

Selected Papers from Impact

# El Efecto de la Experiencia en Deportes de Contacto sobre el Control Postural

## The Effect of Contact Sport Expertise on Postural Control

Ying Liang, Michael Hiley y Kazuyuki Kanosue

### RESUMEN

Se ha demostrado que la experiencia en el deporte influye en la capacidad de mantener el equilibrio de pie. Sin embargo, se sabe poco acerca de cómo el contacto físico en el deporte afecta la capacidad de equilibrio. El objetivo de este estudio fue examinar si las diferencias entre las experiencias deportivas de contacto y de contacto limitado resultan en diferencias en el control postural. Veinte deportistas universitarios masculinos (10 de fútbol/contacto, 10 de béisbol/contacto limitado) y diez estudiantes masculinos no entrenados se pararon en una plataforma de fuerza bajo condiciones bipodales y unipodales, con y sin visión. Se encontraron diferencias significativas para el área de balanceo y la velocidad del COP entre los jugadores de fútbol y los otros dos grupos para las posturas unipodales sin visión. Se encontró que los jugadores de fútbol tenían un control postural superior en comparación con los participantes que practicaban un deporte de contacto limitado o ningún deporte en absoluto. Los deportes de contacto pueden llevar a un mayor control postural a través de un mejor uso de la información propioceptiva y vestibular.

**Palabras Clave:** experiencia, efecto, deporte de contacto, control motor, postura

### ABSTRACT

It has been demonstrated that expertise in sport influences standing balance ability. However, little is known concerning how physical contact in sport affects balance ability. The aim of this study was to examine whether differences between contact and limited-contact sport experiences results in differences in postural control. Twenty male collegiate athletes (10 soccer/contact, 10 baseball/limited contact) and ten male untrained students stood quietly on a force plate under various bipedal and unipedal conditions, with and without vision. Significant differences for sway area and COP speed were found between the soccer players and the other two groups for unipedal stances without vision. Soccer players were found to have superior postural control compared with participants involved in limited contact sport or no sport at all. Contact sports may lead to increased postural control through enhanced use of proprioceptive and vestibular information.

**Keywords:** experience, effect, contact sport, motor control, posture

# INTRODUCCIÓN

---

La experiencia en deportes que requieren un buen equilibrio, como la gimnasia y la danza, es especialmente beneficiosa para el control postural [1,2,3,4,5,6]. La postura se controla mediante la integración de información visual, propioceptiva y vestibular [7]. Estos tres tipos de información se obtienen del entorno y de la tarea [1,3,8,9,10,11]. A la luz de este hecho, cabe esperar que si los no gimnastas y los no bailarines pasan mucho tiempo en ambientes con continuas perturbaciones externas, también pueden desarrollar una mayor capacidad de adaptación en el control postural. Sin embargo, una limitación en la investigación del control postural es que los estudios previos pueden haber sido "deportes de contacto sesgado" en deportes no gimnásticos como el fútbol, el balonmano o el fútbol americano [1,2,3]. Se han realizado estudios de equilibrio en una variedad de deportes [12,13], sin embargo, la cantidad de contacto físico involucrado no se ha tenido en cuenta al intentar aclarar cómo la experiencia en el deporte contribuye al control postural. Idealmente, para obtener esta información, es necesario un estudio prospectivo de la experiencia del contacto. Se ha realizado una revisión extensa de la bibliografía sobre el equilibrio y los diferentes deportes [14], sin embargo, no se ha llevado a cabo la consistencia de las medidas (equipamiento y dificultad de la tarea) y los deportes con diferentes cantidades de contacto. En la revisión del equilibrio y de varios deportes no se aborda la consideración de la cantidad de contacto involucrada en un deporte [14].

"Deporte de contacto" es un término utilizado tanto en la actividad de competición como en la terminología médica para indicar un deporte que enfatiza o requiere el contacto físico entre jugadores [15]. Se han utilizado diferentes clasificaciones en diferentes situaciones en relación con el contacto en los deportes. Para categorizar de manera óptima el grado de contacto en diferentes deportes, se ha utilizado el sistema adoptado por los Estados Unidos para la terminología médica. Este sistema utiliza el término "deporte de contacto" para referirse a deportes como el fútbol y el baloncesto, en los que los deportistas hacen contacto de forma rutinaria entre sí o con objetos inanimados, pero generalmente con menos fuerza que en los "deportes de colisión", como el rugby y el fútbol americano. El término "deporte de contacto limitado" denota deportes como el squash y el béisbol, en los que el contacto con otros atletas es infrecuente o involuntario [15]. El enfoque del presente estudio fue hacer comparaciones entre jugadores de fútbol, jugadores de béisbol y controles (novatos) para establecer si las diferencias entre las experiencias deportivas de contacto y de contacto limitado resultan en diferencias en el control postural.

Las respuestas posturales inducidas por perturbaciones externas han sido investigadas exhaustivamente en relación con las posiciones de pie como las posturas bipodales y unipodales [1,2,5,16,17,18,19], que tienen como objetivo diferenciar la complejidad del rendimiento postural en línea con las disminuciones en la "zona de apoyo". Sin embargo, en muchos estudios de control, el balanceo postural en la postura bipodal no mostró diferencias entre deportistas de diferentes deportes o en comparación con los novatos, mientras que la postura unipodal ha demostrado ser una tarea menos estresante para los gimnastas en comparación con los no gimnastas o para los jugadores de fútbol de alto nivel en comparación con los jugadores de fútbol de bajo nivel [1,2,10]. García et al. [6] informaron que el entrenamiento gimnástico beneficia el control postural de la postura bipodal sólo en niños pequeños y sugirieron que se deben investigar posturas más difíciles. De manera similar, los tests bipodales y unipodales pueden no ser lo suficientemente difíciles para comparar las diferencias posturales que pueden estar presentes en los deportes de contacto y de contacto limitado. Con esto en mente, el uso de punta de pie [20] (es decir, pararse sobre los dedos del pie), que es más difícil que las posturas unipodales y bipodales, puede ser útil para determinar en qué medida la experiencia en el deporte contribuye al control de la postura.

Se sugiere que la vía córtico-cerebelosa es responsable de adaptar las respuestas posturales basadas en experiencias anteriores [21]. El efecto de las experiencias deportivas sobre el control postural se relacionará con la forma en que el deportista utiliza más eficazmente la información sensorial. Por ejemplo, los inputs somatosensoriales implicados en la percepción de las condiciones de apoyo pueden desempeñar un papel importante en el control postural de los deportistas que participan en deportes de contacto y de contacto limitado. Además, dado que el input visual es una información de feedback extremadamente importante, el control postural siempre se deteriora en condiciones de ojos cerrados en comparación con condiciones de ojos abiertos [7,22,23,24]. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue investigar cómo el rendimiento postural difiere de la cantidad de contacto en el deporte (fútbol y béisbol) a través de la postura bipodal, unipodal, unipodal sobre colchoneta de espuma y punta de pie con los ojos abiertos y cerrados.

