



ORIGINAL

Análisis electromiográfico de los músculos del tobillo en adultos jóvenes con síndrome de Down antes y después de la implementación de un programa de actividad física basado en la danza

Núria Massó-Ortigosa^{a,*}, Lourdes Gutiérrez-Vilahú^a, Lluís Costa-Tutusaus^a, Guillermo R. Oviedo^b, Ferran Rey-Abella^a

^aFacultad de Ciencias de la Salud Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Barcelona, España

^bFacultad de Psicología, Ciencias de la Educación y del Deporte Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Barcelona, España

Recibido el 15 de junio de 2017; aceptado el 6 de noviembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Electromiografía;
Control postural;
Síndrome de Down;
Bipedestación;
Danza

Resumen

Introducción: Las personas con síndrome de Down tienen dificultades de control postural y muestran diferencias en cuanto a desplazamiento de su centro de presión y a su actividad muscular, en comparación con la población general. Investigaciones previas reflejan que el desplazamiento del centro de presión es menos dependiente de las condiciones visuales en las personas con síndrome de Down, aunque se ha observado una mejora del equilibrio tras la realización de actividades físicas específicas de la danza. El objetivo del proyecto fue valorar el efecto que un programa de actividad física basado en la danza ejerce sobre la actividad muscular en adultos jóvenes con síndrome de Down.

Material y métodos: Once participantes con síndrome de Down y 11 participantes sin síndrome de Down, como grupo control, siguieron un programa de danza de 18 semanas de duración. Se utilizó electromiografía de superficie para valorar la actividad del músculo del tobillo antes y después de la finalización del programa, con los ojos abiertos y cerrados.

Resultados: Observamos un nivel superior de activación muscular en el grupo de síndrome de Down, que reflejó diferencias menores entre distintas condiciones visuales que el grupo control. No se observaron diferencias significativas previas y posteriores al entrenamiento en el grupo con síndrome de Down. Sin embargo, se observaron menores diferencias entre ambos grupos tras el entrenamiento, en relación con la situación previa al mismo.

Conclusiones: Aunque no se observaron diferencias significativas en el grupo con síndrome de Down tras el entrenamiento, sí se observó un descenso de las diferencias entre los

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: nuriamo@blanquerna.url.edu (N. Massó-Ortigosa).

KEYWORDS

Electromyography;
Postural control;
Down syndrome;
Standing position;
Dance

grupos. Estas podrían guardar relación con ciertas adaptaciones posturales. En el futuro sería interesante incrementar la muestra y analizar también la posición del centro de presión en relación con los pies.

© 2017 FC Barcelona. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Electromyographic analysis of ankle muscles in young adults with Down syndrome before and after the implementation of a physical activity programme based on dance

Abstract

Introduction: People with Down syndrome have difficulties in postural control and exhibit differences in the displacement of their centre of pressure and in muscle activity compared with the general population. Previous research has shown that centre of pressure displacement is less depending on visual conditions in people with Down syndrome, although improved balance has been observed following specific physical activities based on dance. The aim of the project was to assess the effect of a dance-based physical activity programme on muscle activity in young adults with Down syndrome.

Material and method: Eleven participants with Down syndrome and eleven participants without Down syndrome as the control group followed an 18-week dance programme. Surface electromyography was used to assess ankle muscle activity before and after completion of the programme in open and closed eyes conditions.

Results: We observed a higher level of muscle activation in Down syndrome group. They showed minor differences between different visual conditions than control group. No significant differences were seen in pre- and post-training in Down syndrome group. Nevertheless, less differences were observed between both groups after training than before.

Conclusions: Although no significant differences were observed in Down syndrome group after training, differences between groups were decreased. These could be related to some postural adaptations. In the future, it will be interesting to increase the sample and also analyze the position of centre of pressure in relation to feet.

© 2017 FC Barcelona. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Las personas con síndrome de Down (SD) a menudo tienen laxitud en las articulaciones y bajo tono muscular^{1,2}. El desarrollo motor y las reacciones motoras son lentas, lo que dificulta la adaptación al entorno durante la realización de distintas tareas motoras³ debido a la dificultad en controlar los ajustes posturales^{4,6}. Los investigadores también han encontrado diferencias entre personas con y sin SD al analizar el centro de presión (CDP). En general, los sujetos con SD mostraron valores más altos en los desplazamientos del CDP que los sujetos control (raíz media cuadrática o *root mean square* [RMS]; velocidad media; área de balanceo y frecuencia de rotación), excepto RMS con los ojos cerrados⁷. Además, al comparar el equilibrio con bipedestación estática entre adolescentes con y sin SD, se observó que los valores de la trayectoria y la velocidad de balanceo anteroposterior, medial lateral del CDP con ojos abiertos y ojos cerrados en el grupo SD fueron más altos, excepto en el desplazamiento medial lateral del CDP con los ojos cerrados⁸.

La mayoría de los autores coinciden en que las personas con SD tienen una capacidad reducida para mantener una postura estable en comparación con las personas sin SD^{9,10}. Las razones de la disminución de la estabilidad y el equilibrio postural en personas con SD aún no están claras. Algu-

nos autores sugieren que la falta de control postural en grupos de personas con discapacidad intelectual se relaciona con la coexistencia de anomalías vestibulares⁷, respuesta lenta^{5,11} y deterioro sensorial^{12,13}. Debemos tener en cuenta que una parte importante de las personas con SD también tienen una identificación que coexiste con algunos de estos factores asociados.

En trabajos previos que compararon diferentes condiciones visuales, los autores de este estudio observaron que los jóvenes con SD muestran un control postural deficiente en bipedestación. Las diferencias con el grupo control (GC) fueron más evidentes con los ojos abiertos que con los ojos cerrados. Al cambiar las condiciones, el GC aumentó su desplazamiento anteroposterior, con los ojos cerrados, frente a los de los ojos abiertos, pero el grupo SD no lo hizo¹⁴. De manera similar, otros autores han sugerido que las personas con SD utilizan sus músculos de manera diferente en condiciones dinámicas, como caminar. Los niños pequeños con SD mostraron un ancho de paso significativamente más amplio que sus pares sin SD. Los niños pequeños con SD mejoraron la ritmicidad de su estallido muscular, manteniendo estallidos más largos, pero el ritmo permaneció inconsistente. La disminución del intervalo entre estallidos y el aumento de la duración del estallido muscular en los niños pequeños con SD puede ayudar a controlar las piernas mediante la estabi-

lización de sus articulaciones laxas¹⁵. No se observaron diferencias grupales (niños SD versus no SD) en la rigidez o en los índices de co-contracción de las extremidades inferiores (CEI) durante la fase de apoyo, pero los niños con SD mostraron un CEI mayor en el balanceo¹⁶. En condiciones estáticas, como mantenerse en una posición de pie, algunos autores observaron una mayor actividad muscular en adultos con SD versus no SD. Los adultos con SD pueden realizar contracciones preprogramadas para aumentar la resistencia de la articulación y compensar la inestabilidad inherente de la articulación que se produce en las perturbaciones rápidas e impredecibles¹⁷. Las respuestas de niños con SD no mostraron atenuación adaptativa a cambiar las condiciones de la tarea. Las latencias iniciales de las respuestas de niños con SD fueron significativamente más lentas que en niños normales. La presencia del reflejo monosináptico durante las perturbaciones de la plataforma en latencias normales sugiere que los problemas de equilibrio de niños con SD no resultan de la hipotonía, que los investigadores han definido como disminución de la excitabilidad segmentaria del conjunto de neuronas motoras y la patología de los mecanismos de reflejo de estiramiento, sino como resultado de defectos dentro de los mecanismos posturales de nivel superior¹⁸. Algunos estudios han demostrado que hay una co-activación aumentada de los grupos musculares agonistas y antagonistas, y que podría ser una estrategia de seguridad para estabilizar la articulación del tobillo y el CDP, y evitar la inestabilidad^{4,18-20}. Un grado mayor de rigidez también se encuentra en el tobillo^{21,22}.

