PubliCE, (PubliCE) 2004

Revision of Literature

¿La Resistencia tiene alguna Correlación con La Fuerza Máxima y el Entrenamiento de la Fuerza?

Meg Stone[2], Mike Stone[3] y Jon Carlock[1]

[1]*Sports Physiology, USOC, Estados Unidos.*
[2]*Coaching Management, USOC, USA.*
[3]*Head of Sports Physiology, USOC.*

Palabras Clave: resistencia aeróbica, resistencia anaeróbica, potencia aeróbica, fuerza muscular, potencia muscular

INTRODUCCION

El propósito de esta breve revisión es considerar la asociación en las mediciones de la fuerza máxima en relación al rendimiento en los deportes de resistencia y los factores asociados a la resistencia. Se han considerado las evidencias de diferentes tipos de estudios transversales a si como también datos observacionales. Colectivamente los datos indican que la asociación entre la fuerza máxima y los factores de rendimiento en los deportes de resistencia es mayor es fuerte y por lo tanto podría ser explicada. Si bien la explicación de el rendimiento/resistencia en lo deportes es un problema multifactorial, hay poca duda que la fuerza máxima es un componente clave.

La fuerza puede ser definida como la habilidad para producir tensión (Siff 2000, Stone 1993). Debido a que la fuerza es una magnitud vectorial, la apreciación de la fuerza debería incluir características tales como magnitud (0 – 100%), sentido y dirección. Además la generación de tensión puede ser isométrica o dinámica. La magnitud de la producción de tensión y sus características están determinadas por numerosos factores que incluyen el tipo de contracción, la tasa de activación muscular y los patrones de activación muscular.

La importancia de la producción de fuerza puede apreciarse a partir de la segunda ley de Newton:

$$F = m * a.$$

Por lo tanto la aceleración (a) de una masa (m) tal como la masa corporal o un objeto externo, depende directamente de la habilidad de la musculatura para producir fuerza (F). Además, la producción de potencia es el producto de la fuerza y la velocidad y es probablemente el factor mas importante en la determinación del éxito deportivo en la mayoría de los deportes. De esta manera, la habilidad para generar tensión (fuerza) es una parte integral de la producción de potencia y por lo tanto puede ser un componente clave en la determinación del éxito deportivo. Sin embargo no es totalmente claro como estos factores impactan sobre el rendimiento de la resistencia.

En el pasado la relación resistencia/fuerza ha sido simplemente denominada “resistencia muscular”. La forma en que la fuerza máxima afecta la resistencia muscular puede ser generalmente (y simplemente) dividida en mecanismos absolutos y relativos:

- La resistencia absoluta: el número de repeticiones realizada con una carga submáxima absoluta es una función de

la fuerza máxima, una persona fuerte tiene ventaja, específicamente si la carga se aproxima a la máxima.
- Resistencia relativa: a un determinado porcentaje de la fuerza máxima, las repeticiones son de manera característica aproximadamente iguales produciendo igual trabajo relativo (Shaver 1971, Huczel and Clarke 1992); sin embargo algunos estudios muestran que una persona débil tiene una ventaja ya que se está realizando menos trabajo en el mismo tiempo (Anderson and Kearney 1982).

Si bien se pueden utilizar dos observaciones/mecanismos para explicar gran parte de la asociación entre la fuerza máxima y la resistencia, estas no necesariamente explican los incrementos en la resistencia asociados con las ganancias de fuerza observados en todas las actividades. Por ejemplo, aunque en los deportes y en las actividades de la vida diaria se puede argumentar que es frecuente encontrarse frente a cargas mientras que hay pocas instancias (si es que hay alguna) en la que pueden encontrarse frente a cargas relativas (relativas a la fuerza máxima). Fundamentalmente, estas dos observaciones/mecanismos no consideran las posibilidades mecanísticas subyacentes.

Otros mecanismos potenciales de adaptación al entrenamiento de la fuerza que pueden influenciar el rendimiento en la resistencia incluyen los efectos sobre el flujo sanguíneo y la vascularización central y periférica, las alteraciones en el reclutamiento de fibras musculares, y los cambios en la economía de movimiento.

