

Monograph

Especificidad en el Entrenamiento de la Fuerza: Una Revisión para el Entrenador y el Deportista

Duncan Mac Dougall¹ y Digby Sale¹

¹Universidad de McMaster, Hamilton, Ontario, Canadá.

INTRODUCCION

Actualmente existen dos teorías opuestas acerca del entrenamiento de la fuerza en relación al rendimiento deportivo. Una de las teorías sostiene que los ejercicios de fuerza deberían imitar el gesto deportivo tan estrechamente como sea posible en términos de patrón de movimiento anatómico, velocidad, tipo y fuerza de contracción. La teoría opuesta sostiene que solo es necesario entrenar los grupos musculares apropiados. No hay necesidad de realizar ejercicios con movimientos específicos. Practicando las destrezas del deporte en forma separada, la fuerza lograda en el entrenamiento muscular no específico puede ser "utilizada" para el rendimiento. Por lo tanto, en esta teoría, el motor (los músculos) es desarrollado en la sala de musculación; el aprendizaje de cómo encender el motor (control neurológico) se adquiere en el gimnasio, en el campo, en la piletta, etc. Por el contrario, la primera teoría sostiene que uno debería tanto construir el motor como aprender a encenderlo en la sala de musculación.

¿Cuál de los métodos para entrenar la fuerza produce mejores resultados? La posición de los autores es que si bien ambos enfoques producen resultados, la evidencia científica hasta el momento favorece fuertemente la especificidad del entrenamiento. En este trabajo se revisarán los datos científicos en relación a la especificidad del entrenamiento y se discutirán bajo cuatro perspectivas: 1) patrón de movimiento, 2) velocidad, 3) tipo de contracción, y 4) fuerza de contracción.

Especificidad

Patrón de Movimiento

Uno de los primeros reportes en el cual se afirmaba que el entrenamiento de la fuerza era muy específico fue realizado por Rasch y Morehouse en 1957. En este estudio, un grupo de sujetos entrenó la flexión de codo en posición de parado. Luego del entrenamiento, la fuerza de flexión del codo había aumentado considerablemente cuando se medía en la posición con la que se había entrenado; sin embargo, las mediciones realizadas antes y después del entrenamiento en una posición no familiar (supina) revelaron solamente un leve incremento en la fuerza. Los investigadores concluyeron que el entrenamiento de la fuerza fue en gran parte una adquisición de destreza. En la Figura 1 se presenta un ejemplo más reciente del efecto del entrenamiento en un movimiento específico. El entrenamiento durante ocho semanas con el ejercicio de sentadillas provocó un gran aumento en el rendimiento en el test específico (1 repetición máxima en el ejercicio de sentadillas), pero una mejoría mucho menor en un test no específico (prensa de piernas en forma isométrica), a pesar del hecho de que en ambos test estuvieron involucrados los mismos grupos musculares.

La especificidad también ha sido observada en relación a la evaluación de la fuerza isocinética (Cybex). En una serie de estudios llevados a cabo en la Universidad de McMaster, estudiamos los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el

tríceps braquial (McDougall et al, 1977, 1979, 1980a). En el primer estudio, los sujetos entrenaron el tríceps con varios ejercicios de entrenamiento con pesas que incluían la extensión del codo. Los resultados mostraron que la fuerza durante el levantamiento de pesas y el perímetro del brazo aumentaron sustancialmente; por el contrario, la fuerza de extensión del codo medida con un dinamómetro isocinético no se incrementó significativamente. En el segundo estudio, los sujetos llevaron a cabo el mismo programa de entrenamiento de pesas y además practicaron en un dinamómetro isocinético tres veces por semana. Luego de un período similar, las mejoras en la fuerza durante el levantamiento de pesas y en el perímetro del brazo fueron similares a las del primer estudio; sin embargo, la fuerza isocinética también aumento substancialmente debido al entrenamiento específico en el dinamómetro. Por lo tanto, en un movimiento simple como lo es la extensión del codo, existe especificidad en el patrón de movimiento.

La respuesta al entrenamiento podría ser específica aún en el ángulo articular con el cual se realiza el entrenamiento, tal como se muestra en la Figura 2. La extensión isométrica de la rodilla con un ángulo articular de 15 grados causó el mayor aumento de la fuerza en ese ángulo. En un ángulo articular no familiar o con diferente tipo de contracción se observaron mejoras de menor magnitud. Cuando el entrenamiento se llevó a cabo con un ángulo articular diferente (60º) se obtuvo un patrón de resultados similar.

Por lo tanto concluimos que si puede demostrarse especificidad en el patrón de movimiento en relación a movimientos relativamente simples, y este aspecto de la especificidad se aplica aún más a los patrones de movimiento más complejos como los son los movimientos deportivos. La base fisiológica de este aspecto de la especificidad es el hecho de que las adaptaciones neurológicas cumplen un rol fundamental en la respuesta al entrenamiento de la fuerza.

