

Relaciones entre la acción de frenado, el sprint y el vector fuerza en saltos

Relation between braking action, sprint and force vector on jumps

Ignacio Alejandro Costa¹, Guillermo Oste²

Resumen

Objetivo: relacionar la capacidad de frenado, aceleración y los niveles de fuerza aplicados en saltos con vector vertical y horizontal. **Método:** se evaluaron 12 jugadoras de hockey (21,84, \pm 6,81 años) de primera división, registrándose la velocidad máxima de carrera lineal en 17 metros (17m), y en misma distancia, pero con un frenado final en un espacio de 50 centímetros (17mFr). También se aplicó un test de resistencia (30-15 IFT_{40m}) y dos de salto: uno de vector vertical (CMJ) y otro horizontal (HJb). Se utilizó tecnología de GPS, fotocélulas, alfombra de salto y odómetro. **Resultados:** las jugadoras corrieron los 17mFr, $0,9 \pm 1,8\%$ más lento en los 17m ($r = 0,85$). Distinguiendo entre veloces y lentas, calculando la mediana del tiempo en los 17m ($<3''$), se observó una correlación más alta en veloces ($n = 6$; $r = 0,91$) que en lentas ($n = 6$; $r = 0,62$). A su vez, las jugadoras veloces correlacionaron mejor en el HJb que las lentas ($r = -0,70$ vs $-0,58$), lo que se invirtió en el CMJ ($r = -0,19$ vs $-0,82$). **Conclusión:** los datos evidencian que las deportistas más rápidas tienden a mantener velocidades similares a su máximo, aun cuando saben que deben frenar en un espacio limitado y aplican fuerza en el vector horizontal mejor que las más lentas, quienes son superiores en el vector vertical.

Palabras clave: aceleración, desaceleración, fuerza muscular, saltabilidad, velocidad.

Abstract

Objective: to relate the braking capacity, acceleration and the levels of force applied in jumps with vertical and horizontal vector. **Method:** 12 first division female hockey players (21.84, \pm 6.81 years) were evaluated, registering the maximum linear running speed in 17 meters (17m), and in the same distance but with a final braking in a space of 50 centimeters (17mFr). A resistance test (30-15 IFT_{40m}) and two jumping tests were also applied: one with a vertical vector (CMJ) and another horizontal (HJb). GPS technology, photocells, jump mat and odometer were used. **Results:** the players ran the 17mFr, $0.9 \pm 1.8\%$ slower in the 17m ($r = 0.85$). Distinguishing between fast and slow, calculating the median time in the 17m ($<3''$), a higher correlation was observed in fast ($n =$

¹ Universidad de la Fraternidad de Agrupaciones Santo Tomás de Aquino, Argentina. costa.ignacio@gmail.com

² Preparador físico en hockey. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. guilleoste36@gmail.com

6; $r = 0.91$) than in slow ($n = 6$; $r = 0, 62$). In turn, the fast players correlated better in the HJb than the slow ones ($r = -0.70$ vs. -0.58), which was reversed in the CMJ ($r = -0.19$ vs. -0.82). **Conclusion:** the data show that the fastest athletes tend to maintain speeds similar to their maximum, even when they know that they must brake in a limited space and apply force in the horizontal vector better than the slower ones, who are higher in the vertical vector.

Keywords: acceleration, deceleration, muscle strength, jumping ability, speed.

Introducción

Si bien en la literatura científica existe una gran cantidad de estudios centrados en la aceleración de los deportistas, en muchos deportes el gesto de desacelerar rápidamente el cuerpo tiene gran relevancia en la eficiencia de las acciones subsiguientes. Para detenerse o efectuar un cambio de dirección, el sujeto debe ser capaz de absorber fuerzas de gran magnitud en un tiempo relativamente breve, para desacelerar (Dos'Santos et al., 2017; Hewit et al., 2011). Vale destacar que algunos investigadores, como Griffith (2005) que postulan incluso que la desaceleración podría ser aún más importante que la capacidad de acelerar o la de mantener la velocidad, no solo por su importante rol para frenar y cambiar de dirección, como se mencionó, sino también para la transición de un gesto deportivo a otro, acciones muy comunes en los deportes. Por ejemplo, tienen lugar cuando el tenista que se desplaza lateralmente, se detiene para golpear la pelota y devolverla al campo contrario; o cuando un futbolista, a la carrera, repentinamente ve un pase aéreo y salta a cabecear el balón; o cuando un jugador de baloncesto corre driblando el balón, y enfrenta a un defensor que le gana la posición en forma repentina, debiendo entonces frenar sin contactarlo para no cometer una falta en ataque y poder pasar o lanzar el balón.

