.3 | 1.39 |
| Potencia | | 109.5 | 92.5 | 1.54 |
| Salto | | 43.9 | 33.9 | 6.28 |
| n | | 15 | 12 | |
| ♀ | | | | |

TABLA XIV

| | | No | | |
|----------|--|--------|--------|--------|
| | | Veloc. | Veloc. | T-test |
| Ø Cuad | | 51.7 | 50.2 | 1.86 |
| Ø Gem | | 35.7 | 34.7 | 1.65 |
| Potencia | | 188.4 | 149.4 | 3.99 |
| Salto | | 53.8 | 42.1 | 6.76 |
| n | | 28 | 28 | |

TABLA XV

Comentario

Desde hace tiempo se tiene la idea, o la convicción en algunos casos, de la existencia de una relación, o incluso dependencia, de la potencia de las extremidades inferiores con el test de salto vertical. Una de las líneas del presente trabajo es verificar si realmente existe esta relación.

Dicha comprobación se ha efectuado mediante el coeficiente de correlación entre ambos parámetros, hallándose un valor de $r = 0,63$, el cual permite afirmar que efectivamente existe una interdependencia entre ambos valores, aunque no lo suficientemente estrecha para suponer una interrelación absoluta, ya que el grado de posibilidad de "no error" al predecir un parámetro a partir de un cierto valor del otro es solamente del 39,6% ($r^2 = 0,396$).

Asimismo se efectuó la misma comparación entre la potencia real de las extremidades inferiores, medida en un dinamómetro estático y la potencia calculada por el salto vertical a través de la fórmula de Lewis, siendo la correlación también baja, tanto en hombres ($r = 0,56$) como en mujeres ($r = 0,65$).

Este coeficiente es incluso inferior cuando nos referimos a individuos con trabajo de musculación tanto en varones ($r = 0,43$) como en mujeres ($r = 0,53$).

Esta relación relativamente reducida entre los dos parámetros expuestos, reside a nuestro criterio en el hecho de que el test de salto vertical no sólo es expresión de la cantidad de la potencia muscular en extremidades inferiores, sino que también influyen otros parámetros y variables además de dicha potencia, a nivel de aplicar prácticamente dicho potencial acumulado en piernas, como por ejemplo la coordinación neuromuscular, la flexibilidad articular, la capacidad anaeróbica aláctica, el hábito al efectuar el gesto mecánico en concreto, etc.

Es, por tanto, conclusión de nuestro estudio que, si bien hay una cierta dependencia del salto vertical con la potencia de extremidades inferiores, no podemos utilizar dicho test como control de trabajo para la mejora de esta potencia, ni como predictor de dicho parámetro de manera indirecta.

Creemos que el mejor método de evaluar una progresión de rendimiento en cuanto a la potencia de piernas, es efectuando test mediante dinamómetro estático, mostrándose la metodología efectuada en este estudio como fiable y práctica de cara a un control médico-deportivo y físico periódico y repetitivo. Se ha utilizado la posición de partida con las rodillas flexionadas 115° aproximadamente dado que la máxima potencia muscular se produce cuando los músculos implicados parten de una longitud aproximadamente el 120% de la de reposo ().

También se ha podido comprobar la relación entre el test de salto vertical con los perímetros de las extremidades inferiores, observándose el bajo nivel de interdependencia de dichos parámetros, tanto a nivel de cuádriceps ($r = 0,40$) como de gemelos ($r = 0,51$), incluso en individuos cuyo deporte es de clara predominancia del tren inferior (tabla VI y VII).

Asimismo dicha baja correlación también se evidencia en individuos con un trabajo de musculación, tanto varones como mujeres, tal como se ha mostrado en las tablas IV y V.

Con estos datos, también se puede afirmar que la predicción de una prestación muscular, expresada en el test de salto vertical, no puede preverse a partir de un cierto perímetro de extremidades inferiores, mucho menos teniendo en cuenta la ya expresada relativamente baja interdependencia entre dicho test en concreto y la potencia muscular real de las extremidades inferiores.

Para intentar confirmar dicho hecho, se buscó el coeficiente de correlación entre la potencia real de extremidades inferiores con dichos parámetros, encontrándose unos valores también bajos, tanto a nivel de cuádriceps ($r = 0,46$) como de gemelos ($r = 0,49$).

La baja relación de dichos valores se reafirma al observar las diferencias de los diversos parámetros controlados en la población estudiada, según halla efectuado un trabajo de potenciación muscular o no.

