A. VILLARROYA APARICIO
M. A. FRANCO SIERRA
B. CAMBRA MUR
B. CRIADO FERNANDEZ
I. DE JUANA VELASCO

Escuela Universitaria de Ciencias de
la Salud. Universidad de Zaragoza.

Análisis muscular en situación de equilibrio a través de electromiografía

Muscular analysis by EMG in a situation of equilibrium

Resumen

Se ha realizado un análisis muscular en un equilibrio de gimnasia rítmica deportiva en 2 grupos de niñas: 1) bien entrenadas y que asisten a competiciones periódicamente, y 2) que practican este deporte como entrenamiento.

El movimiento se ha dividido en cuatro fases (por medio de un goniómetro colocado en la rodilla). Se ha valorado el tiempo que tardan en adquirir el equilibrio y los músculos que participan en el movimiento y el grado en que lo hacen (EMGI), en el miembro inferior que elevan, en el que apoyan y en el tronco. Para ello se ha empleado un sistema telemático biológico de MIE: Medical Research LTD.

Se aprecia que las niñas menos entrenadas realizan el movimiento de una forma brusca y significativamente más rápida que las más entrenadas.

En el miembro de apoyo hay muy poca actividad de los gemelos en ambos grupos, a diferencia de su antagonista, el tibial anterior, en el que ésta es mucho mayor. Asimismo, hay una actividad importante en el glúteo medio. La actividad en recto anterior o isquiotibiales es mayor en la fase de mantenimiento de la flexión de la rodilla del otro miembro inferior, siendo mayor en los isquiotibiales.

Como el movimiento del miembro que se eleva, está guiado por la mano, la actividad de los músculos es menor y actúan más manteniendo la posición que en el desarrollo del movimiento.

En el tronco existe una acción alternativa de los músculos de un lado y de otro hasta el establecimiento del equilibrio, manteniéndose poca actividad en ambos lados en las niñas más experimentadas y una actividad mayor en las menos entrenadas.

La actividad muscular es, en general, más intensa en las niñas menos entrenadas, en las que hay una menor adaptación al equilibrio, manteniendo dicha actividad una vez establecida la posición. Las niñas de este grupo realizan contracciones innecesarias de músculos agonistas-antagonistas para mantener la posición, habiendo muchos más picos de adaptación a los desequilibrios.

Palabras clave: Equilibrio. Electromiografía. Biomecánica.

Summary

A muscular analysis was made of two groups of girls on a gymnastics balance beam: 1) well-trained girls who participated in regular gymnastics competition and 2) girls who practiced gymnastics noncompetitively.

Movement was divided into four phases (using a goniometer placed on the knee). The time required to reach equilibrium, muscles involved and the intensity of their contribution (EMG) were evaluated in the raised leg, supporting leg and trunk. An MIE biological telematic system (Medical Research LTD) was used.

The less-experienced gymnasts moved more abruptly and rapidly than the experienced gymnasts.

The supporting limb had little gemellus activity in either group, but its antagonists, the anterior tibial muscle, was active. The medial gluteal was very active. The rectus and ischiotibial muscles were more active during sustained flexion of the opposite knee, particularly the ischiotibial muscles.

As raising the leg is guided by the hand, the muscles were less active during this movement and acted more to maintain position than to develop movement.

The trunk showed alternating muscle activity on each side until equilibrium was reached. The more experienced gymnasts had little lateral trunk activity and the less experienced gymnasts, more activity.

Muscular activity generally was more intense in the less experienced gymnasts, who were less adapted for equilibrium and required sustained muscle activity after reaching equilibrium. The less experienced gymnasts required more frequent agonist-antagonist muscle contractions to maintain equilibrium and had many peaks of adaptation to desequilibrium.

Key words: Equilibrium. Electromyography. Biomechanics.

Introducción

La gimnasia rítmica deportiva es un deporte femenino con una popularidad creciente, tanto entre los espectadores

Correspondencia:

A. VILLARROYA APARICIO. Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Domingo Mira, s/n. 50009 Zaragoza.

FIG. 1.—A: Equilibrio analizado (fase 4). B: Equilibrio analizado (fase 2).

como entre los practicantes. Permite ejercitar todo el cuerpo, desarrollar gracia y belleza en los movimientos, creatividad y expresión personal, enseña a apreciar una forma artística del movimiento del cuerpo y proporciona placer y satisfacción estética.