Varios autores sugieren que las personas con SD pueden mejorar su equilibrio con programas de entrenamiento sistemáticos y bien diseñados. La adaptación a un programa de entrenamiento de 12 semanas dio como resultado la mejora de la capacidad de equilibrio dinámico del grupo experimental (adultos jóvenes con SD) evaluado mediante una plataforma de equilibrio. Además, encontraron mejora en la fuerza muscular y la resistencia muscular de las extremidades inferiores de los participantes incluidos en el grupo experimental²³.

También sabemos que en personas con SD la actividad física (AF) tiene efectos beneficiosos, mejorando su índice de masa corporal (IMC), así como la fuerza y la condición física^{6,24}. Algunos programas de AF también han demostrado ser efectivos para mejorar los parámetros biomecánicos durante la adquisición del aprendizaje de caminar en edades tempranas^{25,26}.

Para los beneficios relacionados con el equilibrio, algunas actividades pueden ser más adecuadas que otras. Sabemos que los bailarines sin SD exhiben mejor control postural que la población general²⁷, niveles más altos de propiocepción en el tobillo, mejor equilibrio estático en los movimientos de cabeza y cuello, y un menor grado de vértigo inducido y nistagmo^{28,29}. En los bailarines se ha observado una disminución de los reflejos osteotendinosos³⁰, además de una respuesta más rápida durante las respuestas neuromusculares de latencia prolongada y una mejor activación muscular en situaciones de desequilibrio³¹.

Con respecto a las estrategias de gestión e información sensorial, los bailarines profesionales de ballet dependen más de la información somatosensorial y utilizan más información propioceptiva para mantener el equilibrio^{32,33}. Du-

rante los trastornos de equilibrio con los ojos abiertos, responden mejor que la población general²⁸. Además del ballet, hay muchos otros estilos de danza. La danza social mejora el equilibrio, el control motor, las reacciones posturales y algunos parámetros de la marcha, tanto en la población general como en la anciana³⁴⁻³⁷.

Sin embargo, hasta donde sabemos, no hay estudios que evalúen la influencia de los programas de AF basados en la danza sobre los músculos estabilizadores del tobillo en personas con SD. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar los efectos de un programa de AF basado en la danza sobre las estrategias de control postural, en particular el papel de los músculos estabilizadores del tobillo, en adultos jóvenes con SD, en comparación con los no SD.

Materiales y método

Participantes

Se utilizó un muestreo de conveniencia para seleccionar los participantes con SD en una escuela de educación especial. El GC fue reclutado en una universidad de Barcelona (España). Doce adultos jóvenes con SD y 12 adultos jóvenes sin SD aceptaron participar en el estudio. Ambos grupos tenían entre 17 y 22 años. Los criterios de inclusión para el grupo SD fueron un nivel de discapacidad intelectual entre el 30 y el 59%, lo que implica un percentil de cociente intelectual (CI) del 33-70%. La clasificación de discapacidad intelectual se obtuvo de la historia médica del paciente y representa una combinación de nivel de inteligencia y conducta adaptativa. El gobierno nacional clasifica el porcentaje de discapacidad (física, intelectual y/o sensorial) en 5 grados, de la siguiente manera: inexistente (0%), bajo (1-29%), moderado (30-59%), severo (60-74%) y muy severo (> 75%). La clasificación está basada en elementos tales como la capacidad de adaptación a diferentes entornos de la vida cotidiana (profesional, cultural, familiar o social) y el CI, entre otros³⁸. De acuerdo con esta clasificación, nuestros participantes tenían una discapacidad intelectual moderada.

Los criterios de exclusión para el grupo SD fueron: problemas de movilidad, dificultad para permanecer de pie, enfermedad vestibular o neuromuscular y cualquier otro diagnóstico psiquiátrico que requiera terapia farmacológica. Idénticos criterios se aplicaron al grupo GC, excepto los relacionados con el deterioro intelectual y la discapacidad.

Inicialmente, 12 voluntarios con SD y 12 sin SD se inscribieron en el estudio, pero un voluntario con SD abandonó, debido a una cirugía, y un voluntario del GC se mudó de la zona.

Todos los participantes y sus padres / tutores dieron su consentimiento informado para participar en el estudio. Se realizó un reconocimiento médico antes de las evaluaciones iniciales del estudio para descartar posibles contraindicaciones para la AF.

El protocolo de estudio siguió la normativa de la Declaración de Helsinki³⁹ y fue aprobado por el Comité de ética.

Procedimiento

Las evaluaciones se realizaron al principio (pre) y al final (post) del programa de AF de 18 semanas.

Historia clínica y evaluación antropométrica

Se registraron los siguientes datos: historia clínica y quirúrgica, morfología del pie, postura, porcentaje de grasa corporal y otros datos descriptivos (edad, sexo, estatura, peso, IMC).

Para la valoración antropométrica se usaron los estándares, medidas y recomendaciones de la Sociedad Internacional para el Progreso en Cineantropometría (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry* [ISAK])⁴⁰. Los sujetos se midieron descalzos y con ropa ligera. El peso se midió en una báscula de precisión de 0,1 kg, i la talla, con un tallímetro de precisión de 0,1 cm (CAM base, Manrique Hnos. SRL, Buenos Aires, Argentina). El IMC se calculó dividiendo el peso (kg) por la altura al cuadrado (m²). También se valoró la relación de la circunferencia de cintura y cadera (Sanny anthropometric tape, São Paulo, Brasil) y se determinó el índice cintura / cadera (ICC).

Valoración electromiográfica (EMG)

El gastrocnemio lateral y medial, el tibial anterior y el sóleo se estudiaron bilateralmente con un analizador electromiográfico (TeleMyo 16, Noraxon USA, Inc., Scottsdale, AZ, EE.UU.) usando electrodos Ag-Ag Cl (Blue Sensor modelo N-00-S, Medicotest, Ølstykke, Dinamarca). La señal, recogida a una frecuencia de 1.000 Hz con respecto a cada canal, se filtró con un filtro pasabanda de 10-500 Hz y se suavizó con un algoritmo de media cuadrática (RMS) con una ventana de 50 ms.

En cada intervalo de tiempo registrado se calcularon dos variables para cada músculo: el área bajo la curva para la señal EMG procesada y la amplitud media. Estas dos variables se normalizaron utilizando la contracción voluntaria máxima (CVM) como referencia para cada músculo. La CVM de cada músculo se registró en cada sesión de evaluación en posición de bipedestación estática, y se registró bilateralmente para cada músculo durante 10 s. Todos los participantes empezaron en bipedestación estática con equilibrio inestable creado al variar su postura de bipedestación. Se pidió a los participantes que mantuvieran la posición inestable durante al menos 10 s mientras se registraba la grabación. La única ayuda permitida fue un ligero toque con un dedo al terapeuta. El equilibrio inestable de la medición del tibial anterior de la CVM se creó estando en pie sobre los talones con los dedos de los pies extendidos. En la CVM del sóleo, las rodillas y las caderas estaban ligeramente dobladas al levantar ligeramente los talones del suelo. En la CVM del gastrocnemio lateral y medial los participantes se colocaron en una posición de máxima flexión plantar, con los talones completamente fuera del suelo. El valor medio de amplitud de los 10 segundos (s) registrados de la señal EMG procesada de cada músculo se utilizó como un valor de referencia CVM para el proceso de normalización.

Durante las pruebas en posición estática con los ojos abiertos, los participantes mantuvieron la mirada fija en una señal en forma de Y ubicada frente a ellos aproximadamente a la altura de los ojos. Se colocaron los pies en posición cómoda en lugar de posición estandarizada, debido a la variabilidad de la morfología de la extremidad inferior entre las personas con SD². El instructor solicitó una postura estática, esperó de 5 a 10 s para que el individuo se estabilizara y registró los datos de 30 s. En el segundo 15 de la grabación el instructor indicó verbalmente el tiempo, así

como cuando se había terminado la grabación. Después de un descanso de 30 s, se repitió el mismo protocolo con los ojos vendados.

