**Fisiología del entrenamiento en adolescentes de educación secundaria**

**Physiology of Training in Junior High School Adolescents**

*Fernando Alvarado González*

*Estudiante Doctorado en Ciencias para el Aprendizaje*

*Dolores Gutiérrez Rico*

*Académica de la Universidad Pedagógica de Durango*

Resumen

En nuestro país son escasos los estudios que vinculan a los preadolescentes de entre 12 y 13 años con programas de ejercicio. La literatura resalta que varias de las investigaciones reportaron resultados no concluyentes.

Este estudio proviene de la necesidad por entender la adaptación al esfuerzo en los adolescentes participantes y la proposición de líneas de trabajo complementarias a partir de sus objetivos. Aprovechando la preparación de un torneo de fútbol entre las escuelas que conforman la Zona Escolar 16, del Sector Educativo 01 Estatal, se trabajó por ocho semanas con 28 alumnos (16 hombres y 11 mujeres) de 5o y 6o grados de la Escuela Primaria "Ricardo Castro", Turno Vespertino, ubicada en la ciudad de Durango, Dgo., México.

Se usó una Metodología Cuantitativa durante los dos meses que duró el estudio, divididos en dos mesociclos de tres sesiones de carga progresiva y una de asimilación cada uno. El protocolo utilizó un pre test/post test basado en los indicadores de la prueba EUROFIT.

Se procuró no superar los 45 minutos efectivos de duración en cada sesión. Esto debido a que mientras más grande sea el volumen de una sesión de entrenamiento, mayor tiempo en recuperarse y menos recursos para crecer, lo cual menoscaba el objetivo para el cual se entrena: volverse más fuerte (Provstgaard, 2011).

Todas las sesiones ocurrieron los sábados en la mañana, entre las 8:00 y las 10:00 a.m.; además, los participantes tomaban parte en dos clases semanales de Educación Física con una duración de una hora los días martes y jueves como parte de sus actividades normales.

Los datos fueron analizados a partir de plantillas construidas en Microsoft Excel y SPSS, versión 20.0.

Los resultados más interesantes fueron los obtenidos en la prueba de Course-Navette y el salto horizontal, que se abordan con mayor profundidad.

Los datos muestran una mejora en la media de las capacidades aeróbicas y anaeróbicas de los participantes, probablemente debidas al protocolo utilizado.

Una de la limitaciones del estudio es que no fueron consideradas las variaciones genéticas para explicar la adaptación al estímulo presentado (Smith y Fisher, 2012).

Otra limitación importante tiene que ver con el diseño del protocolo en sí, pues enfatiza el desarrollo de las características físicas individuales de los participantes.

Las limitaciones señaladas permiten concluir sobre la importancia de estudios semejantes en una muestra más amplia y recabar datos sobre variables que no se consideraron en su diseño original.

**Palabras clave**: Preadolescentes, ejercicio, adaptación al esfuerzo, fisiología

**Introducción**

En nuestro país son escasos los estudios que vinculan a los preadolescentes de entre 12 y 13 años con programas de ejercicio. Aunque la literatura muestra que en el concierto internacional esta no es la tendencia, resalta el hecho de que varias de las investigaciones reportan resultados no concluyentes (Jacks, Sowash, Anning, McGloughin, y Andres, 2002). Destacan los reportes que se enfocan en la intensidad de la actividad y los resultados diversos que se obtuvieron: positivos con el ejercicio de alta intensidad y ningún resultado con el ejercicio de mediana o baja intensidad (Hillman, et al., 2005; McGuff y Little, 2009; Sallis, et al., 1999); adaptaciones positivas con el ejercicio de mediana intensidad, pero ninguno con el de alta intensidad o el de baja intensidad (Cancino, 2011; Duque, 2006; Firman, 2005).

