

Artículo Original

Comparación de mediciones clínicas e instrumentadas de control postural entre personas con y sin inestabilidad crónica de tobillo

MSc. Felipe H Palma T.^{1,*}; Lic. Consuelo Puentes-Valladares¹; Lic. Luca Zuccone-Zamora¹; MSc. Óscar D. Valencia C.¹; PhD. Rodrigo Guzmán-Venegas¹

¹ Laboratorio Integrativo de Biomecánica y Fisiología del Esfuerzo (LIBFE), Escuela de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad de los Andes, Santiago, Chile.

* Autor para correspondencia: Felipe Hernán Palma Traro. Laboratorio Integrativo de Biomecánica y Fisiología del Esfuerzo, Escuela de Kinesiología, Universidad de los Andes. Mons. Álvaro del Portillo #12.455, Santiago, Chile. Email: fpalma@uandes.cl. Teléfono: +56940132267.

Resumen: Introducción: Actualmente, existen indicadores tanto clínicos como instrumentados, que permiten distinguir a personas con y sin inestabilidad crónica de tobillo (ICT). Sin embargo, existe poca evidencia que evalúe el comportamiento de variables instrumentadas durante una perturbación con este fin. Conocer esto puede ser de gran importancia, tanto para la realización de evaluaciones preventivas como para el seguimiento de estos pacientes. Objetivo: Comparar variables clínicas e instrumentadas de control postural entre personas con y sin ICT. Material y método: En 21 voluntarios (12 sin y 9 con ICT) se evaluaron pruebas clínicas de control postural, incluyendo: Star Excursion Balance Test, Side Hop Test, Time in Balance Test y Foot Lift Test. Luego, se tomaron mediciones instrumentadas, obtenidas a través del desplazamiento del centro de presión (CDP) previo y posterior a una perturbación. Estas fueron comparadas a través de una prueba t-Student, y su tamaño de efecto se calculó a través de la d de Cohen. Resultados: No hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos. Sin embargo, la velocidad mediolateral media y máxima del CDP posterior a una perturbación, el tiempo de recuperación anteroposterior y la dirección anteromedial del Star Excursion Balance Test mostraron un tamaño de efecto moderado entre grupos. Conclusión: No hubo diferencias entre personas con y sin ICT. Sin embargo, las variables instrumentadas tendieron a diferenciarse más entre ambos grupos.

Palabras clave: inestabilidad crónica de tobillo; control postural; esguince de tobillo; fenómenos biomecánicos

1. Introducción

El esguince de tobillo es una de las lesiones musculoesqueléticas más comunes a nivel mundial, con una incidencia de 1 cada 10.000 personas por día (1). Una posible consecuencia de esta lesión, asociada a la recidiva de ésta y a la presencia de los síntomas asociados de forma recurrente, es la inestabilidad crónica de tobillo (ICT) (2). Según el International Ankle Consortium (3), esta se podría definir como una condición en que los pacientes sufren esguinces de tobillo en forma repetida, además de reportar una sensación alterada en la posición del tobillo, en lo que se conoce como una sensación de giving way (3). Esto además, se suele vincular a una sensación de dolor en etapas agudas, e inestabilidad mecánica y funcional (4–6).

Desde un punto de vista fisiológico, la alteración de la sensación de estabilidad del tobillo se explica por deterioros residuales de la lesión inicial a nivel ligamentoso o estructural en la articulación, o una alteración en el control neuromuscular del tobillo (4–7). La evidencia indica este tipo de deterioros asociados a una disminución de la propiocepción y una respuesta muscular enlentecida, generando un déficit en el control postural (5–8). Por tanto, la ICT al afectar el control

postural de las personas, puede resultar en una limitante para realizar diferentes actividades físicas, además de aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