Para cada registro electromiográfico de 30 s (con los ojos abiertos y cerrados) se calcularon las siguientes variables como un porcentaje de la CVM: área bajo la curva y amplitud media.

Programa de danza

Los participantes de ambos grupos siguieron un programa de AF de 18 semanas (dos sesiones de 90 min por semana) basado en danza clásica, moderna y creativa. Los voluntarios del GC realizaron estas actividades en un curso universitario durante el mismo período de tiempo que los estudiantes con SD dedicados a la educación física y el arte. Las sesiones fueron dirigidas por dos fisioterapeutas con experiencia especial en danza y expresión corporal y se llevaron a cabo en aulas especialmente diseñadas para danza y AF. Ambas aulas tenían los mismos materiales: bandas elásticas, pelotas de entrenamiento, anillos, colchonetas, espejos y una barra de ballet.

El mismo programa fue realizado por ambos grupos. Consistió en actividades de calentamiento (5 a 10 min), ejercicios de fortalecimiento abdominal, barra lumbar y de ballet (15 min), ejercicios de propiocepción y equilibrio con los ojos abiertos y los ojos cerrados (20 min), coreografía (20 min), ejercicios de improvisación y reconocimiento de imágenes en un espejo (15 min) y relajación (5-10 min). El grupo de SD recibió una mayor explicación y demostración de los ejercicios durante las primeras dos semanas para garantizar su comprensión. La adherencia al programa por parte de ambos grupos fue superior al 90%.

Análisis estadístico

Para los datos descriptivos, las diferencias entre grupos se analizaron mediante el test U de Mann-Whitney. Las diferencias entre grupos para las variables en el dominio del tiempo (área y amplitud media) también se analizaron mediante el test U de Mann-Whitney, y las diferencias intragrupo en los valores de pre y postentrenamiento se analizaron mediante el test de Wilcoxon. Se utilizó un ANOVA para evaluar las diferencias en los cambios pre y postejercicio entre grupos. El análisis se realizó mediante SPSS versión 20 de IBM para Windows (IBM Corp., Armonk, NY, EE.UU.).

Tabla 1 Características descriptivas de la muestra

| Parámetro | GC (n = 11) | | GSD (n = 11) | | p |
|--------------------------|-------------|---------|--------------|---------|------------------|
| | M | (DE) | M | (DE) | |
| Edad (años) | 20,27 | (2,05) | 20,55 | (1,37) | 0,44 |
| Altura (cm) | 1,68 | (0,11) | 1,50 | (0,11) | < 0,01 |
| Peso (kg) | 63,64 | (10,56) | 60,00 | (10,04) | 0,56 |
| IMC (kg/m ²) | 22,47 | (3,20) | 26,81 | (4,46) | 0,02 |

DE: desviación estándar; GC: grupo control; GSD: grupo síndrome de Down; IMC: índice de masa corporal; M: media. p < 0,05 se considera significativo (se muestra en **negrita**).

Tabla 2 Comparación de los valores electromiográficos entre el grupo control y el grupo síndrome de Down con los ojos abiertos y cerrados en situación de preentrenamiento

| Parámetro de señal EMG ^a | | OA | | | | | OC | | | | |
|--|----|--------|----------|--------|----------|----------------|--------|----------|--------|----------|----------------|
| | | GC | | GSD | | p ^b | GC | | GSD | | p ^b |
| | | M | (DE) | M | (DE) | | M | (DE) | M | (DE) | |
| TA-E | A | 52,16 | (20,52) | 114,25 | (52,05) | 0,01 | 50,51 | (20,01) | 112,61 | (52,64) | < 0,01 |
| | AM | 1,68 | (0,65) | 3,70 | (1,68) | 0,01 | 1,64 | (0,65) | 3,65 | (1,72) | < 0,01 |
| GM-E | A | 154,34 | (113,90) | 294,55 | (208,35) | 0,08 | 170,50 | (133,85) | 278,31 | (192,16) | 0,14 |
| | AM | 5,03 | (3,74) | 9,56 | (6,84) | 0,09 | 5,55 | (4,39) | 9,04 | (6,25) | 0,14 |
| GL-E | A | 132,39 | (108,30) | 185,57 | (125,64) | 0,50 | 134,25 | (108,68) | 206,52 | (151,42) | 0,35 |
| | AM | 4,30 | (3,56) | 6,01 | (4,07) | 0,42 | 4,37 | (3,55) | 6,69 | (4,90) | 0,31 |
| So-E | A | 184,43 | (111,37) | 310,50 | (160,30) | 0,04 | 184,99 | (124,51) | 343,00 | (191,51) | 0,03 |
| | AM | 5,97 | (3,65) | 9,99 | (5,25) | 0,04 | 6,01 | (4,07) | 11,12 | (6,19) | 0,03 |
| TA-D | A | 77,90 | (70,38) | 137,66 | (104,56) | 0,16 | 58,28 | (26,24) | 119,98 | (88,86) | 0,07 |
| | AM | 2,46 | (2,03) | 4,47 | (3,41) | 0,18 | 1,89 | (0,83) | 3,88 | (2,88) | 0,07 |
| GM-D | A | 272,48 | (216,30) | 374,81 | (212,88) | 0,18 | 321,38 | (228,03) | 390,06 | (293,03) | 0,63 |
| | AM | 8,84 | (7,08) | 12,39 | (7,26) | 0,14 | 10,43 | (7,41) | 12,64 | (9,41) | 0,46 |
| GL-D | A | 125,89 | (132,88) | 243,81 | (142,89) | 0,03 | 145,26 | (176,21) | 226,51 | (108,85) | 0,03 |
| | AM | 4,10 | (4,38) | 7,86 | (4,68) | 0,03 | 4,72 | (5,76) | 7,37 | (3,58) | 0,03 |
| So-D | A | 216,98 | (163,99) | 283,91 | (181,18) | 0,16 | 244,84 | (185,54) | 282,31 | (184,22) | 0,54 |
| | AM | 7,06 | (5,42) | 9,18 | (5,80) | 0,18 | 7,96 | (6,08) | 9,20 | (6,04) | 0,58 |

A: área bajo la curva para la señal procesada EMG; AM: amplitud media de la señal procesada EMG; D: pierna derecha; DE: desviación estándar; EMG: electromiografía; GC: grupo control; GL: gastrocnemio lateral; GM: gastrocnemio medial; GSD: grupo síndrome de Down; I: pierna izquierda; M: media; OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; So: sóleo; TA: tibial anterior.

^a Los valores EMG son dimensionales porque están normalizados.

^b p < 0,05 se considera significativo (se muestra en **negrita**).

Resultados

Características de los participantes

La tabla 1 presenta las características de los participantes. Once individuos del grupo SD (4 hombres y 7 mujeres) y del GC (6 hombres y 5 mujeres). De acuerdo con nuestra valoración de la clasificación del grado de discapacidad del grupo SD, una persona tiene un grado bajo y diez personas tienen un grado moderado.

Las únicas diferencias significativas se encontraron en los valores medios de la altura (p < 0,01) y el IMC (p = 0,02), debido a las diferencias morfológicas asociadas con SD. Los valores de altura fueron más altos en el GC. El IMC fue más alto en el grupo SD.

Comparación entre el grupo control y el grupo síndrome de Down

Situación de ojos abiertos en preentrenamiento

Se observaron diferencias significativas entre el GC y el grupo SD en el tibial anterior (área y amplitud media p = 0,01) y sóleo (área y amplitud media p = 0,04) de la pierna izquierda, y el gastrocnemio lateral (área y amplitud media p = 0,03) de la pierna derecha (tabla 2).

Situación de ojos cerrados en el preentrenamiento

Se observaron diferencias significativas entre el GC y el grupo SD en el tibial anterior (área y amplitud media p < 0,01)

y sóleo (área y amplitud media p = 0,03) de la pierna izquierda, y el gastrocnemio lateral (área y amplitud media p = 0,03) de la pierna derecha (tabla 2).