Se plantea la hipótesis de que (1) los jugadores de fútbol (deporte de contacto) demostrarán una mayor estabilidad postural en comparación con los jugadores de béisbol (contacto limitado) y los controles, especialmente cuando se elimina la visión, y que (2) este efecto se hará más pronunciado a medida que aumente la dificultad de la tarea. En términos más generales, se plantea la hipótesis de que (3) se demostrará una menor estabilidad postural a medida que disminuye el área de apoyo de la tarea, especialmente en la condición de ojos cerrados; sin embargo, como se ha planteado la hipótesis anterior, este efecto será menos pronunciado en el grupo de deportes de contacto.

# MÉTODOS

## Sujetos

Treinta estudiantes universitarios masculinos, que consistieron en 10 jugadores de fútbol universitario (edad = 21,5±1,9, altura, 171,7±2,2cm; masa corporal, 64,3±4,8kg), 10 jugadores de béisbol universitario (edad = 19,3±1,6, altura, 174,3±4,0cm; masa corporal, 71,83±7,4kg), y 10 estudiantes masculinos que no tenían experiencia especial en ningún deporte (edad = 22,4±1,5, altura, 173,3±3,6cm; masa corporal, 68,83±5,8kg) fueron reclutados. Los jugadores de fútbol y béisbol fueron seleccionados en base a un mínimo de 8 años de entrenamiento competitivo, practicando un solo deporte y teniendo representación en escuelas primarias y secundarias, y universidades en Japón. Los controles se seleccionaron por no haber participado en ningún deporte o entrenamiento de competición. Ninguno de los participantes tenía lesiones que inhibieran el esfuerzo máximo o condiciones que pudieran agravarse con el esfuerzo máximo. Todos los participantes estuvieron de acuerdo con el procedimiento experimental del estudio, que fue aprobado específicamente por el Comité de Ética de la Investigación Humana de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Waseda.

## Recolección de Datos

Inicialmente se pidió a los participantes que se paren descalzos delante de la plataforma de fuerza. Cuando se inició la grabación, se instruyó a los participantes para que se subieran a la plataforma de fuerza y adoptaran una postura asignada al azar. Una vez que se logró un equilibrio, se activó un disparador (incluyendo un tono). Para cada ensayo se registraron 60 segundos de datos de la plataforma de fuerza (modelo AMTI OR6-5-1) que fueron muestreados a 100 Hz. Los datos de los primeros 10 segundos después del disparo fueron elegidos para el análisis. Se probaron cuatro tareas/posturas de dificultad creciente. En la primera postura (postura bipodal), los participantes se pararon cómodamente sobre ambos pies, separados como deseaban. En la segunda postura (postura unipodal), los participantes se pararon sobre su pie de apoyo habitual (por ejemplo, la pierna de apoyo al patear un balón) mientras que el otro pie fue levantado con el dedo gordo del pie colocado junto al maléolo medial de la pierna de apoyo. En la tercera postura (postura unipodal\_espuma), los participantes se pararon sobre una colchoneta de espuma de 9 cm de espesor (16g/cm<sup>3</sup>) colocada encima de la plataforma de fuerza en posición unipodal como se describe en la segunda postura. En la cuarta postura (postura de punta de pie), los participantes se pararon sobre su pie de apoyo habitual y levantaron el talón, el otro pie se levantó colocando el dedo gordo junto al maléolo medial de la pierna de apoyo.

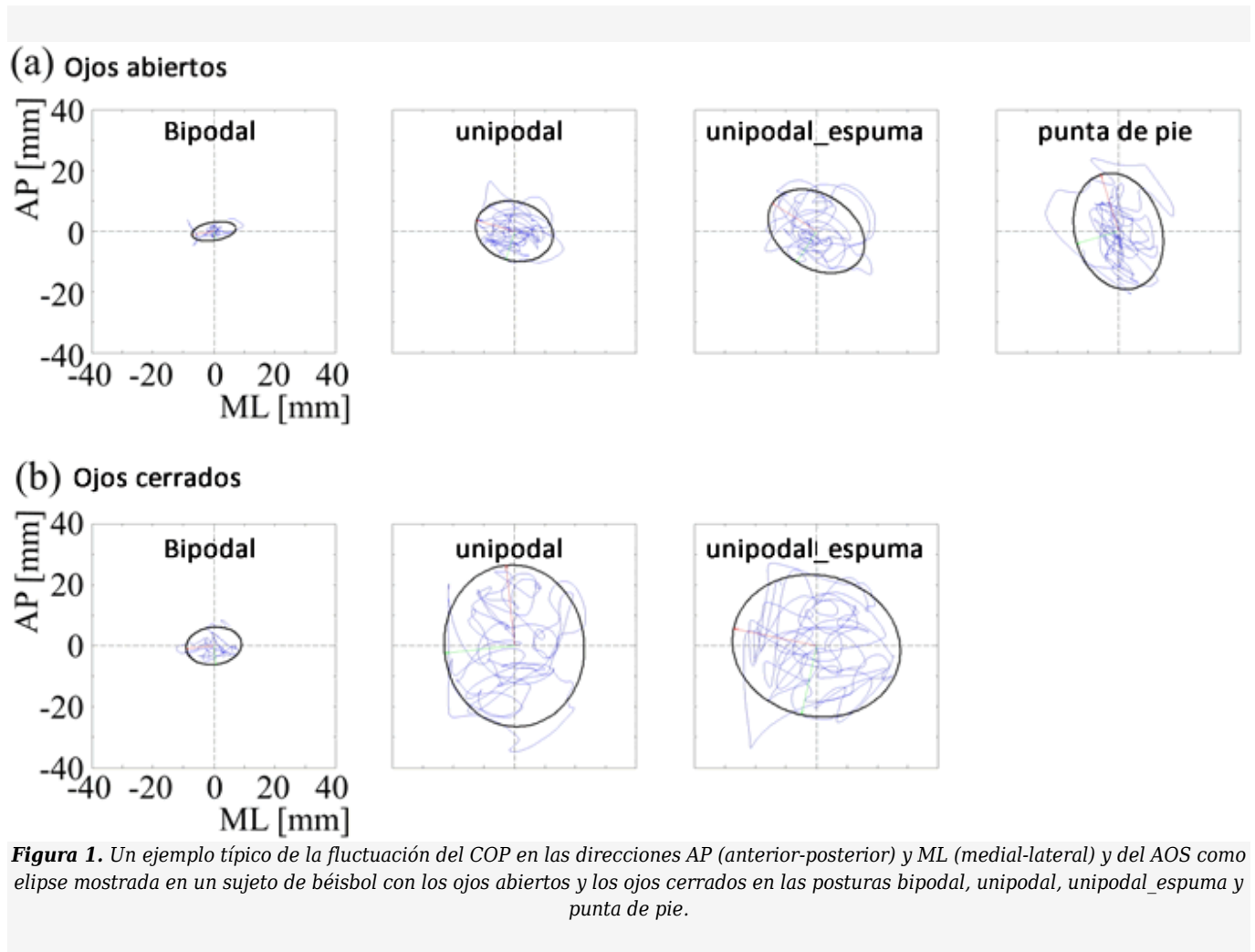
Los participantes realizaron cada tarea con los ojos abiertos y cerrados. Cuando los participantes tenían los ojos abiertos, se les pidió que fijaran su mirada en una letra "E" (tamaño de letra = 72) que se colocaba delante de ellos a la altura de los ojos a una distancia de 5 metros. Durante los tests con los ojos cerrados, se pidió a los participantes que mantuvieran su "mirada" recta [25] y mantuvieran el equilibrio. En todos los ensayos, se instruyó a los participantes para que mantuvieran su cuerpo recto con las manos en las caderas. Los participantes realizaron tres ensayos para cada condición, de manera que se completaron 24 ensayos para cada participante. Se tomó un minuto de reposo entre los ensayos y se asignó al azar el orden de los 24 ensayos a los participantes.

