

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL

## Efecto de un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo sobre el balance postural en futbolistas: ensayo controlado aleatorizado

*Effect of physical training based on the developmental sequence of postural balance in football players: randomized controlled trial*

Erica Mancera-Soto MSc<sup>1</sup> • Edgar Hernández-Álvarez MSc<sup>1</sup> • Fabián Hernández-Salinas<sup>2</sup> • Laura Prieto-Mondragon<sup>2</sup> • Leidy Quiroga-Díaz<sup>2</sup>

Recibido: 02/03/2013 / Aceptado: 14/10/2013

<sup>1</sup> Departamento del Movimiento Corporal Humano, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

<sup>2</sup> Fisioterapia, Universidad Nacional de Colombia.

Correspondencia: Érica Mabel Mancera Soto. Universidad Nacional de Colombia (Ciudad Universitaria), Facultad de Medicina, Oficina 524C. Teléfono: 3165000; extensión: 15169-15189. Celular: 3105703280. Bogotá. Correo electrónico: emmanceras@unal.edu.co.

### | Resumen |

**Antecedentes.** En la actividad deportiva, el balance postural es requerido para mantener la estabilidad durante el juego. Por tanto, existe una necesidad de determinar si el aprendizaje motor desde posiciones funcionales, movimientos coordinados están implicados en los deportes.

**Objetivo.** El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de un entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo sobre el balance postural en futbolistas de la selección de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

**Materiales y métodos.** Ensayo controlado aleatorizado de 19 hombres adultos jóvenes pertenecientes al equipo de fútbol de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Los participantes fueron aleatorizados y asignados a dos grupos, un grupo intervención (n=11), en el cual se le aplicó un entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo y un grupo control (n=8) el cual realizó un programa de entrenamiento convencional de fútbol.

**Resultados.** Existe homogeneidad entre los dos grupos, en el test de balance dinámico SEBT los valores obtenidos ( $P < 0,5$ ), demuestran una mejoría en todas las direcciones evaluadas tanto en el miembro inferior derecho como en el izquierdo. En el grupo de intervención, la relación intragrupal muestra una correlación 3:1 siendo una medida de protección.

**Conclusión.** La aplicación de un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo genera importantes mejoras en el balance estático y dinámico. Se demuestran mejoras en las distancias de excursión lo cual se puede relacionar con un aumento del control postural dinámico.

**Palabras clave:** Balance Postural, Atletas, Fútbol, Capacitación, Cinestesia, Ejercicio Físico (DeCS).

.....  
Mancera-Soto E, Hernández-Álvarez E, Hernández-Salinas F, Prieto-Mondragon L, Quiroga-Díaz L. Efecto de un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo sobre el balance postural en futbolistas: ensayo controlado aleatorizado. Rev. Fac. Med. 2013;61:339-347.

### Summary

**Background.** Postural balance is required to maintain stability during the course of the game.

**Objective.** The aim of this study determine the effect of physical training based on the developmental sequence of postural balance in players of the selection of the Universidad Nacional de Colombia in Bogotá.

**Materials and methods.** A randomized controlled trial of 19 young adult males of the football team at the Universidad

National of Colombia. Participants were randomly assigned to two groups, intervention group (n=11) which fitness program based on the sequence of development and a control group (n=8).

**Results.** Homogeneity between the two groups, the dynamic balance test SEBT p-values obtained <0.5 which confirms an improvement in all evaluated directions both in the right leg as in the left leg. In the intervention group, intra group relationship shows a 3:1 correlation which represents a measure of protection as per 3 subjects improved in the intervention group improved 1 in the control group. Discussion. The purpose of this study was to evaluate the effect of a physical training program of 6-week, supervised, progressive, based on the sequence of development, dynamic and static balance in male soccer players. The results have shown improvements in excursion distances, which can be associated with an increased dynamic postural control.

**Conclusions.** The use of a fitness program based on the sequence of development generates significant improvements in static and dynamic balance.

**Key words:** Postural Balance, Athletes, Soccer, Training, Kinesthesia, Exercise (MeSH).

.....  
**Mancera-Soto E, Hernández-Álvarez E, Hernández-Salinas F, Prieto-Mondragon L, Quiroga-Díaz L.** Effect of physical training based on the developmental sequence of postural balance in football players: randomized controlled trial. Rev. Fac. Med. 2013;61:339-347.

## Introducción

En la actividad deportiva el balance postural es requerido para mantener la estabilidad durante el desarrollo del juego; dicha transición de movimientos está basada en la integración multisensorial (1). Dentro de esta, el sistema nervioso central pre-planea una transición voluntaria, siendo un aspecto importante en el control motor; sin embargo, no es abordada en los estudios relacionados con el balance postural (2). Tradicionalmente, el entrenamiento del balance ha sido usado como una herramienta en la predicción, recuperación y rehabilitación de lesiones en articulaciones de tobillo y rodilla en la práctica deportiva (3-6). Numerosos estudios han encontrado que una pobre habilidad de balance está significativamente relacionada con un mayor riesgo de lesiones de tobillo y rodilla, siendo esta más común en hombres que en mujeres (1,7).