Finalmente, un tercer grupo reportó resultados positivos en el protocolo de ejercicios con baja intensidad, y ninguno con el de alta o mediana intensidad (Domínguez y Espeso, 2003; Pancorbo y Pancorbo, 2011).

También resalta que los distintos autores y teorías de soporte definen de distinta manera la *intensidad* y, por tanto, la constitución de los *resultados*.

Este trabajo proviene de la curiosidad por entender la adaptación al esfuerzo de los adolescentes participantes en el estudio y la proposición de líneas de estudio complementarias. Empleando como justificación la preparación de un torneo de fútbol entre las escuelas que conforman la Zona Escolar 16, del Sector Educativo 01 Estatal, se trabajó por ocho semanas con 28 alumnos (16 hombres y 11 mujeres) de 5o y 6o grados de la Escuela Primaria "Ricardo Castro", Turno Vespertino, ubicada en la ciudad de Durango, Dgo., México.

**Objetivos**

Describir la adaptación fisiológica al estímulo presentado de los participantes en el estudio.

Definir, a partir del protocolo y sus resultados, líneas de estudio complementarias.

Metodología

Estudio descriptivo, longitudinal, no experimental (Briones, 2000), sobre una muestra no aleatoria, intencional, de 28 preadolescentes (16 hombres y 12 mujeres) cuyas edades oscilaron entre los 11 y los 13 años de edad durante ocho semanas divididas en dos mesociclos de tres sesiones de carga progresiva y una de asimilación cada uno.

El protocolo empleado utilizó un pre test basado en algunos indicadores de la prueba EUROFIT (Conseil per L'Europe, 1989), validado en más de 50,000 participantes europeos a lo largo de varios años (Gadoury, y Léger, 1985; Tomkinson, Olds y Borms, 2007),cuyos datos permitieron establecer las siguientes cualidades de los participantes: Condición Física Aeróbica (VO²Max); Condición Física Anaeróbica (Fuerza Explosiva, Fuerza Estática, Fuerza Isométrica, Fuerza-resistencia); Equilibrio y Flexibilidad (Dollman y Olds, 2007; Rowland, 2007).

Al finalizar el trabajo de ocho semanas, se empleó el mismo test como medición post hoc.

Los datos fueron analizados a partir de plantillas construidas en Microsoft Excel y SPSS, versión 20.0. No se hizo diferencia entre los resultados obtenidos por los varones o las mujeres, ni tampoco se diferenciaron por edad.

En todo momento los participantes fueron informados de la naturaleza de las actividades y su propósito.

Una sesión típica tenía el siguiente desarrollo:

1. Calentamiento.

2. Juego de fútbol rápido, alternando los jugadores del equipo cada 15 minutos por cinco de descanso en promedio. Este valor permaneció constante.

3. Hidratación.

4. Sesión aeróbica extensiva, diez a quince minutos.

5. "Suicidas", una serie de cuatro intervalos sobre una cancha de básquetbol.

6. Pliométricos en escalera, una serie de cuatro a seis saltos.

7. Juego libre.

8. Estiramientos y relajación.

9. Hidratación.

En ninguna sesión el lapso entre el inicio y el fin del protocolo superó los 45 minutos efectivos de duración. Esto se debe a la consideración planteada por Mentzer (1993), en el sentido de que mientras más grande fuera el volumen de una sesión de entrenamiento, mayor tiempo ocuparía el cuerpo en recuperarse y menos recursos tendría para crecer, lo cual iba en detrimento del objetivo para el cual se entrena: volverse más fuerte (Provstgaard, 2011).

Todas las sesiones ocurrieron los sábados en la mañana, entre las 8:00 y las 10:00 a.m.; además, los participantes tomaban parte en dos clases semanales de Educación Física como parte de sus tareas cotidianas, con una duración de una hora cada una los días martes y jueves.

**Resultados**

El grupo de participantes mostró las siguientes características, agrupadas de acuerdo con el género, resumidas en la Tabla 1:

Tabla 1.