Es por este motivo que, además de las aceleraciones, también la cantidad de desaceleraciones son indicadores comúnmente usados en el análisis de juego (match-analysis) para cuantificar la pérdida de rendimiento, producto de la fatiga acumulada (Akenhead et al., 2013; Harper et al., 2019; Russell et al., 2016;), lo que también parece tener cierta relación con el incremento del riesgo de lesiones (Harper et al., 2019; Howatson & Milak, 2009). De hecho, las desaceleraciones, pese a presentar un menor costo energético que las aceleraciones de intensidad equivalente (Harper et al., 2019), implican un mayor estrés mecánico, lo que tiene consecuencias potencialmente negativas a nivel de los tejidos blandos (Dalen et al., 2016), y se evidencia en un incremento de marcadores del daño muscular después de las competencias (Harper et al., 2019),

Es interesante destacar que el compromiso de la microestructura muscular producto de la acción muscular excéntrica al desacelerar, con el consecuente incremento del dolor muscular de aparición tardía, alterará la actividad neuromuscular de tal forma que disminuye la capacidad de acelerar subsiguiente (Harper et al., 2019). Si bien hay evidencia para sostener que, de la carga total del juego, son mayores las aceleraciones que las desaceleraciones (7-10% vs 5-7%) (Dalen et al., 2016), las desaceleraciones de alta intensidad ($> 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) permiten tasas más altas de cambio

de velocidad (Harper et al., 2019), lo que expone su importancia como una acción de juego que posibilita obtener una ventaja estratégica. Curiosamente, pese a lo expuesto, no parece existir consenso sobre qué test utilizar en la preparación física de los deportes de equipo (colaboración/oposición) que implican situaciones de gran variabilidad de la actividad motriz, como el fútbol o el hockey, para mensurar la capacidad de acelerar, y mucho menos la de desacelerar.

Incluso, si bien la evaluación de la aceleración se hace frecuentemente sobre distancias que oscilan entre los 10 y 30 metros (Altmann et al., 2019), parece que, tanto en el fútbol como en el hockey, el futsal, el básquetbol y el handball, las distancias que con más frecuencia los deportistas recorren a máxima velocidad en forma lineal, están entre 11,2 y 17,2 metros (Taylor et al., 2017), lo cual justificaría que las evaluaciones de aceleración se hagan en distancias de hasta 20 metros y no mayores. Respecto a las desaceleraciones, se han publicado muchas menos investigaciones, por lo que es menor la evidencia disponible sobre las estrategias de entrenamiento efectivas para desarrollar la capacidad de desacelerar rápidamente (Harper & Kiely, 2018).

De este modo, se vuelve necesario establecer protocolos para determinar de manera completa y precisa la capacidad de un jugador para desacelerar rápidamente, no solo para proporcionar información de diagnóstico importante en pos de direccionar los entrenamientos para mejorar el rendimiento, sino también para proponer acciones tendientes a reducir el riesgo de lesiones (Harper et al., 2020; Mara et al., 2017).

Método

Investigación de tipo descriptivo correlacional. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa Calc LibreOffice.

Se seleccionaron arbitrariamente 12 mujeres, jugadoras del plantel de primera división A de hockey, de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina). Todas ellas jugadoras de campo (excluyéndose las porteras), con experiencia a nivel provincial y nacional. La edad promedio fue de 21,84, \pm 6,81 años. Al momento de la prueba, todas las jugadoras habían superado satisfactoriamente el *examen médico de mediana y alta competencia*, y ninguna de ellas declaró tener alguna lesión que les impidiera realizar la prueba. Todas las evaluaciones se llevaron a cabo en una cancha de hockey de césped sintético, con iluminación artificial, donde diariamente se realizan los entrenamientos y partidos oficiales correspondientes al calendario de hockey de la Provincia de Córdoba.

Para las mediciones se utilizaron dispositivos de GPS a frecuencia de 10 hertz (marca K-Sport®), manta de salto (marca Pro-Jump®), fotocélulas (marca WinLaborat®), odómetro (marca Crossmaster®) y cinta métrica metálica (marca Giantop Pro®). Los test se tomaron al comienzo de la pretemporada, luego de un período de reacondicionamiento de 10 días. Las participantes fueron informadas con anterioridad del procedimiento de dichos test, que fueron previamente aplicados

como parte de los entrenamientos de días anteriores, como forma de familiarización para evitar posibles errores.