## Procesamiento de Datos

Los datos de la plataforma de fuerza eran de filtro paso bajo con un filtro Butterworth de segundo orden (10 Hz). El desplazamiento del centro de presión (COP) en las direcciones antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML) se calculó a partir de las fuerzas de reacción vertical y horizontal. Se utilizaron dos variables dependientes para investigar el comportamiento postural de los participantes. La velocidad media del desplazamiento del COP (mm/s) se calculó sumando los escalares del desplazamiento (es decir, la distancia acumulada durante el período de muestreo) dividida por el tiempo de muestreo [25] utilizando la siguiente ecuación:

$$COP\ Speed = \left(\frac{1}{T}\right) \sum_{i=1}^N |COP_i - COP_{i-1}|$$

donde T es el tiempo de duración de la serie y N es el número total de puntos de la serie. El área del establograma (AOS) se calculó tomando la relación entre los ejes mayor y menor y luego ajustando una elipse que incluía el 85% de todos los puntos de trayectoria [26] (Fig 1). La velocidad del COP y el AOS se calcularon utilizando un software personalizado



**Figura 1.** Un ejemplo típico de la fluctuación del COP en las direcciones AP (anterior-posterior) y ML (medial-lateral) y del AOS como elipse mostrada en un sujeto de béisbol con los ojos abiertos y los ojos cerrados en las posturas bipodal, unipodal, unipodal\_espuma y punta de pie.

### Análisis Estadístico

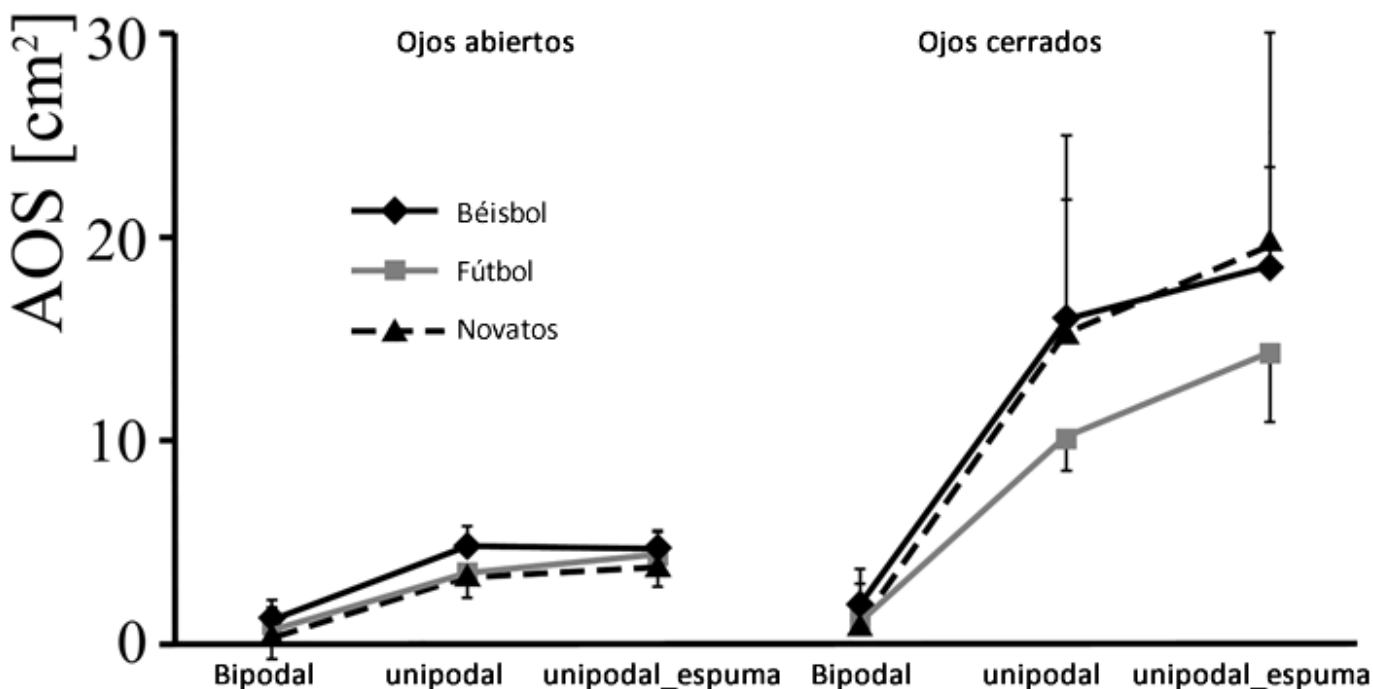
Se calcularon los valores medios para cada variable dependiente a través de los tres ensayos para cada condición y postura. Debido a que todos los participantes no pudieron realizar la postura de punta de pie con los ojos cerrados, y sólo un pequeño número de participantes en el grupo de novatos fueron capaces de realizar la postura de punta de pie con los ojos abiertos, el análisis principal excluyó la postura de punta de pie.

Se evaluaron los efectos del grupo, condiciones y tareas, 3 (grupos: fútbol, béisbol y novatos)  $\times$  2 (condiciones: ojos abiertos y ojos cerrados)  $\times$  3 (posturas: bipodal, unipodal y unipodal con espuma), utilizando un análisis de varianza de tres factores (ANOVA) para cada variable dependiente. La interacción entre dos factores se evaluó en los efectos principales simples. Se realizaron pruebas post hoc utilizando t-Tests con una corrección de Bonferroni. Además, se llevó a cabo un ANOVA unidireccional de experiencia en la postura de punta de pie con los ojos abiertos entre los grupos para comparar el efecto del grupo sobre el AOS y la velocidad COP del balanceo postural. El test de Shapiro-Wilk se utilizó para determinar la normalidad, y se investigó la homogeneidad de las varianzas utilizando el test de Levene. La significación estadística se estableció a priori como  $p = 0,05$  y se utilizó  $\eta^2$  parcial al cuadrado para calcular el tamaño del efecto (pequeño = 0,01, mediano = 0,06 y grande = 0,14) [27].