Por ejemplo:

1. Aunque el entrenamiento característico de la fuerza tiene mínimos efectos sobre el VO_2 máx puede ser posible que los atletas mas fuertes sean mas eficientes/económicas en sus movimientos lo que deriva en una mejora de las capacidades de resistencia como resultado de realizar menos trabajo para una tarea dada (Millet et al. 2002,Wisloff and Helgerud 1998, Hoff et al. 1999)
2. Los incrementos en la fuerza están frecuentemente acompañados por incrementos en la potencia y en la tasa de desarrollo de la fuerza (Aagaard et al 2002), y es posible que esta adaptación pueda incrementar la resistencia por medio de a) reducir la fuerza relativa aplicada a cargas relativas similares lo que mantiene un mayor flujo sanguíneo o b) reducir el tiempo de restricción del flujo sanguíneo durante una contracción muscular reduciendo por lo tanto las limitaciones en la oxigenación muscular y el intercambio de sustratos/metabolitos (Osteras, Helgerud and Hoff 2002)
3. Como resultado del entrenamiento de la fuerza que afecta a todos los tipos de fibras, la utilización de fibras tipo I pude incrementarse y la utilización (reclutamiento) de las fibras tipo II puede reducirse en movimientos con cargas submáximas (Gollnick et al. 1974, Hickson et al. 1988, Morgan et al. 1995). Además el entrenamiento de la fuerza ha mostrado reducir la cantidad de músculos activados para una determinada carga (Ploutz et al 1994) y por lo tanto, podría haber una menor demanda metabólica para una misma producción de fuerza. Esto también pude indicar que a medida que las unidades motoras se vuelven mas fuertes o mas potentes se utilizarán menores unidades motoras para una tasa dada de producción de fuerza, creando de esta manera una reserva disponible de unidades motoras que podrán realizar trabajo adicional.
4. Cierta evidencia también sugiere que la resistencia a la fatiga puede ser mejorada a través del entrenamiento de la fuerza como resultado de la excitación prolongada de las membranas celulares (McKenna et al. 1996, Behm and St-Pierre, 1998)
5. La resistencia depende tanto de los mecanismos aeróbicos como de los anaeróbicos; la mejora de la capacidad anaeróbica como resultado del entrenamiento de la fuerza puede también contribuir a la mejora de la resistencia (Paavolainen et al. 1999).
6. El umbral de lactato puede ser modificado marcadamente a través del entrenamiento de la fuerza (Marcinik et al 1991).

Como puede observarse hay varios mecanismos posibles por los cuales el entrenamiento de la fuerza puede mejorar la resistencia. Esta discusión esta dividida en dos partes. La parte 1 trata de el entrenamiento de la fuerza y de los deportes de fuerza/potencia, este tipo de resistencia puede ser denominada como resistencia de alta intensidad (HIEE). La HIEE puede ser definida como la habilidad para sostener o repetir ejercicios de alta intensidad. La parte 2 trata de el entrenamiento de la fuerza y las actividades de resistencia de larga duración, este tipo de resistencia puede ser denominada como ejercicios de resistencia de baja intensidad (LIEE). La LIEE puede definirse como la habilidad para sostener o repetir ejercicios de baja intensidad.

Se debe destacar que así como con cualquier tipo de objetivo de entrenamiento (i.e., fuerza máxima, potencia, resistencia) el impacto de un programa de entrenamiento depende de los factores de entrenamiento que incluyen la especificidad mecánica (ver Ejercicios Explosivos), el volumen y la intensidad de entrenamiento, el tiempo de recuperación y el nivel de entrenamiento.

PARTE 1: FUERZA MAXIMA/ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA PARA LOS DEPORTES DE FUERZA/POTENCIA

Estudios de correlación acerca de los efectos de la mejora de la fuerza máxima: la correlación es la fuerza de relación entre las variables involucradas; el coeficiente de correlación (cuyo símbolo es r) tiene un rango que va desde –1.0 hasta 1.0; cuanto mas cercano esta el coeficiente al valor de 1.0 mas fuerte es la relación. Una correlación positiva entre dos variables significa que estas se incrementan en conjunto, una correlación negativa significa una relación inversa. Hopkins (1997) ha clasificado a las correlaciones como:

r		
0.0	Trivial 0.0	Muy Fuerte 0.7
0.1	Pequeña 0.1	Casi Perfecta 0.9
0.3	Moderada 0.3	Perfecta 1.0
0.5	Fuerte 0.5	

Tabla 1.

Si se eleva al cuadrado el coeficiente de correlación (r2) se puede determinar la varianza compartida. La varianza compartida es una estimación de cuanto de una variable es explicada por otra.

Glaister et al (2000, datos no publicados) estudio la relación entre la fuerza en 1RM en sentadillas y test de agilidad, la capacidad de salto y la resistencia utilizando jugadores de badminton de elite escoceses (n = 13). Este estudio fue parte de un programa de evaluación deportiva iniciada por el Instituto Escocés del Deporte. Los resultados (Glaister et al 2000) indicaron que la 1RM en sentadilla correlacionaba fuertemente con el rendimiento en saltos verticales con contramovimiento tanto con carga como sin carga, con el salto vertical y con los test de agilidad (r = 0.65 – 0.87) y se relacionaba fuertemente con la habilidad de repetir carreras de agilidad con poca recuperación entre las repeticiones. Glaister et al (2000) crearon un test de agilidad específico para el badminton (X-Test) que podría ser repetido produciendo una medición de la resistencia. El X-Test fue repetido 15 veces con una pausa de 14 s para los hombres y de 16 s para las mujeres (simulando los intervalos de pausa en la badminton). La correlación entre la 1RM y el X-Test repetido fue 0.69. Los resultados de Glaister et al (2000) indicaron que la fuerza en 1RM en sentadilla (y 1RM en sentadilla por kg de masa corporal) tiene una correlación significativa con la potencia, la velocidad y las variables relacionadas a la velocidad resistencia.