La gimnasia rítmica moderna ha evolucionado a partir de la gimnasia y de la danza. Fue reconocida como deporte independiente por la Federación Internacional de Gimnasia en junio de 1962 y desde entonces ha evolucionado muy favorablemente en 2 aspectos esenciales: el nivel técnico y el número de practicantes. Cada vez son más las naciones que se han iniciado con programas de gimnasia rítmica y que han comenzado a participar en competiciones internacionales. En España sentó su base en la década de los sesenta y ya participó en el primer campeonato del mundo en Budapest en 1963. Desde entonces ha ido aumentando el número de escuelas en las provincias españolas, aumentando su participación en todas las competiciones y ayudando a elevar el nivel técnico¹.

Dentro de la gimnasia rítmica tiene gran importancia el equilibrio, ya que muchos de los ejercicios que se realizan en ella son en apoyo monopodal e imponen un buen mantenimiento del mismo, con un buen control del centro y de la línea de gravedad². Para el mantenimiento del equilibrio se

necesita la acción, controlada por el sistema nervioso central, de una serie de músculos^{3, 4, 5} cuya participación varía mucho con la práctica. Por ello hemos analizado, mediante EMG^{3, 4, 6, 7} la actividad muscular de un equilibrio básico en la gimnasia rítmica, pero comparando 2 grupos: uno de ellos de niñas que entrenan periódicamente y que participan en competiciones a nivel regional, y el segundo grupo, de niñas no muy entrenadas que realizan este deporte por «hobby».

Material y métodos

El estudio lo realizamos con un grupo de 20 niñas que practicaban gimnasia rítmica, con edades comprendidas entre 9 y 11 años, del colegio La Romareda de Zaragoza. Todas entrenaban gimnasia rítmica o deportiva y no realizaban periódicamente otras actividades deportivas. Hicimos 2 grupos de 10 niñas: uno de estos grupos englobaba a las mejor entrenadas que asistían a competiciones regionales de gimnasia rítmica y el otro grupo incluía otras 10 que practicaban este deporte como «hobby».

Se analizó, mediante electromiografía, la actividad muscular durante un equilibrio básico de gimnasia rítmica, del

Tabla 1. Valores medios de los tiempos (en m) de cada una de las fases hasta que se establece el equilibrio, y de su tiempo total en los 2 grupos estudiados, marcando si las diferencias entre dichos grupos son estadísticamente significativas

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	T. total
Grupo I	1,16 ($\pm$ 0,437)	0,913 ($\pm$ 0,229)	1,387 ($\pm$ 0,421)	3,373 ($\pm$ 0,665)
Grupo II	0,68 ($\pm$ 0,265)**	0,613 ($\pm$ 0,297)**	0,893 ($\pm$ 0,373)**	2,147 ($\pm$ 0,603)****

(* p = 0,05. ** p = 0,001. *** p = 0,001. **** p = 0,0001.)

miembro inferior que se eleva, del que queda en apoyo y del tronco, utilizando electrodos de superficie con una distancia entre ellos de 5 cm. Posteriormente para cuantificar las señales eléctricas recogidas^{8,9} se realizó la integración de las mismas en intervalos de tiempos de 80 min. Los músculos analizados fueron:

- *En los miembros inferiores.* Tibial anterior, gemelos, recto anterior, bíceps, femoral, semitendinoso y semimembranoso, glúteo medio y adductores.
- *En el tronco.* Abdominales derechos e izquierdos y los músculos espinales lumbares y dorsales de ambos lados.