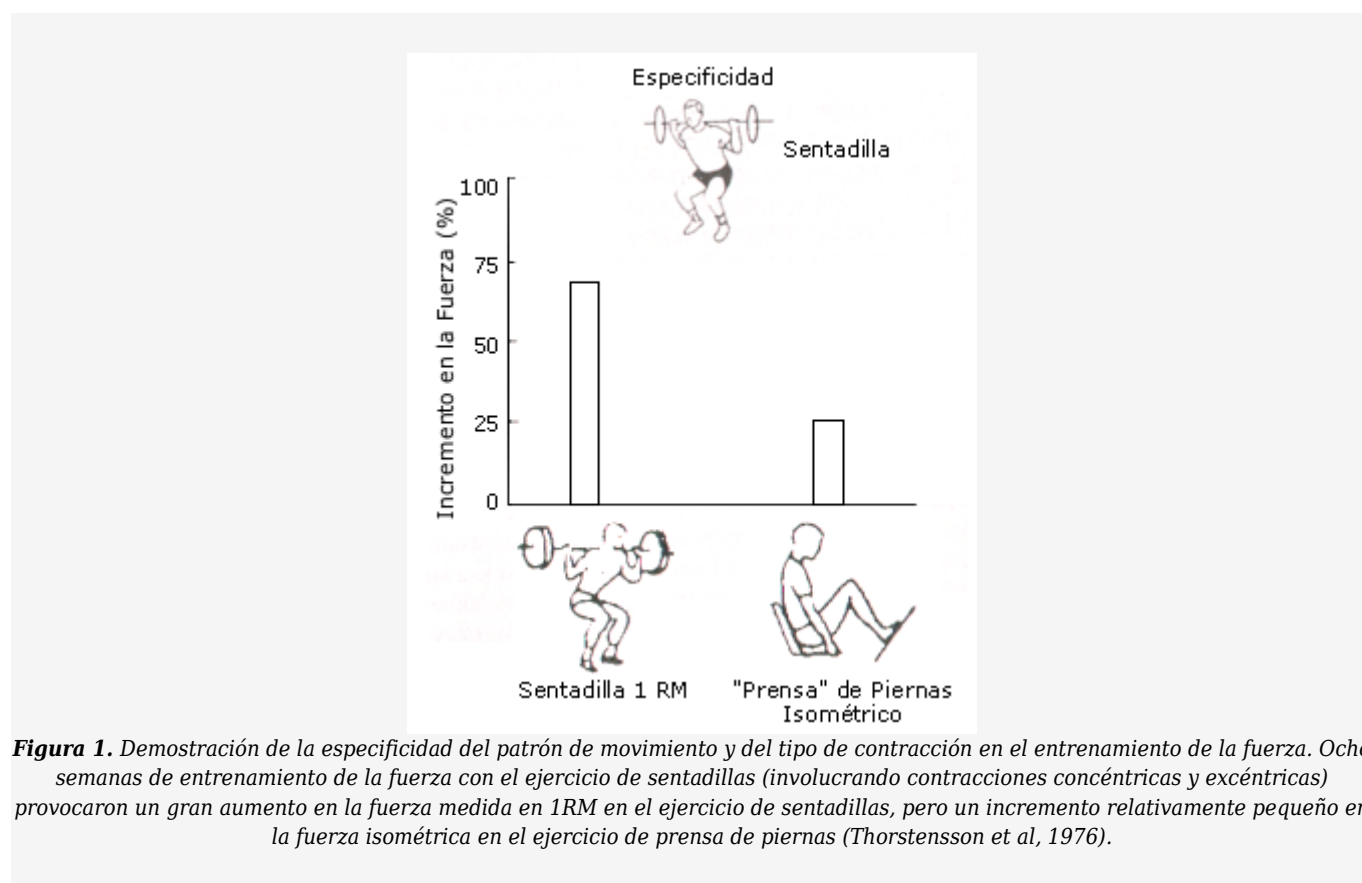


Figura 1. Demostración de la especificidad del patrón de movimiento y del tipo de contracción en el entrenamiento de la fuerza. Ocho semanas de entrenamiento de la fuerza con el ejercicio de sentadillas (involucrando contracciones concéntricas y excéntricas) provocaron un gran aumento en la fuerza medida en 1RM en el ejercicio de sentadillas, pero un incremento relativamente pequeño en la fuerza isométrica en el ejercicio de prensa de piernas (Thorstensson et al, 1976).