Utilizando sujetos previamente entrenados (n = 33) Robinson et al (1995) mostraron que un alto volumen de entrenamiento de la fuerza durante 5 semanas incrementó la producción de potencia y la HIEE. La potencia y la HIEE se midió por medio de esfuerzos máximos en cicloergómetro de 15-5 s de duración con 1 minuto de pausa entre repeticiones (0.1kg x masa corporal). Robinson et al (1995) mostraron que la fuerza máxima medida en 1RM en sentadilla tuvo fuertes correlaciones con el rendimiento en el cicloergómetro, con el PP promedio (APP15) a lo largo de las 15 repeticiones y con el trabajo promedio completado (ATW15) a lo largo de las 15 repeticiones.

	PP	**APP15**	**ATW15**
Pre r =	0.62	0.67	0.64
Post r =	0.74	0.72	0.725

Tabla 2.

Estos datos de correlación indican que la fuerza máxima está asociada tanto con la producción de potencia como con la HIEE y que esta relación se hace mas fuerte con el entrenamiento (Robinson et al 1995).

Los estudios de Glaister et al (2000) y Robinson et al (1995) indican que la fuerza máxima esta relacionada a la HIEE. Estudios adicionales indican que una mayor fuerza máxima puede estar relacionada al incremento de la potencia y la HIEE en varias actividades tales como la natación de velocidad (Costill et al. 1980, Davies 1959, Sharp et al. 1982) y el ciclismo de velocidad (Stone et al. 2003). Sin embargo, los datos transversales no necesariamente implican causa y efecto.

Estudios Longitudinales acerca del Efecto de la Mejora en la Fuerza Máxima: esta bien establecido que los atletas mas fuertes tienen una mayor resistencia absoluta (Anderson and Kearney 1982); sin embargo es frecuente que estos atletas realicen períodos de altos volúmenes de entrenamiento de la fuerza (entrenamiento de la fuerza resistencia) o entrenamiento de la potencia (entrenamiento de la potencia resistencia) durante porciones específicas de un ciclo de entrenamiento (i.e., fases de preparación general y específica). La razón de la utilización de una "fase de entrenamiento de fuerza resistencia o potencia resistencia" es la creencia de que la HIEE se mejorará mas halla de lo que se mejora con un entrenamiento de la fuerza típico. Para estudiar este tema McGee et al (1992) comparó tres diferentes tipos de entrenamientos:

1. GpL (n = 8) = bajo volumen - 1 serie de 8-12 RM hasta el fallo*
2. GpV (n = 9) = series múltiples, grupo de variación**
   - 2 semanas - 3 x 10 RM
   - 3 semanas - 3 x 5 RM
   - 2 semanas - 3 x 3 RM
3. GpH (n = 10) = 3 x 10 RM**

Figura 1. *Diferentes tipos de entrenamiento. *una serie suave de entrada en calor ** tes series ligeras >> moderadas*

Los sujetos entrenaron utilizando ejercicios que afectaban grandes grupos musculares y enfatizaron el entrenamiento de la fuerza resistencia en la cadera y las piernas.

El entrenamiento se llevo a cabo 3 días a la semana durante 7 semanas. Todos los sujetos habían entrenado de la misma manera en las dos semanas previas al estudio. La resistencia se midió por dos métodos; ciclo ergometría hasta el agotamiento (< 5 minutos) y a carga constante (4.5KP) y con sentadillas hasta el fallo con cargas progresivas. La evaluación pre y poste entrenamiento mostró que mientras que todos los grupos mejoraron, las mayores mejoras para ambos test fueron GpH>GpV>GpL. Además se observó que aunque los mayores incrementos fueron específicos (i.e., sentadillas), también ocurrió una considerable mejora en la resistencia. Los autores concluyeron que el grado de las adaptaciones inducidas por entrenamiento de la fuerza sobre la HIEE fue dependiente del volumen, lo que concuerda con las observaciones y conclusiones generales de Stone y Coulter (1994).