El aparato empleado fue un aparato tipo MT8-3: sistema telemático biológico de MIE Medical Research LTD. Es un instrumento telemático que consta de 8 canales. Las señales eléctricas recogidas durante la actividad muscular se transforman en otro tipo de unidades (unidades ASCII) y mediante un programa especial (DADISP) se pueden tratar, realizando su integración y su análisis. Para diferenciar las distintas fases del movimiento se colocó un goniómetro en la rodilla de la extremidad inferior que se elevaba, conectado a uno de los canales del aparato. En esta misma extremidad, para iniciar el registro, se conectó en otro de los canales un sensor debajo del talón del miembro que elevaba de forma que al abandonar el suelo y dejar de ser presionado enviaba una señal que hacía que se empezara a registrar la actividad y se continuaba registrando durante 10 segundos. Debido a que el aparato tiene únicamente 8 canales, se tuvo que realizar 3 protocolos para poder estudiar todos los músculos que interesaban. Por tanto, las niñas debieron realizar dicho equilibrio 3 veces. Antes de realizar la prueba se les dejaba unos minutos para acostumbrarse a los dispositivos que se les habían colocado.

Este equilibrio, gracias al goniómetro colocado en la rodilla, lo pudimos dividir en 4 fases:

- *Fase 1.* Desde la posición de partida hasta la flexión de la rodilla del miembro que se eleva.
- *Fase 2.* Mantenimiento de esa posición.
- *Fase 3.* Movimiento de extensión de rodilla.
- *Fase 4.* Mantenimiento de esta posición.

Medimos el tiempo medio que tardaba cada grupo hasta adquirir la posición final del equilibrio (final de la tercera fase), así como los tiempos en cada una de las fases hasta conseguir dicha posición de equilibrio. Para ver si las diferencias entre los 2 grupos eran estadísticamente significativas empleamos un test de Mann-Whitney. No se deben realizar comparaciones entre actividades musculares si no se

tiene algún valor de referencia y se habla de porcentajes de actividad; a pesar de que esto no se pudo realizar, dado que las diferencias entre los 2 grupos eran claras y constantes en todos los casos, nos atrevimos a realizar una comparación estadística. Para ello utilizamos también el test de Mann-Whitney comparando los valores de la señal electromiográfica integrada (en mv.s) de los diferentes músculos analizados entre los 2 grupos de niñas.

Resultados y discusión

Tras realizar las pruebas analizamos, por una parte, el movimiento en el primer grupo, o de niñas bien entrenadas, y a continuación, en el segundo grupo o de niñas menos entrenadas, y comparamos ambos grupos.

En primer lugar, comprobamos que el establecimiento del equilibrio es más rápido en las niñas del segundo grupo, o menos experimentadas, que en las del primero. Esto se debe a que estas últimas controlan el movimiento y lo realizan más lentamente manteniendo el equilibrio durante todo el tiempo; en cambio, las menos entrenadas lo realizan de una forma más brusca y rápida ya que no controlan tanto.

En la tabla 1 podemos ver los tiempos medios que tardan las niñas en establecer la posición del equilibrio, así como los tiempos medios que emplean en cada una de las fases hasta conseguir dicha posición. Las diferencias en estos tiempos entre los 2 grupos son estadísticamente significativas tanto en el tiempo total como en los tiempos de cada una de las fases. Podemos apreciar que las diferencias de estas medias son menores en la segunda fase, que corresponde al momento en que se mantiene la rodilla en flexión y no se está realizando ningún movimiento, con lo cual las niñas poco experimentadas en esta fase se sienten más seguras, de ahí que la diferencia con las más experimentadas sea menor (0,3 m), aunque también es significativa.

En cuanto a la actividad muscular veremos, en primer lugar, la del miembro inferior que permanece en apoyo, luego la del miembro inferior que eleva y, por último, la actividad muscular de los músculos del tronco, abdominales y espinales.

Miembro que permanece en apoyo

Tibial anterior y gemelos

En el primer grupo de niñas más experimentadas existe poca actividad en un principio, tanto en el tibial anterior

Tabla 2. Valores medios de la EMGI (intervalos de 80 m) en los músculos de la extremidad inferior que queda en apoyo durante el equilibrio estudiado (unidades: mv.s) (*p = 0,05)