### Resultados

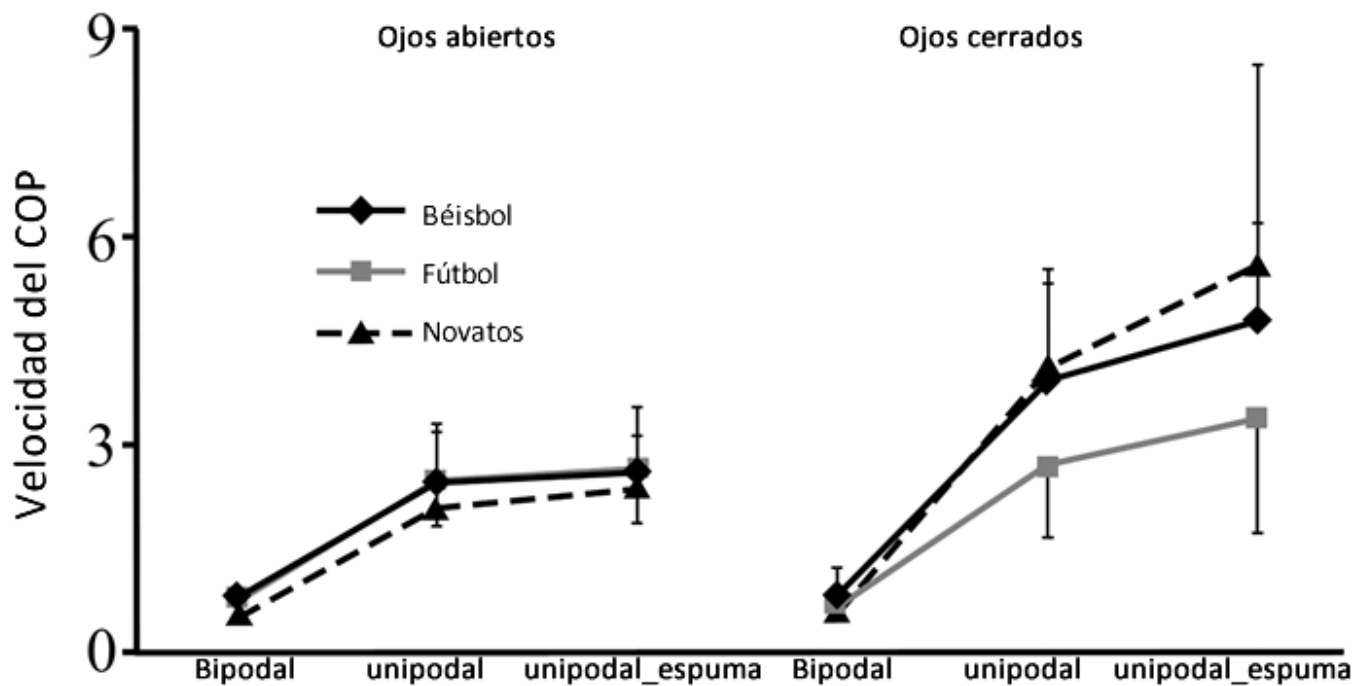
La variable dependiente del AOS reveló experiencia ( $F(2,162) = 4,460$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,05$ ), visión ( $F(1,162) = 174,458$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,52$ ), y efectos de postura ( $F(2,162) = 103,480$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,56$ ) y también interacciones bidireccionales significativas de experiencia y visión ( $F(2,162) = 3,714$ ,  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,04$ ) (Fig. 2), y de visión y postura ( $F(2,162) = 41,846$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,34$ ). Los jugadores de fútbol tuvieron poco balanceo en la condición de ojos cerrados

en comparación con los jugadores de béisbol y los novatos tanto para la postura unipodal como para la unipodal\_espuma. El balanceo postural de los jugadores de béisbol era comparable al de los novatos. El balanceo postural aumentó a medida que la dificultad de la postura aumentó sólo en la condición de ojos cerrados entre los tres grupos.

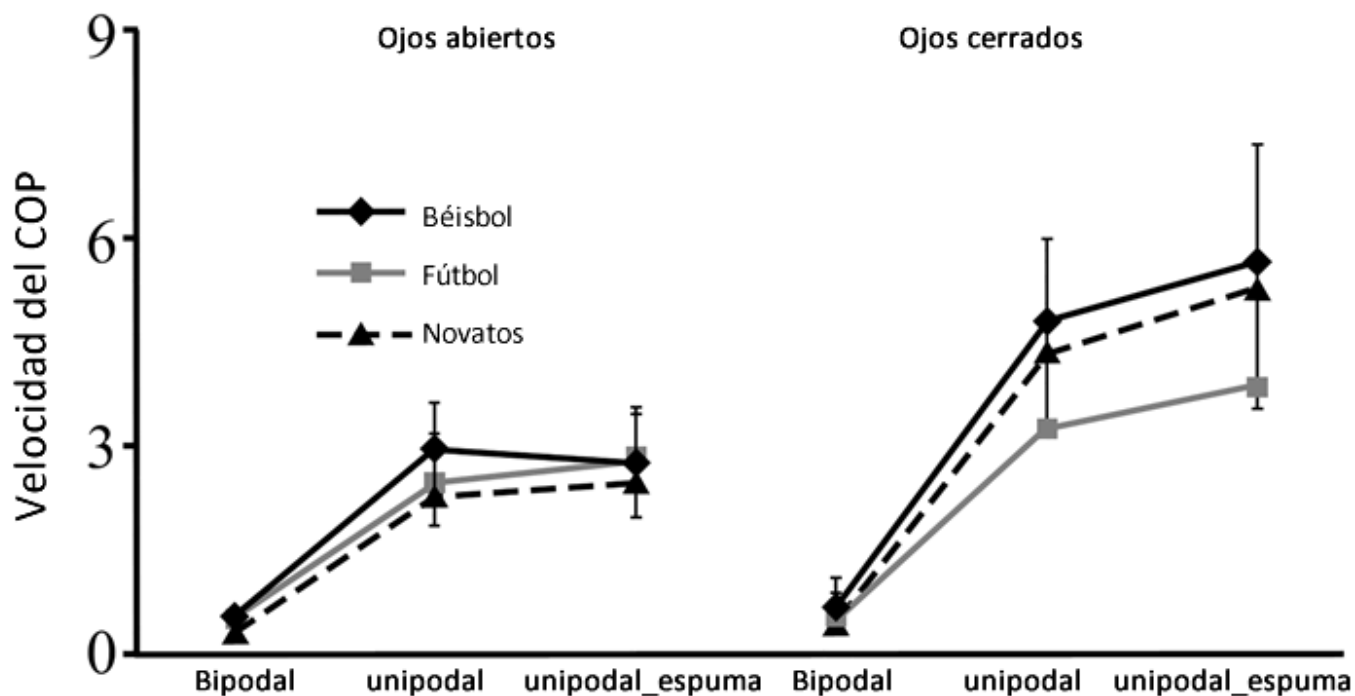


**Figura 2.** El AOS en los grupos de béisbol, fútbol y novatos con los ojos abiertos y cerrados en las posturas bipodal, unipodal y unipodal\_espuma.