Las evaluaciones se efectuaron en el mismo horario en el que regularmente se realizan los entrenamientos durante el año. Previo a estas, se hizo un calentamiento de 10 minutos, con ejercicios de movilidad articular general y estiramientos dinámicos, integrados con carreras progresivas, de menor a mayor velocidad. Antes de comenzar la prueba, las jugadoras expresaron sentirse preparadas para realizarla (sensación satisfactoria de haber entrado en calor). Se aplicó la siguiente batería de test:

- **Salto con contramovimiento (CMJ):** se utilizó una placa de salto (marca Pro Jump®), según protocolo de Carmelo Bosco, en el que se propone que el sujeto debe intentar lograr su máxima altura en un salto desde apoyo bipodal, con manos en la cintura, donde se permite un contramovimiento previo al impulso, para un mayor despegue.
- **Salto horizontal bipodal (HJb):** se realizó en la misma cancha de hockey, utilizando la línea lateral de la cancha como referencia para apoyar la punta de los pies lo más próximo posible, pero detrás de esta; a partir de allí se desplegó una cinta métrica metálica para medir el largo del salto. Se pidió a cada jugadora evaluada que, sin impulso de brazos (con sus manos apoyadas en la cintura), realizara el máximo salto posible de forma horizontal. Se tomó la medida desde el lado de la línea más próximo a la jugadora, hasta el talón de la zapatilla en la caída. La jugadora, al momento del aterrizaje, era tomada de sus brazos por una asistente, para no perder el equilibrio y no mover los pies.
- **17 metros de carrera lineal (17m):** se midieron 17 metros con cinta métrica metálica (marca Giantop Pro®) y odómetro (marca Crossmaster®). Con un par de fotocélulas (marca WinLaborat®) ubicadas una al comienzo y otra en línea recta a 17 metros, se midió el tiempo en segundos en recorrer dicha distancia. Cada par de fotocélulas estaban separadas 2 metros entre sí (lente y refractario) a una elevación de 50 centímetros del suelo (medida adoptada por seguridad, para evitar que la deportista activase la fotocélula con la mano que se impulsa por delante de las piernas en el comienzo de la carrera). La deportista tenía instrucciones de correr a máxima velocidad iniciando de partida alta detenida, y sobrepasar la línea de llegada 3 metros más adelante. Es decir, la jugadora debía correr 20 metros a máxima velocidad, pero la medición del tiempo terminaba a los 17 metros. Se estableció esta metodología para que la deportista no disminuyera su velocidad antes de llegar a la línea de llegada. Al mismo tiempo la jugadora llevaba en la parte superior de su espalda un dispositivo GPS de 10 hertz (marca K-Sport®), para medir el pico de aceleración y velocidad.
- **17 metros de carrera lineal con freno (17mFr):** con similar procedimiento que, en el test de carrera lineal de 17 metros, se cambió el final y se pidió a las jugadoras que, luego de los 17 metros, realizaran un frenado total, frente a una línea de conos que se ubicaron a 50

centímetros por delante de la línea de llegada, del haz de luz de la fotocélula. También aquí la jugadora llevaba en la parte superior de su espalda el GPS mencionado.

- **30-15 Intermittent Fitness Test en distancia de 40m (30-15 IFT_{40m}):** se aplicó el test máximo incremental de resistencia intermitente de 30 segundos de esfuerzo, por 15 de pausa activa caminando, diseñado por Martin Buchheit en su versión de 40 metros. Se registró la velocidad final alcanzada en el último estadio completo, estimándose con ello el máximo consumo de oxígeno (VO₂max), tal como propone el trabajo original de Buchheit (2008). Se tomaron 3 muestras de cada test, registrándose la mejor de ellas, menos de 30-15 IFT_{40m} (que solo fue evaluado una vez).

Se recomendó a las jugadoras que, 48 horas antes de las evaluaciones de campo, no practicaran ejercicio físico y continuaran con su alimentación cotidiana. También se les indicó concurrir con la indumentaria deportiva que normalmente usaban para las competencias. Las deportistas dieron su consentimiento para realizar las pruebas y estuvieron de acuerdo en participar en la investigación.

Resultados

Los resultados se exponen en estadística descriptiva (mediana, media, desviación típica, y porcentajes). Los datos obtenidos de cada deportista se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Resultado por cada jugadora de las diferentes evaluaciones realizadas.