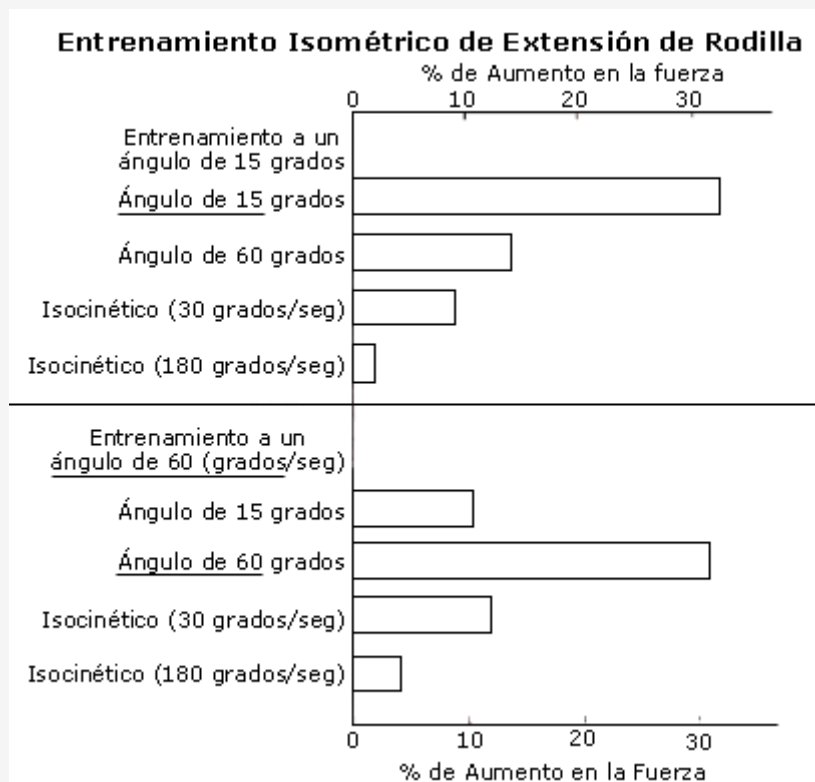


Figura 2. Demostración de la especificidad del tipo de contracción y de la velocidad de contracción del ángulo articular (patrón de movimiento) en el entrenamiento de la fuerza. Arriba: el entrenamiento de extensión isométrica de la rodilla a un ángulo de 15° provocó un incremento relativamente elevado en la fuerza en este ángulo articular, pero aumentos de menor magnitud en ángulos “no familiares”. La medición de la fuerza con un tipo de contracción diferente (isocinético = contracciones concéntricas a velocidad constante) también reveló una menor mejora. El entrenamiento isométrico causó un mayor aumento a baja velocidad (30°/s) que a alta velocidad (180°/s) de contracción isocinética. Abajo: el entrenamiento a un ángulo articular de 60° produjo un patrón similar de resultados. (Lindh, 1979).

Velocidad

El primer informe acerca de la especificidad de la velocidad en el entrenamiento de la fuerza fue presentado por Moffroid y Whipple en 1970. En uno de los primeros experimentos con entrenamiento isocinético (= contracciones a una velocidad constante) se observó que el entrenamiento a una baja velocidad provocaba un aumento en la fuerza a baja velocidad, pero no a una velocidad mayor. La Figura 3 muestra los resultados de un trabajo reciente (Coyle and Fering, 1980). A partir de los resultados de este estudio se puede llegar a tres conclusiones. En primer lugar, hay una especificidad en el efecto de entrenamiento de velocidad, lo cual confirma los anteriores resultados de Moffroid y Whipple (1970) y también concuerda con otras observaciones recientes (Calloso et al, 1980). El entrenamiento a baja velocidad aumenta sustancialmente la fuerza a baja velocidad pero tiene poco efecto sobre la fuerza a alta velocidad. El entrenamiento combinado (a velocidad alta y baja) produce resultados intermedios. En segundo lugar, es más fácil incrementar la fuerza de baja velocidad con un entrenamiento específico que la fuerza a alta velocidad con un entrenamiento específico (este hecho también fue observado por Moffroid y Whipple, 1970). Por lo tanto, el entrenamiento veloz produjo casi los mismos resultados en ambas velocidades (alta y baja), mientras que el entrenamiento lento produjo resultados marcadamente mejores en la velocidad baja. ¿Cuál es la base fisiológica para la especificidad del efecto de la velocidad?

Hay dos posibles mecanismos: 1) existe una adaptación específica a la velocidad dentro de los músculos, y 2) existe una adaptación específica a la velocidad dentro del sistema nervioso.

Uno o ambos mecanismos podrían estar involucrados. En base a la evidencia de que el cerebro organiza e inicia los movimientos veloces y balísticos en forma diferente que los movimientos lentos (Desmedt and Godaux, 1979, para datos y referencias), nosotros creemos que el mecanismo responde principalmente a una adaptación neurológica. Sin embargo, se ha afirmado que el entrenamiento rápido o lento causa un reclutamiento selectivo de unidades motoras rápidas o lentas, respectivamente (Counsilman, 1976a, 1976b). El entrenamiento de la fuerza a velocidades bajas recluta solamente las unidades motoras lentas; por lo tanto, la adaptación (hipertrofia) solo ocurre dentro de las fibras lentas. De forma similar,

el entrenamiento de alta velocidad recluta selectivamente las unidades motoras rápidas y causa hipertrofia selectiva de las fibras musculares rápidas. Se hizo referencia (sin datos ni bibliografía) a los resultados de los estudios con biopsias musculares en fisicoculturistas que indican que tienen fibras musculares lentas extremadamente grandes pero fibras rápidas casi normales (Counsilman, 1976a, 1976b). Esta idea de reclutamiento selectivo podría estar difundida entre entrenadores y deportistas; hasta los fisicoculturistas están recomendando entrenamientos de baja velocidad para la hipertrofia de las fibras lentas (Newell, 1980).