La variable dependiente de la velocidad del COP en la dirección ML y AP reveló visión ( $F(1,162) = 131,597, p < 0,001, \eta^2 = 0,55$ ) y ( $F(1,162) = 224,169, p < 0,001, \eta^2 = 0,58$ ), respectivamente), y efectos de postura ( $F(2,162) = 142,448, p < 0,001, \eta^2 = 0,64$ ) y ( $F(2,162) = 308,479, p < 0,001, \eta^2 = 0,79$ ), respectivamente) y también interacciones bidireccionales significativas de visión y postura ( $F(2,162) = 29,641, p < 0,001, \eta^2 = 0,27$ ) y ( $F(2,162) = 53,235, p < 0,001, \eta^2 = 0,40$ ), respectivamente)) (Figs 3 y 4). Es decir, la condición de ojos cerrados lleva a que la velocidad del COP aumente más que en la condición de ojos abiertos sólo cuando se realizan las posturas unipodal y unipodal\_espuma.



**Figura 3.** La velocidad del COP en dirección ML en los grupos de béisbol, fútbol y novatos con los ojos abiertos y cerrados en las posturas bipodal, unipedal y unipedal\_espuma.



**Figura 4.** La velocidad del COP en dirección AP en los grupos de béisbol, fútbol y novatos con los ojos abiertos y cerrados en las posturas bipodal, unipedal y unipedal\_espuma.

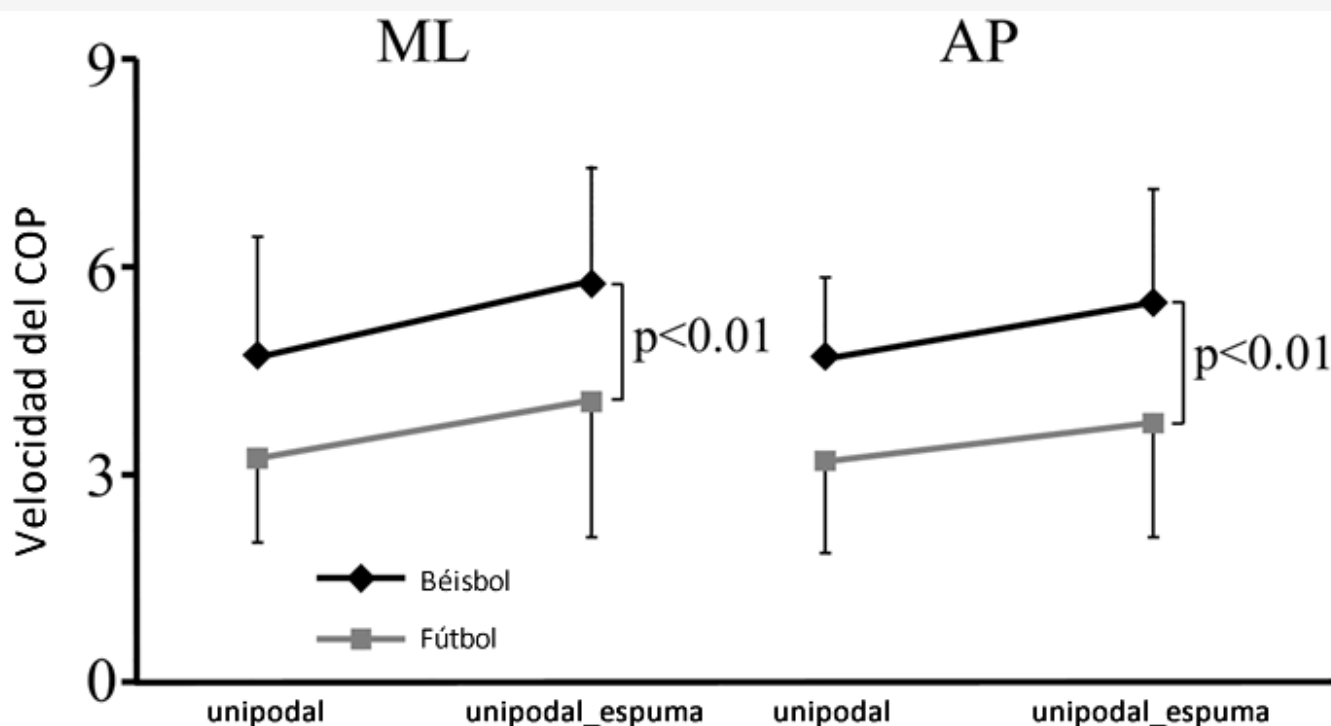
El ANOVA unidireccional de la experiencia se hizo para aclarar el efecto de la experiencia con la cantidad de contacto entre los tres grupos en la postura más difícil de punta de pie. Mostró que no hubo un efecto significativo para la experiencia entre los grupos de fútbol, béisbol y novatos con respecto al AOS de la postura de punta de pie en la condición de ojos abiertos ( $F(2,24) = 0,451$ ,  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,04$ ). Tampoco hubo diferencias significativas en la velocidad del COP en la dirección AP ( $F(2,24) = 1,670$ ,  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,10$ ), y en la dirección ML ( $F(2,24) = 1,255$ ,  $p > 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,12$ ). Sólo siete de cada diez participantes en el grupo de novatos pudieron realizar la postura de punta de pie, mientras que todos los participantes de los grupos deportivos pudieron hacerlo.