En efecto, se evidencia la diferencia hallada en los parámetros que expresan, con mayor o menor fiabilidad, la potencia del tren inferior encontrándose diferencias estadísticamente significativas tanto en el test de salto vertical ($p < 0,001$) como en el test de la potencia de piernas ($p < 0,0001$).

Por el contrario, las diferencias halladas en los perímetros de extremidades inferiores no tienen un valor estadísticamente significativo, ni a nivel de gemelos ni a nivel de cuádriceps.

Es decir, la mejora evidente de rendimiento, tanto a nivel dinamométrico como de salto vertical, de los diversos grupos musculares del tren inferior sometidos a un trabajo de potenciación, no se corresponden con un aumento significativo de su volumen global.

Si nos referimos a la población de sexo femenino, podemos observar como también se evidencia una mejora estadísticamente significativa de los parámetros de potencia muscular tanto a nivel de potencia de piernas ($p < 0,005$) como de salto vertical ($p < 0,02$) pero a diferencia del sexo masculino también hay diferencias significativas a nivel de los perímetros de extremidades inferiores tanto a nivel de gemelos ($p < 0,02$), como de cuádriceps ($p < 0,005$).

Dicha observación podría ser explicada por el hecho de que la mujer tiene relativamente menos masa muscular que el hombre, y necesita aumen-

tar dicha masa antes de potenciar las cualidades más específicas, como el aumento de unidades motoras en acción durante la contracción, el incremento del número de impulsos nerviosos para la contracción, el incremento de las reservas energéticas intramusculares, y que quizás la selección genética en mujeres es mucho más estricta que en hombres.

Por tanto, podemos decir que no puede controlarse una mejora del rendimiento y potencia muscular mediante la observación del perímetro de los diferentes grupos musculares trabajados, sino que debe hacerse mediante test específicos para ello, propugnando nosotros como el más idóneo, la medición de la potencia del tren inferior mediante dinamómetro estático.

Como excepción, cabría citar los casos de individuos con evidente poco desarrollo muscular (ectomórficos, etc.).

Dentro del grupo de población controlado que había efectuado trabajo de musculación se contaba con un cierto número que realizaba trabajo específico de tipo excéntrico, y también se observó en este grupo la relación existente entre el salto vertical y el test dinamométrico de potencia de piernas, comprobándose asimismo una baja tasa de correspondencia entre ambos parámetros, tanto a nivel de varones ($r=0,53$) como en mujeres ($r=0,50$), y corroborándose con ello las aseveraciones anteriores.

Asimismo, también se comprobó la relación que había entre el test del salto vertical y los perímetros de extremidades inferiores, confirmándose la baja interrelación entre dichos parámetros en varones, aunque en mujeres dicha relación alcanzaba cotas más valorables, tanto en gemelos ($r=0,80$) como en cuádriceps ($r=0,79$), lo cual, a nuestro criterio, podría ser explicado por el hecho de que en la población femenina que efectúa trabajo excéntrico la selección natural es incluso mucho más estricta que cuando nos referíamos a la población femenina que efectuaba un trabajo de musculación genérico, y también que para poder realizar dicho trabajo específico la mujer necesita potenciar más que el hombre sus cualidades musculares de base, mediante un anterior programa a nivel isométrico, isotónico e isocinético.

También se comprobó el grado de variabilidad de los parámetros estudiados comparando las poblaciones que habían efectuado trabajo excéntrico con la que no lo había efectuado, encontrándose un incremento notable en cuanto a salto vertical y potencia de piernas con respecto a la población que había efectuado un trabajo de musculación genérico, aunque los resultados eran similares en cuanto a diferencias significativas con respecto a la muestra citada anteriormente de musculación-no musculación.

Efectivamente, en varones encontramos valores no estadísticamente significativos en cuanto a los parámetros de perímetros de extremidades, en cambio a nivel de potencia de piernas la diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,001$) y en salto vertical dicha diferencia es estadísticamente muy significativa ($p < 0,001$).

Si observamos a la población de sexo femenino encontramos que la diferencia de perímetros de extremidades inferiores sigue siendo estadísticamente no significativa, pero a diferencia del sexo masculino el incremento de la potencia de piernas tampoco es estadísticamente significativo. En cambio, la diferencia entre salto vertical sigue teniendo unos valores estadísticamente significativos ($p < 0,001$).

A la vista de estos datos, podemos afirmar que la mejora de la capacidad muscular en el tren inferior provocada por un programa de tipo excéntrico si puede ser controlada por el test de salto vertical y también, pero menos, mediante el test en dinamómetro estático, dada la especificidad del trabajo efectuado de cara a una cierta cualidad muy concreta dentro del rendimiento muscular general.