El entrenamiento del balance promueve un cambio en el control del movimiento en las estructuras subcorticales de la corteza y el cerebelo. Es conocido que por medio del desarrollo sensoriomotor se genera en el individuo una serie

de estímulos que contribuyen a la activación de los sistemas sensoriales involucrados en la generación y ejecución de un programa motor. Gracias a la plasticidad neuronal, mejora la propiocepción y el balance tanto por la eficacia sináptica (mejoría a corto plazo), como por el cambio estructural en la organización y en el número de las conexiones sinápticas (mejoría a largo plazo), es decir, mediante el aprendizaje motor (8). Por tanto, este estudio pretende responder si los efectos de un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo afectan el balance postural en futbolistas.

## Materiales y métodos

### Diseño del Estudio

La investigación se diseñó como un ensayo controlado aleatorizado, en el cual los participantes de la investigación fueron divididos en dos grupos: un grupo de intervención al cual se le aplicó un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia del desarrollo y un grupo control que continuó con un programa de entrenamiento físico convencional. Los participantes eran miembros del equipo masculino de fútbol de la Universidad Nacional de Colombia, quienes cumplieron con los criterios de inclusión y aceptaron voluntariamente participar en el estudio, firmaron el consentimiento informado y el compromiso de responsabilidad. Esta fue una investigación con riesgo mínimo según la resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud.

### Participantes

Un total de 32 hombres adultos jóvenes aparentemente sanos acudieron a la convocatoria y completaron la encuesta de criterios de inclusión; 25 cumplieron con los criterios requeridos: sujetos en edades comprendidas entre los 17-23 años de edad, físicamente activos según la clasificación del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ), sin contraindicaciones absolutas para la realización de ejercicio físico y pruebas de esfuerzo. Los criterios de exclusión comprendieron sufrir de afecciones de salud previas y/o detectadas durante la investigación, lesiones osteomusculares, cirugías recientes agudas, consumo de drogas psicoactivas, presencia de infecciones o estados febriles que imposibilitaran la asistencia, no realizar totalmente el proceso de evaluación pre y post intervención, inasistencia a más de tres sesiones de los programas de entrenamiento físico. Seis sujetos se retiraron durante el tiempo de desarrollo de la investigación y, finalmente, 19 hombres completaron satisfactoriamente el estudio.

**Tabla 1.** Datos demográficos.

	Grupo Intervención (n=11)	Grupo Control (n=8)	p
Edad	19,4 ± 1,2	19,3 ± 1,4	0,9438
Talla (cm)	1,74 ± 0,1	1,73 ± 0,1	0,9438
Peso (kg)	64,4 ± 8,1	63,7 ± 5,9	0,9438
IMC (kg*m <sup>2</sup> )	21,3 ± 1,54	21,3 ± 1,0	0,9438

\* Media ± Desviación estándar; n=19. Diferencias significativas (P>0.05).

cm=centímetros; Kg=Kilogramos; IMC=Índice de masa corporal.

### Asignación al tratamiento

El procedimiento fue realizado por medio de una tabla de números aleatorios de Excel a cargo de un examinador independiente al estudio. Se realizó ocultamiento por medio de sobres sellados que solamente fueron abiertos al momento de la asignación de los grupos.

### Ejercicio físico

Las sesiones de ejercicio físico para ambos grupos tuvieron una frecuencia de cinco veces por semana, con una duración de 40-45 minutos por sesión, por un periodo de seis semanas.

### Entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo (grupo intervención)

Al grupo intervención, se asignaron 12 sujetos, a los que se les aplicó el programa de entrenamiento físico de balance basado en la secuencia de desarrollo, el cual fue diseñado por los investigadores.

El programa de entrenamiento se caracterizó por desarrollarse en el periodo preparatorio, basado en el modelo Ajuste Transformación Realización (ATR), junto con una distribución de carga determinada por un aumento en el volumen y una disminución de la intensidad, específicamente, para la fuerza se realizó entrenamiento isométrico. El programa consistió en dos fases de progresión con base en la secuencia de desarrollo:

a) Fase acumulativa: compuesta por dos microciclos. Microciclo de ajuste: potenciación de las capacidades básicas (resistencia cardiovascular y fuerza de resistencia). Microciclo de carga: ejercicios en posición sedente orientados al control cefálico, activación de paraespinales, oblicuos, recto anterior, bases estables e inestables.

b) Fase de transformación: compuesta por cuatro microciclos. Microciclo de ajuste: ejercicios en posición

cuadrúpeda, orientados a la discriminación de cinturas, coordinación inter e intramuscular de los segmentos corporales y fortalecimiento del complejo articular proximal. Microciclo de carga: ejercicios en posición rodillas-semirodillas y posición bipodal, orientados a la carga de peso sobre ambas caderas, control de tronco y mantenimiento de la postura, estabilidad y balance proximal. Microciclo de impacto: ejercicios en posición bipodal orientados a la carga de peso, disociación de cinturas. Microciclo de carga: ejercicios orientados a la carga de peso y apoyo unipodal en bases inestables.