	Miembro de apoyo			
	Experimentadas		No experimentadas	
	Media	SD	Media	SD
Tibial anterior				
— Fase 1 (a)	0,008	0,009	0,030	0,007*
— Fase 1 (b)	0,016	0,007	0,030	0,007*
— Fase 2	0,025	0,006	0,037	0,008*
— Fase 3	0,026	0,007	0,028	0,007
— Fase 4 (a)	0,022	0,04	0,030	0,009*
— Fase 4 (b)	0,018	0,01	0,029	0,008*
Gemelos				
— Fase 1	0,002	0,001	0,010	0,004*
— Fase 2	0,005	0,001	0,008	0,003
— Fase 3	0,015	0,005	0,018	0,007
— Fase 4 (a)	0,010	0,004	0,020	0,006*
— Fase 4 (b)	0,009	0,004	0,020	0,006*
Recto anterior				
— Fase 1	0,003	0,002	0,003	0,001
— Fase 2	0,006	0,003	0,003	0,001
— Fase 3 (a)	0,014	0,006	0,025	0,006*
— Fase 3 (b)	0,014	0,007	0,030	0,008*
— Fase 4 (a)	0,014	0,009	0,030	0,007*
— Fase 4 (b)	0,005	0,002	0,025	0,010*
I. externo				
— Fase 1 (a)	0,001	0,001	0,001	0,001
— Fase 1 (b)	0,003	0,0008	0,018	0,007*
— Fase 2	0,020	0,005	0,018	0,006
— Fase 3	0,003	0,001	0,020	0,009*
— Fase 4 (a)	0,003	0,0008	0,019	0,012*
— Fase 4 (b)	0,002	0,001	0,019	0,010*
I. internos				
— Fase 1 (a)	0,001	0,001	0,0015	0,001
— Fase 1 (b)	0,004	0,0009	0,018	0,009*
— Fase 2	0,018	0,006	0,019	0,007
— Fase 3	0,004	0,003	0,018	0,006*
— Fase 4 (a)	0,004	0,003	0,020	0,007*
— Fase 4 (b)	0,002	0,001	0,017	0,006*
Glúteo medio				
— Fase 1 (a)	0,011	0,005	0,008	0,002
— Fase 1 (b)	0,015	0,006	0,015	0,008
— Fase 2	0,024	0,005	0,026	0,012
— Fase 3	0,023	0,004	0,028	0,009
— Fase 4 (a)	0,024	0,009	0,029	0,009
— Fase 4 (b)	0,018	0,010	0,027	0,008*
Aductores				
— Fase 1	0,003	0,001	0,005	0,003
— Fase 2	0,004	0,001	0,005	0,001
— Fase 3	0,007	0,002	0,008	0,001
— Fase 4	0,008	0,002	0,009	0,003

FIG. 1.—Actividad eléctrica del músculo recto anterior del miembro inferior que apoya, comparando los 2 grupos.

menos, ya que el cuerpo se desequilibra hacia atrás necesitando una acción importante del tibial anterior para evitar la caída. Una vez establecida la posición, se necesita mucha menor participación tanto del tibial anterior como de los gemelos, aunque sigue siendo mayor la del primero, y además existen picos de adaptación, tanto en uno como en otro debido a los desequilibrios (tabla II).

En el segundo grupo, por el contrario, el tibial anterior presenta una actividad importante desde el principio que se mantiene durante todo el tiempo. Igualmente, en este grupo, los gemelos no disminuyen su actividad una vez establecido el equilibrio, pero de la misma forma que en el primer grupo, la acción tibial anterior es mucho mayor que la de los gemelos (tabla II).

Recto anterior e isquiotibiales

En el primer grupo hay poca actividad en un principio tanto en el recto anterior como en los músculos isquiotibiales, pero ésta aumenta conforme se va elevando el otro miembro inferior, siendo muy importante en la segunda fase en que se mantiene la flexión de rodilla del miembro que se eleva y se tiene que readaptar la posición del equilibrio. Esta actividad es algo mayor en los isquiotibiales para mantener la posición de la cadera que tiende a la flexión por ligera inclinación del tronco hacia delante al sujetar con la mano el tobillo del lado que se eleva, pero conforme se va realizando la extensión de dicho miembro inferior se endereza el tronco, casi desaparece la acción de estos músculos. Sin embargo, el recto anterior mantiene una actividad importante más tiempo, hasta el final del equilibrio; una vez alcanzado éste, en la cuarta fase, persiste dicha actividad en la mayoría de los casos, aunque en general disminuye mucho (tabla II y figs. 2 y 3).

