PubliCE, (PubliCE) 2003

Monograph

Adaptaciones Neuromusculares al Entrenamiento Balístico de Corta Duración (4 semanas) en Atletas Jóvenes Entrenados

John B Hammet[1] y Willian T Hey[2]

[1]*Department of Health, Physical Education, and Recreation, Jacksonville State University, Jacksonville, Alabama 36265.*
[2]*Human Perfomance Laboratory, Jacksonville State University, Jacksonville, Alabama 36265.*

RESUMEN

Fueron evaluados los efectos de un programa de entrenamiento de 4 semanas sobre las adaptaciones neuromusculares en atletas entrenados que estaban cursando estudios secundarios. 38 atletas de nivel secundario (12 mujeres jóvenes y 26 varones jóvenes) fueron asignados al azar a un grupo experimental (EXP, n=20) o a un grupo control (CON, n=18). La única alteración en el entrenamiento fue que el grupo EXP estuvo implicado en un nuevo tipo de entrenamiento balístico, a través de las cuatro semanas del período experimental. Las mediciones incluyeron al peso corporal total (TBW), suma de pliegues cutáneos (SS), perímetro del muslo (TC), perímetro de la cadera (HC), velocidad en 36,6 m (SP), y potencia en el salto vertical (VJP). Los datos fueron recolectados 3 veces durante el experimento. Los resultados indicaron que el entrenamiento balístico estimuló una mejora significativa en SP en el grupo EXP en comparación con el grupo CON, la cual no pudo ser explicada por los incrementos en HC o TC en EXP. Fue concluido que en los atletas entrenados ocurren adaptaciones neuromusculares cuando es implementado un nuevo estímulo de entrenamiento.

Palabras Clave: Entrenamiento, Velocidad, Salto, Vertical, Antropometría, Alta

INTRODUCCIÓN

Es generalmente entendido que el entrenamiento físico puede estimular tanto adaptaciones neurológicas como musculares (17), las cuales pueden resultar en un incremento en la fuerza muscular. De las dos, las adaptaciones neurológicas al entrenamiento son menos entendidas. No obstante, fue mostrado apoyo para tales cambios (7, 10, 17). Se piensa que la adaptación neural específica que ocurre es el resultado de mejoras de la coordinación intramuscular e intermuscular. Las adaptaciones intramusculares incluyen el reclutamiento de unidades motoras, sincronización del disparo, y el reflejo de estiramiento; y las adaptaciones intermusculares incluyen la activación de los sinergistas y la cocontracción de los antagonistas (15, 17, 18).

Es comúnmente pensado que estas mejoras ocurren durante los estadios iniciales del entrenamiento (8, 9, 13, 14), después de los cuales ocurre un paso hacia las adaptaciones musculares (13). Esto conduciría a la suposición acerca de que los cambios neurológicos no ocurren en el atleta entrenado, al menos no hasta un grado significativo. Sin embargo, es también lógico asumir que, cuando es introducido un estímulo de entrenamiento diferente pueden ocurrir adaptaciones

neurológicas y musculares diferentes. Aunque no fueron encontrados en la literatura científica estudios que evaluaran tal posibilidad. De este modo, el propósito de este estudio fue investigar si ocurren adaptaciones neurológicas en atletas entrenados cuando es impuesto un nuevo estímulo de entrenamiento.

MÉTODOS

Enfoque Experimental al Problema

Con el objeto de determinar si un nuevo estímulo de entrenamiento estimularía las adaptaciones neurológicas en atletas previamente entrenados de nivel secundario varones y mujeres, los sujetos fueron divididos en 2 grupos, grupo experimental (EXP) y grupo control (CON). Se trató de distribuir uniformemente a los hombres y mujeres entre los dos grupos. La única diferencia en el protocolo de entrenamiento fue que el grupo experimental estuvo implicado en una forma de entrenamiento balístico a la cual ninguno de los atletas estaba acostumbrado, mientras el grupo control no realizó tal entrenamiento. Los datos fueron recolectados antes de iniciar el nuevo entrenamiento balístico (T-1), después de 2 semanas (T-2), y al final de las cuatro semanas (T-3). Todas las mediciones para velocidad, potencia y variables antropométricas fueron evaluadas en cada una de las 3 sesiones de entrenamiento.

