



TESIS DOCTORAL

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

RELACIÓN DE LA FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO, EL
EQUILIBRIO ESTÁTICO Y LA FUERZA ISOMÉTRICA DE
ABDUCTORES Y ADUCTORES EN PATINADORES EN
LÍNEA.

ESTUDIO OBSERVACIONAL.

Autor/a:

Lara Sánchez Torres

Directores/as:

Dr. D. Javier Reina Abellán

Dr. D. Iván Nácher Moltó

Murcia, Septiembre de 2025



TESIS DOCTORAL

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

RELACIÓN DE LA FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO, EL
EQUILIBRIO ESTÁTICO Y LA FUERZA ISOMÉTRICA DE
ABDUCTORES Y ADUCTORES EN PATINADORES EN
LÍNEA.

ESTUDIO OBSERVACIONAL.

Autor/a:

Lara Sánchez Torres

Directores/as:

Dr. D. Javier Reina Abellán

Dr. D. Iván Nácher Moltó

Murcia, Septiembre de 2025

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS **PARA SU PRESENTACIÓN**

El Dr. D. Javier Reina Abellán y el Dr. D. Iván Nacher Moltó como Directores⁽¹⁾ de la Tesis Doctoral titulada “RELACIÓN DE LA FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO, EL EQUILIBRIO ESTÁTICO Y LA FUERZA ISOMÉTRICA DE ABDUCTORES Y ADUCTORES EN PATINADORES EN LÍNEA. ESTUDIO OBSERVACIONAL.” realizada por Dña. Lara Sánchez Torres en el Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

LO QUE FIRMO, PARA DAR CUMPLIMIENTO AL, REAL DECRETO 99/2011, DE 28 DE ENERO, MODIFICADO POR EL R.D. 576/2023, DE 4 DE JULIO, POR EL QUE SE REGULAN LAS ENSEÑANZAS OFICIALES DE DOCTORADO.

En Murcia a 2 de septiembre de 2025.

JAVIER|
REINA|
ABELLAN

Firmado digitalmente
por JAVIER|REINA|
ABELLAN
Fecha: 2025.09.02
10:58:50 +02'00'



Ivan Nacher Molto 21686635G

⁽¹⁾ Si la Tesis está dirigida por más de un Director tienen que constar y firmar ambos.

RESUMEN

El patinaje en línea ha crecido rápidamente en popularidad. Estudios previos se centraron principalmente en lesiones y medidas de protección, pero su similitud biomecánica con otras modalidades de patinaje ha permitido identificar factores clave para su rendimiento, como el equilibrio, la movilidad y la fuerza de los músculos aductores y abductores de cadera. No obstante, la relación entre estas competencias físicas no ha sido explorada en patinadores en línea. Esta investigación analiza la asociación entre el equilibrio estático unipodal, la movilidad de flexión dorsal de tobillo y la fuerza isométrica de aductores y abductores de cadera, incluyendo la razón de fuerza entre ambos.

Se evaluaron 191 patinadores en línea aficionados (18-59 años). El equilibrio se midió mediante el desplazamiento del centro de presión, usando la plataforma Footscan®9, la dorsiflexión se evaluó mediante un test activo con el dispositivo GyKo Microgate y los valores de fuerza máxima isométrica de aductores y abductores se obtuvieron con un dinamómetro manual. Se realizó un análisis de regresión para identificar predictores del desplazamiento del centro de presión.

La edad, el sexo y la frecuencia de patinaje fueron los predictores más importantes del equilibrio ($p < 0,001$) aunque las variables de fuerza también mostraron una influencia significativa ($p < 0,05$).

Un mejor desempeño del equilibrio se observó en personas más jóvenes, mujeres y quienes practican patinaje cinco o más días a la semana. Además, el equilibrio estático unipodal se asoció estadísticamente con valores de fuerza equilibrados entre aductores y abductores, siendo especialmente favorable cuando una proporción baja se combina con altos niveles de fuerza de los aductores de cadera.

PALABRAS CLAVE

Abductor; aductor; equilibrio; estabilidad; flexión dorsal; fuerza

ABSTRACT

Inline skating has rapidly grown in popularity. Early research primarily focused on injury patterns and protective measures. However, its biomechanical similarity to other skating modalities enables the synthesis of existing evidence, emphasizing key physical attributes essential for performance, namely, balance and the strength of the hip adductor and abductor muscles. The interaction between these muscle groups in relation to balance has not yet been examined in inline skaters. This study aimed to investigate the relationship between single-leg static balance and the isometric strength of the hip adductors and abductors, including their strength ratio.

A total of 191 amateur inline skaters (aged 18 to 59 years) were evaluated. Balance was assessed through center of pressure displacement using the Footscan[®] 9 platform, and the maximal isometric strength of the hip adductors and abductors was measured using a handheld dynamometer. A linear regression on the center of pressure (CoP) displacement was performed.

Age, sex, and skating frequency were the most influential predictors ($p < 0.001$), although strength variables also significantly predicted the CoP ($p < 0.05$).