Sin embargo, lo dicho anteriormente no está de acuerdo con una cantidad considerable de datos científicos. En primer lugar, se ha demostrado que en los físico culturistas (MacDougall et al, 1980b) y en los levantadores de potencia (MacDougall et al, 1980b, Prince et al, 1976), tanto las fibras rápidas como las lentas están hipertrofiadas. Además, el entrenamiento convencional de sobrecarga a baja velocidad y el entrenamiento isocinético lento causan la hipertrofia de ambos tipos de fibras (MacDougall et al, 1980a). De hecho, tanto en los fisicoculturistas como en los levantadores de potencia las fibras rápidas aumentan en mayor proporción que las lentas; es decir, el entrenamiento de baja velocidad causa mayor hipertrofia en las fibras rápidas (MacDougall et al, 1980a, Thorstensson et al, 1976). Esto no significa que las unidades motoras rápidas fueron reclutadas en mayor medida, sino que podría indicar que las fibras rápidas son más adaptables en relación a la hipertrofia. En segundo término, los estudios electromiográficos (en los cuales se registra la actividad de las unidades motoras) indican que, suponiendo que el grado de esfuerzo voluntario es máximo, la activación de las unidades motoras es similar, independientemente de la velocidad de contracción (Desmedt and Godaux, 1979; Maton, 1980). En tercer lugar, existen datos que indican que las unidades motoras rápidas son activadas durante acciones isométricas (velocidad = 0, muy lenta!) (Gollnick et al, 1974; Warmolts and Ángel, 1972). Además se ha observado una correlación positiva entre la fuerza isométrica y el porcentaje de fibras rápidas dentro de un músculo (Tesch and Karlsson, 1978). Si no se hubieran reclutado unidades motoras rápidas durante estas contracciones ultra-lentas, no hubiera sido posible una correlación positiva; por el contrario, se hubiera esperado ver una correlación negativa. Por lo tanto, nosotros concluimos que no hay una base para afirmar que durante contracciones máximas de baja velocidad se recluten preferencialmente las unidades motoras lentas. Este concepto erróneo podría haber surgido a partir de la suposición de que las fibras musculares rápidas solo pueden participar en las contracciones rápidas; sin embargo, las fibras rápidas también están diseñadas para contribuir en la fuerza, independientemente de la velocidad. De manera similar, las unidades motoras lentas pueden contribuir en la fuerza durante contracciones muy rápidas (las fibras pueden desarrollar su pico dentro de 0.1 segundos, o menos). El único caso reportado en el cual no fueron reclutadas las fibras lentas durante contracciones rápidas ha sido reportado en el gato cuando sacude sus garras a alta frecuencia para sacarse de encima algún objeto que se le ha adherido. Cuando el animal realizaba movimientos de salto "explosivo" (lo más cercano a las contracciones rápidas observadas en el ámbito deportivo) las unidades motoras lentas siempre acompañaron a las unidades motoras rápidas (Smith et al, 1980).

Para resumir, existe especificidad de velocidad en el entrenamiento de la fuerza. La especificidad está relacionada con la organización de los movimientos por el cerebro más que con el reclutamiento de los tipos de unidades motoras.

Ahora bien, todavía hay una cuestión que ha quedado sin responder. ¿Existe alguna justificación para que los deportistas que realizan movimientos de alta velocidad realicen entrenamientos de la fuerza con movimientos de baja velocidad? La respuesta a esta pregunta es afirmativa. El entrenamiento de baja velocidad podría ser necesario para estimular la adaptación máxima dentro del músculo. El desarrollo muscular (y el incremento en la fuerza contráctil) está relacionado con la magnitud de la tensión desarrollada dentro del músculo (Goldberg et al, 1975).

Las contracciones musculares de baja producción de fuerza o tensión no estimularán el desarrollo muscular, aunque las contracciones se repitan infinidad de veces. Esto explica porque el entrenamiento de resistencia, que implica la repetición de muchas contracciones pero de un nivel de tensión bajo, no provoca el "agrandamiento" muscular. Por el contrario, las contracciones que generan grandes tensiones provocarán la hipertrofia muscular, como por ejemplo en el levantamiento de grandes pesos. La Figura 4 muestra la relación fuerza-velocidad de acortamiento para contracciones musculares concéntricas o de acortamiento. En la figura se puede observar que, a medida que aumenta la velocidad de contracción disminuye la fuerza que puede ser desarrollada, a pesar del esfuerzo máximo. Cuando un deportista realiza entrenamientos de la fuerza con una velocidad alta, la fuerza real generada por los músculos puede ser relativamente baja. Como se señaló previamente, las contracciones que generan poca tensión no son efectivas para estimular el desarrollo muscular. Por lo tanto, un deportista que realiza entrenamientos de la fuerza con altas velocidades de contracción en forma exclusiva, podría no estar induciendo una adaptación máxima dentro de los músculos. Entonces, el programa de entrenamiento de fuerza diseñado para deportistas de "velocidad" y "potencia" debería incluir movimientos lentos para entrenar los músculos.