Jugadora	Edad en años	Masa corporal en kg	t 17m (s)	t 17mFr (s)	HJb (cm)	CMJ (cm)	v30-15 IFT40m (km/h)	VO2max (ml/kg/min)
1	15	66	2,98	3,37	179	31,6	15,0	39,16
2	16	46	3,09	3,55	152	30,4	18,5	46,90
3	16	60	2,88	3,26	173	30,5	18,5	46,40
4	20	56	3,03	3,49	149	33,6	17,5	45,72
5	20	63	2,93	3,29	172	32,8	17,5	45,47
6	21	72	3,16	3,46	165	28,6	15,0	39,78
7	19	57	2,99	3,37	166	31,2	16,5	43,25
8	32	56	3,23	3,57	156	29,2	16,0	44,77
9	24	64	3,01	3,24	169	32,7	18,0	47,79
10	19	50	2,96	3,29	172	31,4	18,5	47,79

Jugadora	Edad en años	Masa corporal en kg	t 17m (s)	t 17mFr (s)	HJb (cm)	CMJ (cm)	v30-15 IFT40m (km/h)	VO2max (ml/kg/min)
11	32	61	3,06	3,47	178	30,1	17,5	48,95
12	21	49	2,84	3,24	192	34,8	18,5	48,51
M	21,3	58,3	3,00	3,40	168,6	31,4	17,3	4,80
DS	5,6	7,6	0,1	0,1	12,2	1,8	1,30	0,40

t 17m: tiempo en el test de 17 metros; t 17mFr: tiempo en el test de 17 metros con freno; HJb: distancia alcanzada en el test de salto horizontal bipodal; CMJ: distancia alcanzada en el test de salto con contramovimiento; v30-15 IFT_{40m}: Velocidad final alcanzada en el test de resistencia incremental intermitente de 30 segundos de esfuerzo por 15 de pausa, en 40m; VO₂max: consumo máximo de oxígeno estimado.

Las deportistas corrieron los 17mFr un $10,9 \pm 1,8\%$ más lento que los 17m, y se presentó una fuerte correlación entre los tiempos de ambas pruebas ($r = 0,85$) (figura 1).

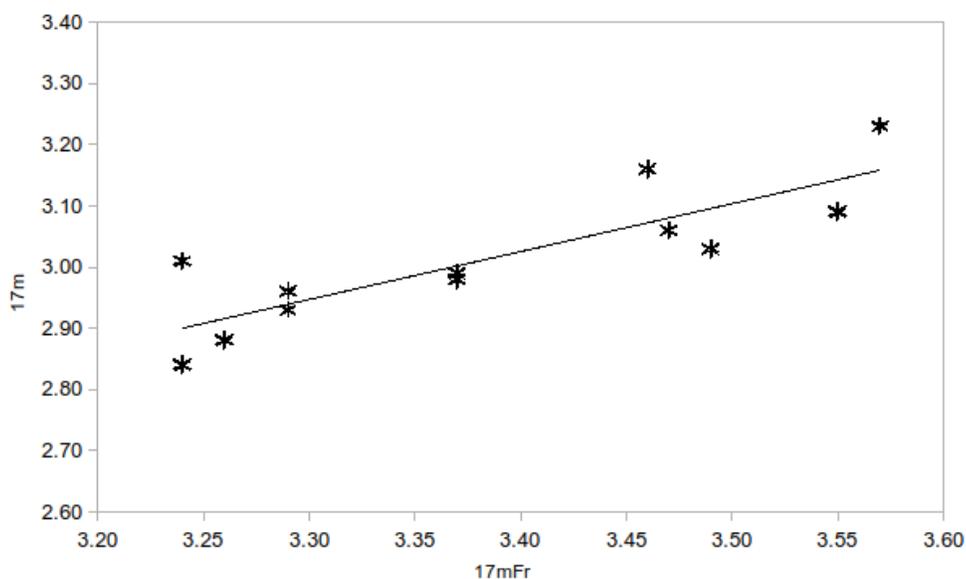


Figura 1. Relación entre el tiempo (en segundos) del test de 17 metros (17m), y 17 metros con freno (17mFr).

Con los demás test, la correlación fue negativa, siendo débil entre los 17mFr y la velocidad final del 30-15 IFT_{40m} ($r = -0,39$), media entre los tests de saltos, aunque algo mayor con el SHb ($r = -0,70$), que con el CMJ ($r = -0,56$) (figuras 2 y 3).