Comúnmente se cree que el acortamiento de los intervalos de recuperación entre las series mejora el efecto del entrenamiento de la resistencia. Robinson et al (1995) utilizó sujetos moderadamente entrenados e investigo los efectos de la duración del intervalo de recuperación sobre la HIEE. Se estudiaron tres diferentes períodos de recuperación inter series:

Gp 1: (n = 11) intervalos de recuperación de 3.0 min
Gp 2: (n = 11) intervalos de recuperación de 1.5 min
Gp 3: (n = 11) intervalos de recuperación de 0.5 min

Figura 2.

Los sujetos entrenaron 4 días a la semana durante 5 semanas utilizando ejercicios que hacían énfasis en las piernas y las caderas. Todos los sujetos realizaron 5 x 10 repeticiones en los ejercicios principales que enfatizaban la HIEE y solo los intervalos de recuperación fueron diferentes. Las evaluaciones pre y post entrenamiento incluyeron saltos verticales (VJ), 1RM en sentadilla y repeticiones de 15-5seg en ciclo ergómetro con pausas de 1min (0.1kg x masa corporal). Los grupos Gp 1 y 2 mostraron incrementos no significativos en el VJ, mientras que el grupo Gp3 mostró una reducción no significativa, el grupo Gp 1 mostró un incremento significativo en la fuerza en sentadilla en comparación con el grupo Gp

3. Los tres grupos incrementaron significativamente el rendimiento en los test en cicloergómetro (ver estudios de correlación) no hallándose diferencia entre los grupos. Los autores (Robinson et al 1995) concluyeron que el acortamiento de la pausa de recuperación no produce ninguna ventaja en el desarrollo de la HIEE lo que concuerda con las observaciones de Nimmons (1995). En investigaciones similares Kulling et al (1999) hallo que períodos mas largos de recuperación entre las series facilitaban las adaptaciones de la HIEE. Kulling et al (1999) hallaron que períodos de recuperación de 90 segundos en comparación con períodos de 30 segundos, resultaron en mayores repeticiones hasta el agotamiento en el ejercicio de press en banco a diferentes porcentajes de la masa corporal (60% para hombres y 40% para las mujeres) luego de 12 semanas de entrenamiento. Los mayores períodos de recuperación permitieron una mayor intensidad de entrenamiento, lo cual facilitó las adaptaciones en la fuerza y la resistencia. Estos datos indican que si los períodos de recuperación entre las series son muy cortos (< 90 s) entonces la intensidad de entrenamiento (i.e., carga promedio) y las subsecuentes adaptaciones se verán comprometidas. Estas observaciones cuestionan la utilización del entrenamiento de la fuerza en circuito (CRT) para mejora la fuerza resistencia. El CRT utiliza cortos intervalos de recuperación para incrementar el gasto metabólico promedio. Sin embargo, los cortos períodos de recuperación pueden comprometer la intensidad del ejercicio y las subsecuentes adaptaciones.

Resumen de la Parte 1

Aunque no todos los estudios concuerdan los datos presentados indican que:

1. Aunque la especificidad es evidente, el entrenamiento de la fuerza produce adaptaciones que repercuten sobre la resistencia, las cueles pueden ser “transferibles”, i.e., adaptaciones que tienen lugar en los ejercicios no utilizados en el programa de entrenamiento de la fuerza.

2. Un alto volumen de entrenamiento puede afectar las mediciones de la resistencia en una mayor extensión que un bajo volumen de entrenamiento.

3. Dentro del contexto del entrenamiento de la fuerza, cortos períodos de recuperación (<90 s) no mejoran la resistencia mas halla de los períodos de recuperación comúnmente utilizados y esto puede comprometer las ganancias de fuerza y potencia. Si los períodos de recuperación son muy cortos (<30 s) se puede comprometer la intensidad lo suficiente como para resultar en menores ganancias de fuerza y potencia y posiblemente en la HIEE.

PARTE 2: FUERZA MAXIMA/ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA PARA LOS DEPORTES DE “RESISTENCIA”

Entre los entrenadores y los atletas el entrenamiento de la fuerza para la LIEE ha sido bastante controversial (Suslov 1997, Reuter 2000). Datos recientes de varios estudios longitudinales han indicado que el entrenamiento de la fuerza/potencia puede mejorar la resistencia de larga duración (LIEE). Esta breve revisión trata de estos estudios.

Estudios Descriptivos/de Correlación: varios estudios han mostrado que las mediciones de la fuerza y potencia están asociadas con el rendimiento de la resistencia, por ejemplo: entre los ciclistas de ruta la potencia anaeróbica es un factor principal para separar atletas de alto y bajo nivel (Tanka et al 1993). Se ha mostrado que la potencia anaeróbica es un factor crítico que determina el éxito entre los corredores de cross country con similares valores de VO_2máx (Bububian et al 1986). Evidencia adicional indica que los corredores de distancia con músculos mas potentes tienen mas probabilidades de triunfar (Nokes 1988). Varios estudios han mostrado fuertes correlaciones entre el rendimiento en la natación en distancias de hasta 400 metros y la fuerza máxima/potencia del tren superior (Costill, et al. 1980, Davis 1959, Hawley and Williams 1991, Sharp et al. 1982, Toussaint and Vervoorn. 1990). Estos datos indican el potencial del entrenamiento de la fuerza para mejorar la resistencia.