Sujetos

38 atletas estudiantes de nivel secundario (cursos 10-12) (edad=15.85±1.13 años) sirvieron como sujetos para este experimento (26 hombres y 12 mujeres). Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a un grupo CON o EXP en una distribución uniforme en base al deporte y el género. Este estudio alcanzó los requerimientos como fue establecido por el Comité de Ética de la Universidad para el uso de humanos como sujetos.

Programas de Entrenamiento

Los hombre jóvenes eran atletas de fútbol americano que estaban implicados en un programa de entrenamiento fuera de temporada que incluía levantamientos del total del peso corporal (3 días a la semana), agilidad (2 días por semana), pliometría (2 días a la semana), y entrenamiento de esprint (2 días a la semana). Todas las mujeres jóvenes estaban implicadas en un acondicionamiento de softball de fuera de temporada en el momento del experimento. Además de los ejercicios de práctica de softball característicos con el entrenamiento de la agilidad y esprint incluido (conducido 5 días por semana), las mujeres jóvenes participaron en un programa de levantamiento del total del peso corporal 3 días a la semana. Al inicio del experimento, todos los sujetos (hombres y mujeres) habían participado en sus respectivos programas de entrenamiento por aproximadamente 6 semanas. No hubo alteraciones en los programas de entrenamiento durante el experimento.

Diseño Experiemental

Los datos de velocidad, potencia y antropometría fueron recolectados 3 veces durante el período experimental de 4 semanas. Los datos iniciales (T-1) fueron recolectados para implementar el entrenamiento especial balístico/de alta velocidad. La recolección de datos de seguimiento ocurrió al comienzo de la semana 3 (T-2) y nuevamente al comienzo de la semana 5 (T-3). Los datos fueron recolectados los lunes y se les pidió a los sujetos que no realizaran actividad física intensa durante la semana. Las mujeres no participaron en juegos de softball o sesiones de práctica en ninguna de las 3 semanas antes de las evaluaciones.

Entrenamiento Balístico/de Alta Velocidad

El entrenamiento entre los dos grupos difirió en un solo componente. El grupo EXP estuvo implicado en entrenamiento balístico/de alta velocidad 3 días a la semana durante 4 semanas (un total de 12 sesiones de entrenamiento del experimento). El período de entrenamiento experimental de 4 semanas fue seleccionado debido a que se piensa que las mejoras neurológicas ocurren durante las fases iniciales del entrenamiento (3, 9, 13, 14). Además, 4 semanas podrían representar un ciclo de entrenamiento de pretemporada típico. El método del entrenamiento balístico/de alta velocidad fue llevado a cabo por medio del Sistema Howse III Speed (Howse III Systems, Inc., Cullman, AL). El equipo hacía resistencia solo en las contracciones musculares concéntricas, y los movimientos simulaban el movimiento de la carrera en las articulaciones de la cadera y la rodilla. Esto le permitió a los sujetos crear extensiones de la cadera y la rodilla en contra una carga de un muelle en espiral (400 ft.lb[1] de resistencia) y contra peso adicional montado. Los sujetos fueron instruidos para hacer presión sobre el brazo de palanca del dispositivo hacia abajo tan fuertemente como fuera posible (creando una extensión de la cadera y la rodilla) y luego realizando una flexión de cadera y rodilla tan rápido como fuera posible. El muelle en espiral y la carga montada (cuando fue usada) causaban que el brazo de palanca del dispositivo regresara

nuevamente a la posición de partida. Los sujetos fueron instruidos para no oponerse a la flexión de cadera y rodilla, así previniendo la realización de contracciones excéntricas y permitiendo una más rápida recuperación de la posición inicial. El dispositivo entrenaba solo un lado del cuerpo al mismo tiempo.