### Entrenamiento convencional en fútbol (grupo control)

A este grupo se asignaron 13 sujetos, y siguiendo el modelo ATR de Navarro, se continuó con el entrenamiento físico convencional en fútbol.

**Variables de análisis.** Las variables primarias de análisis fueron el balance dinámico y estático; como variables secundarias se consideraron la fuerza isométrica de músculos flexores y extensores de tronco y flexores y extensores de rodilla.

**Valoración de la condición física.** Previo al proceso de valoración, los sujetos realizaron una sesión de familiarización con las diferentes pruebas. Valoración inicial: toma de signos vitales, apertura de historia clínica, valoración de estilos de vida, nivel de actividad física IPAQ (International Physical Activity Questionary) y PAR-Q & YOU cuestionario para práctica de actividad física.

**Valoración antropométrica:** talla, peso e IMC.

**Valoración del Balance.** Se aplicaron las siguientes pruebas cualitativas:

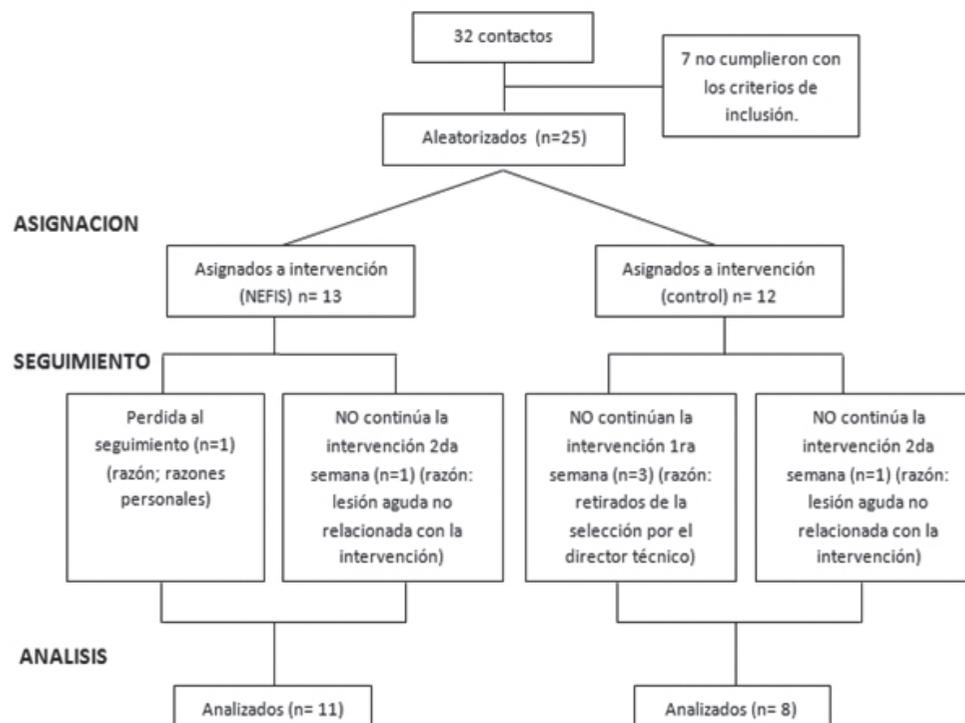
Balance estático Error Scoring System (BESS). En esta prueba el sujeto debió adoptar tres posiciones con ojos abiertos y cerrados: posición unipodal, bipodal, y tándem en dos tipos de superficies, en firme y espuma. Se registraron el número de errores que el participante realizaba.

Balance dinámico Star Balance Excursión Test (SEBT). Se utilizó una estrella de 8 líneas, con un ángulo entre cada línea de 45°. En esta prueba el sujeto debía mantener la posición unipodal, intentando tocar el punto más lejano de la línea con la otra pierna en todas las direcciones. Cada participante realizó esta prueba tres veces. El registro de la prueba se realizó tomando los datos del último ensayo en centímetros de la excursión máxima realizada por el participante.

Valoración de la fuerza isométrica: se realizó en el equipo DigiMax ISO-Check, en la cual se evaluaron los grupos musculares determinantes del balance estático y dinámico (flexores y extensores de tronco, flexores y extensores de rodilla), según el protocolo establecido.