Situación de ojos abiertos en el postentrenamiento

Se observaron diferencias significativas entre el GC y el grupo SD en el gastrocnemio lateral (área y amplitud media p = 0,02) y el sóleo (área y amplitud media p < 0,01) de la pierna izquierda, y el gastrocnemio medial (área p = 0,03) y el gastrocnemio lateral (área y amplitud media p < 0,01) de la pierna derecha (tabla 3).

Situación de ojos cerrados en el postentrenamiento

Se observaron diferencias significativas entre el GC y el grupo SD en el sóleo (área y amplitud media p < 0,01) de la pierna izquierda, y el gastrocnemio lateral (área y amplitud media p < 0,01) de la pierna derecha (tabla 3).

Comparación entre las situaciones de ojos abiertos y ojos cerrados

Situación de preentrenamiento en el grupo control y el grupo síndrome de Down

En el GC se encontraron diferencias significativas entre las situaciones de ojos abiertos y ojos cerrados en el sóleo (área p = 0,02 y amplitud media p = 0,03) de la pierna derecha, con un incremento de actividad EMG en situación de ojos cerrados (tabla 4).

Tabla 3 Comparación de los valores electromiográficos entre el grupo control y el grupo síndrome de Down con ojos abiertos y ojos cerrados en situación de postentrenamiento

| Parámetro de señal EMG ^a | | OA | | | | | OC | | | | |
|--|----|--------|----------|--------|----------|------------------|--------|----------|--------|----------|------------------|
| | | GC | | GSD | | p ^b | GC | | GSD | | p ^b |
| | | M | (DE) | M | (DE) | | M | (DE) | M | (DE) | |
| TA-E | A | 61,82 | (22,86) | 87,79 | (42,13) | 0,07 | 75,12 | (41,09) | 85,24 | (42,65) | 0,43 |
| | AM | 2,02 | (0,74) | 2,79 | (1,38) | 0,11 | 2,45 | (1,34) | 2,75 | (1,39) | 0,56 |
| GM-E | A | 130,18 | (72,93) | 172,77 | (117,72) | 0,43 | 159,56 | (105,98) | 191,51 | (179,62) | 0,76 |
| | AM | 4,29 | (2,41) | 5,47 | (3,77) | 0,51 | 5,20 | (3,44) | 6,20 | (5,88) | 0,76 |
| GL-E | A | 113,88 | (83,05) | 186,46 | (86,71) | 0,02 | 116,47 | (82,58) | 165,38 | (57,11) | 0,05 |
| | AM | 3,74 | (2,72) | 5,88 | (2,57) | 0,02 | 3,79 | (2,66) | 5,40 | (1,81) | 0,05 |
| So-E | A | 107,73 | (42,97) | 314,41 | (202,51) | < 0,01 | 116,06 | (43,44) | 240,36 | (133,76) | < 0,01 |
| | AM | 3,54 | (1,41) | 7,86 | (4,56) | < 0,01 | 3,79 | (1,41) | 7,73 | (4,28) | < 0,01 |
| TA-D | A | 65,13 | (32,00) | 98,16 | (51,61) | 0,09 | 62,46 | (34,38) | 90,95 | (49,44) | 0,11 |
| | AM | 2,13 | (1,03) | 3,13 | (1,66) | 0,10 | 2,04 | (1,11) | 2,93 | (1,60) | 0,11 |
| GM-D | A | 236,33 | (184,49) | 429,19 | (296,37) | 0,03 | 300,55 | (167,48) | 399,53 | (250,19) | 0,35 |
| | AM | 8,91 | (5,66) | 13,36 | (8,43) | 0,09 | 9,78 | (5,33) | 12,90 | (8,11) | 0,35 |
| GL-D | A | 82,29 | (43,88) | 240,40 | (228,39) | < 0,01 | 83,72 | (42,22) | 217,41 | (162,06) | < 0,01 |
| | AM | 2,70 | (1,43) | 7,41 | (6,48) | < 0,01 | 2,73 | (1,36) | 7,02 | (5,26) | < 0,01 |
| So-D | A | 134,84 | (57,34) | 286,52 | (233,61) | 0,10 | 159,02 | (82,55) | 266,32 | (194,91) | 0,25 |
| | AM | 4,41 | (1,85) | 8,96 | (7,09) | 0,11 | 5,19 | (2,68) | 8,60 | (6,33) | 0,25 |

A: área bajo la curva para la señal procesada EMG; AM: amplitud media de la señal procesada EMG; D: pierna derecha; DE: desviación estándar; EMG: electromiografía; GC: grupo control; GL: gastrocnemio lateral; GM: gastrocnemio medial; GSD: grupo síndrome de Down; I: pierna izquierda; M: media; OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; So: sóleo; TA: tibial anterior.

^a Los valores EMG son dimensionales porque están normalizados.

^b $p < 0,05$ se considera significativo (se muestra en **negrita**).

Tabla 4 Comparación de los valores electromiográficos entre distintas situaciones en preentrenamiento

| Parámetro de señal EMG ^a | | OA | | | | | OC | | | | |
|--|----|--------|----------|--------|----------|----------------|--------|----------|--------|----------|----------------|
| | | GC | | GSD | | p ^b | GC | | GSD | | p ^b |
| | | M | (DE) | M | (DE) | | M | (DE) | M | (DE) | |
| TA-E | A | 52,16 | (20,52) | 50,51 | (20,01) | 0,64 | 114,25 | (52,05) | 112,61 | (52,64) | 0,39 |
| | AM | 1,68 | (0,65) | 1,64 | (0,65) | 0,58 | 3,70 | (1,68) | 3,65 | (1,72) | 0,58 |
| GM-E | A | 154,34 | (113,90) | 170,50 | (133,85) | 0,14 | 294,55 | (208,35) | 278,31 | (192,16) | 0,80 |
| | AM | 5,03 | (3,74) | 5,55 | (4,39) | 0,10 | 9,56 | (6,84) | 9,04 | (6,25) | 0,88 |
| GL-E | A | 132,39 | (108,30) | 134,25 | (108,68) | 0,81 | 185,57 | (125,64) | 206,52 | (151,42) | 0,45 |
| | AM | 4,30 | (3,56) | 4,37 | (3,55) | 0,93 | 6,01 | (4,07) | 6,69 | (4,90) | 0,39 |
| So-E | A | 184,43 | (111,37) | 184,99 | (124,51) | 0,81 | 310,50 | (160,30) | 343,00 | (191,51) | 0,88 |
| | AM | 5,97 | (3,65) | 6,01 | (4,07) | 0,59 | 9,99 | (5,25) | 11,12 | (6,19) | 0,88 |
| TA-D | A | 77,90 | (70,38) | 58,28 | (26,24) | 0,24 | 137,66 | (104,56) | 119,98 | (88,86) | 0,05 |
| | AM | 2,46 | (2,03) | 1,89 | (0,83) | 0,33 | 4,47 | (3,41) | 3,88 | (2,88) | 0,16 |
| GM-D | A | 272,48 | (216,30) | 321,38 | (228,03) | 0,10 | 374,81 | (212,88) | 390,06 | (293,03) | 0,96 |
| | AM | 8,84 | (7,08) | 10,43 | (7,41) | 0,10 | 12,39 | (7,26) | 12,64 | (9,41) | 0,72 |
| GL-D | A | 125,89 | (132,88) | 145,26 | (176,21) | 0,10 | 243,81 | (142,89) | 226,51 | (108,85) | 0,96 |
| | AM | 4,10 | (4,38) | 4,72 | (5,76) | 0,10 | 7,86 | (4,68) | 7,37 | (3,58) | 0,72 |
| So-D | A | 216,98 | (163,99) | 244,84 | (185,54) | 0,02 | 283,91 | (181,18) | 282,31 | (184,22) | 0,96 |
| | AM | 7,06 | (5,42) | 7,96 | (6,08) | 0,03 | 9,18 | (5,80) | 9,20 | (6,04) | 0,52 |

A: área bajo la curva para la señal procesada EMG; AM: amplitud media de la señal procesada EMG; D: pierna derecha; DE: desviación estándar; EMG: electromiografía; GC: grupo control; GL: gastrocnemio lateral; GM: gastrocnemio medial; GSD: grupo síndrome de Down; I: pierna izquierda; M: media; OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; So: sóleo; TA: tibial anterior.