Estudios Longitudinales: varios estudios longitudinales han observado una relación entre el incremento en la fuerza y el incremento en la potencia anaeróbica y las mediciones de la resistencia como resultado del entrenamiento de la fuerza en sujetos desentrenados o mínimamente entrenados en resistencia (Hickson 1980, Inbar et al. 1981, Marcinik et al. 1991, O'Bryant et al. 1988, Petersen et al. 1984, Rutherford et al. 1986, Smith, 1987). El entrenamiento de la fuerza también ha mostrado producir incrementos en la resistencia entre sujetos entrenados y atletas bien entrenados. Por ejemplo: Hickson (1988) estudio los efectos de adicionar el entrenamiento de la fuerza a los programas de entrenamiento de sujetos entrenados en resistencia (8 hombres, 2 mujeres, n = 10). Los sujetos estaban moderadamente entrenados en resistencia (> 50 ml/kg/min). Los sujetos entrenaron durante 10 semanas (3 días por semana) haciendo énfasis en los ejercicios para el entrenamiento de la fuerza de la cadera y las piernas, lo que resulto en ganancias significativas en la fuerza máxima (20-38%). Aunque hubo poco cambio en la potencia aeróbica los tiempos en los test progresivos en cinta hasta el

agotamiento se incrementaron marcadamente al igual que el tiempos hasta el agotamiento durante ejercicio en ciclo ergómetro a carga constante (80-85% del VO_2máx). Desde un lado práctico, el tiempo de carrera en 10km se redujo desde 42:27 ± 1.59 hasta 41:53 ± 1.45 (n = 9).

Paavolainen et al (1999) investigaron los efectos del entrenamiento de la fuerza explosiva sobre el rendimiento de 18 hombres bien entrenados (VO_2máx = 65 ml/kg/min). En un intento por controlar parcialmente las diferencias en las cargas de entrenamiento, el tiempo de entrenamiento de resistencia fuer reemplazado con entrenamiento de la fuerza (32% del tiempo total) de manera que el tiempo total de entrenamiento fuera igual entre los grupos experimental (GpE, n = 10) y control (GpC, n = 8). Interesantemente (en comparación con el grupo GpC), el grupo GpE mostró una reducción en el VO_2máx a lo largo de las 9 semanas que duró el experimento. Sin embargo, el grupo GpE mostró mayores ganancias en la fuerza máxima que el grupo control (press de piernas isométrico), en sprints en 20mts, en la habilidad de salto, en la capacidad anaeróbica (VMART), en la economía de carrera y lo mas importante en el tiempo en la carrera de 5 km.

El entrenamiento de la fuerza también ha mostrado provocar efectos beneficiosos sobre los factores asociados a la resistencia en ciclistas de ruta. Bastiaans et al (2001), utilizando 14 ciclistas de ruta competitivos, investigo los efectos de el entrenamiento de la fuerza explosiva sobre los factores relacionados al rendimiento de la resistencia. Al igual que en el estudio de Paavolainen et al (1999) el tiempo de entrenamiento de la resistencia fue reemplazado con entrenamiento de la fuerza (37% del tiempo total) de manera que el tiempo de entrenamiento fuera igual entre el grupo experimental (GpE, n = 6) y el grupo control (GpC, n = 8). Si bien la adición de entrenamiento de la fuerza resulto en pequeños incrementos en la producción de potencia y en la eficiencia de pedaleo, el mayor efecto se produjo sobre el rendimiento a corto plazo. El rendimiento a corto plazo se midió calculando la producción media de potencia a una tasa fija de pedaleo (60rpm) durante un test en ciclo ergómetro de 30 segundos. Se mostró que el grupo GpC perdió potencia media y que el grupo GpE mostró pequeños incrementos a lo largo del período de 9 semanas. Los autores (Bastiaans et al 2001) sugirió que el entrenamiento de la fuerza atenúo la perdida en la potencia y en la habilidad de sprint comúnmente observada con el entrenamiento de la resistencia de larga duración. El grupo GpE mostró una mejora ligeramente superior en el trabajo completado durante 1 h en una prueba en ciclo ergómetro. Estos datos sugieren que el reemplazo de el entrenamiento de la resistencia con el entrenamiento de la fuerza explosiva puede preservar o mejorar la habilidad para mantener altas producciones de potencia durante cortos períodos sin comprometer la resistencia.