Desde otro punto de vista, también podemos afirmar que, de cara a deportes y especialidades deportivas donde la capacidad de salto sea una cualidad primordial para el mejor rendimiento, el trabajo excéntrico y/o pliométrico (excéntrico-concéntrico), se ha mostrado como una excelente metodología de trabajo para incrementar dicha cualidad específica cosa, por otra parte, ya demostrada experimental y prácticamente.

Asimismo, y en referencia a las diversas especialidades deportivas, también se estudió las diferencias de dichos parámetros entre los individuos practicantes de especialidades de velocidad y un grupo del mismo número de practicantes de otras especialidades, encontrándose diferencias estadísticamente significativas en cuanto a potencia de piernas y estadísticamente muy significativas en cuanto a salto vertical. Las diferencias de los parámetros de extremidades inferiores no se mostraron estadísticamente significativas.

Con todo ello se puede decir que el test de salto vertical puede mostrarse como un parámetro válido de cara a establecer unos criterios de selección para la orientación deportiva en cuanto a pruebas donde el factor anaeróbico aláctico sea importante.

Para confirmar esta última premisa debería realizarse una cuantificación de los resultados de campo del grupo de velocistas o bien, realizar test de laboratorio específicos (Margaria, etc.) para observar la realidad de la interdependencia entre el detente vertical y la capacidad anaeróbica aláctica.

Conclusiones

1. La mejora de una evolución de rendimiento y prestación muscular, no es controlable con una fiabilidad absoluta mediante el test de salto vertical, como tampoco lo es la predicción de la potencia de las extremidades inferiores mediante el test de salto vertical a través de la fórmula de Lewis.
2. Dicho control de evolución de la prestación muscular presenta una aceptable fiabilidad mediante test con dinamómetro estático, con la metodología propuesta en el presente estudio.
3. El incremento de rendimiento de los grupos musculares sometidos a un programa de entrenamiento no se corresponde con un aumento directamente proporcional de los perímetros de la extremidad correspondiente, más acusadamente cuando nos referimos al sexo masculino.
4. El trabajo excéntrico se ha mostrado como una variable dentro del entrenamiento cuyos practicantes evidencian, dentro de nuestro estudio, unos parámetros de rendimiento muscular claramente superiores con respecto a la población que no lo incluye dentro de su programa.
5. La utilización del parámetro de salto vertical puede tener una validez aceptable como criterio de selección de cara a especialidades de velocidad.

Bibliografía

1. ASTRAND-RODAHL.: *Textbook of Work Physiology*.
2. CLARKE, D.H.: Adaptations in strength and muscular endurance resulting from exercise. *Exercise and Sport Science Reviews*. 1973, 1: 72-102.
3. FOX, E.L.: Fisiología del Deporte. Ed. Panamericana.
4. GARDNER, G.W.: Specificity of strength changes of the exercised and no-exercised limb following isometric training. *Research Quarterly*. 1963, 34: 98-101.
5. GOLDBERG, A.L.; ETLINGER, D.F.; GOLDSPINK, J.D.; JABLECKI, C.: Mechanism of work induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports*. 1975, 7: 248-261.
6. JOHNSON, B.I.; ADAMCZYK, V.O.; STROMME, S.B.: A comparison of concentric and eccentric muscle training. *Medicine and Science in Sports*. 1976, 8: 35-38.
7. KENDALL, H.: Músculo, pruebas y funciones.
8. LAMB, D.R.: Fisiología del ejercicio. Respuestas y adaptaciones. Ed. Augusta Pila.
9. O'SHEA, J.P.: Scientific principles and methods of strength fitness. *Addison-Wesley Publishing*. 1976.
10. PIPEŠ, T.V.; WILMORE, J.H.: Isokinetic vs. Isotonic strength training in adult men. *Medicine and Science in Sports*. 1975, 7: 262-274.

Además del competidor y del acompañante de éste, sólo las siguientes personas pueden presentarse en la Oficina de Control de Doping:

- El Oficial a cargo de la Estación.
- Un técnico Médico cuyas obligaciones incluyen la custodia de las actas.
- Un representante de la Federación Internacional correspondiente.
- Un miembro de la Comisión Médica del C.O.I., o una persona designada por ella.
- El Oficial a cargo de la toma de muestras.
- Un intérprete.

(Del procedimiento de aplicación del Control de Doping. XXIII Juegos Olímpicos)