En el segundo grupo, el recto anterior en un principio actúa de forma semejante al primero, pero su actividad no disminuye en ningún caso una vez adquirido el equilibrio, sino que se mantiene hasta el final del movimiento con más o menos oscilaciones. Igualmente en los músculos isquiotibiales es mayor la actividad que en el primer grupo y además es más irregular; también comienza su acción a lo largo de la primera fase, cuando el tronco va hacia delante al flexionar el otro miembro inferior, pero luego no desaparece, sino que se mantiene todo el tiempo, aunque con

como en los gemelos. Conforme se va elevando el otro miembro inferior va aumentando la actividad en el tibial anterior; también aumenta la de los gemelos, pero mucho

FIG. 2.—Actividad eléctrica de los músculos isiotibiales del miembro inferior que apoya, comparando los 2 grupos.

menor intensidad, en una contracción agonista-antagonista de los músculos recto anterior e isiotibiales que en realidad no es necesaria pero que realizan al no tener buen control del movimiento (tabla II y figs. 2 y 3).

Glúteo medio

La actividad de este músculo en las niñas más experimentadas es importante para mantener la pelvis en el plano frontal, pero una vez adquirida la posición del equilibrio, al final de la cuarta fase, no se necesita tanta participación muscular para mantener la pelvis porque hay una cierta tendencia a inclinar el cuerpo hacia el lado en apoyo, centrando el centro de gravedad sobre este miembro inferior; por este motivo en algunos casos disminuye algo la actividad de este músculo, pero en otros, con bastante inclinación hacia el lado de apoyo, prácticamente desaparece. En el otro grupo el glúteo medio en un principio actúa de forma semejante al primero, pero persiste una gran actividad todo el tiempo (tabla II).

Adductores

En el primer grupo hay una actividad continua y regular durante todo el tiempo, no muy importante, mientras que en el segundo, además de ser continua, es de mayor intensidad y presenta más oscilaciones (tabla II).

Miembro que eleva

Tibial anterior

En las niñas con más experiencia el tibial anterior actúa sólo ligeramente. El pie se deja caer y sólo hay una ligera actividad para mantenerlo, que es un poco mayor en la tercera y cuarta fase. En cambio, en el otro grupo se observa una ligera actividad en las 2 primeras fases y principio de la tercera que, al contrario que en el primer grupo, aumenta bastante al final de ésta, ya que hay activación de unidades motoras en el miembro inferior que responden a los desequilibrios del tronco (tabla III).

Tabla 3. Valores medios de la EMGI (intervalos de 80 m) en los músculos de la extremidad inferior que se eleva durante el equilibrio estudiado (unidades: mv.s) (*p = 0,05)

	Miembro que eleva			
	Experimentadas		No experimentadas	
	Media	SD	Media	SD
Tibial anterior				
— Fase 1	0,004	0,002	0,003	0,001
— Fase 2	0,003	0,001	0,003	0,001
— Fase 3 (a)	0,005	0,001	0,003	0,002
— Fase 3 (b)	0,007	0,002	0,018	0,008*
— Fase 4 (a)	0,008	0,003	0,020	0,010*
— Fase 4 (b)	0,004	0,001	0,019	0,009*
Gemelos				
— Fase 1	0,002	0,001	0,003	0,001
— Fase 2	0,002	0,001	0,003	0,002
— Fase 3	0,003	0,002	0,002	0,001
— Fase 4	0,002	0,001	0,003	0,002
Recto anterior				
— Fase 1 (a)	0,001	0,001	0,023	0,015
— Fase 1 (b)	0,027	0,012	0,024	0,013
— Fase 2	0,036	0,01	0,038	0,017
— Fase 3	0,007	0,006	0,03	0,015
— Fase 4	0,007	0,005	0,02	0,011*
I. externo				
— Fase 1	0,003	0,001	0,003	0,001
— Fase 2	0,007	0,002	0,008	0,003
— Fase 3	0,007	0,002	0,007	0,002
— Fase 4	0,002	0,001	0,007	0,003*
I. internos				
— Fase 1	0,003	0,001	0,002	0,001
— Fase 2	0,006	0,002	0,006	0,003
— Fase 3	0,005	0,001	0,006	0,002
— Fase 4	0,002	0,001	0,006	0,001*
Glúteo medio				
— Fase 1	0,003	0,001	0,003	0,001
— Fase 2 (a)	0,004	0,001	0,025	0,012
— Fase 2 (b)	0,025	0,009	0,026	0,011
— Fase 3	0,030	0,012	0,027	0,013
— Fase 4 (a)	0,025	0,013	0,025	0,009
— Fase 4 (b)	0,027	0,008	0,030	0,011*
Adductores				
— Fase 1	0,003	0,001	0,001	0,001
— Fase 2	0,003	0,002	0,001	0,001
— Fase 3	0,002	0,001	0,002	0,001
— Fase 4	0,001	0,001	0,004	0,002