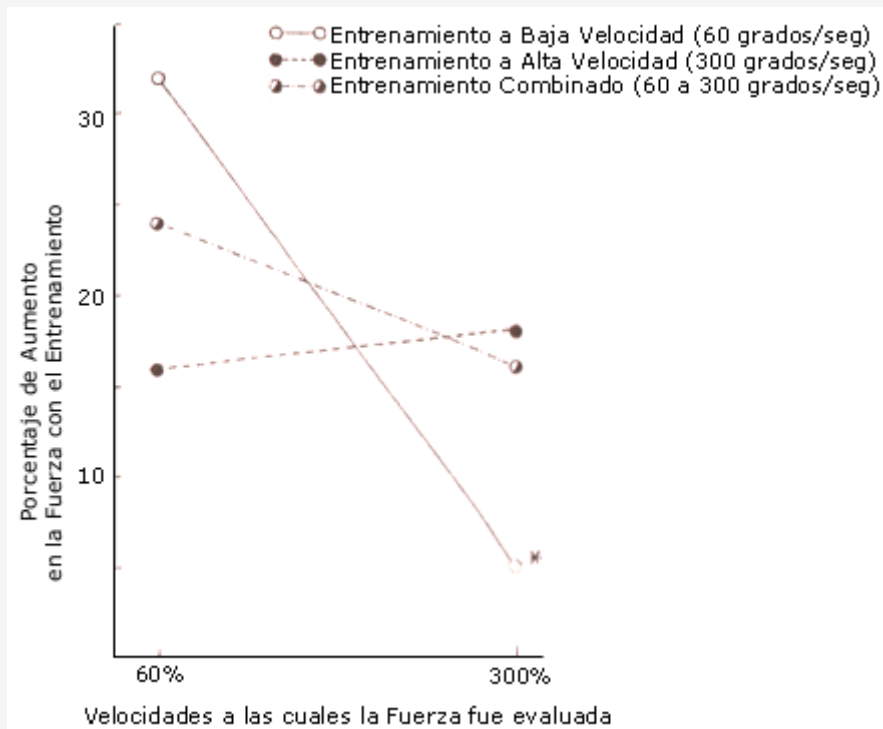


Figura 3. Especificidad de velocidad en el entrenamiento de la fuerza. El entrenamiento con contracciones concéntricas e isocinéticas de baja velocidad en los músculos extensores de la rodilla causó un mayor aumento en la fuerza a velocidades lentas que a velocidades rápidas. De manera similar, el entrenamiento a alta velocidad provocó un mayor aumento a alta velocidad que a baja velocidad, a pesar de que la diferencia no fue tan marcada. El entrenamiento combinado (lento y rápido) produjo resultados intermedios. Ver el texto para una mayor discusión. El aumento no significativo con alta velocidad para el grupo con entrenamiento lento no fue reportado, y ha sido estimado (Coyle and Fering, MSSE, 12(2), 134, 1980)

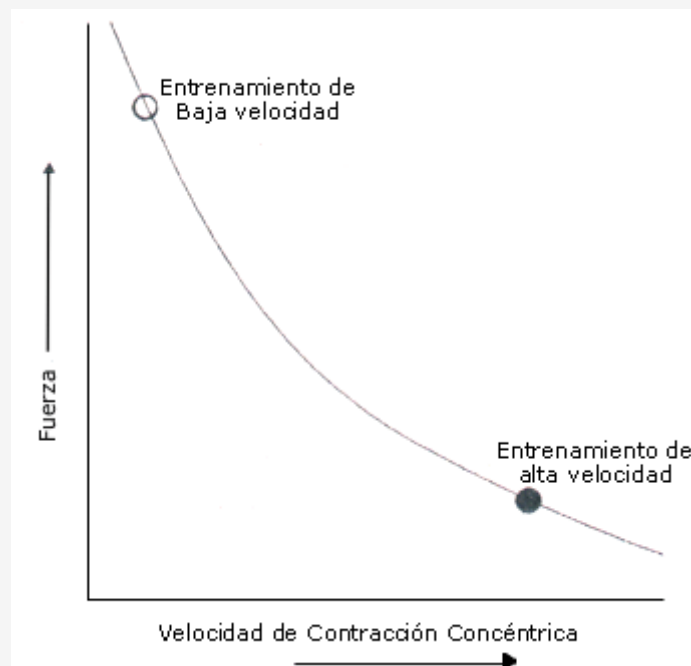


Figura 4. Relación esquemática fuerza-velocidad para contracciones concéntricas. A medida que aumenta la velocidad de contracción, disminuye la fuerza que puede ser desarrollada. Una desventaja del entrenamiento de alta velocidad podría ser que la tensión (fuerza) desarrollada dentro del músculo podría no ser lo suficientemente grande como para estimular la máxima adaptación dentro del mismo. La ventaja del entrenamiento de alta velocidad es que “entrena” al sistema nervioso. El reclutamiento de unidades

Tipo de Contracción

Existen tres tipos básicos de contracción muscular. Un músculo puede desarrollar tensión mientras se acorta (contracción concéntrica), mientras se estira (contracción excéntrica) o mientras no sufre cambios en su longitud (contracción isométrica). Se ha demostrado que los músculos son más fuertes cuando realizan contracciones excéntricas y más débiles cuando realizan contracciones concéntricas (Komi, 1973; Rodgers and Berger, 1974). Cuando se comparan contracciones máximas, la activación de las unidades motoras son similares en los tres tipos de contracción (Komi, 1973; Rodgers and Berger, 1974); por lo tanto el mecanismo para desarrollar mas fuerza en las contracciones excéntricas reside en la mecánica contráctil del músculo.

¿Hay especificidad en el entrenamiento de la fuerza en relación al tipo de contracción? En lo que se refiere al sistema nervioso, la respuesta es “sí”. Realizar el mismo tipo de contracción que se realiza durante la actividad deportiva en el entrenamiento, permitirá que se produzcan las adaptaciones neurales adecuadas (ver Figura 1).

