PubliCE, (PubliCE) 1997

Monograph

Influencia del Entrenamiento de la Fuerza sobre el Rendimiento en la Carrera de Velocidad, Conocimientos Actuales e Implicancias para el Entrenamiento

Christophe Delecluce[1]

[1]*Department of Kinesiology, Faculty of Physical Education and Physiotherapy, Katholike Universiteit Leuven, Leuven, Bélgica.*

RESUMEN

En la actualidad, está generalmente aceptado que el rendimiento de esprint, como el rendimiento de resistencia, puede ser considerablemente mejorado con el entrenamiento. El entrenamiento de la fuerza, especialmente, juega un rol clave en este proceso. La ejecución del esprint va a ser considerada multidimensionalmente como una fase inicial de aceleración (0 a 10 m), una fase de máxima velocidad de carrera (36 a 100 m) y una fase de transición entre ellas. Inmediatamente después de la acción de partida, las potentes extensiones de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo constituyen los principales aceleradores de la masa corporal. Sin embargo, se considera que los isquiotibiales, el aductor mayor y el glúteo realizan la contribución más importante en la producción de los mayores niveles de velocidad. Son propuestos diferentes métodos para mejor la producción de potencia de estos músculos. Algunos de ellos apuntan a la hipertrofia y a otras adaptaciones específicas del sistema nervioso. Esto incluye entrenamiento de la fuerza general (hipertrofia y activación neuronal), específico para la velocidad (velocidad-fuerza) y específico para el movimiento (ejercicios asociados al esprint). En el desarrollo de estrategias de entrenamiento, el entrenador debe tener en cuenta que la fuerza, potencia, y velocidad están inherentemente relacionadas una con la otra, debido a que las mismas son todas producidas por los mismos sistemas funcionales. Ya que el entrenamiento de la fuerza de alta intensidad resulta en una conversión de las fibras tipo IIb en fibras tipo IIa, el entrenador debe apuntar a lograr un equilibrio óptimo entre los componentes del entrenamiento específicos y no específicos para el esprint. Para lograr esto el entrenador debe tener en cuenta las demandas específicas del entrenamiento de la fuerza de cada individuo, en base a la capacidad de rendimiento en cada fase específica del esprint.

Palabras Clave: adaptaciones, neuromusculares, protocolos, entrenamiento, potencia, acortamiento

INTRODUCCION

Hasta 1970, los técnicos del deporte no obtuvieron gran ayuda de los científicos del deporte con respecto al entrenamiento

de la velocidad y la potencia. En aquel tiempo, la mayoría de los trabajos científicos estaban dedicados al trabajo aeróbico, mientras que los componentes de la velocidad eran considerados como principalmente determinados genéticamente y muy insensibles al estímulo de entrenamiento. Actualmente, está generalmente aceptado que la velocidad de esprint puede ser mejorada considerablemente por medio del entrenamiento de la fuerza. En 1980, esta creencia era tan fuerte que la imagen del velocista masivo y musculoso se volvió un estereotipo. En la actualidad, la mayoría de los entrenadores y atletas saben que los resultados exitosos en el esprint pueden ser logrados sin causar una hipertrofia excesiva. Por consiguiente, ellos han modificado los programas de entrenamiento en un intento de desarrollar la potencia explosiva en vez de concentrarse sobre la fuerza muscular máxima. Ellos saben que con la prohibición de los anabólicos esteroides, los rendimientos de los velocistas de alto nivel son el resultado de una preparación a largo plazo. Esta evolución va a resultar probablemente en cada vez más velocistas de alto nivel mejorando su desempeño hasta la edad de 35 años, ya que ha sido mostrado que en una población normal, la declinación significativa en la fuerza dinámica y en la velocidad máxima de extensión de la rodilla debido al proceso de envejecimiento solo ocurre a la edad de 40 años (1).

El objetivo del entrenamiento es nivelar la mezcla de ingredientes a los requerimientos de cada evento y a las deficiencias de cada atleta (2). Esto significa que el entrenamiento debería ser un proceso individualizado y específico para el evento (3). En el esprint, está claro que la fuerza y la potencia están inherentemente interrelacionadas y parecen existir diferentes tipos de “fuerza”. El atleta no solo tiene que acelerar su masa corporal cuando la velocidad es baja, también tiene que ser capaz de aplicar fuerzas al suelo cuando se esta moviendo a más de 11 m/s. Esto indica que el entrenamiento de fuerza para el esprint debe ser enfocado multidimensionalmente. El propósito de este artículo es reflejar el estado de conocimiento actual en el campo de la carrera de velocidad antes de discutir los posibles méritos de diferentes enfoques de entrenamiento de la fuerza en esta área.

CARRERA DE VELOCIDAD: UNA CAPACIDAD MULTIDIMENSIONAL

Fases en la Carrera de Velocidad Máxima

Los modelos de simulación han mostrado que para el esprint de 100 m, la mejor estrategia de ritmo de carrera es un esfuerzo máximo, aun si esto causa una fuerte reducción de la velocidad al final de la carrera (4).

En la Figura 1, son presentados los cambios en la velocidad de carrera durante la ejecución de un esprint máximo para corredores de 3 niveles diferentes de rendimiento. Pueden ser distinguidas dos fases en una carrera de 100 m: una fase de aceleración y una fase de velocidad de carrera máxima. Durante la aceleración, el desarrollo de la velocidad depende principalmente de las potentes extensiones de todas las articulaciones de la pierna. Una vez que el atleta alcanza velocidades más altas, va a ser necesario alternar las piernas hacia delante y hacia atrás en relación a la articulación de la cadera que limita un incremento subsiguiente en la velocidad de carrera (4). Estas dos fases dependen de requerimientos contradictorios; la mejora de la velocidad máxima requiere menores momentos de inercia de las piernas, mientras que una aceleración más rápida requiere la implicación de más masa muscular.