Lo anterior ha llevado a desarrollar pruebas clínicas e instrumentadas que identifiquen alteraciones del control postural en personas con ICT. Las primeras, corresponderían a todas aquellas pruebas utilizadas frecuentemente en la atención de pacientes, y que utilizan solo elementos de bajo costo (9). Aquí destacan pruebas como el Star Excursion Balance Test (SEBT) (9–15), Side Hop Test (9,16), Time-in Balance Test (9,11,12), Foot Lift Test (9,11,12), entre otras. Por su parte, las pruebas instrumentadas serían todas aquellas mediciones que utilizan equipos de mediano o alto costo, generalmente plataformas de fuerza o posturografos, con el fin de registrar de forma más objetiva distintos marcadores de control postural (9). En este punto, las mediciones asociadas al desplazamiento del centro de presión (CDP) han sido ampliamente utilizadas (9,17,18). Sin embargo, la mayoría de las veces, estas variables se han medido a través de posturografía estática, es decir, con el paciente posicionado sobre la plataforma, intentando mantener su cuerpo y el CDP lo más estático posible (9,14,17,19,20). Otras veces, también es evaluado a través de los límites de estabilidad, donde el paciente intenta inclinar su cuerpo en todas las direcciones sin despegar los pies del suelo, desplazando su CDP lo más cerca posible del límite de la base de sustentación (9,21). Ambas formas de evaluar el comportamiento del CDP podrían no ser suficientes para evaluar de forma precisa las posibles alteraciones del control postural en personas con ICT, ya que las alteraciones relacionadas a los tiempos de reacción alterados no estarían siendo evaluadas en ambos casos. Frente a esto, algunos autores han propuesto la evaluación de la estabilidad a través de perturbaciones posturales, cuantificando el tiempo de respuesta de la persona, la velocidad de reacción de los músculos del tobillo y el comportamiento del CDP (21–25). De esta forma, se podría evaluar de forma más sensible el control postural y sus posibles alteraciones asociadas a la ICT (21,26). Según lo planteado, el objetivo del presente estudio buscó comparar las variables clínicas e instrumentadas de control postural entre personas con y sin ICT. Nosotros hipotetizamos que deberían hallarse mayores diferencias en las pruebas relacionadas al movimiento del CDP frente a perturbaciones, más que en las pruebas clínicas, ya que las primeras debieran ser más objetivas y debiesen evaluar más variables relacionadas a la ICT. De ser cierto esto, los resultados de este estudio podrían favorecer el desarrollo de estrategias preventivas en estos pacientes, incluyendo dentro de las baterías de evaluación las pruebas de perturbación antes mencionadas, ya que permitirían evaluar componentes de inestabilidad de un punto de vista más funcional y objetivo. Además, sería de gran interés clínico enfocar el tratamiento en la modificación de las variables que resulten ser más diferenciadoras entre ambos grupos. De esta forma, dichas variables podrían ser incluidas dentro de las mediciones de evolución clínica de los pacientes con ICT.

2. Material y método

A través de un estudio de corte transversal, se evaluaron voluntarios de entre 18 y 45 años, divididos en dos grupos: sin ICT ($n=12$) y con ICT ($n=9$). Se consideró ICT a aquellos voluntarios que presentaran los criterios planteados por Gribble et al.(3): historial de al menos un esguince de tobillo importante; sensación subjetiva de falta de estabilidad (conocido en inglés como *giving way*) en al menos dos ocasiones durante los seis meses previo al reclutamiento; se excluye a aquellas personas con cirugías de extremidad inferior, fracturas, o lesiones en otras articulaciones ajenas al tobillo; entre otros criterios. También fueron excluidos aquellos voluntarios que consumían fármacos o presentaran otras alteraciones musculoesqueléticas o sensoriales que pudiesen afectar el rendimiento de las pruebas. Todas las evaluaciones fueron desarrolladas una vez que los voluntarios dieron su aprobación a través de la firma de un consentimiento informado, aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de los Andes.