Sin embargo podría haber una ventaja con el entrenamiento suplementario llevado a cabo con contracciones excéntricas, aún para movimientos deportivos en los cuales el énfasis está en otro tipo de contracción (normalmente concéntrica). Debido a la mayor tensión que se puede desarrollar durante las contracciones excéntricas (Komi 1973; Rodgers and Berger, 1974), el entrenamiento excéntrico podría ser el más efectivo para estimular la adaptación muscular, por las razones previamente discutidas en relación a la especificidad de la velocidad en el entrenamiento. Parte de los datos que respaldan esta especulación provienen del trabajo llevado a cabo por Komi y Buskirk (1972), quienes demostraron que el entrenamiento con contracciones excéntricas máximas producía más desarrollo muscular que el entrenamiento con contracciones máximas, ya sean isométricas o concéntricas. También existen desventajas asociadas con el entrenamiento excéntrico. Las grandes tensiones desarrolladas incrementan el riesgo de lesiones (esguinces, desgarros, rupturas). Podría haber dolor muscular muy severo en las etapas iniciales del entrenamiento excéntrico, a menos que se utilice un primer período de contracciones submáximas. Finalmente, el entrenamiento excéntrico puede ser potencialmente peligroso. En el entrenamiento con sobrecarga, el peso debe estar colocado de manera que pueda ser bajado con contracciones excéntricas. Debe haber cerca ayudantes experimentados y de confianza que asistan en la fase concéntrica de los ejercicios. Con aparatos de pesas adecuadamente diseñados, la peligrosidad de esta clase de entrenamiento puede reducirse considerablemente.

Una segunda aplicación de las contracciones excéntricas en el entrenamiento de la fuerza, ha sido el denominado efecto de “rebote” o “contramovimiento” (algunos lo denominan entrenamiento pliométrico). Estos términos se refieren a la aumento (mayor fuerza) de la contracción concéntrica que ocurre cuando está inmediatamente precedida por una contracción excéntrica. Un ejemplo de este fenómeno es la mayor altura en un salto vertical que se puede lograr cuando el mismo está precedido por un movimiento contrario. El efecto puede ser amplificado saltando desde una plataforma (Assmussen and Bonde-Petersen, 1974). Existen tres mecanismos que podrían contribuir a la mejora del rendimiento durante las acciones concéntricas. En primer lugar, podría haber una acumulación de energía elástica que se acumula en los componentes elásticos y que se libera guante la contracción concéntrica (Assmussen and Bonde-Petersen, 1974). En segundo lugar, los elementos elásticos musculares podrían acortarse guante la contracción concéntrica de manera que puede generarse fuerza más rápidamente (Cavanagh and Komi, 1979). En tercer lugar, las respuestas reflejas podrían ser mayores durante la contracción excéntrica, lo cual reforzaría la contracción concéntrica (Komi, 1979). Cualquiera sea el mecanismo, el resultado es una mayor fuerza de contracción, lo que podría estimular una mayor adaptación dentro de las fibras musculares.

Las reservas con respecto al entrenamiento excéntrico se aplican igualmente aquí. Además, existe la posibilidad de lesiones articulares en los casos donde la técnica de rebote involucra un impacto (saltos con caída). Por lo tanto, se debe tener sumo cuidado cuando se entrena con esta técnica. Este tipo de entrenamiento podría estar contraindicado para deportistas con historia de lesiones articulares (algunos atletas podrían comenzar su historia de lesiones a partir del uso de este tipo de entrenamiento).

Fuerza de Contracción

En el entrenamiento de fuerza isométrica, la única manera práctica de proceder es realizar una serie de contracciones máximas o casi máximas. De forma similar, en el entrenamiento isocinético, la técnica estándar es llevar a cabo una serie de contracciones máximas. Sin embargo, en el entrenamiento con sobrecarga, son posibles distintos esquemas de “repeticiones” con diferentes cargas, y se debe decidir cuál es la más adecuada para un deporte en particular. Por ejemplo, es posible entrenar con una serie de levantamientos máximos únicos. Cada uno de estos levantamientos normalmente se conocen como una repetición máxima (1RM = el mayor peso que se puede levantar en una repetición). Por el contrario, el

entrenamiento podría consistir en realizar series de varias repeticiones utilizando pesos relativamente livianos. Por ejemplo, se podría seleccionar un peso que permitiera, con un esfuerzo máximo, realizar 8-10 repeticiones. Por lo tanto, sin en nuestro ejemplo la fuerza en 1RM en un ejercicio dato fuera de 100 kg, las 8-10RM representarían entre el 75-80% de 1RM. En la Figura 5 se muestra la relación entre el número de repeticiones que puede realizarse y el porcentaje de 1RM utilizado. No es sorprendente que para poder realizar más repeticiones se tenga que seleccionar un peso que represente un porcentaje más bajo de 1RM. La "zona" tradicional para el entrenamiento de la fuerza ha sido utilizar pesos que permitan realizar 1-20 repeticiones. ¿Dónde dentro de esta "zona" debería entrenar el deportista? Si el movimiento deportivo incluye una o pocas contracciones máximas breves, entonces lo más específico sería entrenar con series de 1-3RM (90-100% de 1RM). Este entrenamiento estimularía la adaptación neurológica (activación sincronizada de las unidades motoras, Milner-Brown et al, 1975), y las grandes tensiones contráctiles estimularían las adaptaciones musculares relacionadas con la fuerza (Goldberg et al, 1975). Si el rendimiento deportivo requiere un gran número de contracciones submáximas, entonces sería apropiado entrenar con, por ejemplo, 8-10 RM (75-80% de 1RM). En el caso de 8-10RM se logra la activación máxima de las unidades motoras; sin embargo la activación es progresiva (reclutándose más unidades motoras a medida que progresa la fatiga; Edwards and Lippold, 1956; Stephens and Taylor, 1972). La fuerza contráctil es menor que en 1-3 RM (Figura 5). No se sabe si el mayor número de repeticiones en el caso de 8-100 RM compensa la menor fuerza contráctil; sin embargo, el riesgo de lesión es menor cuando se utilizan pesos más livianos.

