

Monograph

La Relación Entre el Rendimiento y el Movimiento del Tronco Durante el Cambio de Dirección

Shogo Sasaki^{1,2}, Yasuharu Nagano³, Satoshi Kaneko³, Takakuni Sakurai² y Toru Fukubayashi³¹Graduate School of Sport Sciences, Waseda University, Saitama, Japan.²Faculty of Health Sciences, Tokyo Ariake University of Medical and Health Sciences, Tokyo, Japan.³Faculty of Sport Sciences, Waseda University, Saitama, Japan.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue obtener datos de la cinemática del tronco durante una tarea de cambio de dirección y determinar la relación entre la cinemática del tronco y el rendimiento en el cambio de dirección. El diseño de esta investigación fue un estudio descriptivo de laboratorio. Doce jugadores masculinos de fútbol universitario en buen estado de salud (edad: 21.3 ± 1.0 años, masa corporal: 67.7 ± 6.7 kg y altura: 1.75 ± 0.05 m) participaron del presente estudio. Los participantes realizaron un test de ir y volver con un pivote de 180 grados con tanta rapidez como les fuera posible. Se midieron el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta, el tiempo de toma de contacto con el suelo durante el cambio de dirección y el ángulo de inclinación del tronco. El tiempo para completar la carrera de ida y vuelta tiende a guardar una relación positiva con el tiempo de toma de contacto con el suelo. Durante la tarea de cambio de dirección, el ángulo de inclinación del tronco hacia adelante aumentó de manera gradual durante el primer 50% de la fase de apoyo y luego disminuyó mientras se flexionaba el tronco, manteniendo una inclinación hacia la izquierda durante el 40% de la fase de apoyo y cambiando de manera exponencial en la dirección opuesta. El desplazamiento angular del tronco hacia adelante entre la toma de contacto de los pies y la inclinación máxima del tronco guardaron una relación positiva con el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta ($r = 0.61$, $p < 0.05$) y la toma de contacto con el suelo ($r = 0.65$, $p < 0.05$). Estos hallazgos sugieren que el rendimiento en el cambio de dirección podría estar relacionado con el pequeño desplazamiento angular del tronco durante un cambio de dirección. Además, se consideró que podría haber ángulos óptimos de inclinación relacionados con el rendimiento en el cambio de dirección. Por lo tanto, los entrenadores de los deportes de campo deberían controlar la postura corporal y los movimientos del tronco durante los cambios de dirección.

Palabras Clave: cinemática, desplazamiento angular, postura, estabilidad, deportes de campo

INTRODUCCIÓN

Los cambios de dirección son necesarios en muchos deportes de campo, e.g., fútbol, hándbol y básquetbol. En un juego competitivo, los jugadores de fútbol realizan un promedio de 50 giros por juego (Withers et al., 1982) y realizan un total de 723 ± 203 giros y fintas durante el juego de un partido (Bloomfield et al., 2007). Algunos investigadores han establecido que la habilidad para cambiar la dirección mientras se realiza un esprint es un factor determinante en el rendimiento de los deportes de campo (Sheppard y Young, 2006) o un pre-requisito para la participación exitosa en los deportes de campo de la actualidad (Brughelli et al., 2008). Además, la habilidad para cambiar de dirección es un factor clave para el

desarrollo de los jugadores de fútbol de elite, dado que es el indicador más fuerte para la identificación de talentos (Reilly et al., 2000).

Se ha propuesto que algunos factores como la velocidad de esprint, las cualidades de los músculos de las piernas, y la técnica están relacionados con la habilidad de cambiar de dirección (Young et al. 2002). Muchos investigadores han utilizado el análisis correlacional o los estudios de entrenamiento longitudinal relacionados con la velocidad de esprint (Draper y Lancaster, 1985; Little y Williams, 2005; Shiokawa et al., 1998; Young et al., 2001; Vescovi y McGuigan, 2008) y la fuerza y potencia de los músculos de las piernas (Davis et al., 2004; Hoffman et al., 2007; Markovic et al., 2007; Markovic, 2007; McBride et al., 2002; Young et al., 2002). Con respecto a la técnica del cambio de dirección, Young et al. (2002) propusieron que uno de los factores técnicos relacionados con el rendimiento en el cambio de dirección es la inclinación y la postura corporal. Sheppard et al. (2006) también reportaron que la inclinación del cuerpo hacia adelante o la técnica de ajuste postural cumplían una función clave en el rendimiento de un cambio de dirección. A través de la revisión de investigaciones, se llegó a la conclusión de que la inclinación y la postura del cuerpo son importantes para el rendimiento en el cambio de dirección. Sin embargo, estos estudios solo propusieron los factores que determinaron el rendimiento de la agilidad desde el aspecto técnico, no se presentó ningún dato con respecto a la inclinación y la postura corporal en relación con el rendimiento en el cambio de dirección. Se han realizado pocas investigaciones sobre la relación entre el factor de la técnica y la habilidad de cambiar de dirección.