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS, se realizó un análisis descriptivo para las variables demográficas, medias y desviaciones estándar, el valor P en términos de contraste de hipótesis rechazando o no rechazando la homogeneidad de los grupos; adicionalmente se utilizó la estadística de Hotelling (multivariado). Para el análisis de balance estático se aplicaron tablas de dos por dos y un estadístico de Tukey y para el análisis intragrupal con Chi cuadrado. Para los datos cuantitativos del balance dinámico se realizó una prueba estadística de Wilcoxon para contrastar datos pareados sin asunción de normalidad y el análisis de diferencia de medias intergrupala. El valor de significancia fue establecido con un valor  $p < 0.05$ .



**Figura 1.** Seguimiento de los participantes.

Diagrama de flujo CONSORT en el que se muestra el seguimiento de los participantes durante cada etapa del estudio controlado aleatorizado. NEFIS=Programa de entrenamiento físico basado en la secuencia del desarrollo.

Fuente: autores.

## Resultados

En el estudio participaron inicialmente 25 sujetos y se finalizó con una muestra de 19 (Figura 1). La media de la edad fue de  $19,3 \pm 1,4$  años y  $19,4 \pm 1,2$  años en los grupos control e intervención respectivamente. Los datos de los dos grupos de peso, talla e IMC y se expresan como medias ( $\pm$  desviación estándar) y se presentan en la tabla 1; para este caso el valor  $p$  fue expresado en términos de contraste de hipótesis rechazando o no rechazando que los grupos son iguales, es decir una  $p > 0,05$  no rechaza la hipótesis de igualdad entre los dos grupos permitiendo establecer la homogeneidad de la población.

Para el análisis de balance estático se aplicaron tablas de dos por dos (contingencia). Por medio del programa SPSS se obtuvo un promedio de errores esperados con los cuales se contrastaron los resultados, teniendo como diferencias significativas  $p > 0,05$ . El valor obtenido fue  $p = 0,01999$  que demuestra que no hubo diferencias significativas en ninguno de los dos grupos para el balance estático.

Para el análisis de los datos del balance dinámico se realizó una comparación de medias para datos pareados utilizando el test de Wilcoxon, contrastado con un nivel de significancia del 5%. En la tabla 2 se muestra que en el grupo de intervención, para el miembro inferior derecho, se produjo una considerable mejoría en todas las direcciones, excepto la ántero-medial y ántero-lateral; para el miembro inferior izquierdo se evidenció una considerable mejoría en las direcciones anterior, posterolateral, lateral y ántero-lateral. Por el contrario, para el grupo control en la excursión realizada con el miembro inferior derecho las direcciones anterior, anteromedial, posterior, posterolateral y anterolateral presentaron valores  $p > 0,05$ , lo cual significa que no hubo mejoría en la excursión. En la excursión del miembro inferior izquierdo se encontró que la mayoría de los valores presentan  $p > 0,05$ , solo en la dirección ántero-medial se genera un valor  $p < 0,05$ .

Analizando los odds ratio resultante (RD)  $p = 2,73$  se concluyó que el grupo intervención está por encima del grupo control, estableciendo una relación 3:1, lo que representa una medida de protección para el grupo intervención. En el análisis de la fuerza se aplicó la prueba estadística de Wilcoxon para contrastar datos pareados sin asunción de normalidad y el análisis de

diferencia de medias intergrupales. Los datos de fuerza isométrica máxima de tórax y rodilla, tanto en flexión como en extensión, se presentan en la tabla 3 y se expresan en términos de contraste de hipótesis rechazando o no rechazando, en un primer lugar la igualdad de los resultados en la medición pre intervención frente a la medición post intervención, en un segundo contraste de hipótesis rechaza o no rechaza que los resultados de la medición pre intervención estuvieron por debajo de la medición post intervención, mostrando así una mejoría. El valor de significancia fue establecido con un valor  $p < 0,05$ .

## Discusión

### Balance dinámico

Autores como Timothy y Kulpa, definen el SEBT como un instrumento válido y fiable para medir el balance postural dinámico. La prueba lleva a la normalización de los datos con la medición de la longitud de las piernas por lo que los resultados pueden ser generalizados a la población. Sin embargo, un área que varía y que resulta difícil de normalizar es la fuerza muscular (9). Según este estudio el Star Excursion Balance Test (SEBT) permite una co-contracción de los isquiotibiales y de cuádriceps en todas las direcciones de la prueba, con los cuádriceps más activos durante las tres excursiones en sentido anterior. El vasto lateral está más activo durante las excursiones medial y posteromedial probablemente siendo el resultado de la estabilización muscular que se realiza contra la fuerza en varo que es causada por alcanzar las direcciones. Por tanto, la realización de las excursiones anteriores y mediales utiliza control excéntrico del cuádriceps. Si un participante tiene un mal control excéntrico o mala fuerza de cuádriceps, esto podría conducir a una reducción en la distancia de alcance de estas direcciones del SEBT; adicionalmente el bíceps femoral está muy activo durante las excursiones posterolateral, posterior y lateral. Estas direcciones provocan una contracción excéntrica de los isquiotibiales para resistir el momento de flexión de cadera causada por la flexión del tronco hacia atrás para extender la pierna (9).