Las evaluaciones se llevaron a cabo en dos sesiones, separadas por menos de tres días entre ellas. La primera sesión se llevó a cabo en un gimnasio, donde se evaluaron las siguientes pruebas clínicas de control postural:

- Star Excursion Balance Test: Se llevó a cabo siguiendo el protocolo propuesto por Hertel et al. (10) y utilizado por Linens et al (9). Los voluntarios se pararon sobre su extremidad con ICT o la no dominante según grupo, con los ojos abiertos y las manos sobre la cintura, e intentaban alcanzar lo más lejos posible con la punta del pie de la extremidad contralateral, en las direcciones anteromedial, medial y posteromedial (Figura 1A). La distancia se expresó como porcentaje de la longitud de la extremidad inferior de cada voluntario.
- Side Hop Test: Se llevó a cabo siguiendo el método de Linens et al. (9) y utilizado por Docherty et al (16). Los voluntarios se encontraban descalzos y se paraban sobre la extremidad con ICT o la no dominante, y debían saltar horizontalmente una distancia marcada de 30cm en el menor tiempo posible (Figura 1B). Se debían realizar 10 saltos consecutivos en dirección medial y lateral, mientras el evaluador cronometraba la prueba.
- Time in Balance Test: El voluntario debía pararse en su extremidad con ICT o la no dominante, con las manos en las caderas y los ojos cerrados. La pierna apoyada debía mantenerse en una leve flexión de rodilla, mientras que la pierna contralateral se mantenía en una leve flexión de cadera y rodilla (Figura 1C). Debían mantenerse en esa posición por el mayor tiempo posible, sin que haya cambios en la posición del pie apoyado o que toque el suelo con el otro pie, durante un tiempo máximo de 60 segundos (9).
- Foot Lift Test: Se mantiene la misma postura y condición de ojos cerrados de la prueba anterior. Sin embargo, en esta prueba, el voluntario permanece durante 30 segundos en dicha posición, y se contabilizan la cantidad de errores en cada intento, tales como cambios en el apoyo del pie o contacto de suelo con la pierna elevada (27).

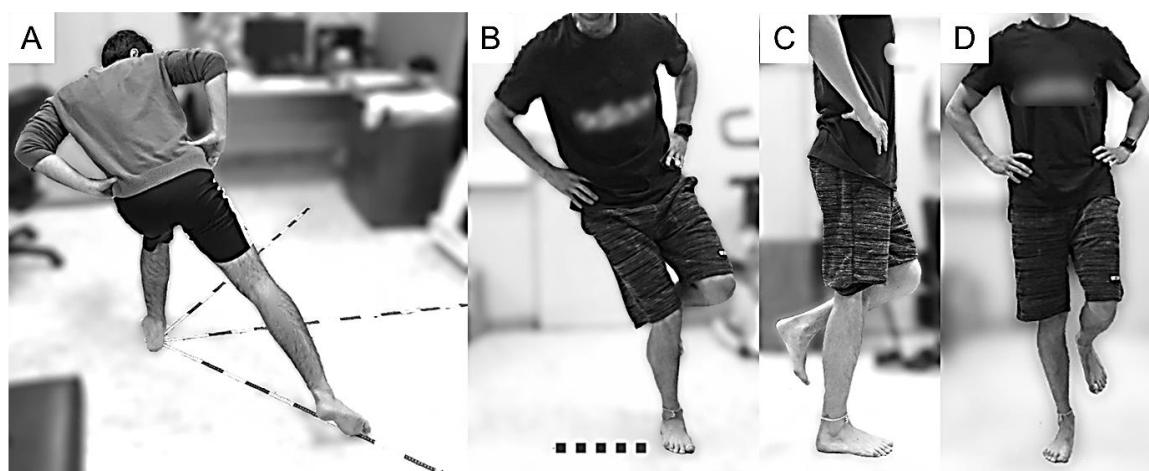


Figura 1. Ejecución de las distintas pruebas clínicas de control postural. (A) Star Excursion Balance Test, indicando las direcciones de alcance anteromedial, medial y posteromedial; (B) Side Hop Test, indicando los 30 cm que la persona debía saltar en sentido mediolateral; Visión sagital (C) y frontal (D) para ejecutar las pruebas de Time in Balance Test y Foot Lift Test.