Gemelos

En ambos grupos aparecen muchas oscilaciones en la línea de base por los cambios de posición. Prácticamente no hay actividad muscular en todo el movimiento ya que el pie se deja caer, mantenido sólo ligeramente, como hemos visto, por el tibial anterior. En las niñas menos experimentadas estos músculos actúan de forma semejante,

pero con más picos de adaptación a los desequilibrios (tabla III).

Recto anterior

En el primer grupo existe poca actividad en la primera fase, en la que se produce la flexión del miembro inferior; el recto anterior no actúa apenas como flexor de la cadera ya que al ser un músculo biarticular y estar la rodilla en extensión actuarán más otros músculos flexores monoarticulares; no ocurre así en las niñas menos experimentadas, que presentan una actividad importante en esta fase. Al pasar a la segunda fase, de mantenimiento de la flexión y ya con la rodilla en flexión, el recto anterior va a colaborar en el mantenimiento de la flexión de la cadera, aumentando mucho su actividad (tabla III).

En el grupo de niñas experimentadas, en algunos casos, este músculo sigue actuando colaborando en la extensión de la rodilla, manteniéndose por tanto su actividad, pero en general disminuye ésta, ya que la extensión de la rodilla es conducida en parte por la mano sin necesitar una gran colaboración muscular y, además, porque actuarán más las otras porciones del cuádriceps, manteniendo esta ligera actividad hasta el final del desequilibrio. Sin embargo, en el grupo de niñas menos entrenadas continua su acción todo el tiempo con más o menos oscilaciones (tabla III).

Músculos isquiotibiales

Actúan de forma semejante los internos y los externos. En el primer grupo, en la primera fase, la rodilla se flexiona casi sola por la flexión de la cadera, por lo que no necesita la acción de los flexores de rodilla. En la segunda fase, en unos casos sigue sin necesitarse la colaboración de estos músculos, ya que se sujeta el miembro inferior con la mano y en otros aumenta algo la actividad para ayudar al mantenimiento en flexión. En la tercera fase, al realizar la extensión, se mantiene esta actividad debido probablemente a su estiramiento rápido y a su control del movimiento de extensión del miembro inferior (tabla III).

En el segundo grupo, la actividad se mantiene todo el tiempo. Se diferencia del primero en que en éste, una vez adquirida la posición, la actividad es ya escasa, pero en el segundo grupo se mantiene al igual que ocurría con el recto anterior ya que realizan el movimiento de forma más forzada y contraen músculos agonistas y antagonistas sin que esto sea necesario (tabla III).

Glúteo medio

Este músculo en las niñas experimentadas presenta, en algunos casos, poca actividad en la primera fase debido a que realizan el movimiento en diagonal, es decir, combinando un movimiento de flexión y abducción de cadera, de forma que la estabilización lateral de la pelvis es misión de los rotadores externos de la cadera, pero en otros casos, en

los que se separa el miembro inferior en un movimiento más puro de abducción, aparece actividad desde el principio, ya que la estabilización lateral de la pelvis corre a cargo únicamente del glúteo medio. En la segunda fase va aumentando la actividad, siendo en la tercera cuando mayor es a pesar de estar sostenido por la mano para llevar el miembro inferior hacia afuera. En la cuarta fase, ya establecido el equilibrio y mantenido el miembro inferior por la mano, vuelve a disminuir la acción de este músculo (tabla III).

En las niñas del segundo grupo este músculo actúa de forma importante desde el inicio y, al igual que el recto anterior y los isquiotibiales, al no tener un buen control del movimiento realizan contracciones innecesarias (tabla III).