El protocolo de entrenamiento fue alternado cada semana debido a problemas de calendario en la escuela secundaria. La primera semana, el grupo EXP entrenó 2 días por semana contra un peso adicional montado y 1 día solo contra la resistencia del muelle en espiral. La semana siguiente, el mismo grupo entrenó 2 días contra la carga del muelle en espiral y 1 día contra la resistencia del peso. El propósito de alternar días de alta y baja carga fue estimular el desarrollo de la fuerza y de la velocidad de movimiento en el movimiento de la carrera. Cada día de entrenamiento, el protocolo de series/repeticiones fue el mismo: 3 series de 10 segundos. Los sujetos fueron alentados para realizar la mayor cantidad de repeticiones en 10 segundos. Si un sujeto podía realizar más de 20 repeticiones en 10 segundos en los días de alta carga, la carga montada era incrementada. Esto fue hecho para simular el entrenamiento con sobrecarga. En el día de baja carga, los sujetos eran alentados para incrementar el número de repeticiones.

Mediciones

Los datos antropométricos recolectados incluyeron el peso corporal total (TBW) (Detecto Physician Scales, Webb City, MO), suma de los pliegues cutáneos tricipital y subescapular (SS) (Lange Skinfold Calipers, Cambridge Scientific Industries, Inc., Cambridge, MA) y perímetros de la cadera (HC) y del muslo (TC) (Gulick II Measuring Tape, Country Technology, Inc., Gays Mills, WI). El sprint de 40 yardas (36.6 m) fue evaluado electrónicamente usando una fotocélula infrarroja con una plataforma de encendido (Lafayette Instruments, Lafayette, IA). La potencia del salto vertical (VJP) fue evaluada usando el Vertec (Sports Imports, M-F Athletic Company, Cranston, RI). La altura de salto fue medida con una apreciación de 1,27 cm. La potencia vertical fue determinada usando la fórmula $P = 2.21 \times BW$ (en kg) $\times D^{0.5}$ (D= distancia en metros). La confiabilidad test-retest para el test de sprint fue $r=0.93$ ($p=0.0001$). Para el test de potencia del salto vertical, los valores fueron $r=0.98$ ($p=0.0001$).

Análisis Estadísticos

Los datos fueron analizados usando ANOVA con mediciones repetidas. Fueron usadas comparaciones Scheffe para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Los análisis de covarianza fueron usados para identificar diferencias significativas entre grupos. Una diferencia fue considerada significativa a un nivel $p \leq 0.05$. El poder estadístico fue calculado para los análisis de velocidad y potencia. La potencia estadística para la velocidad fue bastante alta, aproximadamente 0.08. Las diferencias en la velocidad (T1 con respecto a T2 y T1 con respecto a T3) produjeron tamaños de efecto de aproximadamente 0.04. Debido a las pequeñas diferencias de las medias y a los grandes desvíos estándar, el incremento de la potencia resultó en un pequeño tamaño de efecto, lo cual condujo a una potencia estadística chica reportada.

RESULTADOS

Las medias y los desvíos estándar de los datos antropométricos son presentados en la Tabla 1. No hubo cambios estadísticamente significativos en TBW en ninguno de los grupos. Los valores SS mostraron cierta fluctuación en ambos grupos. Más específicamente, los SS se incrementaron desde T-1 hasta T-2, pero retornaron a los niveles de T-1 en T-3 en ambos grupos. Hubo un incremento significativo en HC en el grupo EXP desde T-2 hasta T-3, pero no desde T-1 hasta T-2. De manera inversa, el grupo CON incrementó significativamente HC desde T-1 hasta T-2, pero no desde T-2 hasta T-3. El mismo patrón ocurrió para TC en el grupo EXP. Hubo un incremento significativo en TC desde T-2 hasta T-3, pero no desde T-1 hasta T-2. En el grupo CON ocurrieron cambios similares en TC.

	TBW	SS	HC	TC
EXP				
T-1	70.54±12.53	20.70±7.12	94.79±5.41	51.47±4.86
T-2	70.93±12.47	21.40±7.54	95.09±5.45	50.94±4.51
T-3	70.79±12.38	20.80±7.49	96.07±5.30	53.71±4.63
Cambio significativo		T1 vs. T2, p≤0.05 T2 vs. T3, p≤0.05	T1 vs. T2, p≤0.001 T2 vs. T3, p≤0.01	T1 vs. T2, p≤0.0001 T2 vs. T3, p≤0.0001
CON				
T-1	68.17±15.30	23.00±8.10	94.21±9.07	51.13±6.42
T-2	67.06±14.0	24.67±9.07	95.13±8.32	51.03±6.07
T-3	66.71±14.49	23.89±8.96	95.96±8.43	52.82±4.96
Cambio significativo		T1 vs. T2, p≤0.01	T1 vs. T2, p≤0.05 T1 vs. T3, p≤0.0001	T1 vs. T2, p≤0.001 T1 vs. T3, p≤0.0001