El análisis biomecánico es esencial para evaluar el rendimiento en varios deportes. Las principales mediciones biomecánicas de rendimiento describen la cinemática (i.e., características del movimiento) o la cinética (i.e., características de la fuerza) del comportamiento del movimiento. Este método biomecánico es ideal para el análisis detallado de la técnica en relación con el rendimiento en los deportes de campo (Carling et al., 2009). Algunos estudios biomecánicos (Dempsey et al., 2007; 2009; Houck, 2003; Patla et al., 1999;) han obtenido información sobre la cinemática del tronco durante la tarea de cambio de dirección a fin de analizar la prevención de lesiones en la rodilla; no obstante, no se enfocaron en el rendimiento en el cambio de dirección. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue determinar la relación entre la cinemática del tronco durante un cambio de dirección y el rendimiento en el cambio de dirección. Se ha planteado la hipótesis de que la técnica de cambio de dirección evaluada mediante la utilización de los datos de la cinemática del tronco guardaría una relación con el rendimiento en el cambio de dirección.

MÉTODOS

Participantes

Doce jugadores masculinos de fútbol universitario en buen estado de salud (edad: 21.3 ± 1.0 años, masa corporal: 67.7 ± 6.7 kg y altura: 1.75 ± 0.05 m) participaron del presente estudio. Ninguno de los participantes sufría de dolor en las extremidades inferiores, tampoco tenían antecedentes de lesiones graves ni tratamientos quirúrgicos, ni síntomas subjetivos que pudieran interferir con las actividades deportivas. El estudio fue aprobado por el Cuerpo Docente del Comité de Ética de Ciencias Deportivas, Universidad de Waseda. Todos los participantes y, en caso necesario, sus padres, recibieron una explicación de todos los procedimientos experimentales y dieron su consentimiento informado antes del comienzo de las pruebas. Las investigaciones se realizaron de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Tarea Experimental

Después de una entrada en calor estandarizada, se les pidió a los participantes que realizaran el consiguiente test de ir y volver en el interior de las instalaciones experimentales. Los tests de ir y volver se llevaron a cabo bajo condiciones ambientales similares y se utilizaron los mismos calzados deportivos para carrera (Adidas Response Cushion, Herzogenaurach, Alemania). Los participantes corrieron en dirección recta durante 5 m, colocaron el pie de apoyo sobre la plataforma de fuerza de manera perpendicular a la dirección de movimiento inicial, y luego cambiaron de dirección para moverse 180 grados hacia la dirección de movimiento inicial (Figura 1). En este estudio se utilizó el test de ir y volver original con un pivote de 180 grados debido a las limitaciones experimentales de espacio, similar al test 505 (Draper y Lancaster, 1985). El test 505 es una medición válida y confiable de la habilidad de un individuo para realizar un único cambio de dirección. Esta prueba se ha utilizado en jugadores de nivel nacional (baloncesto, jockey, netball y tenis), que deben ser capaces de cambiar de dirección de manera habilidosa y ser ágiles (Ellis y Smith, 2000). El test de ir y volver original se diseñó sobre la base del test 505 y se colocó gran énfasis en la medición de la habilidad del jugador para desacelerar, cambiar de dirección y acelerar después de un cambio de dirección.

A fin de ajustarse al marco experimental, esta maniobra de cambio de dirección se realizó con la extremidad izquierda. La pierna dominante de todos los participantes era la derecha y por lo tanto, utilizaron esta pierna para patear el balón,

mientras utilizaban la pierna izquierda para apoyar el peso del cuerpo. A los sujetos se les ordenó que corrieran a la velocidad máxima y que cambiaran de dirección con tanta rapidez como les fuera posible. Se les permitió realizar varios intentos preparatorios para incorporar la técnica apropiada. Las mediciones continuaban hasta que se registraban tres intentos exitosos, con al menos 2 minutos de descanso entre los esfuerzos. Si los participantes no podían colocar el pie de manera perpendicular o se resbalaban durante un cambio de dirección, se excluían los intentos.

Recopilación de Datos

Para analizar el rendimiento en el cambio de dirección, se midieron el tiempo para completar una carrera de ida y vuelta y el tiempo de toma de contacto con el suelo durante la fase de postura del cambio de dirección de 180 grados. En este estudio, la fase de postura se definió como el momento en el que se colocaba el pie de apoyo sobre la plataforma de fuerza. El tiempo para completar una carrera de ida y vuelta se registró utilizando un sistema de cronometraje inalámbrico (Brower Timing Systems, Utah, EUA). El laboratorio contaba con una plataforma de fuerza (9287A; Kistler Japan Co., Ltd., Tokio, Japón). A los sujetos se les ordenó que cambiaran de dirección en 180 grados sobre la plataforma de fuerza. La fuerza vertical de reacción del suelo se utilizó para calcular el tiempo de toma de contacto con el suelo. Los datos de fuerza se registraron en 1000 Hz.

Se utilizó un sistema de análisis de movimiento de alta velocidad de ocho cámaras (Hawk; Motion Analysis Co., California, EUA) para registrar la cinemática 3D de los movimientos del tronco durante el cambio de dirección de 180 grados. Los datos del movimiento se registraron en 200 Hz.

Para recopilar los datos cinemáticos, se les colocaron a los participantes doce marcadores reflectores de 9 mm de diámetro en las siguientes referencias y segmentos: el manubrio del esternón, un proceso espinoso de la segunda vértebra torácica, ambos procesos del acromion, ambos puntos medios de la clavícula, la espina iliaca anterior y superior, la espina iliaca posterior y superior y en ambas crestas ilíacas. La colocación de estos marcadores se determinó en un estudio previo utilizando la técnica de conglomerado de puntos (Chaudhari et al., 2005). Los datos de la cinemática se analizaron durante la fase de cambio de dirección y cada tiempo de toma de contacto con el suelo se normalizó como un porcentaje.