Varios autores (5, 6) han dividido la ejecución del esprint en 3 fases, adicionando una fase de deceleración o resistencia a la velocidad luego de las fases de aceleración y máxima velocidad de carrera. La mayoría de los estudios en este contexto estuvieron basados en el análisis de intervalos de 10 m, pero estos intervalos son muy largos para identificar pequeños cambios en la curva de velocidad. Otros autores (7) enfatizaron la subdivisión de la fase de aceleración en una fase inicial que es dominada por la longitud de zancada del atleta y una fase subsiguiente determinada por la capacidad de desarrollar una alta frecuencia de zancada. Los entrenadores se han referido a esta última fase como “fase de transición” o “fase para alcanzar velocidad”.

La existencia de una estructura multidimensional fue confirmada y sus diferentes dimensiones fueron definidas por el análisis de un gran número de curvas de velocidad de estudiantes de educación física por medio de análisis de factores (8). Un factor se refiere a la capacidad de realizar una alta aceleración inicial a través de los primeros 10 m. Un segundo factor está relacionado a la capacidad de alcanzar altas velocidades en la fase de transición (10 a 36 m) entre la aceleración inicial y la máxima velocidad de carrera. El tercer factor ser refiere a la extensión a la cual un individuo puede alcanzar y mantener altas velocidades de carrera entre los 36 y 100 m. Esta claro que estos 3 factores se refieren a las 3 fases resumidas anteriormente. El hallazgo acerca de que el patrón de velocidad de los participantes en este estudio fue similar a aquel de velocistas de mayores niveles de rendimiento, tanto hombres (Figura 1), como mujeres, apoya la idea que las conclusiones concernientes a esta estructura multidimensional puede ser generalizada para aplicarse a velocistas altamente expertos, aunque probablemente deben ser hechos ajustes menores concernientes a la duración de cada fase. El rendimiento en cada fase es muy específico y relativamente no correlacionado al de otras fases de la ejecución del esprint, debido a que hay diferencias no solo en la regulación nerviosa del movimiento, sino también en el rol funcional de los

músculos implicados. Con el objeto de planificar el entrenamiento de la fuerza para velocistas, es esencial entender cuales músculos contribuyen en el desarrollo de una alta velocidad de carrera.

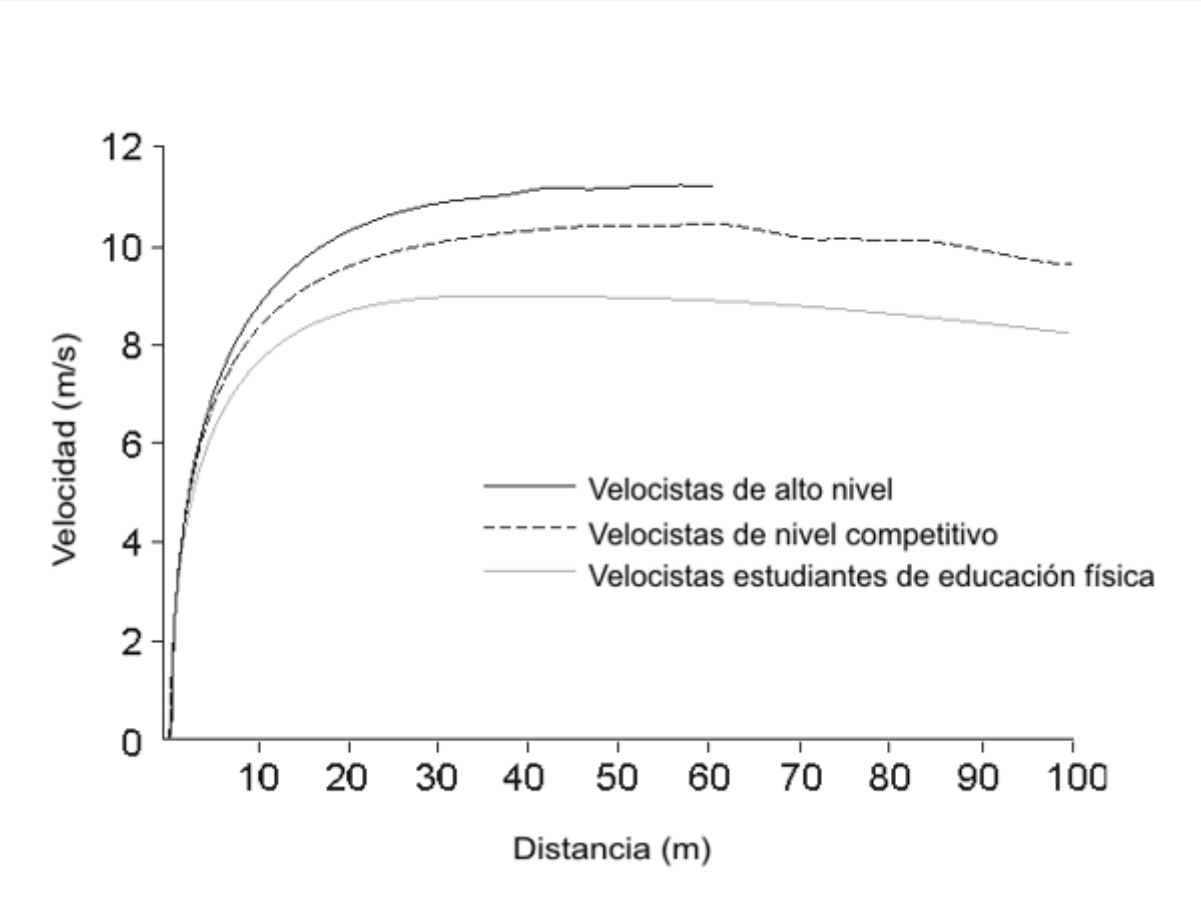

***Figura 1**. Cambio en la velocidad durante un esprint de 100 m realizado por 78 estudiantes de educación física y 18 velocistas de nivel competitivo y durante un esprint de 60 m realizado por 3 velocistas de alto nivel. El tiempo medio de 100 m para estos 3 niveles de rendimiento fue 12.46, 10.94 y 10.34 s, respectivamente (datos del Centro de Evaluación Atlética Leuven).*

Implicación Muscular en la Carrera de Velocidad Máxima

En el esprint, los músculos de los miembros inferiores (articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo) tienen que acelerar el cuerpo y propulsarlo en una dirección horizontal mientras contrarrestan la fuerza de la gravedad en una dirección vertical. Debido a los cambios en la inclinación del cuerpo, la implicación de los músculos difiere entre la fase de aceleración y la fase de velocidad de carrera máxima.