**Tabla 2.** Datos del balance dinámico (prueba SEBT) pre y post entrenamiento.

GRUPO DE INTERVENCIÓN (n=11)						
Derecho				Izquierdo		
Excursión	Medición 1	Medición 2	p	Medición 1	Medición 2	p
Anterior	86,8 ± 10,5	93 ± 7,8	0,0043	84,9 ± 9,4	93,2 ± 10,6	0,0024
Anteromedial	87,9 ± 10,4	93,3 ± 7,2	0,0122	88,5 ± 9,2	91,7 ± 9,2	0,1030
Medial	88,4 ± 11,0	97 ± 7,4	0,0009	90,7 ± 10,0	96,6 ± 8,2	0,0268
Posteromedial	87 ± 11,8	96,3 ± 9,0	0,0004	91,9 ± 11,4	97,7 ± 8,4	0,0210
Posterior	85,8 ± 10,1	96,8 ± 9,1	0,0063	89,5 ± 10,8	98,1 ± 8,8	0,0268
Posterolateral	80,6 ± 11,1	91,3 ± 6,4	0,0009	80,3 ± 11,3	89,3 ± 9,1	0,0068
Lateral	70,7 ± 11,4	84,2 ± 8,9	0,0004	67,2 ± 11,3	79,8 ± 12,4	0,0004
Anterolateral	78,8 ± 11,6	82,7 ± 9,7	0,0251	77 ± 10,3	85 ± 8,7	0,0024
GRUPO CONTROL (n=8)						
Derecho				Izquierdo		
Excursión	Medición 1	Medición 2	p	Medición 1	Medición 2	p
Anterior	89,3 ± 10,6	91 ± 13,1	0,52	92,2 ± 11,8	94,4 ± 12,2	0,4609
Anteromedial	90,2 ± 13,7	89,3 ± 11,6	0,54	92 ± 14,9	98,2 ± 9	0,01953
Medial	86,6 ± 18,1	95,4 ± 9,7	0,25	92,6 ± 20,5	100,1 ± 10	0,3125
Posteromedial	93,9 ± 13,1	97,7 ± 9,3	0,38	97,4 ± 13,2	101,9 ± 9,4	0,25
Posterior	92,8 ± 11,5	94,9 ± 9,2	0,64	93,1 ± 11,6	99 ± 5,9	0,25
Posterolateral	91,7 ± 10,4	91,1 ± 8,5	0,74	87,6 ± 11,2	93 ± 5,9	0,1484
Lateral	78,3 ± 8,1	85 ± 9,8	0,034	80,3 ± 13,3	82,7 ± 6,7	0,3828
Anterolateral	85,5 ± 7,4	86,3 ± 8,4	0,74	87,5 ± 9,1	87,4 ± 9,3	0,9453

\* Media ± Desviación estándar en cm. Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).  
Medición 1: pre intervención, Medición 2: post intervención.

Al igual que en este estudio, los resultados de la presente investigación han demostrado mejoras en las distancias de excursión alcanzadas, lo cual se puede relacionar con un aumento del control postural dinámico debido a la estabilización del centro generado por el programa de entrenamiento, observándose que las direcciones posteromedial, posterior y medial presentan un mayor recorrido.

Como ocurrió en este estudio, otros investigadores como Gribble y cols., midieron un promedio de tres ensayos en todas las 8 excursiones, con las dos extremidades y observaron una correlación más fuerte de la longitud alcanzada en la prueba con la altura y la longitud de miembros inferiores, a pesar de que los sujetos de género masculino tenían mayores distancias de excursión; después de la normalización no se encontraron diferencias significativas (3). Utilizaron 16 voluntarios sanos y 14 con inestabilidad crónica del tobillo a través de 5 sesiones de evaluación con el SEBT después de un protocolo específico de fatiga, pero la investigación solo observó tres excursiones (medial anterior y posterior) (3). En contraste, en el presente estudio, esta prueba fue usada como una herramienta de

medición en deportistas y no de entrenamiento en sujetos con lesiones de tobillo, pues la prueba es empleada como un elemento de prevención de lesiones, no de rehabilitación.