Composición promedio de los participantes del estudio (pre test)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Peso (kg) | Altura (cm) | Edad (años) | IMC |
| Hombres (60% de la muestra) | 58.35 | 156.8 | 12.7 | 23.83\* |
| Mujeres (40% de la muestra) | 50.46 | 148.9 | 13.2 | 22.83\* |

(\*) El valor del IMC refleja una composición corporal normal

El análisis primario de los datos reflejó una distribución asimétrica de los mismos al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk (N ≤ 50), obteniendo un valor z ≤ 1.90, y una significancia de 0,000, por lo que fue rechazada la Hipótesis Nula, descartando, bajo la teoría seleccionada, la comparación de medias empleando la prueba t.

Los resultados obtenidos por el pre test fueron coherentes con la teoría (Cifuentes, 2014; Delgado y Jiménez, 2013), que establece una confiabilidad alta en este tipo de mediciones, al alcanzar 0.78 en la prueba Alfa de Cronbach.

Durante el pretest, los valores más significativos se dieron en la prueba conocida como Course-Navette, empleada dentro de la batería para medir el consumo máximo de oxígeno (VO²Max) de los participantes mediante el protocolo desarrollado por Ardoy,et al., (2011), aplicado por Baquet, Berthoin, Gerberaux y Van Praagh (2001), y utilizando la fórmula de Ahmaidi, Collomp, Caillauce, y Prefaut (1992), de acuerdo con la cual: *VO² Max = 31.025 + (3.228 x velocidad) - (3.248 x edad) + (0.1536 x edad x velocidad)*, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2.

Resultados obtenidos por la muestra en la prueba de Course-Navette y salto horizontal (pre-test)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Media (X) | Desv. Est. (σ) |
| Course-Navette | 43.7 ml/min/kg | 5.504 |
| Fuerza Explosiva | 140.6 cm | 13.3 |

(\*) Significancia de 0.05

Al término del protocolo de ocho semanas, los participantes fueron medidos nuevamente y evaluados empleando el mismo test, con los siguientes resultados, presentados en la Tabla 2:

Tabla 3.

Composición promedio de los participantes del estudio (post test)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Peso (kg) | Altura (cm) | Edad (años) | IMC |
| Hombres (60% de la muestra) | 58.5 | 156.8 | 12.7 | 24.2\* |
| Mujeres (40% de la muestra) | 50.6 | 149.0 | 13.2 | 22.52\* |

(\*) El valor del IMC refleja una composición corporal normal

La variación de peso/estatura observada no se considera estadísticamente significativa, tampoco la variación del IMC contrastado con el del pre test, si bien que el valor sea menor al inicial coincide con los hallazgos de Ermolao, Bergamin, Rossi, Tolomio y Zaccaria (2011), quienes demostraron que existe una proporción de 3:2 entre la grasa y la masa magra perdida en un lapso de 21 días en mujeres adultas jóvenes.

Las pruebas de Course-Navette y de Fuerza Explosiva registraron los siguientes valores:

Tabla 4.

Resultados obtenidos por la muestra en la prueba de Course-Navette y salto horizontal (post-test)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Media (X) | Desv. Est. (σ) |
| Course-Navette | 44.2 ml/min/kg | 11.2 |
| Fuerza Explosiva | 154.3 cm | 12.98 |

(\*) Significancia de 0.05

Conclusiones

Fue observado un incremento positivo de las cualidades medidas, debido, probablemente, al tipo de estímulos y a la periodicidad planteada, pues se exhibieron adaptaciones (mayor capacidad aeróbica y mayor fuerza explosiva) que permitieron a los participantes, en promedio, la asimilación de las cargas de trabajo progresivas que se les presentaron.