Luego de la acción de partida, pueden ser distinguidos dos movimientos principales durante el contacto con el suelo de los primeros pasos: una rotación hacia delante del cuerpo y una extensión de las articulaciones de los miembros inferiores en contacto con el suelo. Los velocistas tienen que retrasar la extensión explosiva de la articulación de la rodilla y dejar primero que el cuerpo rote, sino se opondrán al requerimiento de maximización de aceleración horizontal del centro de gravedad del cuerpo (9). Los cambios en el momento de la rodilla pueden ser explicados por la alteración en la actividad de los isquiotibiales y el vasto. La co-contracción de los músculos que involucran a la articulación de la rodilla resulta en un movimiento de la rodilla relativamente lento durante la primera parte del contacto con el suelo (rotación hacia adelante). El incremento del momento extensor puede ser explicado por el incremento de la actividad de los extensores de la rodilla y la disminución de la actividad de los isquiotibiales (9).

En la fase de aceleración inicial, cuando el atleta todavía corre con una pronunciada inclinación del cuerpo hacia delante, la mayor parte de la fuerza proviene de la contracción muscular en vez de desde la respuesta elástica. Junto con el glúteo mayor, los extensores de la rodilla son en este momento los principales aceleradores. Esto cambia cuando se alcanzan mayores velocidades de carrera. Debido a su posición vertical, la velocidad de carrera de un velocista a velocidad máxima

esta directamente relacionada a la velocidad de movimiento hacia atrás de las piernas, un movimiento que comienza desde el punto alto de la elevación de la rodilla siguiendo hacia abajo hasta el contacto del pie y continuado durante la fase de apoyo (10). Entonces la propulsión hacia delante en el esprint a máxima velocidad es principalmente determinada por la acción de los isquiotibiales, el glúteo mayor y el aductor mayor. Los isquiotibiales son incluso distinguidos por contribuir más en la producción de los más altos niveles de velocidad (10-12).

Esta teoría de una alteración de la implicación de los músculos desde la aceleración hasta la máxima velocidad de carrera es apoyada por recientes hallazgos del autor presentados en la Figura 2.

58 estudiantes de educación física realizaron un esprint de 40 m y un test de fuerza isoquinética excéntrica para los extensores de la rodilla (200°/s), extensores del tobillo (200°/s), y flexores de la rodilla (65°/s). El coeficiente de correlación entre los resultados de la fuerza y la velocidad de carrera fueron calculados cada 2 m de la distancia de carrera. Los coeficientes de determinación (r • 100) entre las 3 variables de fuerza y la velocidad de carrera son representados gráficamente en la Figura 2. Estos datos indican que la varianza en la velocidad de carrera de los estudiantes de educación física está determinada más por la varianza en la fuerza concéntrica de los extensores de la rodilla y tobillo durante los primeros 15 m. La fuerza de los isquiotibiales es más significativa durante los últimos 20 m de una carrera de 40 m. La hipótesis acerca de que los tests de fuerza a velocidades más altas, más cercanos a la velocidad de movimiento en el esprint, resultarían en mayores coeficientes de determinación no fue confirmada cuando la extensión de rodilla y tobillo fueron evaluadas a 300 °/s. Esto puede ser explicado por la diferencia entre el movimiento mono-articular y multi-articular en la evaluación y el esprint, respectivamente.

En otros estudios, los resultados de los test de fuerza estuvieron correlacionados con los tiempos finales de esprint. En el estudio de Ferrar y Thorland (13), fue concluido que para hombres de edad universitaria, una pequeña parte de la variabilidad interindividuo en el rendimiento de un esprint de 40 (36.6 m) y 100 (91.4 m) yardas puede ser explicada por la fuerza de las piernas como fue medido por medio de tests isoquinéticos en la articulación de la cadera y la rodilla a 30° o 300 °/s. Alexander (14) seleccionó 2 tests isoquinéticos con la mayor correlación con el tiempo para 100 m para su grupo de 14 velocistas varones de nivel de competición [extensión de rodilla a 230°/s (r=0.71) y dorsiflexión del tobillo a 30 °/s (r=0.53)]. El también encontró que ni los músculos de la cadera ni los isquiotibiales tuvieron una correlación significativa con la velocidad de esprint. De manera contraria, las investigaciones de Anderson et al. (15) en atletas varones de edad universitaria indicaron que fuerzas específicas de los isquiotibiales son más predictivas del tiempo de 40 m llanos que distintas fuerzas medidas del cuadriceps. De las diferentes fuerzas de los isquiotibiales, la fuerza concéntrica pico de los isquiotibiales a 60 °/s fue la más predictiva (r=0.33). Se necesita que sean hechas más investigaciones con velocistas altamente entrenados, analizando las correlaciones en función de la distancia de carrera (Figura 2), para entender mejor cual de esos hallazgos es representativo del nivel más alto de rendimiento.