Lo mencionado anteriormente frente a la prevención de lesiones es de gran importancia en la sociedad actual y en todos los campos de interacción humana, como lo menciona y resalta certeramente un estudio publicado por Forero y cols., quienes señalan que: “Al prevenir una lesión se evitan muchos costos no sólo económicos sino sociales, los profesionales de la salud están en capacidad de detectar poblaciones de alto riesgo y generar estrategias específicas de prevención”. “El objetivo de una estrategia de prevención de lesiones es producir un cambio en los conceptos, actitudes y conductas de una parte de la sociedad en la cual se ha identificado uno o varios factores de riesgo. El cambio de conducta que se busca es a largo plazo y perdurable, la sola información o campaña educativa, sin retroalimentación ni continuidad, no tendrá efectividad alguna” (10). Esto es exactamente a lo que le se apuntó con la realización del presente estudio y sus resultados: un cambio en la conducta deportiva, el entendimiento de la necesidad de

programas de prevención propuestos desde las áreas de salud que se encuentran inmersas en la actividad física y el deporte. El objetivo es realizar una práctica o entrenamiento deportivo saludable y así prevenir la aparición de lesiones.

### Balance estático

En consonancia con estudios de Nashner y cols, la escasa capacidad de balance de la pretemporada ha demostrado estar asociada con un mayor riesgo de lesión en los ligamentos del tobillo. La predicción de susceptibilidad a lesión de esguince de tobillo por medio de la prueba de balance de una sola pierna antes de la temporada ha sido reportada (11). En relación, otro estudio publicado por McGuine y cols., informó que los jugadores de baloncesto con falta de balance eran más susceptibles a la lesión en el tobillo. También encontraron que las puntuaciones más altas de balance postural estuvieron correlacionadas con lesiones de tobillo más severas (4). Dvorak y Junge analizaron diferentes estudios en jugadores de fútbol, encontrando que los atletas con falta de equilibrio tienen un mayor riesgo de sufrir una lesión en el tobillo (12). En el presente estudio los participantes mostraron un pobre balance estático antes de iniciar el programa de entrenamiento; esto podría ser tenido en cuenta como un factor de riesgo en la aparición de lesiones deportivas, específicamente de miembros inferiores, lo cual justifica la aplicación de

programas de entrenamiento específicos para el balance estático en futbolistas.

### Balance en relación con programas de entrenamiento físico

En relación al balance y los programas de entrenamiento, se presenta el estudio de Mohammadi y cols., en el cual, el propósito fue determinar el efecto de ejercicios de fuerza en el equilibrio dinámico y estático en jóvenes atletas de género masculino. Los hallazgos de dicho estudio reportaron que los ejercicios de fuerza produjeron un aumento significativo en el equilibrio estático y dinámico en los jóvenes atletas (13), análisis consistente con los resultados del presente estudio, debido a que los resultados de las pruebas de balance para el grupo control fueron estadísticamente significativos y tuvieron una fuerte relación con el objetivo y el método de entrenamiento con el cual se planteó el programa, basado en el entrenamiento de la fuerza isométrica de los músculos antigravitatorios.

En concordancia con la planeación del programa de entrenamiento propuesta en el presente estudio, Swaney y Hess resaltan la importancia de la aplicación de un protocolo de estabilización de la musculatura central; uno de estos incluía diez ejercicios utilizados sobre la base de las recomendaciones de la Academia Nacional de Medicina del Deporte. El estudio también incluye la estabilización del núcleo básico y estiramientos (14).

**Tabla 3.** Efecto del programa de entrenamiento sobre la fuerza isométrica.

Control					
		$H_0: \mu_1 = \mu_2$ vs $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$	Decisión	$H_0: \mu_1 = \mu_2$ vs $H_a: \mu_1 < \mu_2$	Decisión
TORAX	Flexión	0,03906	Rechazo	0,01953	Rechazo
	Extensión	0,1953	No rechazo		
RODILLA	Flexión	0,007813	Rechazo	0,003906	Rechazo
	Extensión	0,03906	Rechazo	0,01953	Rechazo
Intervención					
		$H_0: \mu_1 = \mu_2$ vs $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$	Decisión	$H_0: \mu_1 = \mu_2$ vs $H_a: \mu_1 < \mu_2$	Decisión
TORAX	Flexión	0,004883	Rechazo	0,002441	Rechazo
	Extensión	0,004883	Rechazo	0,002441	Rechazo
RODILLA	Flexión	0,009766	Rechazo	0,004883	Rechazo
	Extensión	0,009766	Rechazo	0,004883	Rechazo

Kimberly hace referencia a la importancia del entrenamiento de la musculatura central o núcleo (abdominal y lumbar), debido a que, por su localización anatómica en el cuerpo, se encuentra el centro de gravedad, por lo tanto, donde el movimiento se deriva. La estabilidad de este núcleo depende del control motor y la capacidad muscular del complejo lumbopélvico y cadera; por tanto la fuerza de la musculatura central es una parte esencial del acondicionamiento total de cualquier atleta, puesto que los jugadores cambian constantemente su cuerpo de lado a lado al rotar sus cuerpos hacia el balón (15). En el caso del fútbol, a partir de los resultados obtenidos en este estudio, acerca de la mejoría del balance, se puede concluir que los ejercicios centrados en el fortalecimiento de los músculos anti gravitatorios propuestos en el entrenamiento (entre ellos, la musculatura central), fueron efectivos en la mejora del balance en los participantes de la investigación.