Análisis de los Datos

El segmento del tronco se creó sobre la base de los datos de coordenadas obtenidos a partir de los marcadores. La actitud del segmento del tronco se determinó a partir del eje principal utilizando la técnica de conglomerado de puntos (Chaudhari et al., 2005; Andriacchi et al., 1998). Los ejes principales son *eigenectores* de la matriz del tensor de inercia de los marcadores agrupados. Al utilizar un sistema de conglomerados de marcadores sobre la piel, se supone que la técnica de conglomerado de puntos anula la interferencia que resulta de la deformación de la piel. Estudios previos han establecido la validez de la técnica de conglomerado de puntos (Chaudhari et al., 2005; Andriacchi et al., 1998). Siguiendo el procedimiento descrito por Chaudhari et al. (2005) y Andriacchi et al. (1998) se ha desarrollado un algoritmo de la técnica de conglomerado de puntos utilizando el programa IGOR Pro (Wave Metrics Inc., Oregon, EUA).

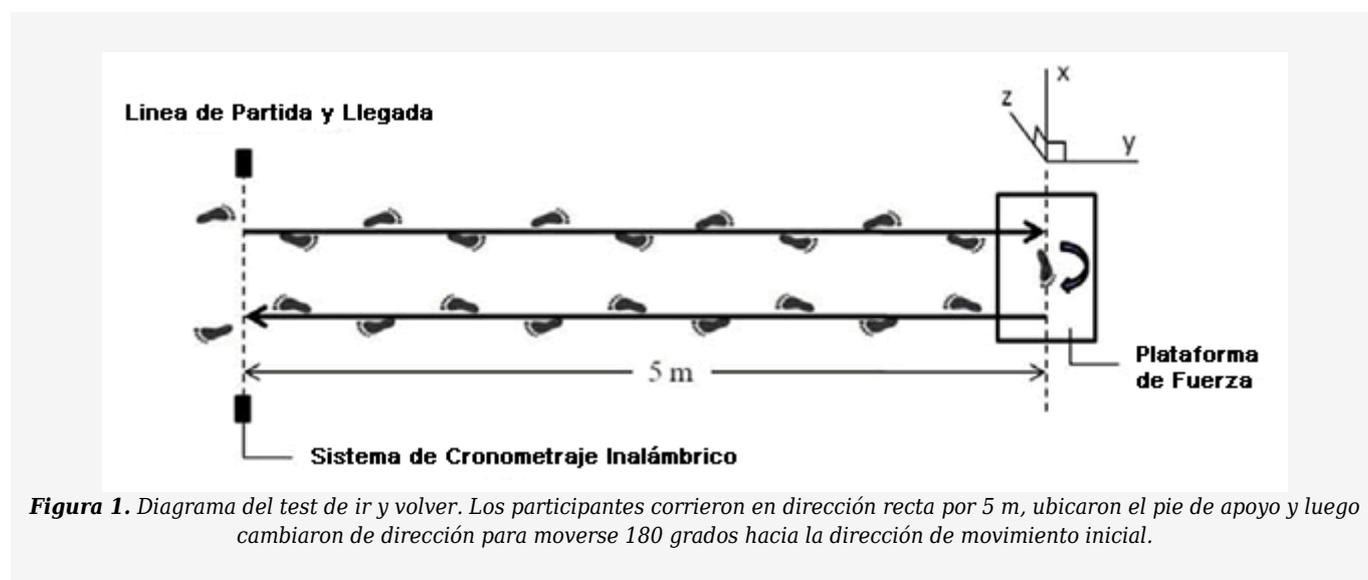


Figura 1. Diagrama del test de ir y volver. Los participantes corrieron en dirección recta por 5 m, ubicaron el pie de apoyo y luego cambiaron de dirección para moverse 180 grados hacia la dirección de movimiento inicial.