## DISCUSIÓN

---

Investigaciones anteriores han demostrado que la experiencia en el deporte da como resultado un control postural superior [14,18,19,28,29], aunque el efecto de la cantidad de contacto dentro de esos deportes sobre el control postural aún no se había establecido. Además, en todas investigaciones disponibles, los métodos para evaluar el equilibrio (basados en el campo y la plataforma de fuerza) y la complejidad de las tareas (bipodal, unipodal, ojos abiertos, ojos cerrados, sobre espuma) no han sido lo suficientemente consistentes como para hacer comparaciones directas [14]. El propósito de este estudio fue investigar si la participación de un atleta en un deporte de contacto como el fútbol resultó en un mejor control postural que aquellos que participaron en deportes de contacto limitado como el béisbol o aquellos que no participaron en ningún deporte. Se encontró un área de balanceo postural significativamente más baja para los jugadores de fútbol (deporte de contacto) en comparación con los jugadores de béisbol (contacto limitado) y los novatos (sin contacto), durante la postura unipodal y la postura unipodal\_espuma bajo la condición de ojos cerrados. Este resultado apoya la hipótesis de que la experiencia en el deporte de contacto tiene un impacto positivo en el control postural. El hecho de que el grupo de béisbol fuera comparable con el grupo de control contrasta con Davlin [30], quien encontró que la experiencia en el deporte resultó en un mejor equilibrio dinámico que los controles. También confirma que se requieren pruebas de equilibrio más difíciles que las utilizadas anteriormente [12,13] para determinar las diferencias entre los distintos niveles de contacto en los diferentes deportes. Sin embargo, se encontró un desempeño postural comparable entre los tres grupos durante la postura de punta de pie. En particular, ninguno de los participantes pudo adoptar la postura de punta de pie cuando se eliminó la visión. Este resultado sólo apoya parcialmente la hipótesis de que a medida que la tarea se vuelve más difícil, los beneficios de la experiencia en el deporte de contacto se hacen más pronunciados en las posturas unipodales (Fig. 3).

Se puede desarrollar una mayor estabilidad postural con la diversa naturaleza de la experiencia en el deporte, similar a la de ser entrenado en una superficie inestable en comparación con una superficie estable [29] y que requiere un "equilibrio dinámico" en lugar de un "equilibrio estático" [19]. Los resultados mencionados anteriormente sólo pueden mostrar que la experiencia del contacto beneficia el control postural en general. Todavía no se ha establecido si la cantidad de experiencia de contacto llevaría a efectos diferenciales en el control postural. Por lo tanto, se realizaron estadísticas adicionales (ANOVA bidireccional) en las distinguidas posturas unipodal y unipodal\_espuma sin visión, entre los grupos de fútbol y béisbol. Tanto las velocidades del COP como el AOS (ML y AP) en el grupo de fútbol fueron significativamente menores que en el grupo de béisbol ( $F(1,36) = 13,220$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,27$ ;  $F(1,36) = 8,915$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,20$ ;  $F(1,36) = 11,878$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,25$ ) (Fig 5). Esto, junto con los resultados anteriores, confirmó la hipótesis de que el grupo de contacto demostró una mayor estabilidad postural que los grupos de contacto limitado y no deportistas, con especial atención a la condición de ojos cerrados en posturas unipodales. Estos resultados tienen implicaciones para el estudio del control postural en el deporte, ya que el nivel de experiencia y contacto experimentado por los participantes tendrá un efecto sobre el control postural. Es decir, se debe tener cuidado de evitar cualquier "sesgo deportivo de contacto" al seleccionar los grupos participantes.



**Figura 5.** La velocidad del COP en direcciones ML y AP en los grupos de fútbol, béisbol y novatos con los ojos cerrados en las posturas unipodal y unipodal\_espuma.

Se ha sugerido que para las personas sanas las contribuciones sensoriales a estar de pie quieto son 70% somatosensoriales, 20% vestibulares y 10% información visual [31,32]. En el presente estudio, el rendimiento postural empeoró cuando se eliminó la información visual (Fig. 2). También se observó que los jugadores de fútbol tenían una dependencia significativamente menor de la visión en comparación con los otros participantes, lo que sugeriría que eran más capaces de utilizar la información somatosensorial y vestibular cuando se eliminaba la visión. Este resultado es similar a los mostrados en un estudio sobre gimnastas y bailarines de Vuillerme et al. [16], quienes sugirieron que los gimnastas son capaces de usar la información sensorial restante para mantener estable la postura incluso con la pérdida de la visión. Golomer et al. [33] y Paillard y Noe [10] suponían que los jugadores de fútbol y los bailarines de ballet eran capaces de cambiar el dominio sensoriomotor de la visión a la propiocepción. Es interesante que las habilidades específicas del equilibrio se practican a menudo en gimnasia y danza, lo que podría resultar en una utilización más eficiente de la información sensorial vestibular y propioceptiva. Sin embargo, se supone que el fútbol no debe resaltar ningún tipo de entrenamiento de equilibrio en particular, pero los jugadores parecen ser más capaces de pasar a sistemas de propiocepción y vestibulares cuando la visión no está disponible, en comparación con los jugadores de béisbol y los participantes no entrenados. Bressel et al. [34] también informaron que los jugadores de fútbol y los gimnastas no difirieron en los tests de equilibrio. Probablemente, el entrenamiento de contacto físico funciona bien para mejorar el control postural. Perrin et al. [12] encontraron que los jugadores de judo, un deporte que sería definido como un deporte de colisión, se desempeñaban mejor que los bailarines en postura bipodal con los ojos cerrados. Se podría argumentar que el judo, a diferencia del fútbol, implica un entrenamiento de equilibrio específico, ya que uno de los objetivos de este deporte es evitar ser derrocado por un oponente. Además, el estudio [12] no dice cómo se comparan los deportes con contacto más limitado.

Investigaciones anteriores han señalado que los jugadores de fútbol demuestran un equilibrio superior en comparación con los jugadores de baloncesto y los controles [11,34,35,36]. El baloncesto podría ser clasificado en el grupo de deportes de contacto, sin embargo, dado que el contacto excesivo es penalizado por el árbitro, y dada la evidencia de estudios previos, caería en el grupo de contacto limitado junto con deportes como el béisbol y el squash. Una vez más, es difícil comparar directamente los resultados debido al número limitado de condiciones utilizadas y a las pruebas predominantemente basadas en el campo. Aunque el presente experimento tuvo el objetivo de resolver este problema, aún existen limitaciones en el presente estudio. La cohorte actual de participantes procedía de deportistas universitarios y era relativamente baja en número. Sin embargo, los deportistas universitarios han sido ampliamente utilizados en la bibliografía [14,28,34,35,37] y todos los participantes han recibido un entrenamiento extensivo en su único deporte durante muchos años. Aunque hubiera sido ideal tener un tamaño de muestra más grande, los tamaños del efecto encontrados en el presente estudio



fueron significativos [26], y basados en una revisión del área [14], la mayoría de los estudios que comparan el equilibrio en una variedad de deportes también han tenido tamaños de muestra comparativamente pequeños [2,10,11,13,14,16,34,35,37,38].