Los factores asociados a la actividad física más mencionados por la literatura son, en un orden no específico: *intensidad, duración, frecuencia y volumen del ejercicio* (Gorostiaga, 2009; Mc Ardle, Katch y Katch, 2004; Roldán, 2009); estos factores han sido manipulados de diversas maneras, pero el más cercano a la idea que se pretende desarrollar es el de periodización, desarrollado hace más de treinta años por los entrenadores búlgaros de halterofilia (Mentzer, 1993; McGuff y Little, 2009; Cancino, 2011).

De acuerdo con la literatura revisada, los ejercicios más provechosos son aquellos donde es necesario que la intensidad del esfuerzo supere el umbral láctico para que los valores de cortisol aumenten, ya que aún esfuerzos de un minuto de duración son suficientes para aumentar la secreción de ACTH y Cortisol (Buono, Yeager y Hodgdon, 1986). La periodicidad de los esfuerzos también se considera importante para promover la mejora de las capacidades resaltadas, al permitir la asimilación del esfuerzo y adaptarse a él positivamente (Staplin, 2013).

Tabata, Atomi, Mutoh y Miyashita (1990) y Tabata, Ogita, Miyachi, y Shibayama, (1991), sugirieron que el aumento de cortisol en los esfuerzos de larga duración e intensidades menores al umbral láctico pueden relacionarse con condiciones de hipoglucemia, observando que el aumento de ACTH y cortisol ocurrió solo durante la última fase del ejercicio, al momento que las concentraciones de glucosa en sangre decrecieron.

El cortisol es la hormona del estrés (Inder y Wittert, 2005), pues se eleva de manera notable ante diversos factores fisiológicos estresantes, agudos o crónicos. El ejercicio tiene efectos sobre el cortisol. El cortisol aumenta la glucemia, el catabolismo proteico, el catabolismo de los triglicéridos para obtener energía y suministrar material para la gluconeogénesis hepática con el glicerol. Los incrementos agudos del cortisol favorecen la obtención de energía (Cancino, 2011; Inder y Wittert, 2005).

Por los factores reseñados, se buscó que los estímulos presentados fueran controlados para evitar en lo posible la aparición excesiva de cortisol en los participantes, lo que explica, en parte, que los participantes se adaptaran positivamente al esfuerzo.

Hillman, Castelli y Buck (2005), demostraron que existe una correlación positiva entre la condición física, la edad y la cognición. Por su parte, Sallis, et al., (1999) y Winter, et al., (2007), encontraron una correlación positiva entre actividad física y aprendizaje, por lo que una de las líneas a estudiar en un futuro es el posible impacto de este protocolo en los indicadores de logro educativo de los participantes escolarizados.

Una de la limitaciones del estudio es que no se consideraron en el momento las variaciones genéticas de los participantes para explicar la adaptación al estímulo del ejercicio (Smith y Fisher, 2012).

Otra limitación importante tiene que ver con el diseño del protocolo en sí, pues enfatiza el desarrollo de las características físicas individuales de los participantes, a diferencia de lo que Bund (2007) plantea sobre aprendizaje cooperativo en Educación Física.

El tamaño de la muestra y la duración del protocolo impiden establecer si a largo plazo (alrededor de 30 semanas) la adaptación positiva puede mantenerse o se presenta el principio de reversibilidad.

Finalmente, una de las más importantes limitaciones del estudio tiene que ver con la ausencia de datos sobre la alimentación y el descanso, que juegan un papel muy importante en los procesos de adaptación al esfuerzo.

Las cuatro limitaciones señaladas permiten concluir sobre la importancia de seguir realizando estudios semejantes en una muestra más amplia y recabar datos sobre variables que no se consideraron en su diseño original.

**Referencias**

Ahmaidi, S.; Collomp, K.; Caillauce, C.; y Prefaut, C. (1992). Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects*.International Journal of Sports Medicine.* 13(3). pp. 243-248.

Ardoy, D. N.; Fernández-Rodríguez, J. M.; Ruiz, J. R.; Chillón, P.; España-Romero, V.; Castillo, M. J. y Ortega, F. B. (2011). Mejora de la condición física en adolescentes a través de un programa de intervención educativa: Estudio EDUFIT. *Revista Española de Cardiología*. 64(6). pp. 484-491.