Resumen de la Parte 2

Estos datos sugieren que:

1. La fuerza máxima puede estar asociada a la LIEE
2. La fuerza máxima puede mejorar la LIEE o los factores asociados a la LIEE
3. Al igual que en los deportes de fuerza/potencia hay un grado de especificidad en las adaptaciones de la resistencia.

Temas acerca de la especificidad, el volumen de entrenamiento y el tiempo de retraso: no todos los estudios muestran que el entrenamiento de la fuerza mejora la resistencia (Thompson and Tull 1959, Bulgakova 1990, Bishop et al. 1999). Hay varias razones posibles por las cuales esto pudo haber ocurrido:

1. Una posibilidad es que el entrenamiento de la fuerza tenga poco efecto sobre los factores asociados a la resistencia: en la opinión de los autores este es un factor improbable debido a que (a) hay muchos estudios que indican un efectos y (b) los entrenadores y los atletas son muy pragmáticos, la mayoría de los entrenadores y atletas se abocan a a alguna forma de entrenamiento de la fuerza para sus atletas de resistencia con la creencia de que mejoraran el rendimiento, es bastante improbable que los atletas y entrenadores gasten tiempo y esfuerzo en algo que no producirá resultados razonables.
2. Es posible que el tipo de programa de entrenamiento de la fuerza utilizado no fuerza lo suficientemente específico para la tarea (evento deportivo). Por ejemplo: Bastiaans et al (2001) afirmo que una posible explicación por la cual Bishopo et al (2001) no hallaran incrementos en la resistencia con el entrenamiento de la fuerza tiene que ver con el tipo de contracción utilizada. Bishop et al (2001) utilizaron un entrenamiento de la fuerza con altas cargas y baja velocidad de contracción, lo cual pudo no cubrir las características de la tarea (“ciclismo de resistencia de alta velocidad”). En este contexto es interesante que tanto Paavolainen et al (1999) y Bastiaans et al (2000) utilizaran ejercicios dinámicos explosivos para el entrenamiento de la fuerza lo cual pudo haber cubierto las demandas de la tarea de mejor manera que los movimientos lentos. Sin embargo, Millet et al (2002) utilizaron un entrenamiento de la fuerza con altas cargas y hallaron mejoras en la economía de movimiento entre varios esquiadores de cross country bien entrenados. Las diferencias en el nivel de entrenamiento también pudo haber afectado los resultados.
3. Otro factor que pudo haber afectado el resultado es el volumen total de entrenamiento; Paavolainen et al (1999) y Bastiaans et al (2000) sustituyeron parte del entrenamiento de la resistencia por entrenamiento de la fuerza, por lo tanto (hasta cierto punto) mantuvieron el volumen total de entrenamiento. Los estudios que adicionaron el entrenamiento de la fuerza a los regímenes existentes de entrenamiento pueden haber incrementado el volumen

total de entrenamiento por lo que la fatiga crónica pudo haber afectado las adaptaciones.

4. Ningún estudio longitudinal ha demostrado que las variables de fuerza máxima, potencia o rendimiento específico incluyendo la resistencia, se adaptan a la misma tasa. A menudo, las ganancias en las variables de rendimiento deportivo se retrasan detrás de las ganancias medidas en la fuerza y la potencia (Stone et al 2003). Es posible que la falta de correspondencia directa entre las ganancias en la fuerza máxima y otras variables de rendimiento esté asociada con un tiempo de retraso (Abernethy and Jurimae 1996, Stone et al. 2003). El tiempo de retraso tiene que ver con un período de tiempo en el cual el atleta aprende como utilizar el incremento en la fuerza; en algunos casos el tiempo de retraso puede extenderse a varios meses. Es posible que el tiempo de retraso pueda reducirse mediante cuidadosas estrategias de entrenamiento en las cuales se le señala al atleta la relación entre la fuerza, la técnica y la resistencia. Esto puede llevarse a cabo parcialmente señalando las similitudes entere los ejercicios de entrenamiento (i.e., especificidad mecánica) y los ejercicios de rendimiento.
5. Además, los incrementos en la fuerza pueden continuar luego de que los cambios en el rendimiento deportivo se vuelvan asintóticos. Esta observación puede indicar que se requiere un cambio en el tipo de entrenamiento de la fuerza que se está utilizando.

CONCLUSIONES

En base a esta breve revisión, los autores sugieren que: la fuerza máxima está asociada con los factores de la resistencia: la asociación es probablemente mas fuerte en las actividades donde predomina la HIEE que en las que predomina la LIEE, el entrenamiento de la fuerza puede afectar los incrementos en los factores de la resistencia tanto de la HIEE como de la LIEE, el volumen de entrenamiento tiene un papel importante en la adaptación de la resistencia (i.e., altos volúmenes generalmente produce mayores ganancias en la resistencia), la especificidad mecánica y las variables del programa de entrenamiento también tienen un papel importante en el grado de adaptación.