Adductores

En ambos grupos la actividad es escasa, pero apreciándose que en el segundo grupo hay más oscilaciones que en el primero (tabla III).

Tronco

Músculos abdominales

En ambos grupos se observa en los músculos abdominales del lado de apoyo poca actividad, aunque con algunos picos de adaptación debido a la actividad de alguna unidad motora por oscilaciones en el equilibrio. En el lado que se eleva hace falta una actuación de estos músculos para iniciar la flexión con inclinación lateral del tronco para ir a buscar al miembro inferior derecho y, ya en la segunda fase, para evitar la caída de la hemipelvis derecha al no estar en apoyo el miembro inferior de ese lado. A partir de esta fase, una vez que se ha enderezado la niña, ya no es necesaria esta actividad y sólo persiste de forma mínima y semejante en ambos lados (tabla IV).

Espinales dorsales

En el primer grupo hay poca actividad en las primeras fases en el lado que se eleva. Al principio del movimiento hay inclinación hacia ese lado para sujetar el pie con la mano y, por tanto, se necesita actuación de los espinales del lado de apoyo para controlar el movimiento y así evitar desequilibrios. En la tercera fase éstos siguen actuando para poner el cuerpo en rectitud, pero los del lado que eleva actúan de igual manera controlando el movimiento. Ya en la fase de mantenimiento continúa una actividad más o menos igual en ambos lados para mantener el equilibrio, aunque predomina en el lado de apoyo, ya que existe cierta inclinación del tronco hacia el lado que eleva. En el segundo grupo ocurre lo mismo que en el primero, pero con mayor actividad de ambos grupos musculares, sobre todo en el mantenimiento de la posición (tabla IV).

Tabla 4. Valores medios de la EMGI (intervalos de 80 m) en los músculos del tronco durante el equilibrio estudiado (unidades: mv.s) (*p = 0,05)

	Músculos del tronco			
	Experimentadas		No experimentadas	
	Media	SD	Media	SD
Abdominales (apoyo)				
— Fase 1	0,004	0,001	0,002	0,001
— Fase 2	0,005	0,001	0,006	0,001
— Fase 3	0,006	0,002	0,004	0,002
— Fase 4	0,005	0,001	0,007	0,002
Espinales dorsales (apoyo)				
— Fase 1 (a)	0,003	0,001	0,003	0,001
— Fase 1 (b)	0,013	0,007	0,010	0,004
— Fase 2	0,012	0,006	0,009	0,003
— Fase 3	0,018	0,007	0,018	0,006
— Fase 4	0,015	0,005	0,020	0,006*
Espinales lumbares (apoyo)				
— Fase 1	0,007	0,002	0,006	0,003
— Fase 2	0,014	0,004	0,010	0,009
— Fase 3	0,012	0,005	0,014	0,007
— Fase 4	0,005	0,002	0,014	0,006*
Abdominales (elevación)				
— Fase 1 (a)	0,003	0,001	0,003	0,001
— Fase 1 (b)	0,008	0,001	0,010	0,003
— Fase 2	0,028	0,012	0,012	0,007*
— Fase 3	0,004	0,002	0,003	0,001
— Fase 4	0,004	0,008	0,003	0,007*
Espinales dorsales (elevación)				
— Fase 1	0,005	0,001	0,005	0,002
— Fase 2	0,005	0,002	0,026	0,007*
— Fase 3	0,015	0,008	0,027	0,012*
— Fase 4 (a)	0,015	0,007	0,027	0,009*
— Fase 4 (b)	0,002	0,002	0,026	0,013*
Espinales lumbares (elevación)				
— Fase 1	0,006	0,003	0,003	0,002
— Fase 2	0,007	0,004	0,009	0,003
— Fase 3	0,017	0,01	0,015	0,004
— Fase 4 (a)	0,018	0,009	0,014	0,005
— Fase 4 (b)	0,005	0,003	0,013	0,008*

Espinales lumbares

En el primer grupo los músculos espinales lumbares sólo colaboran en el mantenimiento de la postura con poca actividad; ésta es algo mayor en las primeras fases en el lado de apoyo en que la pelvis tiende a desplazarse hacia el otro lado, es decir, hacia el lado que se eleva, al mantener la flexión de la rodilla con la mano. Ya en la tercera fase, y enderezado el tronco, actúan más los espinales lumbares

del lado que se eleva para mantener la pelvis. A continuación, en algunos casos, se observa una disminución de la actividad y en otros picos de adaptación a la postura. Sin embargo, en el segundo grupo, la actividad es semejante en ambos lados durante todo el tiempo, siendo mayor en la fase de mantenimiento que en las fases anteriores y con bastantes picos de adaptación que indican actividad para equilibrar el cuerpo (tabla IV).