Baquet, G.; Berthoin, S.; Gerbeaux, M. y Van Praagh, E. (2001).High Intensity Aerobic Training During a 10 Week One-Hour Physical Education Cycle: Effects on Physical Fitness of Adolesents Aged 11 to 16. *International Journal of Sports Medicine*.22(4). pp. 295-300. doi: 10.1055/s-2001-14343.

Briones, G. (2001). *Métodos y técnicas de investigación para las Ciencias Sociales*. México: Trillas.

Bund, A. (2007). Aprendizaje Cooperativo en Educación Física. Conferencia dictada en el marco de la *Expo Motricidad 2007*. Medellín. Recuperado de <http://viref.udea.edu.co/contenido/publicaciones/memorias_expo/entrenamiento/aprendizaje.pdf>. El 25 de noviembre de 2013.

Buono, M. J.; Yeager, J. E. y Hogdon, J. A. (1986).Plasma adrenocorticotropin and cortisol responses to brief high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*; 61(4), 1337-1339.

Cancino, J. (2011). Fisiología del ejercicio. En (Celia Peniche Zeevaert y Beatriz Boullosa, Eds.) *Nutrición Aplicada al Deporte,* pp. 117-150. México: McGraw Hill.

Cifuentes, E. J. (2014). *Relación de la cantidad de actividad física con el desarrollo de las capacidades físicas en niños del corregimiento de Palermo Paipa*. (Tesis de Maestría no publicada) Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

Conseil de L´Europe (1989) EUROFIT. En *Revista de Investigación, Docencia, Ciencia, Educación Física y Deportiva*, (12)13, 8-49

Delgado, S. M. y Jiménez, J. O. (2013). Efectos de un plan de entrenamiento bsado en el Método Interválico Extensivo Medio sobre el máximo consumo de oxígeno y el indice de recuperación en jugadores de Rugby subacuático de la Universidad de Antioquia. *VIREF, Revista de Educación Física*. 2(4), 92-132.

Dollman, J.; y Olds, T. S. (2007). Distributional Changes in Performance of Australian Children on Tests of Cardiorespiratory Endurance. (J. Borms, M. Hebbelnick, A. P. Hills, Eds.), *Medicine and Sport Science: Vol. 50. Pediatric Fitness. Secular Trends and Geographic Variability*. (pp. 210-225). Basel, Suiza: Karger.

Domínguez, P. y Espeso, E. (2003). Bases fisiológicas del entrenamiento de la fuerza con niños y adolescentes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 3(9), pp. 61-68. Recuperado de <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista9/artfuerza.htm>

Duque, I. L. (2006). Fisiología del esfuerzo físico. *Programa de Educación Física, Recreación y Deporte*. Universidad de Caldas, Colombia.

Ermolao, A.; Bergamin, M.; Rossi, A.; Tolomio, S. y Zaccaria, M. (2011). Cardiopulmonary response and body composition changes after prolongued high altitude exposure on women. *Medicine y Science in Sports y Exercise*: 43(5). doi: 10.1249/01.MSS.0000400785.51472.99

Firman, G. O. (2005). *Fisiología del ejercicio físico*. Cátedra de Fisiología Humana. Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina.

Gadoury, C. y Léger, L. (1985).Validité de L'Epreuve Course Navette de 20 M avec paliers de 1 minute et du Physistest Canadien pour predire le VO2Max des Adultes. *Université du Montreal*. Recuperado de http://www.visio.univ-littoral.fr/revue-staps/pdf/85.pdf

Gorostiaga, E. (2009). Ejercicio intermitente anaeróbico: bases fisiológicas y cómo controlarlo. Conferencia impartida en las *XI Jornadas sobre Medicina y deporte de Alto Nivel*. *18 y 19 de septiembre de 2009, Madrid, España*. Comité Olímpico Español.