Entrenar con 1-3 RM versus 8-10 RM podría producir una adaptación mecánica diferente dentro de los músculos. El entrenamiento con 8-10 RM causa la adaptación dentro del sistema ATP-PCr como del ácido láctico (MacDougall et al, 1977). La naturaleza más breve del entrenamiento con 1-3 RM probablemente estimula una adaptación solamente dentro del sistema ATP-PCr. Si bien este punto de comparación entre los dos esquemas es de interés, se debería recordar que en muchos deportes, el entrenamiento del sistema glucolítico (y el sistema ATP-PCr) se puede lograr con ejercitaciones o con entrenamientos fraccionados utilizando la actividad deportiva en si.

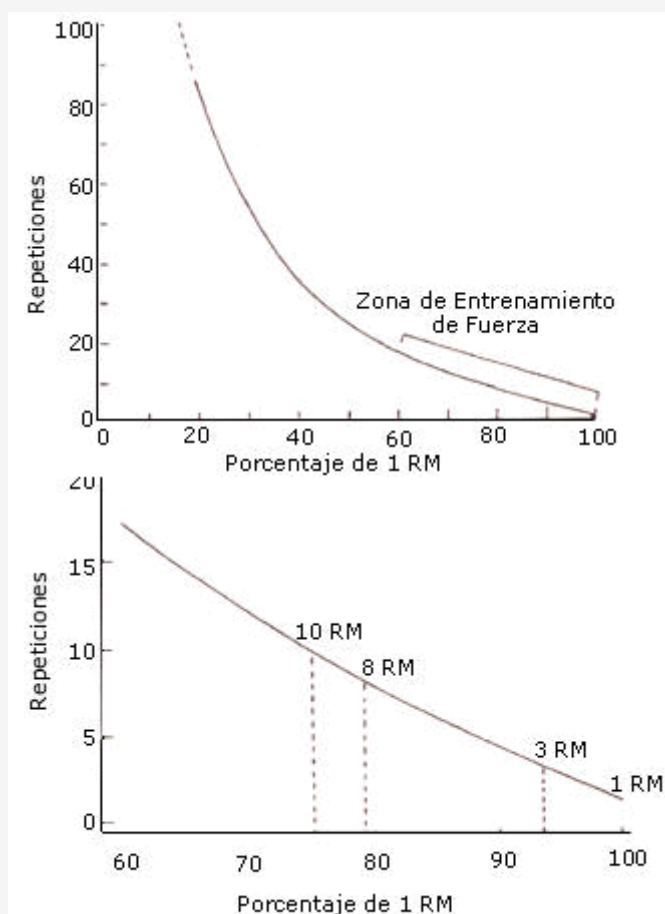


Figura 5. Relación entre el porcentaje de 1RM (una repetición máxima = el mayor peso que puede ser levantado en una repetición) y el número de repeticiones que se pueden realizar. Arriba: se muestra la relación para un amplio rango en el porcentaje de 1RM. También se indica la zona arbitraria de entrenamiento de la fuerza (1-20 RM). El entrenamiento con mayores repeticiones (> 20) normalmente se considera entrenamiento de resistencia. Abajo: se observa la zona de entrenamiento ampliada. Se indican los porcentajes de 1RM que se utilizarían cuando se entrena con 8-10 RM y 1-3 RM. Ver el texto para una mayor discusión. En base a

Nuestra opinión es que las recomendaciones que hemos dado con respecto a la especificidad de la fuerza de contracción (ejercicios con cargas altas y pocas repeticiones versus ejercicios con cargas bajas y altas repeticiones) son válidas en conexión con el entrenamiento avanzado de la fuerza, en el cual el deportista está intentando maximizar el rendimiento. Con los principiantes en el entrenamiento de la fuerza, se ha observado que el mismo no tiene porque ser específico, al menos guante las primeras semanas. Por ejemplo, en el entrenamiento de sobrecarga, un amplio rango de número de repeticiones utilizadas en las series puede producir similares aumentos en la fuerza y la resistencia (Berger, 1962a, 1962b, 1963; Clarke and Stull, 1970; Delateur et al, 1968; Stull and Clarke, 1970).