La segunda sesión se realizó en un laboratorio de ambiente controlado, donde se evaluaron las variables obtenidas a través del desplazamiento del CDP posterior a una perturbación. Para esto, se solicitó al voluntario ubicarse de pie sobre una plataforma de posturografía (Balance Check Bertec, USA), con los brazos cruzados en el pecho. La pelvis de la persona se encontraba atada a un cinturón, el cual se encontraba unido a un electroimán a través de un cable pretensado (Figura 2). La persona mantenía una postura de inclinación anterior (10° de dorsiflexión), de manera que descargaba parte de su peso corporal en el cable. De esta forma, al apagar súbitamente el

electroimán el participante recibió una perturbación postural en el sentido anteroposterior. La persona debía realizar una estrategia de tobillo para volver a la posición original. Se tomó registró el desplazamiento del CDP y todas sus derivadas (desplazamiento, velocidad, tiempo de frenado), previo y posterior a la perturbación, como indicadores de control postural. Se realizaron las pruebas necesarias hasta obtener cinco mediciones exitosas, es decir, sin que la persona perdiera el equilibrio y tuviera que utilizar una estrategia de cadera o de dar un paso. Durante el desarrollo de las pruebas, un investigador evaluó constantemente la adecuada realización de la prueba.

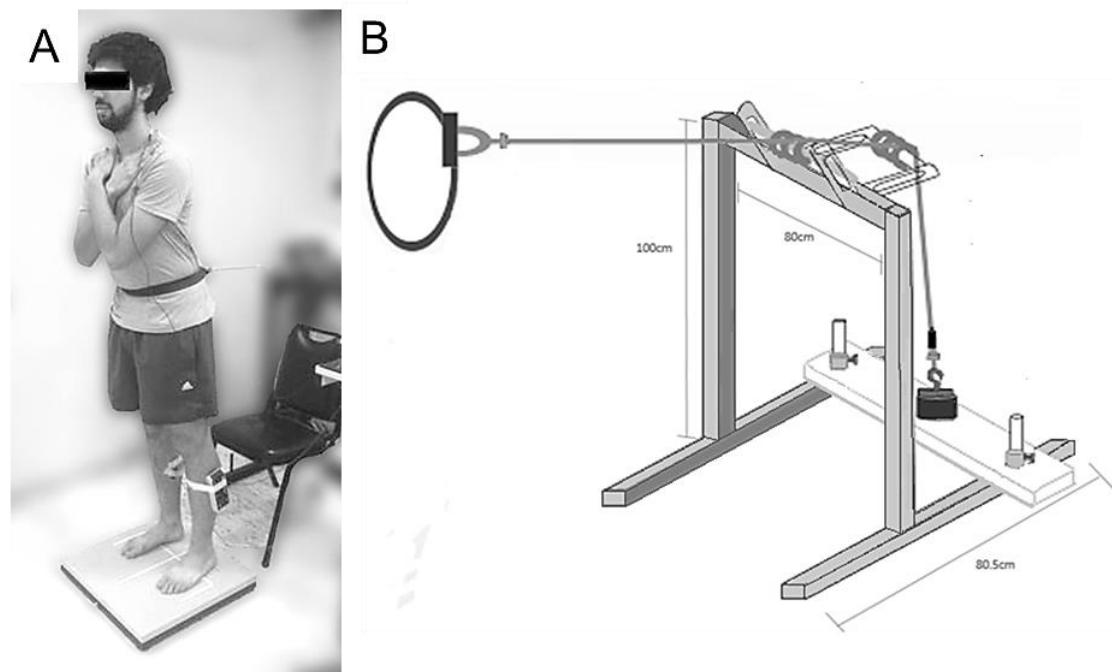


Figura 2. Ejecución de las pruebas instrumentadas de control postural. (A) Persona en posición previo a la perturbación anterior; (B) Estructura de poleas que fijaba a la persona a través de un cinturón con un electroimán. Al apagar el electroimán la persona sufría una perturbación hacia anterior.

Se evaluó el desplazamiento, velocidad media y velocidad máxima del CDP en sentido anteroposterior y mediolateral. Adicionalmente, se determinó el tiempo de respuesta de cada persona al frenar el desplazamiento del CDP posterior a la perturbación. Todas las mediciones post-perturbación se realizaron desde el momento de perturbación hasta el punto en que la persona estabilizó su CDP (25). Además, se evaluó la variabilidad del desplazamiento y velocidad del CDP previo a la perturbación, como lo propuso Rajachandrakumar et al (24). Estas mediciones se registraron en los 2.5 segundos previos a la perturbación. La mediana de las cinco pruebas se consideró como dato representativo de cada voluntario, tanto para las variables previas como posteriores a la perturbación.