^a Los valores EMG son dimensionales porque están normalizados.

^b $p < 0,05$ se considera significativo (se muestra en **negrita**).

Tabla 5 Comparación de los valores electromiográficos entre distintas situaciones visuales en el postentrenamiento

| Parámetro de señal EMG ^a | | OA | | | | | OC | | | | |
|--|----|--------|----------|--------|----------|----------------|--------|----------|--------|----------|----------------|
| | | GC | | GSD | | p ^b | GC | | GSD | | p ^b |
| | | M | (DE) | M | (DE) | | M | (DE) | M | (DE) | |
| TA-E | A | 61,82 | (22,86) | 75,12 | (41,09) | 1,00 | 87,79 | (42,13) | 85,24 | (42,65) | 0,03 |
| | AM | 2,02 | (0,74) | 2,45 | (1,34) | 0,87 | 2,79 | (1,38) | 2,75 | (1,39) | 0,03 |
| GM-E | A | 130,18 | (72,93) | 159,56 | (105,98) | 0,11 | 172,77 | (117,72) | 191,51 | (179,62) | 0,96 |
| | AM | 4,29 | (2,41) | 5,20 | (3,44) | 0,13 | 5,47 | (3,77) | 6,20 | (5,88) | 0,65 |
| GL-E | A | 113,88 | (83,05) | 116,47 | (82,58) | 0,33 | 186,46 | (86,71) | 165,38 | (57,11) | 0,45 |
| | AM | 3,74 | (2,72) | 3,79 | (2,66) | 0,29 | 5,88 | (2,57) | 5,40 | (1,81) | 0,72 |
| So-E | A | 107,73 | (42,97) | 116,06 | (43,44) | 0,08 | 314,41 | (202,51) | 240,36 | (133,76) | 0,33 |
| | AM | 3,54 | (1,41) | 3,79 | (1,41) | 0,04 | 7,86 | (4,56) | 7,73 | (4,28) | 0,51 |
| TA-D | A | 65,13 | (32,00) | 62,46 | (34,38) | 0,86 | 98,16 | (51,61) | 90,95 | (49,44) | 0,45 |
| | AM | 2,13 | (1,03) | 2,04 | (1,11) | 0,88 | 3,13 | (1,66) | 2,93 | (1,60) | 0,80 |
| GM-D | A | 236,33 | (184,49) | 300,55 | (167,48) | 0,02 | 429,19 | (296,37) | 399,53 | (250,19) | 0,29 |
| | AM | 8,91 | (5,66) | 9,78 | (5,33) | 0,06 | 13,36 | (8,43) | 12,90 | (8,11) | 0,39 |
| GL-D | A | 82,29 | (43,88) | 83,72 | (42,22) | 0,16 | 240,40 | (228,39) | 217,41 | (162,06) | 0,39 |
| | AM | 2,70 | (1,43) | 2,73 | (1,36) | 0,16 | 7,41 | (6,48) | 7,02 | (5,26) | 0,24 |
| So-D | A | 134,84 | (57,34) | 159,02 | (82,55) | 0,09 | 286,52 | (233,61) | 266,32 | (194,91) | 0,65 |
| | AM | 4,41 | (1,85) | 5,19 | (2,68) | 0,06 | 8,96 | (7,09) | 8,60 | (6,33) | 0,95 |

A: área bajo la curva para la señal procesada EMG; AM: amplitud media de la señal procesada EMG; D: pierna derecha; DE: desviación estándar; EMG: electromiografía; GC: grupo control; GL: gastrocnemio lateral; GM: gastrocnemio medial; GSD: grupo síndrome de Down; I: pierna izquierda; M: media; OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; So: sóleo; TA: tibial anterior.

^a Los valores EMG son dimensionales porque están normalizados.

^b p < 0,05 se considera significativo (se muestra en **negrita**).

Situación de postentrenamiento en el grupo control y el grupo síndrome de Down

En el GC se observaron diferencias significativas entre situaciones de ojos abiertos y cerrados en el sóleo (amplitud media p = 0,04) de la pierna izquierda y gastrocnemio medial (área p = 0,02) de la pierna derecha, con un incremento de actividad EMG en situación de ojos cerrados. En los participantes con SD se observaron diferencias significativas entre situaciones de ojos abiertos y cerrados en el tibial anterior (área y promedio p = 0,03) de la pierna izquierda, con disminución de la actividad EMG observada con los ojos cerrados (tabla 5).

Comparación entre preentrenamiento y postentrenamiento

Situación de ojos abiertos en el grupo control y el grupo síndrome de Down

En el GC se observaron diferencias significativas entre la condición de preentrenamiento y postentrenamiento en el sóleo (área y promedio p < 0,01) de la pierna izquierda, con una disminución de la actividad EMG postentrenamiento. En el grupo SD no se observaron diferencias significativas entre preentrenamiento y postentrenamiento (tabla 6).

Situación de ojos cerrados en el grupo control y el grupo síndrome de Down

En el GC se observaron diferencias significativas entre las condiciones de preentrenamiento y postentrenamiento en el tibial anterior (área y amplitud media p = 0,02) y sóleo (área y amplitud media p = 0,03) de la pierna izquierda, con

un incremento de la actividad EMG del tibial anterior y una disminución en el sóleo. En los participantes con SD no se observaron diferencias significativas entre situaciones de preentrenamiento y postentrenamiento (tabla 6).

Discusión

Comparación entre grupos en el preentrenamiento

Al comparar los grupos en situación de ojos abiertos observamos que los jóvenes con SD presentaban mayor actividad muscular, aunque las diferencias fueron significativas solo en el tibial anterior, el sóleo y el gastrocnemio lateral. En situación de ojos cerrados también se observaron estas diferencias. En nuestros estudios anteriores habíamos observado un desplazamiento del CDP en el grupo con SD⁴¹, lo que nos hizo suponer que, aunque existe un efecto de estabilización del sobreesfuerzo muscular, es potencialmente ineficaz para reducir el desplazamiento del CDP. Otros autores han analizado la actividad muscular mediante EMG en personas con SD, aunque muchos han estudiado la evolución de la marcha desde la infancia hasta la adolescencia o la edad adulta^{16,21,42}. Al analizar la posición de bipedestación, los autores del análisis observaron un incremento de la activación y coactivación de los grupos de los músculos agonistas y antagonistas en personas con SD^{4,19,42,43}, lo que coincide con nuestros resultados. Los ajustes posturales y los preajustes durante la realización de los ejercicios pueden modificarse. En niños (1-6 años), Shumway-Cook y Woollacott