De acuerdo a lo anterior, en el presente estudio la mejoría del balance se evidencia por medio de los datos de la excursión, lo cual coincide con los datos del estudio realizado por Chaiwanichsiri y cols., donde el efecto de la mayoría de ejercicios de fuerza se observaron en cinco direcciones postero-medial (6,6%), posterior (6,3%), postero-lateral (6,1%), lateral (6,1%), y efectos mínimos, en la direcciones anterior (4,3%), antero-lateral (4,8%), antero-medial (5,1%), respectivamente (16). El promedio de la prueba de balance estático en el grupo experimental fue de 18,53 segundos antes del entrenamiento; esta cifra fue de 28,66 segundos después del entrenamiento. Los resultados son similares en diferentes estudios donde autores tales como Young y Jordan y Paterno y cols., han afirmado que los ejercicios de fuerza causan un aumento significativo en el equilibrio estático y dinámico (5,17).

Una posible razón para el aumento del equilibrio en el grupo intervención podría estar relacionada con el aumentando de fuerza muscular en las extremidades inferiores después de un programa de ejercicio, facilitando las unidades motoras de contracción rápida, el aumento de la coordinación intra e inter muscular, el proceso de disminución de la desinhibición y la estimulación de los husos musculares durante el entrenamiento de fuerza. En estas condiciones, la contracción de los músculos estimulaba la actividad gamma eferente en los husos musculares. Autores como Skinner y cols., mostraron que el aumento de la fuerza en las extremidades inferiores y músculos estabilizadores pueden mejorar el equilibrio estático y dinámico y el control de la postura (18).

Al igual que los resultados de este estudio, la investigación realizada por Chaiwanichsiri y cols., sobre el entrenamiento del balance en los cuales intervienen sujetos con algún tipo de alteración osteomuscular y personas no deportistas, también confirman su efecto positivo. Estos autores han estudiado los efectos de los ejercicios realizados con la prueba de la estrella

SEBT en la estabilidad funcional de los atletas con esguince de tobillo. Treinta y dos atletas masculinos con esguince de tobillo de grado 2, de 15 a 22 años fueron estudiados, después del programa, los sujetos mostraron una mejoría significativa. El grupo de intervención mejoró el balance 2 veces más que el grupo control. La aplicación del SEBT fue más eficaz que el programa de la terapia convencional en la mejora de la estabilidad funcional del esguince de tobillo (16). Así mismo investigadores como McGuine y cols., que han evaluado el balance dinámico, indican que la fatiga y la inestabilidad del tobillo crónica puede afectar el balance postural dinámico y que la combinación de ambos puede aumentar este efecto. La alta incidencia de esguinces de tobillo, especialmente en el sentido lateral y antero-lateral conducen a la reducción del balance lo que puede ser una guía práctica para el diseño de programas de entrenamiento en los atletas (4). De esta forma se sugiere que, a través de la utilización de una combinación de ejercicios posturales, se puede generar un efecto positivo en el control del balance en sujetos de edad avanzada. También se resalta que la mejora del balance se da sin importar si las personas son activas o no entrenadas (6).

Sin embargo, es importante aclarar que, cuando se somete a entrenamiento propioceptivo a personas no entrenadas o con algún déficit funcional, se busca que estas mejoren debido a la desventaja inicial de su condición. Emery y cols., han realizado un entrenamiento a jóvenes sanos durante 6 meses; las mejoras en el equilibrio estático y dinámico se observaron en el grupo de intervención, pero no en el grupo control (diferencia en el balance estático de 20,7 segundos, IC95%=10,8-30,6 segundos, diferencia en la dinámica de balance de 2,3 segundos, IC95%=0,7-4,0 segundos). De esta forma concluyen que para evitar una lesión es necesario generar un entrenamiento mayor de 6 meses (IC95%=4-35), así mismo también resaltan que los ejercicios de balance con superficie inestable son más eficaces en mejorar el equilibrio estático y dinámico y la reducción de las lesiones deportivas en adolescentes sanos (19).

Una de las ventajas de la presente investigación es la realización del programa en personas o deportistas sanos, suponiendo que de base tienen buen balance y un rendimiento superior. Sin embargo, los resultados demostraron mejoras significativas en el grupo de intervención. Otro punto a favor es el tiempo de entrenamiento, que fue menor a otros estudios, demostrando cambios mayores o iguales a entrenamientos con mayor frecuencia o duración. Oyarzo y cols., buscaron determinar el desempeño y progreso del balance en jóvenes futbolistas a través de un programa de entrenamiento específico durante 8 semanas, logrando una mejora del balance a través de pautas de entrenamiento siguiendo el protocolo de evaluación SEBT (20). Sin

embargo, en este estudio no es clara la metodología del entrenamiento en cuanto a periodización y manejo de las cargas.