Las variables fueron descritas a través de su media y desviación estándar dada su distribución estadística, y luego fueron comparadas entre ambos grupos a través de una prueba t-student. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas a aquellas con $p < 0.05$. También se calculó el tamaño de efecto de cada variable a través de la d de Cohen, categorizándose como efectos leves ($d > 0.2$), moderados ($d > 0.5$) o altos ($d > 0.8$). Todos los análisis fueron desarrollados en el programa STATA 14/IC (Stata Corp, USA).

3. Resultados

Se evaluó a un total de 21 voluntarios: 12 en el grupo sin ICT (7 hombres, 5 mujeres, edad 23.4 ± 1.8 años, estatura 1.67 ± 0.09 m) y 9 en el grupo con ICT (6 hombres, 3 mujeres, edad 24.1 ± 2.9 años, estatura 1.76 ± 0.10 m).

No hubo diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las evaluaciones, tanto clínicas como instrumentadas, entre personas sanas y personas con ICT ($p > 0.05$, Tabla 1). Con respecto a los tamaños de efecto de las variables instrumentadas, la velocidad media en dirección mediolateral ($d = 0.74$), velocidad máxima mediolateral ($d = 0.72$) y el tiempo de recuperación anteroposterior ($d = 0.73$) presentaron tamaños de efecto moderados entre ambos grupos. Otras variables relacionadas al CDP presentaron un efecto leve ($0.2 < d < 0.5$).

Tabla 1. Comparación de variables clínicas e instrumentadas entre personas con (n=9) y sin ICT (n=12). Valores expresados como media \pm desviación estándar.

Evaluaciones	Tipo	Sanos (N=12)	ICT (n=9)	Tamaño de efecto (d)	p value
SEBT (%)	Clínica				
- Anteromedial		94.0 ± 3.9	90.5 ± 9.1	0.55	0.2472
- Medial		92.8 ± 6.1	93.4 ± 10.3	0.08	0.8647
- Posteromedial		93.6 ± 8.1	94.2 ± 13.0	0.06	0.8965
<i>Side Hop Test [s]</i>	Clínica	9.0 ± 4.2	9.4 ± 5.0	0.09	0.8426
<i>Time-in Balance [s]</i>	Clínica	33.8 ± 20.5	31.8 ± 22.3	0.10	0.8312
<i>Foot Lift Test [n]</i>	Clínica	5.8 ± 5.7	6.8 ± 4.6	0.20	0.6691
Post-perturbación anterior					
- Desplazamiento AP [m]	Instrumentada	0.108 ± 0.029	0.118 ± 0.026	0.37	0.4348
- Desplazamiento ML[m]	Instrumentada	0.031 ± 0.015	0.026 ± 0.011	0.35	0.4521
- Velocidad media AP [m/s]	Instrumentada	0.368 ± 0.119	0.351 ± 0.149	0.13	0.7807
- Velocidad media ML [m/s]	Instrumentada	0.066 ± 0.046	0.041 ± 0.010	0.74	0.1237
- Velocidad máx. AP [m/s]	Instrumentada	0.799 ± 0.330	0.677 ± 0.303	0.40	0.3978
- Velocidad máx. ML [m/s]	Instrumentada	0.115 ± 0.093	0.066 ± 0.018	0.72	0.1307
Tiempo_AP[ms]	Instrumentada	271.7 ± 47.1	338.3 ± 134.6	0.73	0.1258
Tiempo_ML[ms]	Instrumentada	150.8 ± 91.1	122.4 ± 63.1	0.37	0.4340
Pre-perturbación anterior	Instrumentada				
DE AP [mm]	Instrumentada	1.00 ± 0.54	0.87 ± 0.65	0.23	0.6271
DE ML [mm]	Instrumentada	1.25 ± 0.45	1.43 ± 0.75	0.31	0.5127
DE AP [mm/s]	Instrumentada	12.69 ± 8.01	11.84 ± 6.70	0.12	0.8006
DE ML [mm/s]	Instrumentada	6.91 ± 2.61	6.73 ± 3.15	0.06	0.8901