La figura 1 ofrece un paradigma que ilustra los mecanismos potenciales.

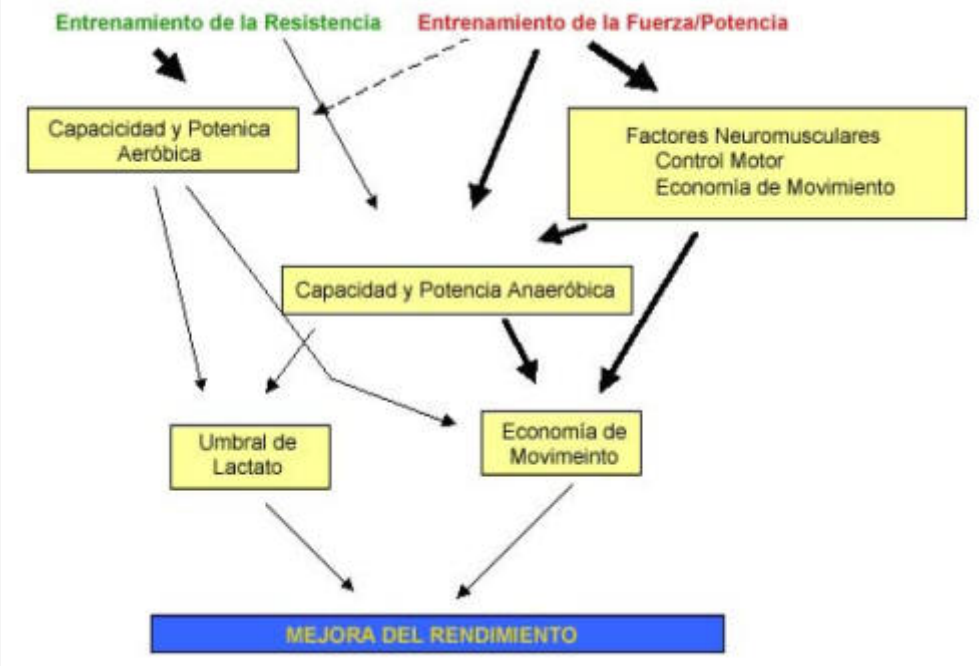


Figura 3. *Mecanismos adaptativos (modificado de Paavolainen et al 1999)*

REFERENCIAS

1. Abernethy, P.J. and J. Jurimae (1996). Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric and isokinetic dynamometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise 28: 1180-1187*
2. Aagaard, P., Simonsen , E.B. Andersen, J.L., P. Magnusson P. and Dyre-Poulsen, P (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following rsistance training. *Journal of Applied Physiology 93:1318-1326*
3. Anderson, T. and Kearney, J.T (1982). Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly 53:1-7*
4. Behm, D. G. and St-Pierre, D.M.M (1998). The effect of strength training and disuse on the mechanisms of fatigue. *Sports Medicine 25: 173-189*
5. Bulbubian, R., Wilcox, A.R., Darabos, B.L (1986). Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise 18:107-118*
6. Costill, D., Sharp, R. and Troup, J (1980). Muscle strength: contributions to sprint swimming. *Swim World 21:, 29-34*
7. Davies, J.F (1959). Effects of training and conditioning for middle distance swimming upon various physical measures. *Research Quarterly 30: 399-412*
8. Glaister, M., Moir, G., Fairweather, M.M. and Clark, D (2000). Relationships between maximum strength (1 RM squat), estimated jumping power and measures of agility amongst Scottish National Badminton players. *Presentation at the British Association of Sport and Exercises Medicine (BASEM), Edinburgh, Scotland*
9. Gollnick, P.D., Piehl, K. and Saltin, B (1974). Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibers after exercise of varying pedal speeds. *Journal of Physiology (Lond) 241:45-57*
10. Hawley, J.A. and Williams, M.M (1991). Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *International Journal of Sports Medicine 12: 1-5*
11. Hickson, R.C. Dvorak, B.A., Gorostiaga, E.M. Kurowski, T.T. Foster, C (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology 65:2285-2290*
12. Hickson, R.C., Rosenkoetter, M.A. and Brown, M.M (1980). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise 12: 336-339*
13. Hoff, J., Helgerud, J., Wisloff, U (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine and Science in sports and Exercise 31:870-877*
14. Hopkins, W (1997). A new view of statistics. *(updated 2001) C:\sportsci stats\index.htm*
15. Huczel, H.A. and Clarke, D.H (1992). A comparison of strength and muscle endurance in strength-trained and untrained women. *European Journal of Applied Physiology 64: 467-470*
16. Inbar, O., Kaiser, P. and Tesch, P (1981). Relationships between leg muscle fiber type distribution and leg performance. *International Journal of Sports Medicine 2:154-159*
17. Kulling, F.A., Hardison, B.H. Jacobson, B.H. and Edwards S.W (1999). Medicine and Science in Sport and Exercise 31. *Suppl absr 437*
18. Marcinik, E.J. Potts, Schlabach, G (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise 23: 739-743*
19. McGee, D.S., Jesse, T.C., Stone M.H. and Blessing, D (1992). Leg and hip endurance adaptations to three different weight-training programs. *Journal of Applied Sports Science Research, 6(2): 92-95*
20. McKenna, M.J. Harmer, A.R., Fraser, S.F (1996). Effects of training on potassium, calcium, and hydrogen ion regulation in skeletal muscle and blood during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica 156: 335-346*
21. Millet, G.P., Jaouen, B., Borrani, F. and Candau, R (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO2 kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercises 34: 1351-1359*