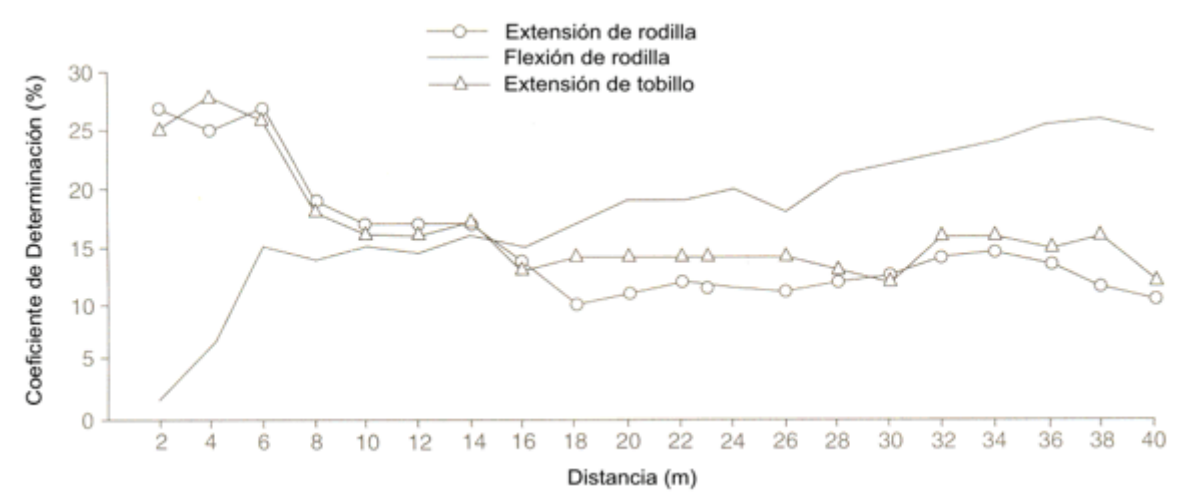

Figura 2. Coeficiente de determinación entre las variables de velocidad en un esprint de 40 m y 3 resultados de tests de fuerza: extensión de rodilla (200°/s), extensión del tobillo (200°/s), flexión de rodilla (65°/s). Las 20 variables de velocidad, 1 cada 2 m de distancia de carrera, están colocadas en orden con la distancia de carrera en el eje x.

METODOS DE ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

La producción de fuerza en el esprint requiere la contracción de diferentes músculos o grupos musculares a través de múltiples articulaciones. La magnitud de la fuerza producida representa una función de la masa de músculos agonistas y sinergistas y es dependiente de la extensión a la cual estos músculos pueden ser activados por el sistema nervioso (16). Entonces, en el entrenamiento de la fuerza, un velocista tiene que apuntar parcialmente hacia la hipertrofia selectiva de las fibras rápidas y especialmente para las adaptaciones específicas del sistema nervioso, i.e., rápido reclutamiento de unidades motoras, incremento de la tasa de disparo de las motoneuronas, descarga más sincronizada de las motoneuronas, mejora de la coordinación intramuscular y mejora de la coordinación intermuscular (17-19). Son usados diferentes métodos para lograr estos cambios morfológicos y neurales. En este contexto, no parece haber ninguna evidencia clara acerca de que las mujeres deberían entrenar de manera diferente a los hombres.

Entrenamiento de Hipertrofia

El objetivo principal del entrenamiento de hipertrofia es incrementar el área de sección cruzada media de las fibras musculares. De este modo, el entrenamiento de hipertrofia es realizado por la mayoría de los atletas cuando se encuentran en el período preparatorio como un método para mejorar la cantidad de masa muscular antes del entrenamiento para la velocidad de activación neuromuscular y/o contracción muscular (16). El entrenamiento de hipertrofia esta caracterizado por tener un gran número de series de repeticiones con cargas submáximas de 60 a 80 %, donde el 100 % es el máximo peso que puede ser manejado en una situación dinámica. La ejecución del movimiento es de rápida a lenta y termina con un fallo muscular completo. No está claro si un sistema en bloque de carga constante dentro de las series es superior a un sistema piramidal con cargas ligeramente progresivas regresivas y la correspondiente disminución y aumento de las repeticiones.

Para los velocistas, el principal objetivo es lograr la hipertrofia de las fibras de contracción rápida. Si son reclutadas las fibras de contracción rápida y “sobrecargadas”, las mismas tienden a sufrir hipertrofia muy fácilmente (21). Esto es posible creando situaciones donde todas o la mayoría de las fibras están siendo reclutadas o cuando hay un esfuerzo para lograr un incremento de la producción de potencia. Muchos atletas tienen miedo de enlentecer sus músculos por medio del entrenamiento de hipertrofia. Aunque distintos estudios (22-25) han reportado conversión de subunidades tipo II en el músculo esquelético humano luego del entrenamiento de fuerza de alta intensidad, no se supone que tal tipo de entrenamiento altere la proporción de fibras tipo I y tipo II (26). Pero es evidente que el uso de entrenamiento de hipertrofia para los velocistas debe estar limitado y combinado con otros métodos de entrenamiento de la fuerza.

Entrenamiento de Activación Neural

Los métodos para mejorar la activación neuronal constituyen las acciones máximas de corta duración y extremadamente rápidas contra cargas cercanas al máximo (90 a 100 %), o en el caso de acciones excénctricas, contra cargas supramáximas. En estos ejercicios, la velocidad de movimiento de la carga es relativamente baja, pero la velocidad de acción de los músculos es máxima. Ya que estos métodos de entrenamiento enfatizan la activación neuronal, los mismos deberían ser practicados en un estado descansado con cada acción siendo ejecutada tan rápido como sea posible (27). El número de repeticiones consecutivas está limitado a un máximo de aproximadamente 3. De acuerdo al principio del tamaño del reclutamiento (28), este método le permite al atleta integrar fibras de contracción rápida de mayor umbral. Las cargas cercanas al máximo imponen a las motoneuronas disparar impulsos de alta frecuencia para tiempos comparativamente largos. Debido a que no hay ninguna alternativa para vencer la carga disponible, la integración de todas las fibras que pueden ser voluntariamente activadas esta garantizada. Es asumido que esto resulta en un reclutamiento de unidades motoras o patrones de disparo, alterados dentro de un músculo dado (3, 29).

El método de activación neuronal no resulta en un más rápido acortamiento de las fibras musculares y es, en ese punto, no muy diferente del método de hipertrofia (30). Ya que en el esprint, la rápida contractilidad es de gran importancia; los métodos de hipertrofia y activación neuronal deben ser seguidos o acompañados por métodos de fuerza-velocidad para prevenir un enlentecimiento de la contracción. Voigt y Klausen (31) probaron que la velocidad de un movimiento especializado sin carga podría ser mejorara por la combinación de entrenamiento de fuerza de alta intensidad con movimientos balísticos que incluyeran al ciclo estiramiento-acortamiento.