Superior balance performance was observed in younger individuals, women, and those practicing five or more days a week. Furthermore, single-leg static balance was statistically associated with an equilibrium between adductor/abductor strength, particularly when a low ratio was accompanied by high levels of hip adductor strength.

KEYWORDS

Ankle dorsiflexion; balance; hip abductor; hip adductor; stability; strength

AGRADECIMIENTOS

Mamá, es por y para ti.

A mi padre, mi ejemplo e inspiración.

A Oreste, mi compañero de vida y horizonte.

A mi hermana, mi certeza en lo incierto.

A mi familia, mi raíz y refugio.

Tan vuestro como mío.

A mis directores, Javier e Iván, guías y testigos de mi crecimiento académico.

"Cuando ya no somos capaces de cambiar una situación, nos encontramos ante el desafío de cambiarnos a nosotros mismos".
Viktor Frankl, *El hombre en busca de sentido*.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	7
I - INTRODUCCIÓN.....	25
1.1. Lesiones en el patinaje en línea recreativo.....	26
1.2. Biomecánica del patinaje en línea.....	29
II - JUSTIFICACIÓN.....	35
III - OBJETIVOS.....	45
IV - MATERIAL Y MÉTODO	49
4.1. Diseño de la investigación.....	49
4.2. Participantes de la investigación	49
4.3. Intervención.....	50
4.4. Instrumentos de la investigación	53
4.5. Análisis estadístico.....	54
V - RESULTADOS.....	57
5.1. Análisis descriptivos.....	57
5.2. Análisis de regresión	58
VI - DISCUSIÓN.....	63
6.1. equilibrio y razón de la fuerza aductor / abductor de cadera	63
6.2. Equilibrio y valores demográficos	66
6.3. Equilibrio y flexión dorsal de tobillo	67
VII - CONCLUSIONES	71
VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	75
8.1. Limitaciones	75
8.2. Futuras líneas de investigación	75
IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

X -	ANEXOS.....	95
-----	-------------	----

SIGLAS Y ABREVIATURAS

USFSA, Asociación de Patinaje de Estados Unidos

ADD, Aductor

ROM, Rango de movimiento

ABD, Abductor

ADD/ABD ratio, razón de la fuerza aductor/abductor de cadera

CoP, Centro de Presión

D/S, Días por semana

IMC, Índice de masa corporal

EE, Error estándar

ÍNDICE DE FIGURAS, DE TABLAS Y DE ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medición CoP	52
Figura 2. Medición de la fuerza isométrica máxima de los ABD de cadera mediante dinamómetro manual	52
Figura 3. Medición de la fuerza isométrica máxima de los ADD de cadera mediante dinamómetro manual	53
Figura 4. Test para la valoración del ROM de flexión dorsal de tobillo	53
Figura 5. Estimadores del CoP durante el apoyo unipodal	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables contempladas en el estudio 57

Tabla 2. Coeficientes del modelo para CoP 59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Informe Comité de Ética.....	95
ANEXO 2: Hoja Informativa	96
ANEXO 3: Consentimiento Informado.....	97
ANEXO 4: Cuestionario/ Hoja de Datos.....	98
ANEXO 5: Artículo Científico.....	99

I – INTRODUCCIÓN

I - INTRODUCCIÓN

Desde que se desarrollaron los patines de línea, unos zapatos especiales equipados con ruedas pequeñas (1), en 1980 para que los jugadores de hockey sobre hielo pudiesen entrenar fuera de la temporada (2), el patinaje en línea, que es una modalidad de patinaje que se desarrolla sobre botas de patín rígidas y ruedas alineadas (3), se ha convertido en el deporte recreativo de más rápido crecimiento (4), popular en todo el mundo (5).

En 1995 ya se estimó que había 25 millones de patinadores en línea. El número de patinadores hombres es casi igual al de mujeres, siendo la media de edad de 35 años, un poco más elevada en los varones (6).

Su popularidad puede ser atribuida a varios factores, como es la relación calidad-precio tan asequible que tiene el material necesario, unido a la durabilidad. Entre ellos, se encuentra también su potencial como actividad aeróbica, pues las respuestas fisiológicas medidas durante su práctica, indican que individuos con niveles promedio de aptitud física pueden lograr un entrenamiento físico apropiado en terreno llano, obteniendo como resultado también un entrenamiento de resistencia de bajo impacto, una alternativa al fitness tradicional (3,4,7).

Este tipo de patinaje no solo ha sido adoptado como una nueva forma de ejercicio aeróbico, sino también como un método de transporte local y como un deporte de competición (patinaje acrobático y carreras), además, se han formado clubes de patinaje en todos los países, donde su práctica se ha convertido en un aspecto social (6).

Hasta más de una década después de su desarrollo, la evidencia no había estudiado la incidencia de lesiones ni los factores de riesgo en la práctica del patinaje en línea. Sin embargo, en la actualidad podemos encontrar investigaciones que, años después, se ocuparon principalmente de las lesiones y del equipo de protección; afirmando así que las lesiones musculoesqueléticas son las más frecuentes (4) y están principalmente asociadas a pérdidas de equilibrio (8,9); teniendo el patinaje en línea la proporción más alta de lesiones en comparación con el patinaje sobre ruedas y sobre hielo (10).