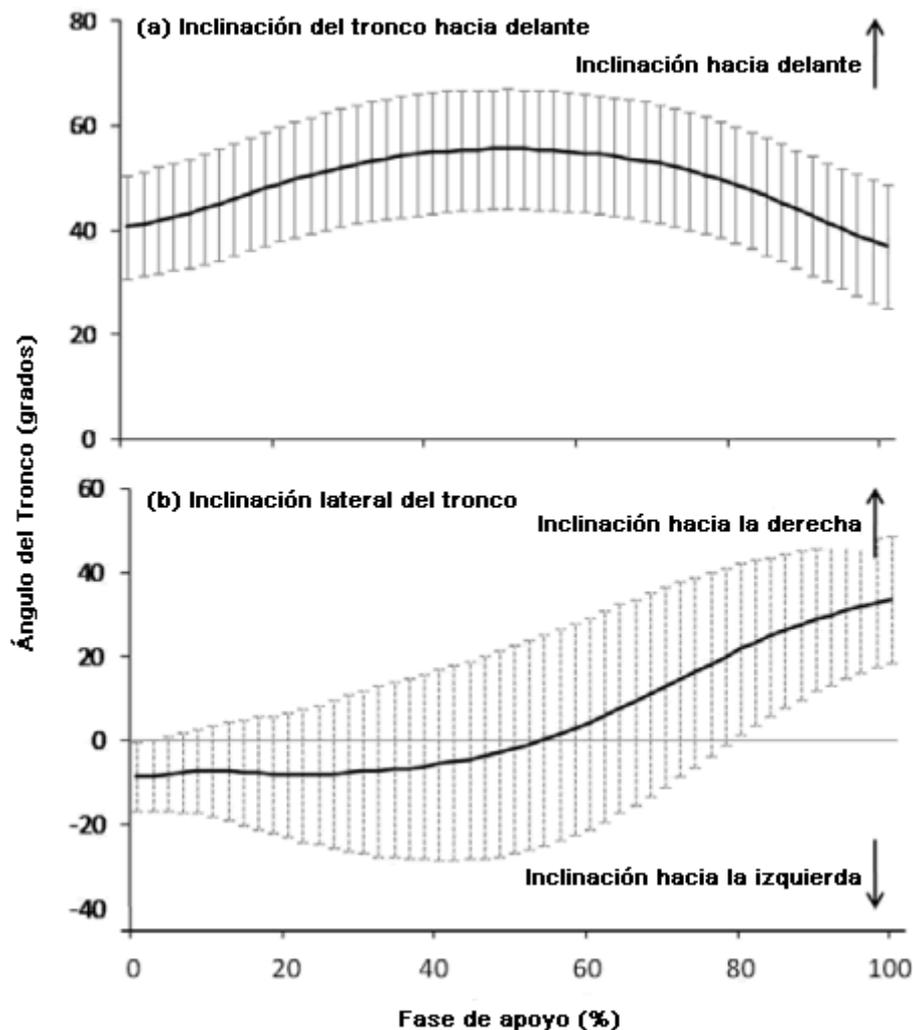


Figura 2. Datos promedio de la cinemática del tronco durante el cambio de dirección. Datos presentados para la inclinación del tronco hacia adelante (a) y la inclinación lateral del tronco (b).

La inclinación del tronco (inclinación del tronco hacia adelante e inclinación lateral del tronco) se definió para el eje largo del eje principal en relación con los ejes globales.

La inclinación del tronco hacia adelante se midió como el ángulo entre el eje largo del eje principal del segmento del tronco y el eje z en el plano x-z (Figura 1), con valores positivos que indican la inclinación del tronco hacia adelante. De manera similar, la inclinación lateral del tronco se midió como el ángulo entre el eje largo del eje principal del segmento del tronco y el eje z en el plano x-z (Figura 1), con valores positivos que indican la inclinación hacia la derecha y valores negativos que indican la inclinación hacia la izquierda.

Se ha analizado el ángulo de inclinación en el momento de la toma de contacto del pie, de inclinación máxima del tronco y del despegue del pie. Además, se calculó el desplazamiento angular de la inclinación del tronco entre los picos mínimo y máximo durante las dos siguientes fases: (A) entre la toma de contacto del pie y la inclinación máxima del tronco y (B) entre la inclinación máxima del tronco y el despegue del pie. Se calcularon todas las variables dependientes para cada intento y se promediaron en los tres intentos.

Análisis Estadísticos

Todos los datos están expresados como medias \pm desviaciones estándar. Las relaciones entre el tiempo para completar una carrera de ida y vuelta, el tiempo de toma de contacto con el suelo, el ángulo de inclinación del tronco y el desplazamiento angular del tronco se determinaron por medio del coeficiente de correlación producto-momento de Pearson. Todos los

procedimientos estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa SPSS (versión 14.0 para Windows) y la significancia estadística de todas las pruebas se estableció en $p < 0.05$.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta el rendimiento en el cambio de dirección utilizando dos parámetros. La Figura 2 ilustra los cambios temporales en el ángulo de inclinación del tronco durante un cambio de dirección. En el plano sagital, el ángulo de inclinación del tronco hacia adelante aumentó de manera gradual durante el primer 50% de la fase de postura y luego disminuyó. En el plano frontal, el tronco se flexionaba, manteniendo la inclinación izquierda durante el primer 40% de la fase de postura y cambiando de manera exponencial en la dirección opuesta.

Tiempo para completar una carrera de ida y vuelta	2.62 (0.06)
Tiempo de toma de contacto con el suelo durante el (los) cambio(s) de dirección(es)	0.44 (0.07)

Tabla 1. Resultados del rendimiento en el cambio de dirección. Los datos son medias (\pm DE).

La Tabla 2 enumera el ángulo de inclinación del tronco en períodos característicos durante un cambio de dirección. La Tabla 3 presenta el desplazamiento angular del tronco durante dos fases. La Tabla 4 resume las relaciones entre el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta y el ángulo de inclinación del tronco, y entre el tiempo de toma de contacto con el suelo y el ángulo de inclinación del tronco, respectivamente. La Figura 3 ilustra las relaciones entre el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta y el ángulo de inclinación lateral del tronco en la inclinación máxima. La Tabla 5 presenta la relación entre el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta y el desplazamiento angular del tronco, y entre el tiempo de toma de contacto con el suelo y el desplazamiento angular del tronco, respectivamente. El ángulo de inclinación del tronco en cada período de tiempo no guardó relación con el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta ni con el tiempo de toma de contacto con el suelo (Tabla 4). El desplazamiento angular del tronco hacia adelante entre la toma de contacto del pie y la inclinación máxima del tronco guardaron una relación moderada y positiva con el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta ($r = 0.61$, $p < 0.05$) y el tiempo de toma de contacto con el suelo ($r = 0.65$, $p < 0.05$) (Tabla 5).