Entrenamiento de la Fuerza-Velocidad

Ejercicios que implican un Ciclo Estiramiento-Acortamiento

El método de fuerza-velocidad demanda cargas que el atleta pueda justo manejar en una forma reactiva y con una alta velocidad en la ejecución del movimiento (30). Cuando se realizan ejercicios de levantamiento tradicionales (e.g. press de

banca) usando el 60 % de una repetición máxima en una forma explosiva, siempre está presente el factor limitante que la carga tiene que ser frenada al final del movimiento concéntrico. Para evitar este problema, el ejercicio de press de banca puede ser mejor reemplazado por un tipo de lanzamiento en banco, y la sentadilla puede ser cambiada por una sentadilla con salto. Como resultado, la mayor velocidad del movimiento y la reducción de la fase de deceleración proveen condiciones de carga superiores para el sistema neuromuscular (32).

El entrenamiento de la fuerza-velocidad debería ser siempre realizado usando un control del tiempo para evaluar la calidad del entrenamiento. Recientemente, Tidow (30) probó experimentalmente que en el caso de intervalos de descanso entre series de 5 minutos de duración, tanto el número de repeticiones, así como la duración de los intervalos entre series, deberían ser variados en una forma relacionada a la carga. Esto parece ser necesario para mantener la disminución de la velocidad a un nivel lo más bajo posible y por esto garantizar un efecto de entrenamiento que se ajusta con el objetivo del entrenamiento de fuerza-velocidad. En este contexto, Tidow sostiene que manteniendo esta reducción de la velocidad debajo de un 5 a 10 %, el entrenamiento de fuerza-velocidad puede prevenir probablemente el enlentecimiento de la contracción que resulte en una conversión de fibras tipo IIb a IIa que está inherentemente relacionada a cualquier forma de entrenamiento de la fuerza (22-25).

El empleo adecuado de la elasticidad muscular constituye también una condición importante para la eficiencia y economía de las locomociones cíclicas de alta velocidad. A medida que la velocidad de locomoción de un atleta se incrementa, el porcentaje de energía no metabólica, se incrementa por sobre el total de los mecanismos de producción de energía. Aparte del incremento en la producción de fuerza el cual es importante en si mismo, esto también permite al atleta ahorrar una mayor cantidad de energía metabólica. Un ciclo estiramiento-acortamiento es una cualidad motora relativamente independiente y no puede ser solo vista como una combinación pura de un movimiento excéntrico y concéntrico (33). La calidad de la producción de potencia en un ciclo estiramiento-acortamiento es esencialmente dependiente de la estructura del patrón de inervación y el estado de entrenamiento del sistema tendinomuscular en términos de sus capacidades contráctiles y elásticas. La producción de potencia en un ciclo estiramiento-acortamiento está basada en una interacción precisa de diferentes mecanismos antes del contacto con el suelo. Los músculos extensores son activados como parte del programa motor central (34). Los puentes cruzados asociados son responsables del pequeño rango de dureza o stiffness elática la cual disminuye el alargamiento del músculo durante el contacto inicial con el piso. En el mismo momento, la actividad refleja de acortamiento segmentario sirve para aumentar la fuerza muscular real de modo que la mayor parte de la energía elástica pueda ser almacenada en los tendones de los principales músculos extensores de la pierna. Esto permite un potente despegue del cuerpo (27).

Los ejercicios pliométricos apuntan a mejorar este mecanismo específico. En el esprint, la duración del ciclo estiramiento-acortamiento es menor a 100 ms. De este modo, la altura en los saltos en profundidad debe ser individualizada de modo que el talón no toque el suelo durante la fase de despegue. El atleta debe procurar conseguir un corto tiempo de despegue y un rendimiento de salto óptimo. Por supuesto hay muchas variantes en los ejercicios de saltabilidad: saltos con ambas piernas, con una sola pierna, saltos con pasos alternados. Para los velocistas, son preferibles (35) los ejercicios de saltabilidad hacia delante y cíclicos con características de tiempo-fuerza similares a los ejercicios de carrera de velocidad.

Los ejercicios pliométricos constituyen una parte esencial de la preparación para la velocidad de alto nivel. Estos ejercicios solo pueden ser realizados en una forma segura y correcta cuando el atleta está bien preparado por medio de los métodos de entrenamiento de la fuerza antes mencionados.

Ejercicios Asociados al Esprint

Con el objeto de establecer una transferencia eficiente entre el entrenamiento de fuerza y la carrera de velocidad, hay todavía una necesidad de ejercicios específicos para el esprint que reproducen la carrera de velocidad e incluyen un componente de fuerza (36). Los entrenadores y científicos del deporte creativos han desarrollado diferentes métodos que pueden ser categorizados de manera aproximada en 2 grupos: sobrepaso de la velocidad o carrera facilitada (37-40) y carrera sobrecargada u obstaculizada (38, 41).

En el entrenamiento de carrera facilitada, se hace que el atleta corra más rápido de lo que normalmente puede por medios artificiales. Algunas de estas técnicas de carrera facilitada usadas por distintos investigadores incluyen a la carrera en descenso, carrera de alta velocidad en cinta ergométrica y remolque usando tanto un dispositivo motorizado como otro corredor. Fue concluido que es posible alcanzar una tasa más alta de zancadas en la carrera facilitada o supramáxima en comparación con la carrera máxima normal. Esto apoya la idea acerca de que debería ser posible alcanzar cambios en el sistema nervioso con el entrenamiento supramáximo de esprint de larga duración (42).

La técnica del entrenamiento de sobrecarga clásico es la carrera cuesta arriba. Para esto, es aconsejable una pendiente ≤ 3°. Un método interesante de carrera con sobrecarga es el “paracaídas de velocidad” (41). El atleta arrastra un paracaídas pequeño, mediano o grande mientras realiza el esprint. Esto resulta en una resistencia en el orden de los 4 a 10 kg, dependiendo del tamaño del paracaídas. Las altas resistencias son utilizadas para mejorar la fase de aceleración, las

resistencias medias para incrementar la resistencia a la velocidad y el paracaídas más pequeño es usado en la fase de velocidad máxima de carrera. Todos los métodos de carrera con sobrecarga apuntan al incremento de la longitud de la zancada.

INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA SOBRE EL RENDIMIENTO DE ESPRINT

Existe solo una cantidad limitada de material publicado a partir de estudios reales acerca del impacto de diferentes programas de entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento de velocidad. Nosotros no encontramos reportes de un experimento que haya analizado los efectos del entrenamiento de hipertrofia sobre los resultados del esprint. Distintos estudios (36, 43-45) no encontraron un impacto directo y significativo del entrenamiento de activación neuronal sobre los tiempos de esprint. Pero, cuando se combinó a este tipo de entrenamiento con ejercicios de esprint (36) y entrenamiento de flexibilidad (43) fue observado una mejora significativa del rendimiento de esprint.

En el levantamiento de pesas, Wilson et al. (45) observaron que el entrenamiento de fuerza explosivo en la carga que maximizaba la producción de potencia mecánica (aproximadamente 30 % del máximo) resultó en la mayor, pero no significativa, mejora en el rendimiento de esprint. Smith y Melton (46) hallaron una disminución de 10 % en el tiempo de esprint luego de un programa de entrenamiento isoquinético de 6 semanas a velocidades entre 180 y 300°/s. Solo hubo una mejora de un 1 % cuando usaron velocidades de 30 a 90°/s. Un programa de 9 semanas incluyendo al entrenamiento de fuerza velocidad por medio de ejercicios de ciclo estiramiento-acortamiento resultó en una mejora de la aceleración a través de los primeros 10 m. Cuando se combinó este entrenamiento con ejercicios de esprint, este tipo de entrenamiento también aumentó significativamente la velocidad máxima de carrera (36).

La cinética y cinemática del esprint supramáximo son descritas en diferentes estudios. El ritmo de zancadas parece mejorar a expensas de la longitud de zancada (38, 42) y las fuerzas pico durante el contacto con el suelo son menores durante el esprint supramáximo cuando se lo compara con la carrera de esprint máxima (40). Muy pocos estudios analizaron el efecto de entrenamiento real del entrenamiento de velocidad facilitada sobre el tiempo de esprint. Viitasalo et al. (37) hallaron, en comparación con un grupo control, una mejora significativa de la velocidad máxima de carrera en un 2.3 % luego de 3 semanas de entrenamiento supramáximo. Madjell y Alexander (38) observaron menores tiempos de esprint de 40 m y menores tiempos de contacto con el suelo luego de 6 semanas de entrenamiento normal de velocidad facilitada, así como el entrenamiento de velocidad facilitada mientras se usa un chaleco con peso de 4.5 kg. Este último resultado no fue significativamente diferente del de un grupo control que estaba participando en un programa de entrenamiento de esprint normal.

Tal como para el esprint obstaculizado, hay una falta total de evidencia experimental para apoyar la hipótesis acerca de que este tipo de entrenamiento resulta en un incremento de la longitud de zancada.

Puede ser concluido que existen solo un número limitado de estudios que hayan analizado los efectos reales del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento de esprint. Desafortunadamente, en la mayoría de los casos el análisis de los efectos sobre el rendimiento de esprint no fue el propósito principal del estudio. De este modo, el diseño del experimento fue frecuentemente inapropiado. En el diseño de tales experimentos, uno debe tener cuidado de crear situaciones en las cuales pueda ser lograda no solo una ganancia en la fuerza o la potencia, sino donde una transferencia de este efecto al rendimiento de esprint sea también posible, e.g., combinando el entrenamiento de la fuerza con los ejercicios de esprint, aunque esto implica un diseño con varios grupos control (36). Fue también observado que los investigadores tienden a diseñar experimentos de fuerza con una duración de entre 3 y 12 semanas. Este período puede ser efectivo para crear una mejora significativa de la fuerza, pero es probablemente demasiado corto para garantizar una transferencia de esta ganancia de fuerza a una ejecución más rápida del esprint.

DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

Un programa de entrenamiento de la fuerza para velocistas va a ser siempre una mezcla de diferentes métodos, que influenciarán la fuerza/potencia/velocidad en una forma específica o inespecífica para el esprint. Con respecto a esto, uno debe siempre tener en cuenta que la fuerza, potencia y velocidad no son entidades diferentes, pero están relacionadas una a la otra de una forma jerárquica (27).

En el enfoque de entrenamiento clásico de los años 1960 y 1970, el atleta empezaba en un período preparatorio con entrenamiento de hipertrofia para todos los grupos musculares principales sin tener en consideración las demandas específicas del evento objetivo. Este período de entrenamiento desarrollaba las bases para un segundo período con intensidades más altas y cargas más específicas. Antes y durante el período de competición, solo era permitido el entrenamiento de la fuerza específico con una cercana relación estructural, así como cinemática dinámica para con la disciplina para la que se entrenaba (29). Actualmente, los atletas de alto nivel tratan de evitar largos períodos de entrenamiento, orientados a un objetivo único y específico. La principal razón para este cambio es la creencia acerca de que una acumulación de fuerza general en un período puede no ser transferida exitosamente a las demandas específicas para el evento en el siguiente período. Desafortunadamente, la duración del período experimental en la mayoría de los estudios es demasiado corta para apoyar esta creencia con evidencia científica. De este modo, los entrenadores están tratando de hallar un equilibrio óptimo alterando los métodos de entrenamiento de fuerza general (entrenamiento de hipertrofia y activación neural) con una alta proporción de trabajo de entrenamiento de la fuerza específico para la velocidad, el movimiento y el esprint (3, 35, 47). Es preferida la contribución o alternancia de ambos enfoques dentro de una unidad de entrenamiento o dentro de sesiones consecutivas de entrenamiento (30). Es también necesario continuar entrenando la fuerza durante la temporada competitiva para mantener el nivel adquirido.

Desde el punto de vista de una estructura de rendimiento multidimensional, es esperado que el enfoque de entrenamiento específico va a influenciar cada una de las tres fases de la ejecución del esprint en una forma específica. Un seguimiento de 6 meses de una velocista de clase mundial (8) ilustró que luego de algunos períodos de entrenamiento la capacidad inicial de aceleración fue positivamente influenciada y la máxima velocidad de carrera fue influenciada negativamente y viceversa. Es necesario que sean realizadas más investigaciones concernientes a la relación entre la fuerza muscular y el rendimiento de esprint para llegar a un mejor entendimiento de estos efectos de entrenamiento.