AP = Anteroposterior; ML = Mediolateral; DE = Desviación estándar

4. Discusión

El objetivo del estudio fue comparar y determinar la magnitud de las diferencias en las mediciones clínicas e instrumentadas de control postural en personas con y sin ICT. Según los resultados, se puede observar que las mediciones clínicas e instrumentadas seleccionadas en el presente estudio no muestran diferencias entre personas con y sin ICT. Sin embargo, al analizar el tamaño de efecto de las comparaciones, se observa que las variables instrumentadas presentan mayores efectos, sobre todo aquellas post-perturbación relacionadas al tiempo de recuperación del desplazamiento anteroposterior, y al desplazamiento mediolateral. Una posible explicación a este fenómeno es que las comparaciones hayan tenido un bajo poder estadístico debido al limitado tamaño muestral. De ser así, los tamaños de efecto sugieren que en muestras de mayor tamaño, se podrían esperar diferencias estadísticamente significativas al comparar estas variables en ambos grupos. Además, el hecho de que las pruebas clínicas hayan demostrado tamaños de efecto leve demuestra que estas variables tenderían a diferenciarse menos entre personas con y sin ICT. Esto discrepa de otros estudios que han analizado variables clínicas e instrumentadas en personas con y sin ICT. Linens et al. (9) hallaron tamaños de efecto superiores en las pruebas clínicas como el Time-in Balance Test y Foot Lift Test, en comparación a las variables calculadas a partir del CDP al comparar estos grupos. Sin embargo, en este último grupo de variables, ellos analizaron el movimiento del CDP en pruebas de posturografía estática, es decir, solicitando al voluntario mantenerse en una posición fija. Otros autores, como Ross et al (19), observaron que para diferenciar a personas con y sin ICT, la varianza explicada por las variables del CDP y de errores durante pruebas clínicas, similar a los medidos en el Foot Lift Test, son muy similares, y que idealmente ambas variables deberían analizarse en forma conjunta más que de forma aislada. Por su parte, Ko et al. (12) observaron algo similar, demostrando un mejor desempeño al analizar las pruebas clínicas de forma combinada. A partir de esto, se podría sugerir que las variables calculadas a partir del CDP, ya sea en condiciones estáticas o dinámicas, podrían ser de gran utilidad para distinguir a personas con y sin ICT, aunque idealmente se deben complementar con pruebas clínicas, que es donde demuestran su mayor potencia estadística. Lamentablemente, dado el bajo tamaño muestral esto fue imposible de aplicar en el presente estudio, pero investigaciones futuras deberían considerar fuertemente este punto.

Con respecto a las variables del CDP, aquellas relacionadas a la velocidad mediolateral del CDP fueron las que mostraron mayor tamaño de efecto ($d = 0.74$ y 0.72). Llama la atención este punto, ya que la perturbación fue principalmente en sentido anterior. Sin embargo, hallazgos similares ya se han evidenciado en otros estudios. Por ejemplo, se ha observado el movimiento del CDP en sentido mediolateral podría distinguir a personas con y sin ICT en posturografía estática bipodal (14), unipodal (20,25) y durante pruebas funcionales como el SEBT (13) o saltos (20). Junto con esto, la velocidad del CDP, independiente de su dirección, también ha demostrado ser un buen predictor de inestabilidad funcional, siendo muchas veces igual o mejor indicador que el desplazamiento del CDP (14,19,20). Por último, el tiempo necesario para frenar el desplazamiento anterior del CDP también mostró un efecto moderado ($d = 0.73$), lo que también ha sido observado de forma similar en otros estudios (21,27). Estos puntos podrían deberse a que los movimientos mediolaterales del tobillo, dados principalmente por la inversión y eversión de este, son los movimientos que más se alteran durante un esguince de tobillo, y por ende en ICT, dado principalmente por el daño que sufren los grupos ligamentosos laterales y mediales de esta articulación. De esta forma, se genera un retraso en la respuesta motora frente a una perturbación, lo que ocasionaría una mayor velocidad en el CDP, predominantemente en el sentido mediolateral, y en un mayor de tiempo de respuesta.