Ángulo de inclinación hacia adelante en la toma de contacto del pie	40.6 (9.8)
Ángulo de inclinación hacia adelante en la inclinación máxima	56.4 (11.6)
Ángulo de inclinación hacia adelante en el despegue del pie	36,9 (11,9)
Ángulo de inclinación lateral en la toma de contacto del pie	-6,8 (7,8)
Ángulo de inclinación lateral en la inclinación máxima	-14,4 (14,4)
Ángulo de inclinación lateral en el despegue del pie	33,8 (15,2)

Tabla 2. Resultados de los ángulos de inclinación del tronco ($^{\circ}$) durante un cambio de dirección. Los datos son medias (\pm DE).

Desplazamiento angular hacia adelante durante (A) ($^{\circ}$)	16.0 (8.8)
Desplazamiento angular hacia adelante durante (B) ($^{\circ}$)	19.5 (7.1)
Desplazamiento angular hacia adelante durante (A) ($^{\circ}$)	6.6 (8.3)
Desplazamiento angular hacia adelante durante (B) ($^{\circ}$)	48.1 (14.5)

Tabla 3. Resultados del desplazamiento angular del tronco durante un cambio de dirección. (A) indica el período entre la toma de contacto del pie y la inclinación máxima del tronco. (B) indica el período entre la inclinación máxima del tronco y el despegue del pie. Los datos son medias (\pm DE).

DISCUSIÓN

El principal propósito de este estudio fue determinar la relación entre la cinemática del tronco durante un cambio de dirección y el rendimiento en el cambio de dirección.

En la Tabla 1 se presentan los resultados pertenecientes al rendimiento en el cambio de dirección. El tiempo para completar una carrera de ida y vuelta fue de un promedio de 0.1 a 0.3 s más lento que el de estudios previos que utilizaron el test 505 (Draper y Lancaster, 1985; Ellis y Smith, 2000). La razón de esta diferencia es que en el test 505, el tiempo de esprint con cambio de dirección se midió cuando el sujeto alcanzaba una velocidad elevada en una pre-aceleración de 10 m antes de la tarea de cambio de dirección. Asimismo, se investigó el tiempo de toma de contacto con el suelo como uno de los parámetros del rendimiento en el cambio de dirección. Solo un estudio ha reportado el tiempo de toma de contacto con el suelo durante varias pruebas de cambio de dirección (Shiokawa et al., 1998). Shiokawa et al. (1998) hallaron una pequeña correlación entre el tiempo del test de agilidad en zig-zag y el tiempo de toma de contacto con el suelo durante cambios de dirección ($r = 0.44$, $p < 0.05$). El resultado de este estudio también mostró una correlación entre el tiempo para completar una carrera de ida y vuelta y el tiempo de toma de contacto con el suelo ($r = 0.52$, $p = 0.08$); lo cual concuerda con los datos de Shiokawa. Se supone que el tiempo más breve de toma de contacto con el suelo es importante para el rendimiento en el cambio de dirección. Young et al. (2002) reportaron correlaciones de pequeñas a moderadas entre el tiempo de la prueba de cambio de dirección y la fuerza reactiva unilateral, requerida para el tiempo más breve de toma de contacto con el suelo durante el salto vertical ($r = -0.23$ a -0.71). Se discutió que la fuerza reactiva era similar al mecanismo de empuje durante el cambio de dirección. Por lo tanto, es evidente que el tiempo de toma de contacto con el suelo tiene influencia sobre el rendimiento en el cambio de dirección.

En el cambio de dirección durante el test de ir y volver, los participantes demostraron una inclinación del tronco hacia adelante durante el primer 50% de la fase de postura y una inclinación del tronco hacia la izquierda durante el primero 40% de la fase de postura (Figura 2). El cambio de dirección es una maniobra que combina la desaceleración y la aceleración para cambiar de dirección (Ellis y Smith, 2000; Neptune et al., 1999; Shiokawa et al., 1998); esto requiere de una fuerza de frenado seguida de una fuerza propulsiva (Brughelli et al., 2008). Neptune et al. (1999) han sugerido que el centro de la masa corporal se desacelera después del impacto y que la rodilla se extiende durante la fase de propulsión (> 50% de la fase de postura), según los datos de la electromiografía (EMG) y la cinemática obtenidos durante los movimientos de desplazamiento lateral y vertical. En este estudio, por lo tanto, los participantes desaceleraban para aplicar una fuerza de frenado hasta alcanzar el 40 a 50% de la fase de postura y luego aceleraban, creando de manera gradual una propulsión después del 40 a 50% de la fase de postura. A fin de evaluar las relaciones entre el rendimiento en el cambio de dirección y la cinemática del tronco en relación con la técnica del cambio de dirección, en este estudio se utilizó el ángulo de inclinación del tronco en tres momentos (la toma de contacto del pie, la inclinación máxima del tronco y el despegue del pie), y el desplazamiento angular del tronco durante dos fases (entre la toma de contacto del pie y la inclinación máxima del tronco, y entre la inclinación máxima del tronco y el despegue del pie). El punto de toma de contacto del pie, la inclinación máxima del tronco y el despegue del pie se consideran momentos característicos para evaluar cada tarea de cambio de dirección. En las Tablas 2 y 3 se presentan los resultados pertenecientes al ángulo de inclinación del tronco y al desplazamiento angular del tronco. Sheppard et al. (2006) han sugerido que la inclinación hacia adelante y un centro de gravedad bajo fueron esenciales para optimizar la aceleración y desaceleración. En este estudio, los participantes cambiaron de dirección con una inclinación hacia adelante de $56.4^\circ \pm 11.6^\circ$ en promedio y una inclinación lateral de $-14.4^\circ \pm 14.4^\circ$ en promedio en la de inclinación máxima del tronco (Tabla 2). Todos los sujetos pertenecían al equipo de fútbol universitario de mayor nivel de Japón. Por lo tanto, estos datos brindan información básica con respecto al movimiento de cambio de dirección y serán útiles para que los entrenadores o profesionales puedan instruir sobre la postura óptima durante un cambio de dirección.