22. Morgan, D.W. Bransford, D.R., Costill, D.L (1995). Variatins in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise 27: 404-409*
23. Nimmons, M (1995). High volume weight training with different rest periods and its effect on muscle hypertrophy. *Masters Thesis, Appalachian State University*
24. Noakes, T.D (1988). Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Medicine and Science in Sports and Exercise 20:319-330*
25. O'Bryant, H.S., Byrd, R. and Stone, M.H (1988). Cycle ergometer and maximum leg and hip strength adaptations to two different methods of weight training. *Journal of Applied Sports Science Research, 2(2): 27-30*
26. Osteras, H. Helgerud, J. and Hoff, J (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increasesin aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology 88:255-263*
27. Paavolainen, L. Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A. and Rusko, H (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology 86: 1527-1533*
28. Ploutz, L.L., tesch, P.A., Biro, R.L. and Dudley, G.A (1994). Effect of resistance training on muscle use during exercise. *Journal of Applied Physiology 76:1675-1681*
29. Petersen, S.R., Miller, G.D., Wenger, H.A (1984). The acquisition of muscular strength: the influence of training velocity and initial VO2max. *Canadian Journal of Applied Sport Science 9: 176-180*
30. Reuter, B (2000). Strength training for endurance athletes?. *National Strength and Conditioning Journal 22(5): 61-62*
31. Robinson, J.M., Penland, C.M., Stone, M.H., Johnson, R.L., Warren, B.J. and Lewis D.L (1995). Effects of different weight training exercise-rest intervals on strength, power and high intensity endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 9(4): 216-221*
32. Rutherford, O.M. Greig, C.A., Sargent, A.J (1986). Strength training and power output: transference effects in the human

quadriceps muscle. *Journal of Sports Science 4: 101- 107*
33. Sharp R.L., Troup, J.P. and Costill. D (1982). Relationship between power and freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise 14: 53-56*
34. Shaver, L.G (1971). Maximum dynamic strength, relative dynamic endurance and their relationships. *Research Quarterly 42:460-465*
35. Siff, M (2001). Biomechanical foundations of Strength and power training. *In: V. Zatsiorsky ed. Biomechanics in Sport London, Blackwell Scientific Ltd., pp. 103-139*
36. Smith, D.J (1987). The relationship between anaerobic power and isokinetic torque outputs. *Canadian Journal of Applied Physiology 12:3-5*
37. Stone, M.H (1993). "Explosive Exercise". *National Strength and Conditioning Association Journal, 15(4):7-15*
38. Stone, M.H., Callan, S. Dickie, D. Carlock, J. Hartman, M., Holm, P. and Kramer J (2003). Strength-power attributes of sprint cyclists. *Presentation at the NSCA National Meeting, Indianapolis*
39. Stone, M.H., O'Bryant, H.S., McCoy, L., Coglianese, R., Lehmkuhl, M. and Schilling, B (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*
40. Stone, W.J. and Coulter, S.P. Strength (1994). Endurance effects from three resistance training protocols with women. *Journal of Strength and Conditioning Research 8:231-234*
41. Suslov, F (1997). How much strength is needed in endurance events?. *Modern Coach and Athlete 35(4):9-12*
42. Tanaka, H., Bassett, J., Swensen, T.C (1993). Aerobic and anaerobic power characteristics of competitive cyclist in the United States Cycling Federation. *International Journal of Sports Medicine 14: 334-338*
43. Tousaint, H.M. and Vervoorn, K (1990). Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine 11: 228-233*
44. Wisloff, U. and Helgerud, J (1998). Evaluation of a new upper body ergometer for cross-country skiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise 30:1314-1320*