Al analizar específicamente el Star Excursion Balance Test, se pudo observar que la dirección anteromedial es la única que demostró un tamaño de efecto moderado entre ambos grupos ($d = 0.55$). Si bien, hay autores que también han demostrado que las otras direcciones no se diferencian

entre estos grupos (15), también otros autores se contraponen a esta idea, como Hertel et al. (10), quienes evidenciaron que las direcciones anteromedial, medial y posteromedial podrían ser capaces de diferenciar a personas con y sin ICT, sobre todo considerando la dirección medial. Sin duda, la evidencia existente no es consistente, por lo que al utilizar esta prueba como indicador de ICT, hay que ser muy cautos y considerar las críticas planteadas por otros autores. Por ejemplo, Pionnier et al. (13) criticaron la forma de medición de esta prueba, ya que generalmente los análisis se limitan a medir la distancia alcanzada por el deportista. Esto daría énfasis más bien en la capacidad del deportista de alcanzar, lo que además es influido por otras variables como la fuerza o flexibilidad, sin considerar la forma de ejecución de la prueba, lo cual podría asociarse de mejor forma a las alteraciones del control postural producidos por la ICT.

Por último, en el presente estudio las otras pruebas clínicas, como el Side Hop Test, Time-in Balance Test y Foot Lift Test, además de no mostrar diferencias significativas, describieron tamaños de efecto bajo al comparar ambos grupos. Esto se contrapone con diversos estudios donde sí se han observado diferencias importantes (9,11,12). Esta diferencia se podría deber a los criterios de selección utilizados por estos estudios para clasificar a aquellas personas con ICT, los cuales fueron más estrictos e incluyeron mayor número de pruebas, siendo más claras las diferencias entre ambos grupos. Para este mismo efecto, nuestro estudio consideró principalmente las recomendaciones sugeridas en el consenso propuesto por el International Ankle Consortium (3), pero al parecer, este criterio podría no ser suficiente para distinguir de forma clara ambos grupos. De esta forma, se podría sugerir que las diferencias en estas pruebas clínicas podrían ser evidentes solo en aquellos casos en que se comparan voluntarios extremadamente sanos, contra otros con muy claros signos de ICT, aunque se requieren más estudios para comprobar este punto.

Este estudio no estuvo exento de limitaciones. En primer lugar, el tamaño muestral parece haber resultado ser muy bajo para encontrar diferencias estadísticamente significativas, a pesar de los tamaños de efecto observados en ambos grupos. Es por esto, que futuros estudios similares debiesen intentar incluir tamaños de muestra mayores, de manera de poder realizar comparaciones con mayor potencia estadística. Además, se destaca una limitación técnica: las perturbaciones se realizaron únicamente en sentido anterior, pero tal como muestra la literatura, lo ideal sería poder evaluar este efecto en perturbaciones con distintas direcciones, principalmente mediolateral. Creemos que, en dicho escenario, las variables calculadas a partir del CDP podrían demostrar un mayor tamaño de efecto, y así, ser más importantes al momento de distinguir a personas con y sin ICT.

5. Conclusiones

En nuestra muestra no existieron diferencias al comparar pruebas clínicas e instrumentadas de control postural entre personas con y sin ICT. Al analizar los tamaños de efecto de estas variables, se puede observar que las pruebas instrumentadas calculadas a partir del CDP y el alcance anteromedial en el Star Excursion Balance Test, podrían ser más sensibles para distinguir a personas con ICT.