Movimiento del tronco		Tiempo para completar el test de ida y vuelta		Tiempo de toma de contacto con el suelo	
		r	p	r	p
Ángulo de inclinación hacia adelante	Toma de contacto del pie	-0.10	0.75	-0.32	0.31
	Inclinación máxima	0.39	0.20	0.24	0.45
	Despegue del pie	0.04	0.90	-0.01	0.96
Ángulo de inclinación lateral	Toma de contacto del pie	-0.26	0.42	-0.21	0.52
	Inclinación máxima	-0.50	0.10	-0.47	0.12
	Despegue del pie	0.07	0.83	-0.12	0.71

Tabla 4. Correlaciones entre el rendimiento en el cambio de dirección y el ángulo de inclinación del tronco en el momento de la toma de contacto del pie, la inclinación máxima del tronco y el despegue del pie.

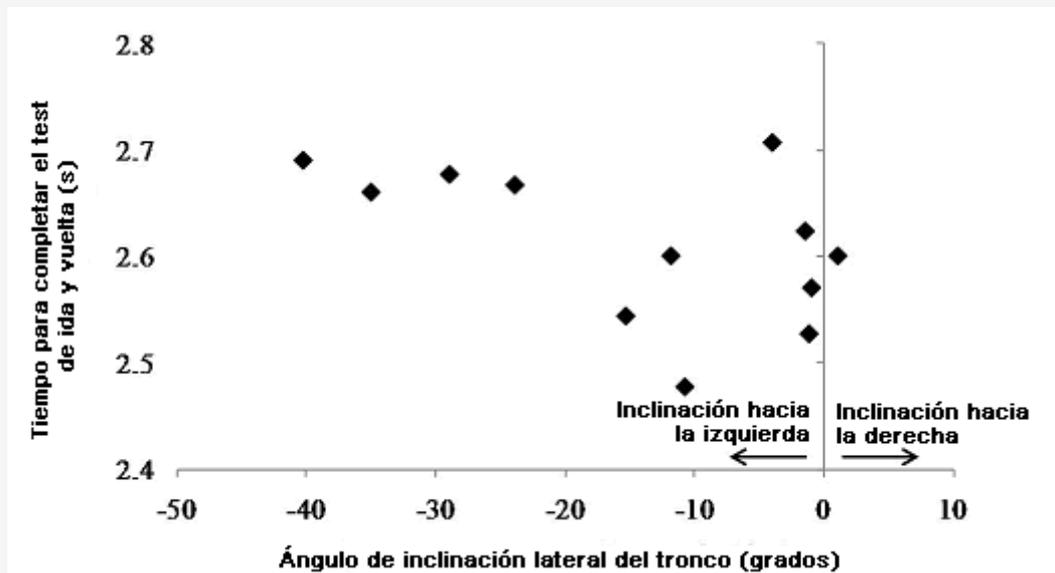


Figura 3. Relaciones entre el tiempo para completar una carrera de ida y vuelta y el ángulo de inclinación lateral del tronco en la inclinación máxima.

El ángulo de inclinación del tronco en los tres períodos y el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta, como también el ángulo de inclinación del tronco en los tres períodos y el tiempo de toma de contacto con el suelo, no guardaron una correlación en niveles estadísticamente significativos (Tablas 4, respectivamente). Estos resultados sugieren que el ángulo de inclinación del tronco de cada período no guarda relación con el rendimiento en el cambio de dirección. No obstante, tanto la inclinación excesiva del tronco hacia la derecha como la inclinación excesiva del tronco hacia la izquierda tendieron a retrasar el tiempo para completar la carrera de ida y vuelta (Figura 3). Estos hallazgos sugieren que puede existir un rango de ángulos óptimos de inclinación del tronco. Existe la posibilidad de que una inclinación del tronco hacia la izquierda de aproximadamente 10° en el momento de la inclinación máxima sea el ángulo óptimo para el rendimiento de cambio de dirección en este estudio.