UN ENFOQUE DE ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA INDIVIDUALIZADO

Está claro que las adaptaciones específicas luego de cualquier método de entrenamiento de la fuerza están relacionadas a las cargas, intensidad, velocidad de movimiento, especificidad de movimiento, y número de repeticiones, número de series y tiempos de recuperación inter e intra series. Debido a que hay tantas variables determinando los efectos específicos del entrenamiento, es posible producir un programa de entrenamiento general e “inmediato”. Los efectos del entrenamiento pueden ser tanto positivos como negativos dependiendo de la cantidad dentro de una sesión de entrenamiento y del índice de tiempo de recuperación y los períodos de carga. Un buen entrenador observa la calidad de la ejecución del entrenamiento de su atleta y reconoce cuando la recuperación y la carga progresiva se encuentran fuera de equilibrio. Esto significa que el trabajo con velocistas de alto nivel necesita un enfoque de entrenamiento de la fuerza individualizado. Por ejemplo, los atletas con una relativamente alta proporción de fibras de contracción lenta en los músculos específicos deben realizar una gran cantidad de entrenamiento de fuerza-velocidad y pliometría para apuntar a conseguir una hipertrofia selectiva (48).

La estructura de rendimiento multidimensional permite las distinciones entre diferentes tipos de velocistas, dependiendo de su prevalencia en una o más fases de la ejecución del esprint. Estos diferentes tipos de atletas necesitan acentuaciones de entrenamiento específicas relacionadas al índice en la capacidad de rendimiento entre las 3 fases. De este modo, los entrenadores y científicos del deporte deberían organizar sesiones de evaluación en una base regular para seguir la capacidad de rendimiento en cada fase separada del esprint de 100 m. Esto debería permitirles evaluar los resultados del período de entrenamiento de la fuerza precedente y planificar el siguiente período.

CONCLUSIONES

Cuando se determina un enfoque de entrenamiento de la fuerza para velocistas, uno debe ser conciente de la estructura de rendimiento multidimensional y los cambios en la implicación muscular desde la salida hasta la llegada. Esto explica la pequeña cohesión en los resultados cuando se comparan estudios que analizaron la relación entre las evaluaciones de fuerza y los tiempos finales de esprint a través de diferentes distancias.

En un enfoque de entrenamiento de larga duración, uno debe siempre tener en consideración que no hay ningún mecanismo específico que sea solamente responsable de la velocidad, de la fuerza o aun de la resistencia. Cada una de estas actividades es realizada por los mismos sistemas funcionales. Sin embargo, durante el proceso de entrenamiento estos sistemas pueden adquirir una especialización dependiendo del régimen específico de trabajo de la disciplina

deportiva elegida. En el entrenamiento de la fuerza, un velocista debe apuntar parcialmente a la hipertrofia selectiva de las fibras de contracción rápida y especialmente a adaptaciones específicas del sistema neuromuscular. El entrenamiento de hipertrofia del período inicial de preparación va a progresar muy temprano hacia el entrenamiento de activación neuronal. Estos métodos deben ser combinados con algún tipo de entrenamiento de fuerza-velocidad ya que ambos resultan en una conversión de fibras tipo IIb en fibras tipo IIa. Parece haber solo una cantidad limitada de evidencia científica que apoye la idea acerca de que el entrenamiento de fuerza-velocidad puede prevenir este enlentecimiento de la contracción resultante a partir del entrenamiento de fuerza de alta intensidad. De otro modo, muchos resultados indican que los efectos del entrenamiento de la fuerza son específicos para el movimiento y la velocidad. De este modo, el empleo adecuado del ciclo estiramiento-acortamiento y los ejercicios de velocidad asociados van a constituir una parte esencial del programa de entrenamiento de la fuerza.

Hasta ahora, los científicos del deporte han mostrado poco interés en desarrollar estrategias de entrenamiento que pudieran mejorar el rendimiento de esprint. Distintos experimentos han mostrado que el entrenamiento de fuerza y potencia prolongado puede resultar en una mejora de la producción de fuerza explosiva y de este modo probablemente en menores tiempos de esprint. Pero la mayor parte de estos estudios de entrenamiento no están diseñados para analizar los efectos sobre la carrera de velocidad. El gran número de áreas que todavía requieren futuras investigaciones significa que los entrenadores frecuentemente tienen que tomar decisiones respecto al entrenamiento de la fuerza sin tener el apoyo de datos científicos.

Dirección para envío de correspondencia y reimpresiones

Prof. Christophe Delecluse, Faculty of Physical Education and Physiotherapy, Department of Kinesiology, Katholieke Universiteit Leuven, Tervuursevest 101, 3001 Leuven, Bélgica. Correo electrónico: Christophe.Delecluse@Fluk.kuleuven.ac.be