Tabla 6 Comparación de valores electromiográficos entre situaciones pre y postentrenamiento en condición de ojos abiertos y ojos cerrados

| Parámetro de la señal EMG ^a | OA | | | | | | OC | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|--------|----------|------|--------|----------|--------|----------|------|
| | GC | | | GSD | | | GC | | | GSD | | | | | | | | | | |
| | Preentrenamiento | Postentrenamiento | p ^b | Preentrenamiento | Postentrenamiento | p ^b | Preentrenamiento | Postentrenamiento | p ^b | Preentrenamiento | Postentrenamiento | p ^b | | | | | | | | |
| | M | (DE) | M | (DE) | M | (DE) | M | (DE) | M | (DE) | M | (DE) | | | | | | | | |
| TA-E A | 52,16 | (20,52) | 61,82 | (22,86) | 0,33 | 114,25 | (52,05) | 87,79 | (42,13) | 0,44 | 50,51 | (20,01) | 75,12 | (41,09) | 0,02 | 112,61 | (52,64) | 85,24 | (42,65) | 0,37 |
| AM | 1,68 | (0,65) | 2,02 | (0,74) | 0,25 | 3,70 | (1,68) | 2,79 | (1,38) | 0,37 | 1,64 | (,65) | 2,45 | (1,34) | 0,02 | 3,65 | (1,72) | 2,75 | (1,39) | 0,37 |
| GM-E A | 154,34 | (113,90) | 130,18 | (72,93) | 0,66 | 294,55 | (208,35) | 172,77 | (117,72) | 0,11 | 170,50 | (133,85) | 159,56 | (105,98) | 0,79 | 278,31 | (192,16) | 191,51 | (179,62) | 0,37 |
| AM | 5,03 | (3,74) | 4,29 | (2,41) | 0,66 | 9,56 | (6,84) | 5,47 | (3,77) | 0,09 | 5,55 | (4,39) | 5,20 | (3,44) | 0,79 | 9,04 | (6,25) | 6,20 | (5,88) | 0,37 |
| GL-E A | 132,39 | (108,30) | 113,88 | (83,05) | 0,93 | 185,57 | (125,64) | 186,46 | (86,71) | 0,95 | 134,25 | (108,68) | 116,47 | (82,58) | 0,59 | 206,52 | (151,42) | 165,38 | (57,11) | 0,86 |
| AM | 4,30 | (3,56) | 3,74 | (2,72) | 0,93 | 6,01 | (4,07) | 5,88 | (2,57) | 0,95 | 4,37 | (3,55) | 3,79 | (2,66) | 0,59 | 6,69 | (4,90) | 5,40 | (1,81) | 0,86 |
| So-E A | 184,43 | (111,37) | 107,73 | (42,97) | < 0,01 | 310,50 | (160,30) | 314,41 | (202,51) | 0,95 | 184,99 | (124,51) | 116,06 | (43,44) | 0,03 | 343,00 | (191,51) | 240,36 | (133,76) | 0,21 |
| AM | 5,97 | (3,65) | 3,54 | (1,41) | < 0,01 | 9,99 | (5,25) | 7,86 | (4,56) | 0,21 | 6,01 | (4,07) | 3,79 | (1,41) | 0,03 | 11,12 | (6,19) | 7,73 | (4,28) | 0,21 |
| TA-D A | 77,90 | (70,38) | 65,13 | (32,00) | 0,53 | 137,66 | (104,56) | 98,16 | (51,61) | 0,31 | 58,28 | (26,24) | 62,46 | (34,38) | 0,53 | 119,98 | (88,86) | 90,95 | (49,44) | 0,17 |
| AM | 2,46 | (2,03) | 2,13 | (1,03) | 0,53 | 4,47 | (3,41) | 3,13 | (1,66) | 0,26 | 1,89 | (0,83) | 2,04 | (1,11) | 0,48 | 3,88 | (2,88) | 2,93 | (1,60) | 0,17 |
| GM-D A | 272,48 | (216,30) | 236,33 | (184,49) | 0,72 | 374,81 | (212,88) | 429,19 | (296,37) | 0,68 | 321,38 | (228,03) | 300,55 | (167,48) | 1,00 | 390,06 | (293,03) | 399,53 | (250,19) | 0,77 |
| AM | 8,84 | (7,08) | 8,91 | (5,66) | 0,79 | 12,39 | (7,26) | 13,36 | (8,43) | 0,77 | 10,43 | (7,41) | 9,78 | (5,33) | 1,00 | 12,64 | (9,41) | 12,90 | (8,11) | 0,77 |
| GL-D A | 125,89 | (132,88) | 82,29 | (43,88) | 0,33 | 243,81 | (142,89) | 240,40 | (228,39) | 0,59 | 145,26 | (176,21) | 83,72 | (42,22) | 0,18 | 226,51 | (108,85) | 217,41 | (162,06) | 0,59 |
| AM | 4,10 | (4,38) | 2,70 | (1,43) | 0,33 | 7,86 | (4,68) | 7,41 | (6,48) | 0,59 | 4,72 | (5,76) | 2,73 | (1,36) | 0,18 | 7,37 | (3,58) | 7,02 | (5,26) | 0,59 |
| So-D A | 216,98 | (163,99) | 134,84 | (57,34) | 0,08 | 283,91 | (181,18) | 286,52 | (233,61) | 0,68 | 244,84 | (185,54) | 159,02 | (82,55) | 0,16 | 282,31 | (184,22) | 266,32 | (194,91) | 0,68 |
| AM | 7,06 | (5,42) | 4,41 | (1,85) | 0,09 | 9,18 | (5,80) | 8,96 | (7,09) | 0,68 | 7,96 | (6,08) | 5,19 | (2,68) | 0,16 | 9,20 | (6,04) | 8,60 | (6,33) | 0,68 |

A: área bajo la curva para la señal procesada EMG; AM: amplitud media de la señal procesada EMG; D: pierna derecha; DE: desviación estándar; EMG: electromiografía; GC: grupo control; GL: gastrocnemio lateral; GM: gastrocnemio medial; GSD: grupo síndrome de Down; I: pierna izquierda; M: media; OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; So: soleso; TA: tibial anterior.

^a Los valores EMG son dimensionales porque están normalizados.

^b p < 0,05 se considera significativo (se muestra en **negrita**).

cott¹⁸ observaron latencias en las respuestas musculares en el tobillo durante los trastornos del equilibrio en bipedestación. Sus resultados mostraron que las respuestas musculares se retardaban con latencias más largas que el GC. También se observó una clara evolución en la organización de estas respuestas musculares según el grupo de edad. Más recientemente se han observado cambios en las personas con SD en la transición de la adolescencia a la edad adulta; los adultos tienden a tener latencias más largas en la respuesta muscular, pero son más capaces de ajustarse y adaptarse a diversas situaciones²⁰. Con respecto a la edad de los participantes, ese grupo de estudio fue comparable al nuestro. Las diferencias en personas con SD también se han observado en la activación muscular y el papel estabilizador de los músculos¹⁷.

Sabemos que el papel de los músculos estabilizadores de la articulación es importante en la implementación de ejercicios de equilibrio en bipedestación⁴⁴. El papel de los ajustes posturales anticipatorios en condiciones inestables es extremadamente importante, ya que deben facilitar una respuesta a diversos tipos de inestabilidad para proporcionar una mejor estabilidad y rendimiento de las tareas⁴⁵. Es probable que el alto grado de actividad muscular observado en el grupo SD se relacione con estrategias de seguridad compensatoria.

Comparación entre grupos en situaciones postentrenamiento

Las diferencias entre los grupos, con los ojos abiertos, fueron menores tras el entrenamiento y se observaron en los flexores plantares (sóleo y gastrocnemio) pero no en el tibial anterior. Esencialmente, el comportamiento del tibial anterior se hizo más similar entre los dos grupos. Las diferencias de activación del tibial anterior probablemente desaparecieron debido a una disminución de la actividad muscular en el grupo SD tras el entrenamiento, mientras que el tibial anterior permaneció más activo en el GC. Hubiera sido útil evaluar la posición del CDP en relación con los cambios de activación de los músculos flexores y extensores. Ello nos hubiera permitido analizar si el cambio en el comportamiento de los flexores y extensores en ambos grupos se debió a un cambio en el posicionamiento del CDP tras el entrenamiento. En situación de ojos cerrados, las diferencias entre grupos también desaparecieron en el tibial anterior tras el entrenamiento, porque el GC mostró actividad aumentada mientras que la activación en el grupo SD disminuyó. Estos cambios pueden deberse al reposicionamiento del CDP después del entrenamiento, lo que implica cambios en la actividad estabilizadora de los músculos flexores y extensores. En nuestro estudio anterior observamos que el grupo SD mostró una mejor estabilidad del CDP con los ojos abiertos, mientras que el GC mostró mejoras con los ojos cerrados¹⁴. Es posible que el grupo SD obtuviera estabilidad con los ojos abiertos aprendiendo a integrar mejor las señales visuales, mientras que el GC aprendiera a ganar estabilidad en la situación más difícil para ellos, con los ojos cerrados, a través del uso mejorado de información táctil y propioceptiva. Tal vez estas mejoras estabilizan el CDP además de ser consecuencia de un cambio de posición.