CONCLUSIONES

Nosotros interpretamos que la evidencia científica actualmente disponible indica que el entrenamiento de la fuerza debería ser lo más específico posible. El entrenador o deportista, al planificar el programa de entrenamiento para la fuerza, debería tratar de que los ejercicios simulen lo más fielmente posible los movimientos deportivos, en cuanto al patrón de movimiento, velocidad de movimiento, tipo de contracción muscular y fuerza de contracción. En el caso de que los movimientos deportivos se realicen a altas velocidades, el entrenamiento complementario a baja velocidad podría ser necesario para inducir la máxima adaptación muscular. El entrenamiento complementario con contracciones excéntricas máximas o casi máximas, podría ser beneficioso para muchos deportes debido a que las grandes tensiones generadas guante esta clase de entrenamientos estimularán la máxima adaptación de los músculos. Sin embargo, se debería considerar el mayor riesgo de lesión asociado con el entrenamiento excéntrico. La equivocación de ser específico en el entrenamiento de la fuerza podría provocar más desventajas que beneficios; y hasta podría ser contraproducente. Por ejemplo, el desarrollo de una mayor masa en grupos musculares irrelevantes podría ser perjudicial en deportes que demandan una alta relación fuerza-peso.

REFERENCIAS

1. Assmusen E and Bonde-Petersen (1974). Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. *Acta Physiol. Scand.* 92:537-545
2. Berger, R (1962). Effect of varied weight training programs on strength. *Res. Quart.*, 33:168-191
3. Berger, R (1962). Optimum repetitions for the development of strength. *Res. Quart.*, 33:334-338
4. Berger, R (1963). Comparative effects of three weight training programs. *Res. Quart.*, 34:396-398
5. Caiozzo, V.J., J.J. Perine and V.R. Edgerton (1980). Alterations in the in vivo force-velocity relationship. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 12(2):134, 1980 (Abstract)
6. Cavanagh, P.R. and P.V. Komi (1979). Electromechanical delay in human skeletal muscle under concentric and eccentric contractions. *Eur. J. App. Physiol.* 42:159-163
7. Clarke, D. and G. Stull (1970). Endurance training as determinant of strength and fatigability. *Res. Quar.* 41:19-26
8. Coyle, E.F and D. Feiring (1980). Muscular power improvements: specificity of training velocity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12(2): 134
9. Counsilman, J (1976). Fast exercise for fast muscles □ and faster athletes. *Swimming world and junior swimmer* 17(10):12-14
10. Counsilman, J.E (1976). The importance of speed in exercise. *Scholastic Coach* 46:94-99
11. DeLateur, B., J. Lehmann and W. Fordyce (1968). A test of the Delorme axiom. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 49:245-248
12. Desmedt, J.E and E. Godau (1979). Voluntary motor commands in human ballistic movements. *Ann. Neurol.* 5:415-421
13. Edwards, R.G. and O.C.J. Lippold (1956). The relation between force and integrated electrical activity in fatigued muscle. *J. Physiol.* 132:677-681
14. Goldberg, A.L., J.D. Etlinger, D.F. Goldspink and C. Jablecki (1975). Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Med. Sci. Sport Exerc.* 7:K248-K261
15. Gollnik, P.D., J. Karlsson, K. Piehl, and B. Saltin (1974). Selective glycogen depletion in skeletal muscle fibres of man following sustained contractions. *J. Physiol.* 241:59-68
16. Kamen, G (1979). Serial isometric contractions under imposed myotatic stretch conditions in high-strength and low-strength men. *Eur. J. App. Physiol.* 41:73-82
17. Komi P.V (1973). Relationship between muscle tension, EMG and velocity of contraction under concentric and eccentric work. In: *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology Vol. I, Basel, Karger, 596*
18. Komi, P.V. and E.R. Burskirk (1972). Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of

- human muscle. *Ergonomics*. 15:417-434
19. Lindh, M (1979). Increase of muscle strength from isometric quadriceps exercises at different knee angles. *Scand. J. Rehab. Med.* 11:33-36
 20. MacDougall, J.D, G.C.B. Elder, D.G. Sale, J.R. Moroz and J.R. Sutton (1980). Effects of strength training and immobilization on human muscle fibres. *Eur. J. App. Physiol.* 43:25-34
 21. MacDougall, D.G. Sale, J.D, J.R. Moroz, G.C.B. Elder, J.R. Sutton and H. Howald (1979). Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. *Med. Sci. Sport Exerc.* 11:164-166
 22. MacDougall, D.G., G.R. Ward, D.G. Sale and R.J. Sutton (1977). Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. *J. App. Physiol.* 43:700-703
 23. MacDougall, D.G., D.G. Sale, J.R. Sutton, and J.R. Moroz (1980). Muscle ultrastructural characteristics of elite power lifters and body-builders. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 12(2)131
 24. Maton, B (1980). Fast and slow motor units: their recruitment for tonic and phasic contraction in normal man. *Eur. J. App. Physiol.* 43:45-55
 25. Milner-Brown, H.S, R.B. Stein and R.G. Lee (1975). Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 38:245-254
 26. Moffroid, M. and R.H. Whypple (1970). Specificity of speed of exercise. *Phys. Ther.* 50:1693-1699
 27. Newell, R (1980). Fast or slow movements which is best?. *Iron Man* 39(5), 19

Cita Original

Sale D, MacDougall D. Especificidad en el Entrenamiento de la Fuerza: Una Revisión para el Entrenador y el Deportista. Resúmenes del Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte, Biosystem, 318-324 (1999)