REFERENCIAS

1. Larsson L, Grimby C, Karlsson J (1979). Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol 1979; 46 (3): 451-6*
2. Jones DA, Round JM (1990). Skeletal muscle in health and disease. *Manchester: University Press*
3. Rutherford OM, Jones DA (1986). The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol*
4. van Ingen Schenau GJ, de Koning JJ, de Groot G (1994). Optimisation of sprinting performance in running, cycling and speed skating. *Sports Med 1994; 14 (4): 259-75*
5. Murase Y, Hoshikawa T, Yasuda N, et al (1976). Analysis of the changes in progressive speed during 100m dash. *In: Komi PV,editor. Biomechanics V-B. Baltimore: University Park Press,1976: 200-7*
6. Bruggeman G-P, Glad B (1990). Scientific research project at the games of the XXIVth Olympiad, Seoul 1988. *Rome: Danesi*
7. Fuchs P, Lames M (1990). Mathematische Modellierung des Wettkampfverhaltens im Sprint. *Leistungssport 1990; 19 (5): 35-41*
8. Delecluse CH, Van Coppenolle H, Willems E, et al (1995). Analysis of 100 meter sprint performance as a multidimensional skill. *J Hum Move Stud 1995; 28: 87-101*
9. Jacobs R, van Ingen Schenau GJ (1992). Intermuscular coordination in a sprint push-off. *J Biomech 1992; 25 (9): 953-65*
10. Wiemann K, Tidow G (1995). Relative activity of hip and knee extensors in sprinting: implications for training. *New Stud Athletics 1995; 10 (I): 29-49*
11. Mero A, Komi PV Gregor RJ (1992). Biomechanics of sprint running: a review. *Sports Med 1992; 13 (6): 376-92*
12. Farrar M, Thorland W (1987). Relationship between isokinetic strength and sprint times in college-age men. *J Sports Med 1987; 27: 368-72*
13. Alexander MJL (1989). The relationship between muscle strength and sprint kinematics in elite sprinters. *Can J Sport Sci 1989; 14 (3): 148-57*
14. Anderson MA, Gieck JH, Perrin D, et al (1991). The relationship among isometric, isotonic and isokinetic concentric and eccentric quadriceps and hamstring force and three components of athletic performance. *J Orthop Sport Phys Ther 1991; 14 (3): 114-20*
15. Sleivert GG, Backus RD, Wenger HA (1995). The influence of a strength-sprint training sequence on multi-joint power output. *Med Sci Sports Exerc 1995; 27 (12): 1655-65*
16. Behm DG, Sale DG (1993). Velocity specifity of resistance training. *Sports Med 1993; l5 (6): 374-88*
17. Komi PV (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *Int J Sports Med 1986; 7 Suppl.: 10-5*
18. Sale DG (1991). Neural adaptation to strength training. *In: Komi PV, editor. Strength and power in sport. London: Blackwell, 1991 : 249-65*
19. Holloway JB, Baechle TR (1990). Strength training for female athletes: a review of selected aspects. *Sports Med 1990; 9 (4): 216-28*
20. Goldspink G (1991). Cellular and molecular aspects of adaptations in skeletal muscle. *In: Komi PV, editor. Strength and power in*

sport. London: Blackwell, 1991: 211-29
21. Allemeier CA, Fry AC, Johnson P et al (1994). Effects of sprint cycle training on human skeletal muscle. *J Appl Physiol 1994; 77 (5): 2385-90*
22. Staron RS, Leonardi MJ, Karapondo DL, et al (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol 1991; 70 (2): 631-40*
23. Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ, et al (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol 1994; 76 (3): 1247-55*
24. Abernethy PJ, Jurimae J, Logan PA, et al (1994). Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Med 1994; 17 (I): 22-38*
25. MacDougall JD (1991). Hypertrophy or hyperplasia. *In: Komi PV, editor. Strength and power in sport. London: Blackwell, 1991: 230-8*
26. Schmidtbleicher D (1991). Training for power events. *In: Komi PV, editor. Strength and power in sport. London: Blackwell, 1991 : 381-95*
27. Henneman E, Sonjen G, Carpenter D, et al (1965). Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J Neurophysiol 1965; 28: 560-80*
28. Tidow G (1990). Aspects of strength training in athletics. *New Stud Athletics 1990;*
29. Tidow G (1995). Muscular adaptations induced by training and detraining. *a review of biopsy studies New Stud Athletics 1995; 10 (2): 47-56*
30. Voigt M, Klausen K (1990). Changes in muscle strength and speed of an unloaded movement after various training programmes. *Eur J Appl Physiol*
31. Newton RU, Kraemer WJ, Hakkinen K, et al (1996). Kinematics, kinetics and muscle activation during explosive upper body movements. *J Appl Biomech 1996; 12: 31-43*
32. Komi PV, Bosco C (1978). Utilisation of stored elastic energy in men and women. *Med Sci Sports Exerc 1978; 10: 261-5*
33. Dietz V, Schmidtbleicher D, Noth J (1979). Neuronal mechanism of human locomotion. *J Neurophysiol 1979; 42: 1212-22*
34. Mero A, Komi PV (1994). EMG, force, and power analysis of sprintspecific strength exercises. *J Appl Biomech 1994; 10: I-13*
35. Delecluse C, Van Coppenolle H, Willems E, et al (1995). Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc 1995; 27 (8): 1203-9*
36. Viitasalo JT, Hirvonen J, Mero A (1982). Trainingswirkungen des Schlepptrainings auf die Laufschnelligkeit, die aximalkraft- und Explosivkraf. *Leistungssport*
37. Majdell R, Alexander MJL (1991). The effect of overspeed training on kinematic variables in sprinting. *J Human Move Stud 1991; 21: 19-39*
38. Bosco C, Vittori C (1987). Biomechanische Merkmale des Sprints wiihrend maximaler und supramaximaler Geschwindigkeit. *Leistungssport*
39. Mero A, Komi PV (1987). Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from submaximal to supramaximal. *Med Sci Sports Exerc*
40. Tabatchnik B (1991). Neue effektive Mittel fur die Entwicklung der Sprintschnelligkeit. *Leistungssport 1991; 20 (3): 51-3*
41. Mero A, Komi PV (1985). Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. *Int J Sport Biomech 1985; 1: 240-52*
42. Dintiman GB (1964). Effects of various training programs on running speed. *Res Q Exerc Sport 1964; 35 (4): 456-63*
43. Fry AC, Kraemer WJ, Weseman CA, et al (1991). The effect of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in womens collegiate volleyball. *J Appl Sport Sci Res 1991; 5: 174-81*
44. Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ, et al (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc 1993; 25 (11): 1279-86*
45. Smith MJ, Melton P (1981). Isokinetic versus isotonic variable resistance training. *Am J Sports Med 1981 ; 9 (4): 275-9*
46. Hakkinen K, Komi PV (1985). Effect of explosive type strength U-aining on elecVomyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretchshortening cycle exercises. *Scand J Sports Sci 1985; 7 (2): 65-76*
47. Tihanyi J (1995). Controlling strength and power training. *In: Szécsény J, Keresztesi K, editors. European Athletics Coaches' Conference. Budapest: European Athletic Association*

Cita Original

Delecluse Christophe. Influence of Strength Training on Sprint Running Performance, Current Findings and Implications for Training. Sports Med.; 24 (3): 147-156, 1997