El tiempo para completar una carrera de ida y vuelta guardó una relación moderada y positiva con el desplazamiento angular del tronco hacia adelante entre la toma de contacto del pie y la inclinación máxima del tronco ($r = 0.61$, $p < 0.05$) (Tabla 5). Además, el tiempo de toma de contacto con el suelo y el desplazamiento angular hacia adelante entre la toma de contacto del pie y la inclinación máxima del tronco guardó una relación positiva en un nivel moderado ($r = 0.65$, $p < 0.05$) (Tabla 5). Estos datos sugieren que la estabilidad del tronco durante un cambio de dirección es un factor importante para el rendimiento en el cambio de dirección. Estudios previos han discutido la importancia de la evaluación postural que incluye el movimiento del tronco. Sheppard et al. (2006) propusieron que el cambio de dirección durante el esprint requería ajustes de postura. Markovic (2007) también reportaron que el cambio de dirección durante las tareas de agilidad requería mantener el equilibrio del cuerpo. Además, algunos autores han sugerido que el desplazamiento del tronco se produce durante los cambios de dirección para compensar el ajuste postural a fin de controlar el centro de la masa (Houck, 2003; Patla et al., 1999) La estabilidad del núcleo corporal y el tronco eleva al máximo todas las cadenas cinéticas y disminuye las funciones de las extremidades (Kibler et al., 2006). Así, para un cambio de dirección es necesario ajustar la postura y mantener el equilibrio corporal. Por lo tanto, el pequeño desplazamiento angular del tronco hacia adelante al cambiar de dirección, como se menciona en este estudio, está relacionado con el rendimiento en el cambio de dirección desde una perspectiva técnica.

En las maniobras de cambio de dirección, la preparación hacia la fase de postura puede considerarse como un factor que afecta el ángulo de inclinación del tronco o el desplazamiento angular durante un cambio de dirección. Young et al. (2002) propusieron que el ajuste de las zancadas para acelerar y desacelerar también está relacionado con el cambio en la velocidad de dirección. Aunque se sugiere que la fase de preparación es muy importante para el rendimiento en el cambio

de dirección, no se puede presentar información de apoyo en este estudio. Es necesario que se realicen más investigaciones para examinar la relación entre la preparación hacia la fase de postura y el rendimiento en el cambio de dirección o el movimiento del tronco durante la fase de postura definida en este estudio.

Aplicaciones Prácticas

Es necesario que los jugadores de deportes de campo se involucren no solo con los movimientos en línea recta sino también con los movimientos multi-direccionales, incluyendo los cambios de dirección. Debido a esto, los entrenadores en el campo han adoptado varios métodos físicos y fisiológicos para mejorar el cambio de dirección y el rendimiento en la agilidad. A fin de mejorar el rendimiento en el cambio de dirección, es necesario que el entrenamiento incluya esprints con cambios de dirección (i.e., los mismos tests de cambio de dirección) (Brughelli et al., 2008). Por consiguiente, es muy importante que los entrenadores tengan en cuenta los factores que determinan un buen rendimiento en el cambio de dirección.

Movimiento del tronco		Tiempo para completar el test de ida y vuelta		Tiempo de toma de contacto con el suelo	
		r	p	r	p
Desplazamiento angular hacia adelante	Durante (A)	0.61 *	0.04	0.65 *	0.02
	Durante (B)	0.57	0.06	0.41	0.18
Desplazamiento angular lateral	Durante (A)	0.45	0.14	0.42	0.17
	Durante (B)	0.49	0.11	0.32	0.31

Tabla 5. Correlaciones entre el rendimiento en el cambio de dirección y el desplazamiento angular del tronco. (A) indica el período entre la toma de contacto del pie y la inclinación máxima del tronco. (B) indica el período entre la inclinación máxima del tronco y el despegue del pie. * $p < 0.05$

Los hallazgos de este estudio indican que el pequeño desplazamiento angular del tronco hacia adelante durante un cambio de dirección está relacionado con el rendimiento en el cambio de dirección. Además, se considera que podrían existir ángulos de inclinación del tronco óptimos en relación al rendimiento en el cambio de dirección. Por lo tanto, los entrenadores en los deportes de campo deberían controlar la postura corporal y el movimiento del tronco de los jugadores cuando requieren un cambio de dirección o cuando participan de entrenamientos de cambio de dirección específicos del deporte, dado que las mejoras en la técnica del cambio de dirección pueden conducir a que los jugadores sean capaces de realizar estos cambios con más rapidez.

Existen varias limitaciones en este estudio. Se supuso que el pequeño desplazamiento angular del tronco estaba relacionado con la habilidad y el rendimiento en el cambio de dirección; no obstante, solo se analizó la cinemática del tronco. A fin de comprender mejor la técnica del cambio de dirección, se requieren análisis adicionales tales como los de la cinemática, la cinética y activación muscular que incluyan otras articulaciones. La importancia estadística también es algo baja debido al pequeño tamaño de la muestra ($n = 12$) de este estudio. En el futuro, la intención es continuar recopilando datos de la cinemática perteneciente al movimiento del tronco durante un cambio de dirección.

El diseño experimental de esta investigación fue la de un estudio de diseño transversal. La investigación intervencionista que implementa el entrenamiento de cambio de dirección es necesaria para la investigación del rendimiento en el cambio de dirección y la estabilidad del tronco. Además, en este aspecto, deben estudiarse diferentes tipos de tareas de cambio de dirección.

CONCLUSIÓN

Este estudio proporciona datos que pertenecen a la cinemática del tronco durante el cambio de dirección y sugiere una técnica de cambio de dirección que está relacionada con el rendimiento en el cambio de dirección. El ángulo de inclinación del tronco en el momento de toma de contacto del pie, la inclinación máxima y el despegue del pie no guardaron relación con el rendimiento en el cambio de dirección, mientras que el desplazamiento angular del tronco hacia adelante entre la toma de contacto del pie hasta la inclinación máxima guardó una relación moderada con el tiempo para completar una carrera de ida y vuelta y el tiempo de toma de contacto con el suelo. Estos hallazgos sugieren que el rendimiento en el

cambio de dirección podría estar relacionado con el pequeño desplazamiento angular del tronco durante los cambios de dirección. Además, se consideró que podría haber ángulos óptimos de inclinación relacionados con el rendimiento en el cambio de dirección.