Comparación intragrupo en situación de ojos abiertos y ojos cerrados

Al comparar cada grupo de acuerdo con la situación visual antes de la implementación del programa, el GC mostró una mayor activación del sóleo con los ojos cerrados. La actividad en los extensores tendió a disminuir, pero sin diferencias estadísticamente significativas. En cambio, el grupo SD no mostró diferencias en la activación muscular entre las dos situaciones visuales. Creemos que esta diferencia de comportamiento podría deberse a una mejor integración sensorial por parte del GC. La falta de integración de las señales visuales en el grupo SD puede explicar la ausencia de diferencias en términos de respuesta muscular de una condición visual a otra. Varias teorías explican la causa fisiopatológica de los déficits de control postural en personas con SD, incluidos los déficits de propiocepción, el sistema somatosensorial⁴ y el cerebelo¹⁸. Nuestras observaciones respaldan un posible déficit en el uso de información sensorial, en este caso información visual. Esto daría como resultado una falta de diferencias en la reacción muscular basada en información visual.

Después del entrenamiento, el grupo GC mantuvo incremento de la activación del sóleo así como un ligero incremento en la activación del gastrocnemio. El grupo SD mostró una tendencia hacia la actividad reducida en el tibial anterior. Estos cambios llamaron nuestra atención. En el GC con los ojos cerrados, los músculos estaban más activos, pero solo en los flexores plantares (sóleo, gastrocnemio), aunque esto es más evidente tras el entrenamiento. Sin embargo, en el grupo SD se observaron diferencias en el tibial anterior, con menor activación con los ojos cerrados en el postentrenamiento, mientras no se habían observado diferencias anteriormente. Nuevamente podemos correlacionar este hallazgo con nuestros estudios previos referentes al comportamiento del CDP. En ellos pudimos ver que el GC mostró un mejor control de su CDP con los ojos cerrados después del entrenamiento (al igual que con los ojos cerrados aumentaron también las diferencias de la actividad flexora). También observamos que las personas con SD mostraron un mejor control de su CDP con los ojos abiertos (tal como observamos en este estudio con la acción del músculo tibial, que era más elevada con los ojos abiertos). Por lo tanto, creemos que el GC aprendió a controlar su CDP en situación de ojos cerrados mediante el uso de sus músculos, mientras que el grupo SD lo hizo con los ojos abiertos.

De nuevo, hubiera sido útil evaluar la posición del CDP en relación con la base de soporte para ver si la activación predominante de los músculos flexores o extensores correspondía con las diferentes posiciones del CDP. Del mismo modo, podría ser útil realizar una evaluación por grupo muscular en lugar de por músculos individuales para estudiar la actividad del grupo muscular a través de los momentos flexores o extensores.

Comparación intragrupo entre situaciones de preentrenamiento y postentrenamiento

El GC presentó mayores diferencias del pre al postentrenamiento que el grupo SD. En el GC se observó menor activación del sóleo en condición de ojos abiertos tras la imple-

mentación del programa. Sin embargo, este grupo mostró una mayor activación del tibial anterior con los ojos cerrados después del entrenamiento.

También debemos mencionar la variabilidad en los resultados de los sujetos del grupo SD, lo cual es consistente con los hallazgos de otros autores⁴⁶. Esta variabilidad podría explicar el hecho discordante que después del entrenamiento se detectaron diferencias menores entre los grupos SD y GC, mientras que, por el contrario, las diferencias intragrupo preentrenamiento y postentrenamiento no fueron significativas en el grupo SD.

Limitaciones y fortalezas

Una limitación de este estudio fue el tamaño de la muestra. La muestra fue intencional, como grupo compacto de una sola escuela de educación especial. No permitió un grupo control dentro del grupo SD. Tampoco pudimos separar los grupos por género. Tampoco pudimos realizar el seguimiento a largo plazo, ya que la mayoría de estudiantes participantes en el estudio pasaron del centro educativo al lugar de trabajo. Por otro lado, hubiera sido interesante poder estudiar ambas extremidades inferiores y comparar el comportamiento de su musculatura.

En cuanto a sus fortalezas, la muestra estuvo muy bien controlada y confinada al mismo nivel de discapacidad. Como los estudiantes eran de un solo centro, se garantizó un buen seguimiento del programa de danza. La coherencia entre los programas aplicados al grupo SD y GC se mantuvo estrictamente. Nuestro estudio proporciona datos para la evaluación biomecánica y la neurofisiología de sujetos con SD.

Conclusiones

En bipedestación estática, se han observado diferencias en el comportamiento de la musculatura estabilizadora del tobillo en adultos jóvenes con SD en comparación con un grupo control. En general, el grupo SD mostró niveles de activación muscular más altos. Sin embargo, el número de músculos que mostró diferencias significativas se redujo tras la aplicación de un programa de AF de 18 semanas basado en la danza.

La actividad de los músculos del GC difería dependiendo de la presencia o ausencia de información visual. Los jóvenes con SD no mostraron diferencias en el comportamiento muscular entre situación de ojos abiertos y ojos cerrados antes del programa, aunque apareció una diferencia en un músculo después del entrenamiento.

Al comparar los resultados generales antes y después de la implementación del programa, el GC mostró cambios en su comportamiento muscular. Estas diferencias no fueron significativas en las personas con SD, que mostraron una variabilidad significativa en general. Sin embargo, se observaron menos diferencias entre ambos grupos después del entrenamiento que antes.

En el futuro nos gustaría ampliar nuestra muestra y llevar a cabo un seguimiento a largo plazo. También sería interesante analizar la posición del CDP junto con los parámetros ya analizados en este estudio. Además, el análisis de las

respuestas de cada músculo debe extenderse a un análisis por grupo muscular de los flexores y extensores del tobillo. También queremos tener en cuenta la extremidad no dominante y comparar su comportamiento muscular con el de la extremidad dominante.

Financiación

Este estudio ha contado con una beca financiada por el Ministerio de Innovación y Ciencia del Gobierno de España (Plan Nacional I+D+I. Beca DEP2012-38984).

Aprobación ética

IRB Blanquerna, Facultad de Psicología, Educación y Ciencias del Deporte, Universitat Ramon Llull.

Conflicto de intereses

No hay conflictos de intereses potenciales que puedan afectar al contenido de este trabajo.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los estudiantes, a sus padres y a los profesores de Escola Moragas que participaron en este estudio, su apoyo y comprensión.

Bibliografía

1. González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Moreno LA, Guerra-Balic M, Ara I, Casajús JA. Health-related physical fitness in children and adolescents with Down syndrome and response to training. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:716-24.
2. Mik G, Gholve PA, Scher DM, Widmann RF, Green DW. Down syndrome: Orthopedic issues. *Curr Opin Pediatr*. 2008;20:30-6. Division of Orthopaedic Surgery, The Children's Hospital of Philadelphia, Philadelphia, Pennsylvania, USA: Lippincott Williams and Wilkins: Philadelphia, PA.
3. Latash ML, Anson JG. What are "normal movements" in atypical populations? *Behav Brain Sci*. 1996;19:55-106.
4. Carvalho RL, Almeida GL. Assessment of postural adjustments in persons with intellectual disability during balance on the seesaw. *J Intellect Disabil Res*. 2009;53:389-95.
5. Cimolin V, Galli M, Grugni G, Vismara L, Precilios H, Albertini G, et al. Postural strategies in Prader-Willi and Down syndrome patients. *Res Dev Disabil*. 2011;32:669-73.
6. Debû B. Postural control: A limiting factor for the motor development of individuals with Down syndrome. *Eur Bull Adapt Phys Act*. 2004;3.
7. Cabeza-Ruiz R, García-Massó X, Centeno-Prada R, Beas-Jiménez JD, Colado JC, González LM. Time and frequency analysis of the static balance in young adults with Down syndrome. *Gait Posture*. 2011;33:23-8.
8. Villarroya MA, González-Agüero A, Moros-García T, de la Flor Marín M, Moreno LA, Casajús JA. Static standing balance in adolescents with Down syndrome. *Res Dev Disabil*. 2012;33:1294-300.