Lo que sigue sin estar claro es si, al tener una postura difícil, los efectos sobre el control postural podrían surgir de cambios en el área de la base de apoyo, las superficies de apoyo o ambas. Por lo tanto, la introducción de un área de apoyo menor podría revelar un fenómeno más complejo entre los sujetos. Sin embargo, los jugadores de fútbol no fueron más estables en la postura de punta de pie en la condición de ojos abiertos. Existen dos posibilidades: una es que la tarea de ponerse en punta de pie es abrumadora para todos los participantes, lo cual se apoya en los ensayos completamente fallidos de estar en punta de pie con los ojos cerrados en el presente estudio. La otra es que los participantes estaban usando una estrategia de control (por ejemplo, estrategias de tobillo y cadera) para la postura bipodal en la condición de postura de punta de pie. Nolan & Kerrigan [20] concluyeron que a pesar de más correcciones en bucle abierto, no hubo diferencias significativas en el control en bucle cerrado entre la posición de punta de pie y la bipodal. El hallazgo actual de un rendimiento postural comparable entre los tres grupos en la postura bipodal puede apoyar indirectamente esta última posibilidad (Figs. 2, 3 y 4). Este hallazgo también es consistente con los resultados de estudios previos en los que se ha demostrado que la experiencia de entrenamiento específico tiene un pequeño efecto sobre el control postural fino en la postura bipodal [1,2]. Por lo tanto, se encontró que la postura bipodal es limitada para revelar diferencias en la estabilidad postural debido a la transferencia de un entrenamiento particular [39,40,41]. Esto se debe probablemente a que la estimulación somatosensorial está por debajo del umbral fisiológico, lo que conduce a un proceso intermitente [42,43,44]. Esto implica que al intentar establecer diferencias en el control postural entre los jugadores de varios deportes es necesario diseñar pruebas que sean adecuadamente difíciles.

Se puede argumentar que tener un AOS más pequeña y velocidades del COP más bajas es indicativo de participantes que poseen un control de postura constante dentro de un entorno cambiado. Los resultados del análisis adicional apoyan esta opinión, con un balanceo postural significativamente menor en el grupo de deportes de contacto en comparación con el grupo de contacto limitado bajo la condición de no visión. Biec & Kuczynski [17] propusieron que los jugadores de fútbol exhibieran estrategias posturales diferentes a las de los novatos, con una menor tasa de correcciones posturales, más control de la retroalimentación y una mayor automaticidad postural. Como Deveau y cols. [45] informaron, el entrenamiento específico altera el cerebro para que sea más capaz de responder a situaciones de la vida real. Más específicamente, los jugadores de fútbol que fueron empujados fuera de equilibrio en tales situaciones reaccionarían de una manera que se asemeja mucho al entrenamiento del equilibrio, particularmente cuando el equilibrio original se rompió por un disturbio externo. Así, la propiocepción y los sistemas sensoriales vestibulares son evocados y proporcionan los canales de entrada necesarios para la información sensorial cuando los jugadores de fútbol están trabajando en el control del balón y combatiendo la perturbación física de un oponente. Esto ayudaría a explicar por qué los jugadores de fútbol son más capaces de hacer frente a la pérdida de información visual. En ese sentido, el entrenamiento en deportes de contacto como el fútbol puede mejorar las funciones propioceptivas y vestibulares relevantes para mantener el equilibrio, ya que la reponderación sensorial ocurre cuando los sistemas sensoriales cambian con las condiciones ambientales [24,46].

No está claro si los jugadores de fútbol son mejores en la detección de información sensorial relevante o si son más capaces de responder a la información en comparación con los jugadores de béisbol, debido a que han adquirido diferentes estrategias de control postural. Según Horak [32], hay dos tipos principales de estrategias de movimiento que se utilizan para mantener el equilibrio durante la postura quieta: la estrategia del tobillo y la estrategia de la cadera. Se ha sugerido que la primera estrategia se utiliza para pequeñas perturbaciones en situaciones como la posición bipodal, y la segunda estrategia se utiliza para perturbaciones más grandes, como en la posición de talón-punta del pie [47]. En la misma postura imperturbable sobre una superficie dura o con un soporte de espuma, Measure et al. [48] confirmaron que los expertos en entrenamiento deportivo preferían la estrategia del tobillo, pero los controles optaron por utilizar la estrategia de la cadera. Por lo tanto, la selección de la estrategia postural parece estar relacionada con la experiencia previa en el deporte, de modo que para una situación dada el jugador es capaz de seleccionar la estrategia más apropiada para responder a la perturbación [32,49,50].

## CONCLUSIÓN

Se encontró que los participantes involucrados en deportes con contacto físico (fútbol) tenían un control postural superior en comparación con los participantes involucrados en deportes con contacto limitado (béisbol). Esto fue particularmente evidente durante la postura unipodal más difícil. La participación rutinaria en deportes que involucran contacto físico parece ser un método efectivo para entrenar la plasticidad propioceptiva y vestibular para el control de la postura, particularmente cuando la visión está ausente.