6. Conflictos de interés.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

7. Referencias

1. Anandacoomarasamy A, Barnsley L. Long term outcomes of inversion ankle injuries. *Br J Sports Med.* 2005;39(3):e14.
2. Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical contributions to chronic lateral ankle instability. *Sports Med.* 2006;36(3):263-277.
3. Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *Br J Sports Med.* 2014;48(13):1014-1018.
4. Sánchez Monzó C, Fuertes Lanzuela M, Ballester Alfaro JJ. Inestabilidad crónica de tobillo. Actualización. *Rev la Soc Andaluza Traumatol y Ortop.* 2015;32(2):19-29.
5. Caulfield B. Functional Instability of the Ankle Joint. *Physiotherapy.* 2000;86(8):401-411.
6. Bonnel F, Toullec E, Mabit C, Tourné Y, Sofcot. Chronic ankle instability: biomechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96(4):424-432.
7. Riemann BL. Is There a Link Between Chronic Ankle Instability and Postural Instability? *J Athl Train.* 2002;37(4):386-393.
8. Rahnama L, Salavati M, Akhbari B, Mazaheri M. Attentional demands and postural control in athletes with and without functional ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(3):180-187.
9. Linens SW, Ross SE, Arnold BL, Gayle R, Pidcoe P. Postural-stability tests that identify individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train.* 2014;49(1):15-23.
10. Hertel J, Braham RA, Hale SA, Olmsted-Kramer LC. Simplifying the star excursion balance test: Analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(3):131-137.
11. Linens SW, Ross SE, Arnold BL. Wobble Board Rehabilitation for Improving Balance in Ankles With Chronic Instability. *Clin J Sport Med.* 2016;26(1):76-82.
12. Ko J, Rosen AB, Brown CN. Comparison Between Single and Combined Clinical Postural Stability Tests in Individuals With and Without Chronic Ankle Instability. *Clin J Sport Med.* 2017;27(4):394-399.
13. Pionnier R, Découfour N, Barbier F, Popineau C, Simoneau-Buessinger E. A new approach of the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural control in people complaining from chronic ankle instability. *Gait Posture.* 2016;45:97-102.
14. Sefton JEM, Hicks-Little CA, Hubbard TJ, et al. Sensorimotor function as a predictor of chronic ankle instability. *Clin Biomech.* 2009;24(5):451-458.
15. Hoch MC, Staton GS, Medina McKeon JM, Mattacola CG, McKeon PO. Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport.* 2012;15(6):574-579.
16. Docherty CL, Arnold BL, Gansneder BM, Hurwitz S, Gieck J. Functional-Performance Deficits in Volunteers With Functional Ankle Instability. *J Athl Train.* 2005;40(1):30-34.

17. Moghadam M, Ashayeri H, Salavati M, et al. Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait Posture.* 2011;33(4):651-655.
18. Palmieri RM, Ingersoll CD, Stone MB, Krause BA. Center-of-Pressure Parameters Used in the Assessment of Postural Control. *J Sport Rehabil.* 2002;11(1):51-66.
19. Ross SE, Linens SW, Wright CJ, Arnold BL. Balance assessments for predicting functional ankle instability and stable ankles. *Gait Posture.* 2011;34(4):539-542.
20. Ross SE, Guskiewicz KM, Gross MT, Yu B. Balance measures for discriminating between functionally unstable and stable ankles. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(2):399-407.
21. Zhang L, Lu J, Cai B, Fan S, Jiang X. Quantitative assessments of static and dynamic balance performance in patients with chronic ankle instability. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(17):e19775.
22. Robbins SM, Caplan RM, Aponte DI, St-Onge N. Test-retest reliability of a balance testing protocol with external perturbations in young healthy adults. *Gait Posture.* 2017;58(May):433-439.
23. Lee Y-J, Liang J-N, Chen B, Ganesan M, Aruin AS. Standing on wedges modifies side-specific postural control in the presence of lateral external perturbations. *J Electromyogr Kinesiol.* 2017;36:16-24.
24. Rajachandrakumar R, Mann J, Schinkel-Ivy A, Mansfield A. Exploring the relationship between stability and variability of the centre of mass and centre of pressure. *Gait Posture.* 2018;63:254-259.
25. Hertel J, Olmsted-Kramer LC. Deficits in time-to-boundary measures of postural control with chronic ankle instability. *Gait Posture.* 2007;25(1):33-39.
26. dos Santos MJ, Gorges AL, Rios JL. Individuals with chronic ankle instability exhibit decreased postural sway while kicking in a single-leg stance. *Gait Posture.* 2014;40(1):231-236.
27. Hiller CE, Refshauge KM, Herbert RD, Kilbreath SL. Balance and recovery from a perturbation are impaired in people with functional ankle instability. *Clin J Sport Med.* 2007;17(4):269-275.