Tabla 1. *Medias±desvíos estándar y diferencias significativas en los datos antropométricos.* TBW=peso corporal total; SS=suma de pliegues cutáneos; TC=perímetro del muslo, EXP=grupo experimental; CON=grupo control.*

	SP	PWR
EXP		
T-1	5.48±0.36	117.59±29.33
T-2	5.35±0.30	120.49±28.49
T-3	5.33±0.35	118.82±22.31
Cambio significativo	T1 vs. T2, p≤0.0001 T1 vs. T3, p≤0.0001	T1 vs. T2, p≤0.01
CON		
T-1	5.67±0.33	101.86±8.10
T-2	5.61±0.32	104.67±24.53
T-3	5.60±0.35	104.10±23.11
Cambio significativo	T1 vs. T3, p≤0.05	T1 vs. T3, p≤0.0001 T1 vs. T3, p≤0.001

Tabla 2. *Medias±desvíos estándar y diferencias significativas para la velocidad (SP) y la potencia del salto vertical (PWR). EXP=grupo experimental; CON=grupo control.*

Las medias y desvíos estándar para los datos de velocidad y potencia son presentados en la Tabla 2. Hubo una mejora significativa en la velocidad desde T-1 hasta T-2 y una mejora no significativa desde T-2 hasta T-3 en el grupo EXP. Desde T-1 hasta T-2 el grupo EXP mejoró la velocidad en 0.13 segundos. Desde T-1 hasta T-3 la mejora fue de 0.15 segundos. Hubo un incremento no significativo documentado en la velocidad para el grupo CON desde T-1 hasta T-2, pero desde T-1 hasta T-3, el incremento alcanzó el nivel establecido de significancia. La mejora de la velocidad en el grupo CON totalizó 0.06 segundos desde T-1 hasta T-2, con un cambio de 0.01 segundo desde T-2 hasta T-3. La disminución combinada en el tiempo para el grupo CON fue de 0.07 segundos para el período de 4 semanas en comparación con una disminución de 0.15 segundos en el grupo EXP. De manera interesante, ANCOVA reveló una diferencia significativa entre los grupos desde

T-1 hasta T-2; sin embargo, desde T-1 hasta T-3 el cambio no alcanzó el nivel establecido de significancia (p=0.06).

La potencia en el salto vertical mejoró para ambos grupos desde T-1 hasta T-3. El grupo EXP mejoró significativamente VJP desde T-1 hasta T-2. Sin embargo, VJP disminuyó en el grupo EXP desde T-2 hasta T-3, pero la disminución no fue significativa. EL grupo CON también incrementó VJP desde T-1 hasta T-2. VJP no cambio estadísticamente entre T-2 y T-3 en el grupo control.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, la mejora significativa en la velocidad (0.13 segundos) en el grupo EXP después de las primeras dos semanas de entrenamiento sin un cambio estadístico en ninguno de los datos antropométricos sugiere que la mejora de la velocidad no ocurrió debido a una adaptación muscular; consecuentemente, se consideró que las mejoras observadas fueron debido a adaptaciones neurológicas. Fue también observado que el grupo CON mejoró la velocidad significativamente durante el primer período de 2 semanas también, pero la mejora fue menos de la mitad de la del grupo EXP (CON=0.06 segundos y EXP=0.13 segundos). Además, debido a que el perímetro de la cadera se incrementó significativamente durante las primeras dos semanas en el grupo CON, la mejora de la velocidad durante ese tiempo no podría ser atribuida a un cambio neurológico en si mismo. Debería ser destacado nuevamente que los dos grupos estuvieron implicados en un programa de desarrollo de la velocidad, lo cual pudo explicar el cambio en la velocidad en el grupo CON.