En conclusión, la aplicación de un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo que usa la metodología del entrenamiento deportivo genera importantes mejoras en el balance dinámico, contrastado con los resultados obtenidos por el grupo que realizó un entrenamiento físico convencional; adicionalmente el fortalecimiento de los músculos antigravitatorios, tales como: abdomen, para-espinales, cuádriceps e isquiotibiales potencian este balance.

La importancia de la aplicación de un programa de entrenamiento funcional basado en la secuencia de desarrollo consiste en que permite re-estructurar y mejorar programas motores adquiridos durante el desarrollo, por medio del aprendizaje y entrenamiento del sistema propioceptivo y, por tanto, permite la efectiva ejecución de diferentes tareas y mejora del balance postural, algo que resulta vital dentro de las actividades deportivas y en la prevención de lesiones.

### Conflicto de interés

Ninguno declarado por los autores.

### Financiación

Ninguna declarada por los autores.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Laboratorio y al Departamento del Movimiento Corporal Humano de la Universidad Nacional de Colombia, por la facilitación de espacios e instrumentos requeridos para esta investigación. Así mismo, al profesor Faber López y a la selección de fútbol de la Universidad Nacional de Colombia por depositar su confianza en nuestro grupo de trabajo, por su calidad humana, valiosa disponibilidad y colaboración en la facilitación de tiempos, espacios y materiales para la adecuada realización de este proyecto.

### Referencias

- Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R.** Excercise to Prevent Lower Limb Injuries in Youth Sports: Cluster Randomized Controlled Trial. *BMJ*. 2005;52:330-449..
- Buchanan JJ, Horak FB.** Voluntary control of postural equilibrium patterns. *Behav Brain Res*. 2003;143(2):121-40.
- Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE.** The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *J Athl Train*. 2004;39:321-30.
- Mcguine TA, Greene JJ, Best T, Levenson G.** Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med*. 2000;10:239-44.
- Young, M, Jordan D.** Strength Training for the Young Athlete Warren K. *Pediatric Annals*. 2010;39:5.
- Lephart, SM, Myers JB, Riemann BL.** Role of proprioception in functional joint stability. En: DeLee, Drez & Miller. *Orthopaedic Sports Medicine: Principles and Practice*. Philadelphia: Saunders; 2003.
- Nurtekin E, Halil T, Ahmet S, Turgut K, Dede B.** Relationships between Balance and Functional Performance in Football Players. *J Hum Kinet*. 2011;26:21-9.
- Diener HC, Dichgans J, Guschlbauer B, Mau H.** The significance of proprioception on postural stabilization as assessed by ischemia. *Brain Res*. 1984;296:103-9.
- Timothy A, Kulpa BS.** The Effects of Activity Related Fatigue on Dynamic Postural Control as Measured by the Star Excursion Balance Test. En: Thesis submitted to the School of Physical Education at West Virginia University; 2006.
- Forero S, Triana M, Andrade J, Jimeno J, Narro J.** Prevención de lesiones: una estrategia de salvación para la sociedad moderna. *Rev. Fac. Med.* 2006;54:211-8.
- Nashner LM, Shupert CL, Horak FB, Black FO.** Organization of posture controls: an analysis of sensory and mechanical constraints. *Prog Brain Res*. 1989; 80:411-8.
- Dvorak J, Junge A.** Soccer Injuries A Review on Incidence and Prevention. *Sports Med*. 2004;34:929-38.
- Mohammadi V, Alizadeh M, Gaeni A.** The Effects of six weeks strength exercises on static and dynamic balance of young male athletes. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012;31:247-50.
- Swaney MR, Hess RA.** The effects of core stabilization on balance and posture in female collegiate swimmers. *J Athl Train*. 2003;38S:S-95.
- Kimberly M.** The Effects of a Five-Week Core Stabilization-Training Program on Dynamic Balance in Tennis Athletes. En: Thesis submitted to the School of Physical Education at West Virginia University; 2005.
- Chaiwanichsiri D, Lorprayoon E, Noomanoch L.** Star Excursion Balance Training: Effects on ankle Functional Stability after Ankle Sprain. *J Med Assoc Thai*. 2005;88:90-4.
- Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE.** Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004;34:305-16.
- Skinner HB, Wyatt MP, Hodgdon JA, Conard DW, Barrack RL.** Effect of fatigue on joint position sense of the knee. *J Orthop Res*. 1986;4:112-8.
- Emery C, Cassidy J, Klassen T, Rosychuk R, Rowe B.** Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. *CMAJ*. 2005;172:749-54.
- Oyarzo C, González G, Fischer M, De La Fuente MJ, Díaz V, Berral FJ.** Entrenamiento específico del balance postural en jugadores juveniles de fútbol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2011;10:95-114.