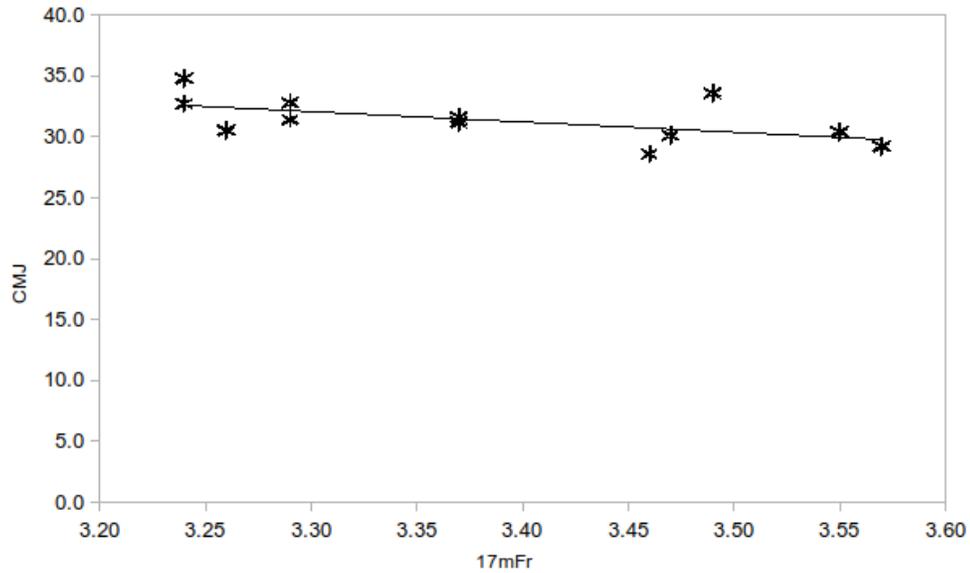


Figura 2. Relación entre la altura (en centímetros) del test de salto con contramovimiento (CMJ), y el tiempo (en segundos) en el test de 17 metros con freno (17mFr).

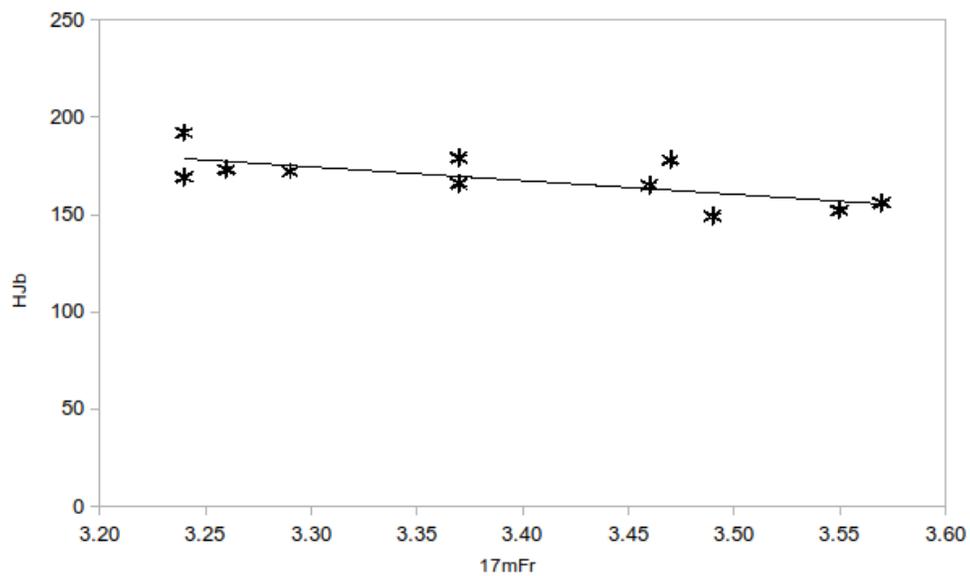


Figura 3. Relación entre distancia (en centímetros) del test de salto horizontal bipodal (HJb), y el tiempo (en segundos) en el test de 17 metros con freno (17mFr).

Al dividir las deportistas en dos grupos mediante la determinación de la mediana, se pudo conocer que la correlación del tiempo de las dos pruebas fue mucho mayor ($r = 0,91$) en quienes corrieron más rápido los 17m ($< 3''$), que en las más lentas ($r = 0,62$). A demás, las jugadoras más veloces en los 17m presentaron una mejor correlación en el SHb, en comparación con las más lentas; y contrariamente, estas últimas correlacionaron mejor en CMJ (tabla 2).

Tabla 2. Coeficiente de correlación Pearson de los distintos test, discriminando entre jugadoras más rápidas (<3”) vs. las más lentas, en la evaluación de 17m.