Ambos grupos mostraron incrementos significativos en VJP durante las primeras 2 semanas. Debido a que hubo solo una modesta diferencia en la mejora entre los dos grupos, no puede ser concluido que las adaptaciones neurales provocadas por el entrenamiento especial fueron responsables de la mejora en VJP observada en el grupo EXP. La marcada diferencia en la mejora de la velocidad, pero no en la potencia del salto vertical, entre los grupos pudo haber ocurrido debido a la especificidad mecánica del dispositivo especial de entrenamiento (Howse III Speed System). Es concebible que la mejora en la potencia del salto vertical ocurrió debido al programa de entrenamiento, en el cual los dos grupos estuvieron implicados y no tuvo nada que ver con el equipo experimental. Una explicación adicional podría ser que el equipo experimental fue más específico biomecánicamente con el movimiento de la carrera que con el movimiento del salto vertical. El equipo especial de entrenamiento fue específicamente diseñado para la mejora de la velocidad y no para el desarrollo del salto vertical. Esta conclusión debería ser considerada dado que fue demostrado que pequeñas variaciones mecánicas en el entrenamiento afectan las adaptaciones al mismo (2). Además, se piensa que las adaptaciones neuromusculares están relacionadas a la intensidad, especificidad, o patrón de conducción nerviosa hacia el músculo (6).

Se cree que los cambios neurológicos asociados con las mejoras de la fuerza y la potencia muscular ocurren de manera característica al comienzo del entrenamiento, período después del cual ocurre una conversión gradual hacia las adaptaciones musculares, conduciendo a una mejora continua de la fuerza y la potencia (3, 9, 13, 14). Sin embargo, debido al entendimiento fisiológico básico de la adaptación al ejercicio, es lógico asumir que las adaptaciones neurológicas pueden ocurrir y ocurren en los atletas entrenados. Aunque no fue encontrado ningún estudio específico en la literatura para apoyar o refutar esta idea. Sin embargo, las investigaciones indirectas apoyan tal enfoque. Por ejemplo, Caiozzo et al. (3) reportaron que el entrenamiento a 4.19 rads/s en sujetos desentrenados y de 5.03 rads/s o más en sujetos estrenados estimuló la mayor producción de potencia. Estos resultados parecen indicar que a mayor nivel de entrenamiento, mayor es el estímulo requerido para promover incrementos subsecuentes, el cual es un componente básico del principio de sobrecarga del entrenamiento (2). Así, puede ser especulado que alcanzar mayores niveles de producción de fuerza y potencia en sujetos entrenados depende de factores neurológicos y musculares. Consecuentemente, no es irracional asumir que los cambios neurológicos pueden ocurrir y ocurren en cualquier punto en el proceso de entrenamiento mientras este presente el estímulo para tal cambio.

Se cree que los efectos del entrenamiento (i.e., fuerza y potencia) están probablemente restringidos a las velocidades a las cuales los músculos son entrenados (1, 3-5, 7, 11, 16). Los sujetos usados en este estudio fueron previamente entrenados por medio de cargas progresivas, pliometría y entrenamiento de velocidad. Ninguno de los sujetos había entrenado usando ninguna forma del concepto de alta velocidad utilizado por el Sistema Howse III Speed. El equipo especial adicionó concebiblemente un efecto de alta velocidad al programa de entrenamiento, el cual constituyó un nuevo estímulo fisiológico de entrenamiento. Nuevamente, esto parecería apoyar nuestra opinión acerca de que, con el objeto de estimular tanto los cambios neurológicos como musculares en atletas entrenados, las técnicas de entrenamiento deben continuar sobrecargando o estimulando ambos sistemas fisiológicos para que se adapten.

Aplicaciones Prácticas

Los resultados de este estudio demostraron que, cuando es aplicado un nuevo estímulo a atletas entrenados de nivel secundario, ocurren adaptaciones neurológicas. El mayor cambio en los atletas experimentales ocurrió dentro de las dos primeras semanas del programa de entrenamiento de 4 semanas. Después de eso, la mejora en la velocidad del esprint de 36.6 m fue insignificante. Esto parecería indicar que, cuando un nuevo estímulo de entrenamiento balístico es impuesto, puede ocurrir una adaptación inmediata a nivel neurológico. Pasado esto, los cambios neurológicos probablemente dan paso a los cambios musculares. Este patrón de adaptaciones neurológicas a musculares es apoyado por hallazgos previos de investigaciones destacadas en este artículo. Consecuentemente, es importante para los entrenadores de fuerza y acondicionamiento procurar estimular continuamente tanto las adaptaciones neurológicas y musculares a través de la variación de los modos de entrenamiento.