## REFERENCIAS

1. Vuillerme N, Nougier V. (2004). Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Res Bull* 2004; 63: 161-165. *pmid:15130706*
2. Asseman FB, Caron O, Crémieux J. (2008). Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait Posture* 2008; 27: 76-81. *pmid:17337190*
3. Gautier G, Thouvarecq R, Larue J. (2008). Influence of experience on postural control: effect of expertise in gymnastics. *J Motor Behav* 2008; 40: 400-408.
4. Gautier G, Thouvarecq R, Vuillerme N. (2008). Postural control and perceptive configuration: influence of expertise in gymnastics. *Gait Posture* 2008; 28: 46-51. *pmid:17976990*
5. Bruyneel V, Mesure S, Paré JC, Bertrand M. (2010). Organization of postural equilibrium in several planes in ballet dancers. *Neurosci Lett* 2010; 485: 228-32. *pmid:20849927*
6. Garcia C, Barela JA, Viana AR, Barela AMF. (2011). Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neurosci Lett* 2011; 492: 29-32. *pmid:21276829*
7. Massion J. (1994). Postural control system. *Curr Opin Neurobiol* 1994; 4: 877-87. *pmid:7888772*
8. Stoffregen TA, Riccio GE. (1988). An ecological theory of orientation and the vestibular system. *Psychol Rev* 1988; 95: 3-14. *pmid:3281178*
9. Bardy BG, Marin L, Stoffregen TA, Bootsma RJ. (1999). Postural coordination modes considered as emergent phenomena. *J Exp Psychol Human* 1999; 25: 1284-301.
10. Paillard T, Noé F. (2006). Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16: 345-348. *pmid:16978254*
11. Matsuda S, Demura S, Nagasawa Y. (2010). Static one-legged balance in soccer players during use of a lifted leg. *Percept Motor Skill* 2010; 111: 167-177.
12. Patti A, Messina G, Palma R, Barcellona M, Brusa J, Iovane A, et al. (2018). Comparison of posturographic parameters between young taekwondo and tennis athletes. *J Phys Ther Sci* 2018; 30: 1052-1055. *pmid:30154599*
13. Perrin P, Deviterne D, Hugel F, Perrot C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait Posture* 2002; 15: 187-194. *pmid:11869913*
14. Hrysomallis C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sport Med* 2011; 41: 221-231.
15. Rice SG. (2011). Medical Conditions Affecting Sports Participation. *Pediatrics* 2001; 107: 1205-1209. *pmid:11331710*
16. Vuillerme N, Danion F, Marin L, Boyadjian A, Prieur JM, Weise I, et al. (2001). The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neurosci Lett* 2001; 303: 83-86. *pmid:11311498*
17. Bieć E, Kuczyński M. (2010). Postural control in 13-year-old soccer players. *Eur J Appl Physiol* 2010; 110: 703-8. *pmid:20582432*
18. Marchetti PH, Hartigan EH, Duarte M. (2012). Comparison of the Postural Control Performance of Collegiate Basketball Players and Nonathletes. *Athl Train Sports Heal Care* 2012; 4: 251-256.
19. Negahban H, Aryan N, Mazaheri M, Norasteh AA, Sanjari MA. (2013). Effect of expertise in shooting and Taekwondo on bipedal and unipedal postural control isolated or concurrent with a reaction-time task. *Gait Posture* 2013; 38: 226-30. *pmid:23245642*
20. Nolan L, Kerrigan DC. (2004). Postural control: toe-standing versus heel-toe standing. *Gait Posture* 2004; 19: 11-15. *pmid:14741299*
21. Jacobs JV, Horak FB. (2007). Cortical control of postural responses. *J Neural Transm* 2007; 114: 1339-48. *pmid:17393068*
22. Dichgans J. (1972). Moving visual scenes influence the apparent direction of gravity. *Science* 1972; 178: 1217-1219. *pmid:4637810*
23. Lestienne F, Soechting J, Berthoz A. (1977). Postural readjustments induced by linear motion of visual scenes. *Exp Brain Res* 1977; 28: 363-384. *pmid:885185*
24. Nashner L, Berthoz A. (1978). Visual contribution to rapid motor responses during postural control. *Brain Res* 1978; 150: 403-407. *pmid:678978*
25. Ivanenko YP, Talis VL, Kazennikov OV. (1999). Support stability influences postural responses to muscle vibration in humans. *Eur J Neurosci* 1999; 11: 647-54. *pmid:10051765*
26. Geurts C, Nienhuis B, Mulder TW. (1993). Intrasubject variability of selected force-platform parameters in the quantification of postural control. *Arch Phys Med and Rehabil* 1993; 74: 1144-1150.
27. Cohen J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. *New York, NY: Routledge Academic*
28. Gerbino PG, Griffin ED, Zurakowski D. (2007). Comparison of standing balance between female collegiate dancers and soccer players. *Gait Posture* 2007; 26: 501-507. *pmid:17197186*
29. Williams DSB, Murray NG, Powell DW. (2016). Athletes who train on unstable compared to stable surfaces exhibit unique postural control strategies in response to balance perturbations. *J Sport Heal Sci* 2016; 5: 70-76.
30. Davlin CD. (2004). Dynamic balance in high level athletes. *Percept Motor Skill* 2004; 98: 1171-1176.
31. Peterka RJ. (2002). Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *J Neurophysiol* 2002; 88: 1097-1118. *pmid:12205132*
32. Horak FB. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* 2006; 35: ii7-ii11. *pmid:16926210*
33. Golomer E, Cre J, Dupui P, Isableu B. (1999). Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neurosci Lett* 1999; 267: 189-192. *pmid:10381008*
34. Bressel E, Yonker JC, Kras J, Heath EM. (2007). Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *J Athl Train* 2007; 42: 42-6. *pmid:17597942*
35. Thorpe JL, Ebersole KT. (2008). Unilateral balance performance in female collegiate soccer athletes. *J Strength Cond Res* 2008;

22: 1429-33. *pmid:18714247*

36. Feizollahi F, Azarbayjani M. (2015). Comparison of static and dynamic balance in amateur male athletes. *Sci J Rehab Med* 2015; 3: 89-98.
37. Schmit JM, Regis DI, Riley MA. (2005). Dynamic patterns of postural sway in ballet dancers and track athletes. *Exp Brain Res* 2005; 163: 370-8. *pmid:15655686*
38. Paillard T, Noe F, Riviere T, Marion V, Montoya R, Dupui P. (2006). Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *J Ath Train* 2006; 41: 172-6.
39. Hugel F, Cadopi M, Kohler F, Perrin PH. (1999). Postural Control of Ballet Dancers. *Physiol Biochem* 1999; 20: 86-92.
40. Kiefer AW, Riley M, Shockley K, Sitton C, Hewett TE, Cummins-Sebree S, et al. (2011). Multi-segmental postural coordination in professional ballet dancers. *Gait Posture* 2011; 34: 76-80. *pmid:21530267*
41. Casabona A, Leonardi G, Aimola E, La Grua G, Polizzi CM, Cioni M, et al. (2016). Specificity of foot configuration during bipedal stance in ballet dancers. *Gait Posture* 2016; 46: 91-97. *pmid:27131184*
42. Bottaro A, Casadio M, Morasso PG, Sanguineti V. (2005). Body sway during quiet standing: Is it the residual chattering of an intermittent stabilization process? *Hum Mov Sci* 2005; 24: 588-615. *pmid:16143414*
43. Bottaro A, Yasutake Y, Nomura T, Casadio M, Morasso P. (2008). Bounded stability of the quiet standing posture: An intermittent control model. *Hum Mov Sci* 2008; 27: 473-495. *pmid:18342382*
44. Blenkinsop GM, Pain MTG, Hiley MJ. (2016). Evaluating feedback time delay during perturbed and unperturbed balance in handstand. *Hum Mov Sci* 2016; 48: 112-120. *pmid:27155963*
45. Deveau J, Ozer DJ, Seitz AR. (2014). Improved vision and on-field performance in baseball through perceptual learning. *Curr Biol* 2014; 24: R146-7. *pmid:24556432*
46. Assländer L, Peterka RJ. (2014). Sensory reweighting dynamics in human postural control. *J Neurophysiol* 2014; 111: 1852-1864. *pmid:24501263*
47. Horak FB. (1987). Clinical Measurement of Postural Control in Adults. *Phys Ther* 1987; 67: 1881-1885. *pmid:3685116*
48. Mesure S, Amblard B, Crémieux J. (1997). Effect of physical training on head-hip coordinated movements during unperturbed stance. *Neuroreport* 1997; 8: 3507-3512. *pmid:9427316*
49. Burleigh AL, Horak FB, Malouin F. (1994). Modification of postural responses and step initiation: Evidence for goal-directed postural interactions. *J Neurophysiol* 1994; 72: 2892-2902. *pmid:7897497*
50. Runge CF, Shupert CL, Horak FB, Zajac FE. (1999). Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait Posture* 1999; 10: 161-170. *pmid:10502650*

## Cita Original

Liang Y, Hiley M, Kanosue K (2019) The effect of contact sport expertise on postural control. PLoS ONE 14(2): e0212334. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212334>