Grupo por t 17m	n	17mFr	HJb	CMJ	v30-15 IFT _{40m}
Veloces (<3”)	6	0,91	-0,70	-0,58	-0,70
Lentas	6	0,62	-0,19	-0,82	-0,74

t 17m: tiempo en el test de 17 metros; 17mFr: test de 17 metros con freno; HJb: test de salto horizontal bipodal; CMJ: test de salto con contramovimiento; v30-15 IFT_{40m}: test de resistencia incremental intermitente de 30 segundos de esfuerzo por 15 de pausa, en 40m.

Discusión

La información sobre la capacidad de los deportistas para desacelerar y especialmente frenar (para detenerse totalmente), es un tema aún no extensamente estudiado, pese a la importancia que se le reconoce, particularmente en los deportes de equipo (Altmann et al., 2019; Harper & Kiely, 2018). Los datos obtenidos en el presente estudio aportan información relevante a considerar en futuros trabajos que propongan un enfoque integrador u holístico, sobre dos cuestiones en particular:

1) Si bien se ha reportado que las desaceleraciones de alta intensidad permiten tasas más altas de cambio de velocidad en los cambios de dirección (Dos’Santos et al, 2017; Harper et al., 2019), lo que coincide con este estudio, donde las deportistas más veloces (en la prueba de 17m), mantuvieron velocidades similares cuando sabían que debían frenar. Curiosamente, las deportistas más lentas disminuyeron su velocidad en el test con freno, por lo que sería interesante dilucidar qué procesos ocurren en esta pérdida de rendimiento, para así proponer estrategias de campo para su mejor. en línea similar a lo postulado por Kovacs et al. (2008), se podrían, atender tres ejes básicos de análisis:

La fuerza

Parece ser un factor determinante en las desaceleraciones, tanto la capacidad de aplicar fuerza en el menor tiempo posible (tasa de desarrollo de fuerza) (Dos’Santos et al., 2017; Kovacs et al., 2008), como la velocidad de reacción del sistema neuromuscular en aquellas acciones que implican el ciclo de estiramiento acortamiento (Kovacs et al., 2008).

Se ha reportado que se requiere un mayor nivel de fuerza excéntrica, tanto en cuádriceps como en isquiotibioperoneos, cuando se desacelera desde velocidades más altas, en un mismo tiempo dado (Griffith, 2005; Harper et al., 2021; Hewit et al., 2011), lo que también acontece si luego de frenar, se realiza un cambio de dirección (de Hoyo et al., 2016; Harper et al., 2021).

Incluso en este tipo de desaceleraciones, se ha evidenciado la necesidad de desarrollar una base de fuerza mínima para el control del cuerpo (relacionado esto con tensiones isométricas), y al

mismo tiempo para que se produzca un óptimo ajuste mecánico entre las acciones musculares concéntricas y excéntricas (Harper et al., 2021; Spiteri et al., 2014, 2015). Es posible, entonces, que las jugadoras más lentas en este trabajo, presentaran bajos niveles de fuerza (una menor capacidad de aplicación en relación con el tiempo), y/o cierto déficit entre las acciones musculares concéntricas propias de la aceleración, y las excéntricas, vinculadas especialmente con el frenado o desaceleración (Harper et al., 2020), aspectos a considerar en futuros trabajos, donde se relacionen los niveles de fuerza de los miembros inferiores en ambas acciones musculares (concéntrica y excéntrica), con el test con freno.

El control motor

También en relación con el control del cuerpo al desacelerar, debe atenderse a los aspectos técnicos que pueden influir en que las deportistas más lentas no alcancen a expresar velocidades próximas a su máxima, cuando saben deben frenar, tal como sí lo hacen las más veloces. En este sentido, por un lado, se ha postulado la relación entre la pérdida de velocidad durante la desaceleración previa a cambios de dirección, con una falta de control de todo el cuerpo (Hader et al., 2015), con la posición del tronco (Sasaki et al., 2011), e incluso con la capacidad de desacelerar de los segmentos corporales (Kovacs et al., 2008). Esto último tendría una relevancia mucho mayor cuando el sujeto transporta un elemento como una raqueta de tenis (Kovacs et al., 2008), o un palo de hockey.

Así, junto con lo mencionado respecto a la fuerza, el balance dinámico del cuerpo, entendido como un aspecto multifactorial, es considerado como otro punto más que puede condicionar las desaceleraciones (Kovacs et al., 2008). Por tanto, la meta-estabilidad, como el conjunto de factores estrechamente interrelacionados que afectan la posición del cuerpo durante el movimiento (tanto acciones centrales anticipatorias y reflejas, como las resistencias activas y pasivas impuestas por el sistema muscular) (Costa, 2019), debería explorarse en próximos trabajos para analizar en forma integral lo que ocurre con el cuerpo durante la acción de frenado.