Puntos Clave

- El pequeño desplazamiento angular del tronco hacia adelante durante un cambio de dirección está relacionado con el rendimiento en el cambio de dirección.
- La estabilidad del tronco durante un cambio de dirección es un factor importante en el rendimiento en el cambio de dirección.
- Podría existir un rango de ángulos óptimos de inclinación del tronco durante un cambio de dirección.
- Los entrenadores de los deportes de campo deberían controlar la postura corporal y el movimiento del tronco de los jugadores cuando requieren un cambio de dirección o cuando participan de entrenamientos de cambio de dirección específicos del deporte.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido financiado por la Subvención para el Global COE, universidad de Waseda, “Ciencias del Deporte para la Promoción de la Vida Activa”, del Ministerio de Educación, Cultura, Deporte, Ciencia y Tecnología (MEXT) de Japón. Los autores agradecen al Sr. H. Ida por crear el programa utilizado para la recopilación de los datos 3D de la cinemática durante la tarea de cambio de dirección.

REFERENCIAS

1. Andriacchi, T.P., Alexander, E.J., Toney, M.K., Dyrby, C. and Sum, J (1998). A point cluster method for in vivo motion analysis; applied to a study of knee kinematics. *Journal of Biomechanical Engineering* 120, 743-749
2. Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G. and Chaouachi, A (2008). Under-standing change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine* 38(12), 1045-1063
3. Carling, C., Reilly, T. and Williams, M.A (2009). Performance assess-ment for field sports. *Routledge, Oxford*
4. Chaudhari, A.M., Hearn, B.K. and Andriacchi, T.P (2005). Sport-dependent variations in arm position during single-limb landing influence knee loading: implications for anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine* 33(6), 824-830
5. Davis, D.S., Barnette, B.J., Kiger, J.T., Mirasola, J.J. and Young, S.M (2004). Physical characteristic that predict functional performance in division 1 college football players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(1), 115-120
6. Dempsey, A.R., Lloyd, D.G., Elliott, B.C., Steele, J.R., Munro, B.J. and Russo, K.A (2007). The effect of technique change on knee loads during sidestep cutting. *Medicine and Science in Sports and Exer-cise* 39(10), 1765-1773
7. Dempsey, A.R., Lloyd, D.G., Elliott, B.C., Steele, J.R. and Munro, B.J (2009). Changing sidestep cutting technique reduces knee valgus loading. *The American Journal of Sports Medicine* 37(11), 2194-2200
8. Draper, J.A. and Lancaster, M.G (1985). The 505 test: A test for agility in the horizontal plane. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 17(1), 15-18
9. Ellis, L. and Smith, P (2000). Protocols for the physiological assessment of netball players. In: *Physiological tests for elite athletes. Ed: Gore, C.J. Canberra: Human Kinetics. 302-310*
10. Hoffman, J.R., Ratamess, N.A., Klatt, M., Faigenbaum, A.D. and Kang, J (2007). Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns?. *Research in Sports Medicine* 15(2), 125-132
11. Houck, J (2003). Muscle activation patterns of selected lower extremity muscles during stepping and cutting tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 13, 545-554
12. Kibler, W.B., Press, J. and Sciascia, A (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine* 36(3), 189-198
13. Little, T. and Williams, A.G (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine* 36(3), 189-198
14. McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A. and Newton, R.U (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research* 16(1), 75-82
15. Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D. and Metikos, D (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21(2), 543-549
16. Markovic, G (2007). Poor relationship between strength and power qualities and agility performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 47, 276-283
17. Neptune, R.R., Wright, I.C. and Van Den Bogert, A.J (1999). Muscle coordination and function during cutting movements. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31(2), 294-302

18. Patla, A.E., Adkin, A. and Ballard, T (1999). Online steering: coordination and control of body center of mass, head and body reorientation. *Experimental Brain Research* 129, 629-634
19. Reilly, T., Williams, A.M., Nevill, A. and Franks, A (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences* 18(9), 695-702
20. Sheppard, J.M. and Young, W.B (2006). Agility literature review: Classification, training and testing. *Journal of Sports Sciences* 24(9), 919-932
21. Shiokawa, K., Inoue, N. and Sugimoto, Y (1998). Study for change of direction ability in soccer players. *Medicine and Sciences in Soccer* 18, 175-179. (In Japanese)
22. Vescovi, J.D. and McGuigan, M.R (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences* 26(1), 97-107
23. Withers, R.T., Maricic, Z., Wasilewski, S. and Kelly, L (1982). Match analysis of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies* 8, 159-176
24. Young, W.B., McDowell, M.H. and Scarlett, B.J (2001). Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15(3), 315-319
25. Young, W.B., James, R. and Montgomery, I (2002). Is muscle power related to running speed with change direction?. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 42, 282-288

Cita Original

Shogo Sasaki, Yasuharu Nagano, Satoshi Kaneko, Takakuni Sakurai and Toru Fukubayashi. The Relationship between Performance and Trunk Movement during Change of Direction. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 112 - 118