En todos los músculos estudiados apreciamos una actividad mucho mayor en las niñas menos entrenadas y, por tanto, con menor experiencia. Esto es lógico ya que el proceso de aprendizaje de un determinado movimiento supone un esfuerzo importante de los centros superiores que se traduce en una tensión generalizada y en movimientos parásitos en su desarrollo¹⁰. Con la práctica bien dirigida va disminuyendo la tensión inicial y se van localizando las acciones musculares, por lo que la actividad muscular en personas con un nivel importante de entrenamiento, como se aprecia en el grupo estudiado, es mucho menor.

Conclusiones

- Conforme menor es la experiencia en la práctica de la gimnasia rítmica, el equilibrio estudiado se realiza de forma más brusca y significativamente más rápida.
- En el miembro inferior de apoyo existe muy poca actividad de los gemelos, a diferencia del tibial anterior, quien tiene que controlar el desplazamiento del cuerpo hacia atrás; presenta actividad importante del glúteo medio y los músculos recto anterior e isquiotibiales actúan sobre todo en la fase de mantenimiento de la flexión del otro miembro inferior, siendo mayor la actividad de los isquiotibiales.
- El miembro inferior que se eleva, al estar guiado por la mano, presenta una actividad muscular menor y los músculos actúan sobre todo manteniendo la posición.
- En los músculos espinales dorsales y lumbares hay mayor actividad en el lado de apoyo en las 2 primeras fases, es decir, hasta el mantenimiento de la rodilla en flexión, igualándose después y siendo muy ligera en el mantenimiento del equilibrio. Al contrario, los músculos abdominales presentan mayor actividad en la segunda y tercera fase en el lado de elevación.
- En general la actividad muscular es mucho mayor en el grupo menos entrenado, sobre todo una vez adquirida la posición de equilibrio, es decir, en el mantenimiento del mismo.

Bibliografía

1. BODO SCHMID, A.: *Gimnasia rítmica deportiva*. Hispano-Europea. Barcelona, 1985; 10-25.
2. HAINAUT, K.: *Introducción a la biomecánica*. Jims. Barcelona, 1976; 65-67.
3. RASCH, P. J., y BURKE, R. K.: *Kinesiología y anatomía aplicada*. El Ateneo. Buenos Aires, 1985; 268-276 y 237-249.

4. LUTTGENS, K., y WELLS, K.: *Kinesiología. Bases científicas del movimiento humano*. Pila Teleña. Madrid, 1982; 457-473 y 441-456.
5. GUNTHER BAUMLER, y KLAUS SCHENEIDER: *Biomecánica deportiva*. Martínez Roca. Barcelona, 1989; 93-94.
6. COOPER, J., y GLASGOW, R.: *Kinesiología. Médica Panamericana*. Buenos Aires, 1973; 127-134.
7. VERA, P.; HOYOS, J. V., y NIETO, J.: *Biomecánica del aparato locomotor*, cap. 6. Instituto de Biomecánica de Valencia. Valencia, 1985; 34-37.
8. JAMMES, Y.: «Méthodes de quantification de l'activité myoelectrique: Application a l'étude de la fatigue musculaire». En: Pouget, J. *EMG-92. Acquisitions récentes en electromyographie*. Solal. Marseille, 1992; 86-96.
9. GUIHENEUC, P.: «Méthodes d'analyse automatique des traces interferentiels». En: Pouget, J. *EMG-92. Acquisitions récentes en electromyographie*. Solal. Marseille, 1992; 76-89.
10. PAILLARD, J.: «Tonus, posture et mouvements». En: Kayser, Ch. *Physiologie. 2. Systeme nerveux, muscle*. Flammarion Medicine Sciences, 1976; 669.