Aspectos psico-emotivos y de decisión

Un análisis *a priori* de las desaceleraciones, supone una delicada interacción de componentes musculo-esqueléticos, neurales y técnicos (Kovacs et al., 2008), relacionados con los dos aspectos mencionados. No obstante, la toma de decisiones y los factores de percepción espacio-temporales, suelen proponerse como claves del nivel de agilidad de los jugadores, más allá aún de que los mecanismos subyacentes son relativamente desconocidos y que no parece ser clara la contribución de la fuerza en este sentido (Paul et al., 2016).

Puesto que en la prueba de 17 metros con freno de este trabajo es la deportista quien decide cuánto acelerar antes de detenerse, podría existir también algún tipo de auto-limitación o regulación, dada por cuestiones psico-emotivas y decisionales como, por ejemplo, el temor a no poder cumplir con la tarea o el riesgo a lesionarse por intentarlo, entre otros.

2) En los resultados del presente estudio, y tal como se ha reportado previamente en la literatura (Abade et al., 2019; Moran et al., 2021), se observa en las jugadoras más veloces una mejor correlación entre el vector fuerza horizontal (expresado en el test de HJb) y la velocidad del sprint en 17m, que la correlación dada con el vector fuerza vertical (representado por el CMJ). Según Loturco et al. (2015), esto último podría explicarse por el hecho de que el vector fuerza vertical correlaciona mejor con la velocidad máxima del sprint, la cual, en el caso de velocistas de 100 metros llanos, estaría en distancias cercanas a los 40 metros, mientras que el vector fuerza horizontal lo haría en distancias mucho menores, próximas a los 10 metros.

No obstante, es llamativo el hecho de que, en las jugadoras más lentas, lo anterior se invierte, algo que podría abrir la puerta a futuros trabajos que expliquen la posibilidad de que exista cierto tipo de interferencia en el desarrollo del vector fuerza vertical en los entrenamientos, que condicionen a los deportistas en frenar. En este sentido, con un enfoque integral, cabría no solo atender a dicho vector como resultante de la suma de acciones musculares, sino también a la sollicitación de un dado rango de movimiento que esto implique, puesto que en el estudio Kotsifaki et al. (2021) se evidencia que existen grandes diferencias en la función de la cadera, la rodilla y el tobillo durante las fases de propulsión y aterrizaje en los saltos vertical y horizontal.

Llevaría esto a considerar, con especial cuidado, el sentido y dirección de la aplicación de fuerza en ejercicios de entrenamiento, procurándose que esté acorde a las demandas de las acciones de los desplazamientos propios del deporte e de incluso la posición de juego del deportista, más allá de la mejora de la fuerza muscular en sí misma (Harper et al., 2019).

Como limitación de la presente investigación, cabe mencionar que se ha reportado en la literatura la falta de unidad de criterios respecto a la distancia de los test de velocidad (Altmann et al., 2019), la posibilidad de diferentes respuestas según el género y además que no se contemplaron los aspectos biomecánicos de la desaceleración, cuestiones que quedarían aún por considerarse.

Conclusiones

En el presente estudio se evidenció que las deportistas más veloces en el test de máxima velocidad en corta distancia (17m), tienden a mantener velocidades similares a la máxima ($r = 0,91$), aun cuando saben que deben frenar en un espacio limitado (17mFR). Al mismo tiempo, las jugadoras más lentas disminuyen significativamente su velocidad máxima cuando saben que deben detenerse ($r = 0,62$). Esto podría explicarse por una compleja interrelación de cuestiones relativas a los niveles de fuerza, el control motor, y aspectos psico-emotivos y decisionales, que deberían aún dilucidarse.

También se observó que las jugadoras veloces correlacionaron mejor en el test de salto horizontal (HJb) que las más lentas ($r = -0,70$ vs $-0,58$), lo que se invirtió en el test de salto vertical con

contramovimiento (CMJ) ($r = -0,19$ vs. $-0,82$). Esto abre la puerta a nuevos trabajos para dilucidar la influencia, e incluso la interferencia que pueda existir en priorizar en los entrenamientos de campo el vector fuerza horizontal y el vertical, en relación con las acciones de frenado luego de un sprint.