Hillman, C. H.; Castelli, D. M. y Buck, S. M. (2005). Aerobic Fitness and Neurocognitive function in Helthy Preadolescent Children. *Medicine y Science in Sports y Exercise*. 37(11), 1967-74.

Inder, W. J.; y Wittert, G. A. (2005). Exercise and hypotalamic-pituitary-adrenal axis.En *The endocrine system in sports and exercise* (Kraemer, W. J. y Rogol, A. D., Eds.). International Olympic Comittee: Blackwell.

Jacks, D. E.; Sowash, J.; Anning, J.; McGloughin, T. y Andres, F. (2002).Effect of exercise at three exercise intensities on salivary cortisol. *Journal of Strenght and Conditioning Research*; 16(2), 286-289.

McArdle, W. D.; Katch, F. I. y Katch, V. L. (2004).*Fundamentos de fisiología del ejercicio* (2a. ed). Madrid, España: McGraw Hill.

McGuff, D. y Little, J. (2009). *Body by Science. A research-based program for strength training, bodybuilding and complete fitness in 12 minutes a week*. New York, USA: Mc Graw Hill.

Mentzer, M. (1993). Needless Activity. *Flex* (2, February). p. 195.

Pancorbo, E. L. y Pancorbo, A. E. (2011). *Actividad física en la prevención y tratamiento de la enfermedad cardiometabólica. La dosis del ejercicio cardiosaludable*. Madrid: IMC.

Provstgaard, M. S. (2011). Is HEAVY DUTY based on Science? Artículo online disponible como html en https://www.mikementzer.com/provstgaard.html

Roldán , E. E. (2009). Bases fisiológicas de los principios del entrenamiento deportivo. *Revista Politécnica.* 5(8), 84-93.

Rowland, T. W. (2007) Evolution of Maximal Oxygen Uptake in Children (J. Borms, M. Hebbelnick, A. P. Hills, Eds.), *Medicine and Sport Science: Vol. 50. Pediatric Fitness. Secular Trends and Geographic Variability*. (pp. 200-209). Basel, Suiza: Karger.

Sallis, J. F.; McKenzie, T. L.; Kolody, T.; Lewis, M.; Marshall, S. y Rosengard, P. (1999). Effects of Health-Related Physical Education on Academic Achievement: Project SPARK. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 70(2). Pp. 127-134.

Smith, D. y Fisher, J. (2012). HEAVY DUTY™- a Scientific Perspective. Artículo online disponible como HTML en https://www.mikementzer.com/smith\_fisher.html

Staplin, D. (2013). Understanding Recovery: A Wound Healing Model. Artículo online disponible como HTML en https://www.mikementzer.com/wound1\_0606.html

Tabata, I.; Atomi, Y.; Mutoh, Y. y Miyashita, M. (1990). Effect of physical training on the responses of serum adrenocorticotropic hormone during prolonged exhausting exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*; 61(3-4): 188-192.

Tabata, I.; Ogita, F.; Miyachi, M. y Shibayama, H. (1991). Effect of low blood glucose on plasma, CRF, ACTH and cortisol during prolonged physical exercise. *Journal of Applied Physiology*; 71(5): 1807-1812.

Tomkinson, G. R.; Olds, T. S.; Borms, J. (2007). Who Are the Eurofittest? (J. Borms, M. Hebbelnick, A. P. Hills, Eds.), *Medicine and Sport Science: Vol. 50. Pediatric Fitness. Secular Trends and Geographic Variability*. (pp. 104-128). Basel, Suiza: Karger.

Winter, B.; Breitenstein, C.; Mooren, F. C.; Voelker, K.; Fobker, M.; Lechtermann, A.; Krueger, K.; Fromme, A.; Korsukewitz, C.; Floel, A. y Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory*. 87(4), 597-609.