Otra consecuencia útil de estos resultados, aunque indirecta, es el énfasis sobre el entrenamiento específico. El dispositivo experimental usado en este estudio fue específico para el desarrollo de la velocidad del esprint. Como resultado, fueron observadas mejoras en la velocidad. Sin embargo, el salto vertical estuvo aparentemente inafectado debido a la falta de especificidad de la mecánica de entrenamiento del salto vertical por el equipo experimental.

Dirección para envío de Correspondecia

Dr. John Hammett, correo electrónico:jhammett@jsucc.jsu.edu

REFERENCIAS

1. Behm, D.G. (1991). An analysis of intermediate speed resistance exercises for velocity-specific strength gains. *J. Appl. Sport Sci. Res. 5:1□5*
2. Brooks, G.A., T.D. Fahey, and T.P. White (1996). Exercise Physiology: Human ergetics and It s pplications (2nd ed). *Mountain View, CA: Mayfield Publishing Co.*
3. Caiozzo, V.J., J.J. Perrine, and V.R. Edgerton (1990). Training-induced alterations of the in vivo force-velocity relationship to human muscle. *J. Appl. Physiol. 51:750□754*
4. Costill, D.L., E.F. Coyle, W.F. Fink, G.R. Lesmes, and F.A. Witzmann (1979). Adaptation in skeletal muscle following strength training. *J. Appl. Physiol. 46:96□99*
5. Coyle, E.F., D.C. Feiring, T.C. Rotkis, R.W. Cote III, F.B. Roby, W. Lee, and J.H. Wilmore (1981). Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *J. Appl. Physiol. 51:1437□1442*
6. De Koning, F.L., R.A. Binkhorst, A.C.A. Vissers, and J.A. Vos (1982). Influence of static strength training on the force-velocity relationship of the arm flexors. *Int. J. Sports Med. 3:25□28*
7. Duchateau, J., and K. Hainaut (1990). Effects of immobilization on contractile properties, recruitment and firing rates of human mort units. *J. Physiol. 422:55□65*
8. Enoke, R.M (1997). Neural adaptations with chronic physical activity. *J. Biomech. 30:447□455*
9. Ikai, M., and T. Fukunaga (1970). A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. *Eur. J. Appl. Physiol. 28:173□180*
10. Jones, D.A., and O.M. Rutherford (1987). Human muscle strength training: The effects of three different regimes and the nature of the resultant changes. *J. Physiol. 391:1□11*
11. Lesmes, G.R., D.L. Costill, E.F. Coyle, and W.J. Fink (1978). Muscle strength and power changes during maximal isokinetic training. *Med. Sci. Sports. 10:266□269*
12. Moffroid, M., and R.H. Whipple (1970). Specificity of speed of exercise. *Phys. Ther. 50:1692□1700*
13. Moritani, T., and H.A. DeVries (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gains. *Am. J. Phys. Med. 58:115□130*
14. Powers, S.K., and E.T. Howley (1997). Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance (3rd ed). *Dubuque, IA: Brown & Benchmark*
15. Schmidbleicher, D. Strength training (1985). Part II. Structural analysis of motor strength qualities and its application to training. *Sports Sci. Periodical Res. Technol. Sport Sept.:1□10*
16. Thorstensson, A (1977). Observations on strength training and detraining. *Acta. Physiol. Scand. 100:491□493*
17. Van Cutsem, M., J. Duchateau, and K. Hainaut (1998). Changes in single motor unit behavior contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J. Physiol. 513:195□305*
18. Young, W (1991). The planning of resistance training for power sports. *Natl. Sports Cond. Assoc. J. 13:26□29*

Cita Original

Hammett John B., Hey William T. Neuromuscular Adaptation to Short-Term (4 weeks) Ballistic Training in Trained High School Athletes. J Strength Cond Res; Vol. 17, No. 3, pp. 556-560, 2003.