Referencias

- Abade, E., Silva, N., Ferreira, R., Baptista, J., Gonçalves, B., Osório, S., & Viana, J. L. (2019). Effects of adding vertical or horizontal force-vector exercises to in-season general strength training on jumping and sprinting performance of youth football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(10), 2769-2774. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003221>
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 556-561. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.005>
- Altmann, S., Ringhof, S., Neumann, R., Woll, A., & Rumpf, M. C. (2019). Validity and reliability of speed tests used in soccer: a systematic review. *PloS One*, 14(8), e0220982. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220982>
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 Intermittent Fitness Test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 365-374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>
- Costa, I. A. (2019). Entrenamiento de la meta-estabilidad en el baloncesto. En P. Esper (Ed.), *Baloncesto formativo. Preparación Física II. El camino hacia el alto rendimiento* (pp.309-333). Buenos Aires: Autores de Argentina.
- Dalen, T., Ingebrigtsen, J., Ettema, G., Hjelde, G. H., & Wisløff, U. (2016). Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 351-359. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001063>
- de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo, J., Domínguez, S., Fernandes, O., Del Ojo, J. J., & Gonzalo, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1380-1387. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1157624>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A. & Comfort, P. (2017). Mechanical determinants of faster change of direction speed performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 696-705. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001535>
- Griffith, M. (2005). Putting on the brakes: deceleration training. *Strength and Conditioning Journal*, 27(1), 57-58. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2005\)027<0057:POTBDT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2005)027<0057:POTBDT>2.0.CO;2)

- Hader, K., Palazzi, D., & Buchheit, M. (2015). Change of direction speed in soccer: how much braking is enough. *Kinesiology*, 47(1), 67-74. <https://hrcak.srce.hr/file/206957>
- Harper, D. J., & Kiely, J. (2018). Damaging nature of decelerations: do we adequately prepare players? *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4, e000379. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000379>
- Harper, D. J., Carling, C., & Kiely, J. (2019). High-intensity acceleration and deceleration demands in elite team sports competitive match play: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Sports Medicine*, 49, 1923-1947. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01170-1>
- Harper, D. J., Jordan, A. R., & Kiely, J. (2021). Relationships between eccentric and concentric knee strength capacities and maximal linear deceleration ability in male academy soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(2), 465-472. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002739>
- Harper, D. J., Morin J-B., Carling, C. & Kiely, J. (2020). Measuring maximal horizontal deceleration ability using radar technology: reliability and sensitivity of kinematic and kinetic variables. *Sports Biomechanics*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1792968>
- Hewitt, J., Cronin, J., Button, C., & Hume, P. (2011). Understanding deceleration in sport. *Strength and Conditioning Journal*, 33(1), 47-52. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181fbd62c>
- Howatson, G., & Milak, A. (2009). Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2419-2424. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bac52e>
- Kotsifaki, A., Korakakis, V., Graham-Smith, P., Sideris, V., & Whiteley, R. (2021). Vertical and horizontal hop performance: contributions of the hip, knee, and ankle. *Sports Health*. <https://doi.org/10.1177/1941738120976363>
- Kovacs, M. S., Roetert, P. E. & Ellenbecker, T.S. (2008). Efficient deceleration: the forgotten factor in tennis-specific training. *Strength and Conditioning Journal*, 30(6), 58-69. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31818e5fbc>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Zanetti, V., Kitamura, K., Abad, C. C., & Nakamura, F. Y. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2182-2191. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1081394>
- Mara, J. K., Thompson, K. G., Pumpa, K. L. & Morgan, S. (2017). The acceleration and deceleration profiles of elite female soccer players during competitive matches. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(9), 867-872. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.12.078>

- Moran, J., Ramirez, R., Liew, B., Chaabene, H., Behm, D. G., García, A., Izquierdo, M., & Granacher, U. (2021). Effects of vertically and horizontally orientated plyometric training on physical performance: A meta-analytical comparison. *Sports Medicine*, 51, 65-79. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01340-6>
- Paul, D. J., Gabbett, T. J. & Nassis, G. P. (2016). Agility in team sports: testing, training and factors affecting performance. *Sports Medicine*, 46(3), 421-442. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0428-2>
- Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Love, T. D., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2016). Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2839-2844. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000805>
- Sasaki, S., Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., & Fukubayashi, T. (2011). The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 112-118. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737904/>
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2415-2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000547>
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2205-2214. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000876>
- Taylor, J. B., Wright, A. A, Dischiavi, S. L, Townsend, M. A. & Marmon, A.R. (2017). Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 47: 2533-2551. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0772-5>