9. Dellavia C, Pallavera A, Orlando F, Sforza C. Postural stability of athletes in Special Olympics. *Percept Mot Skills*. 2009;108:608-22.
10. Vuijk PJ, Hartman E, Scherder E, Visscher C. Motor performance of children with mild intellectual disability and borderline intellectual functioning. *J Intellect Disabil Res*. 2010;54:955-65.
11. Galli M, Rigoldi C, Mainardi L, Tenore N, Onorati P, Albertini G. Postural control in patients with Down syndrome. *Disabil Rehabil*. 2008;30:1274-8.
12. Hale L, Bray A, Littmann A. Assessing the balance capabilities of people with profound intellectual disabilities who have experienced a fall. *J Intellect Disabil Res*. 2007;51:260-8.
13. Hale L, Miller R, Barach A, Skinner M, Gray A. Motor Control Test responses to balance perturbations in adults with an intellectual disability. *J Intellect Dev Disabil*. 2009;34:81-6.
14. Massó-Ortigosa N, Gutiérrez-Vilahu L, Rey-Abella F, Costa-Tutusaus L, Guerra-Balic M. Analysis of centre of pressure in standing position in young subjects with Down syndrome. *Hacettepe J Sport Sci*. 2013;24:178-81.
15. Chang C, Kubo M, Ulrich BD. Emergence of neuromuscular patterns during walking in toddlers with typical development and with Down syndrome. *Hum Mov Sci*. 2009;28:283-96.
16. Gontijo APB, Mancini MC, Silva PLP, Chagas PSC, Sampaio RF, Luz RE, et al. Changes in lower limb co-contraction and stiffness by toddlers with Down syndrome and toddlers with typical development during the acquisition of independent gait. *Hum Mov Sci*. 2008;27:610-21.
17. Casabona A, Valle MS, Pisasale M, Panto MR, Cioni M. Functional assessments of the knee joint biomechanics by using pendulum test in adults with Down syndrome. *J Appl Physiol*. 2012;113:1747-55.
18. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Dynamics of postural control in the child with Down syndrome. *Phys Ther*. 1985;65:1315-22.
19. Carvalho RL, Almeida GL. The effect of vibration on postural response of Down syndrome individuals on the seesaw. *Res Dev Disabil*. 2009;30:1124-31.
20. Valle MS, Cioni M, Pisasale M, Pantò MR, Casabona A. Timing of muscle response to a sudden leg perturbation: Comparison between adolescents and adults with Down syndrome. *PLoS ONE*. 2013;8:e81053.
21. Black DP, Chang CL, Kubo M, Holt K, Ulrich B. Developmental trajectory of dynamic resource utilization during walking: Toddlers with and without Down syndrome. *Hum Mov Sci*. 2009;28:141-54.
22. Webber A, Virji-Babul N, Edwards R, Lesperance M. Stiffness and postural stability in adults with Down syndrome. *Exp Brain Res*. 2004;155:450-8.
23. Tsimaras VK, Fotiadou EG. Effect of training on the muscle strength and dynamic balance ability of adults with Down syndrome. *J Strength Cond Res*. 2004;18:343-7.
24. Guerra-Balic M, Mateos EC, Blasco CG, Fernhall B. Physical fitness levels of physically active and sedentary adults with Down syndrome. *Adapt Phys Act Q*. 2000;17:310-21.
25. Wu J, Looper J, Ulrich DA, Angulo-Barroso RM, Bril B, Breniere Y, et al. Effects of various treadmill interventions on the development of joint kinematics in infants with Down syndrome. *Phys Ther*. 2010;90:1265-76. American Physical Therapy Association.
26. Wu J, Looper J, Ulrich BD, Ulrich DA, Angulo-Barroso R. Exploring effects of different treadmill interventions on walking onset and gait patterns in infants with Down syndrome. *Dev Med Child Neurol*. 2007;49:839-45.
27. Hugel F, Cadopi M, Kohler F, Perrin P. Postural control of ballet dancers: A specific use of visual input for artistic purposes. *Int J Sports Med*. 1999;20:86-92.
28. Krityakiarana W. Effects of dynamic head tilts on standing balance: A comparison between thai-classical dancers and non-dancers. *Am J Dance Ther*. 2014;36:40-59.
29. Li JX, Xu DQ, Hoshizaki B. Proprioception of foot and ankle complex in young regular practitioners of ice hockey, ballet dancing and running. *Res Sports Med*. 2009;17:205-16.
30. Goode DJ, van Hoven J. Loss of patellar and Achilles tendon reflexes in classical ballet dancers. *Arch Neurol*. 1982;39:323. American Medical Association.
31. Simmons RW. Sensory organization determinants of postural stability in trained ballet dancers. *Int J Neurosci*. 2005;115:87-97.
32. Golomer E, Crémieux J, Dupui P, Isableu B, Ohlmann T. Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neurosci Lett*. 1999;267:189-92.
33. Federici S, Micangeli A, Ruspantini I, Borgianni S, Corradi F, Pasqualotto E, et al. Checking an integrated model of web accessibility and usability evaluation for disabled people. *Disabil Rehabil*. 2005;27:781-90.
34. Hackney ME, Earhart GM. Effects of dance on movement control in Parkinson's disease: A comparison of Argentine tango and American ballroom. *J Rehabil Med*. 2009;41:475-81.
35. Hackney ME, Kantorovich S, Levin R, Earhart GM. Effects of tango on functional mobility in Parkinson's disease: A preliminary study. *J Neurol Phys Ther*. 2007;31:173-9.
36. Verghese J. Cognitive and mobility profile of older social dancers. *J Am Geriatr Soc*. 2006;1241-4.
37. Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H, Morita T, Ohta T. Postural stability and physical performance in social dancers. *Gait Posture*. 2008;27:697-701.
38. España, Real Decreto-ley 1971/1999, de 23 de diciembre, de procedimiento para el reconocimiento, declaración y calificación del grado de minusvalía. *Boletín Oficial del Estado*, 26 de enero de 2000, núm. 22; 2000.
39. Mazzanti di Ruggiero MA. Declaración de Helsinki, principios y valores bioéticos en juego en la investigación médica con seres humanos. *Rev Colomb Bioet*. 2011;6:125-44.
40. Norton K, Whittingham N, Carter J, Kerr DG, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. *Anthropometrica: A textbook of body measurement for sports and health courses*. Sidney: UNSW Press; 1996. p. 25-73.
41. Gutiérrez-Vilahu L, Massó-Ortigosa N, Costa-Tutusaus L, Guerra-Balic M, Rey-Abella F. Effects of a dance program on static balance on a platform in Young adults with Down syndrome. *Adapt Phys Act Q*. 2016;33:233-52.
42. Black DP, Smith BA, Wu J, Ulrich BD. Uncontrolled manifold analysis of segmental angle variability during walking: Preadolescents with and without Down syndrome. *Exp Brain Res*. 2007;183:511-21.
43. Aruin AS, Almeida GL, Latash ML. Organization of a simple two-joint synergy in individuals with Down syndrome. *Am J Ment Retard*. 1996;101:256-68.
44. Latash ML, Almeida GL, Corcos DM. Preprogrammed reactions in individuals with Down syndrome: The effects of instruction and predictability of the perturbation. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74:391-9.
45. Krishnamoorthy V, Latash ML, Scholz J, Zatsiorsky VM. Muscle synergies during shifts of the center of pressure by standing persons. *Exp Brain Res*. 2003;152:281-92.
46. Aruin AS, Forrest WR, Latash ML. Anticipatory postural adjustments in conditions of postural instability. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1998;109:350-9.