Para llevar a cabo la acción de patinar, debemos adaptar el patrón general de movimiento a ella, pasando entonces a llamarse habilidad. Habilidad que con la práctica y ejecutada en una manera particular, forma una técnica; la cual es susceptible a diversos cambios de acuerdo a los parámetros físicos y coordinativos del patinador, lo que termina definiendo un estilo de ejecución. Tales habilidades técnicas y estilos se desarrollan a causa de los condicionamientos y limitaciones existentes; en el caso del patinaje, pueden hacer referencia al tipo de pista o circuito, material deportivo, así como a la talla, fuerza, resistencia, flexibilidad, equilibrio y nivel coordinativo del patinador. Parámetros que evolucionan constantemente a lo largo de la práctica deportiva (11,12).

Un resultado óptimo en el patinaje puede ser obtenido solo a partir de una actividad coordinada de todas las partes corpóreas. Durante su práctica, el avance depende de la acción de los miembros inferiores, más concretamente de dos factores: longitud y frecuencia del paso, dependientes la una de la otra. La máxima eficiencia se alcanza solo cuando existe una excelente relación entre ambas. Influyendo en ellas la estatura, el peso, la fuerza y la movilidad del patinador (12).

1.1. LESIONES EN EL PATINAJE EN LÍNEA RECREATIVO

Los datos obtenidos de lesiones en el patinaje en línea recreativo dependen del país de estudio, donde la exposición es probablemente el factor principal que explica las diferencias entre el número de lesiones registradas. Una exposición calculada según el número de ventas de patines en línea en los diferentes países.

Lo que sí que podemos afirmar con la evidencia más reciente, es que el auge del patinaje en línea como deporte recreativo está en aumento, y con él, las lesiones asociadas a su práctica.

La tasa de lesiones disponible en Europa en 1996 era de 17 por cada 100 mil habitantes. Según un estudio realizado en Alemania, una lesión se producía cada 124 horas (13).

En un 53-96% de las ocasiones la “caída” es la responsable, donde la muñeca, el antebrazo, y la mano son las zonas lesionadas con mayor frecuencia (52-72%). La segunda zona lesionada más repetida es la rodilla (14), aunque en Estados Unidos, las encuestas realizadas posicionaron las lesiones de miembros

inferiores (principalmente en rodillas y tobillos) con un porcentaje más alto de las de miembro superior (6), igual que en un estudio en jugadores de hockey en línea aficionados en España (15,16). Las lesiones en codos y hombros son menos frecuentes (17-22), entre ellas también las lesiones de los dedos de la mano (23,24).

La fractura es la lesión más común en el patinaje en línea recreativo y la probabilidad de sufrirla es el doble en comparación con otros deportes (23,25), siendo la fractura de muñeca la más repetida (26) y posicionándose la fractura de tibia y peroné en segundo lugar (27).

Como ocurre en el patinaje recreativo, en todas las modalidades de patinaje, el impacto de la caída suele ser absorbido a través de muñecas, rodillas u hombros. Las principales caídas son hacia delante, tratando de frenar el traumatismo con una extensión de los brazos, lo que explica la alta incidencia de lesiones y fracturas de muñeca (28,29). Sin embargo, en el registro ortopédico de lesiones de patinadores de Hong Kong, más de la mitad de las fracturas fueron en los miembros inferiores, zonas afectadas mayormente en caídas hacia los lados (30), al igual que los datos recogidos en Oxford y en Birmingham, con un porcentaje aún mayor en un tramo de edad que va desde los 30 a los 50 años (31,32).

En algunos estudios, las abrasiones y contusiones aparecen con relativa frecuencia (4,6,33). Las lesiones en la región de los glúteos y cóccix tienen una menor incidencia (34), con algún registro de fractura en pelvis y cóccix (35). Menos frecuentes son las luxaciones, destacando entre ellas la de hombro y la de los dedos, así como el desplazamiento de dientes (4,6,13,24,36-39).

Otra lesión notificada son las roturas y elongaciones musculares, provocadas por contracciones explosivas, tensión muscular o poca flexibilidad (15), siendo el aductor (ADD) el músculo principalmente afectado en el patinaje en línea recreativo, debido a su participación en la acción de recobro tras la fase de impulso (24).

Si bien, la alta incidencia de los esguinces tiene como causa principal la caída o el choque, es una lesión asociada también a la rigidez de la bota entre otros factores (40).

Definidas como aquellas de inicio insidioso y cuya intensidad aumenta gradualmente, sin un trauma evidente, encontramos las lesiones por sobreuso (41), tales como tendinosis o bursitis, resultantes de pequeños traumatismos acumulativos (42); en ellas, el desequilibrio entre fuerza y movilidad tiene una gran relevancia. Cualquier asimetría detectada precozmente ayudaría a minimizar los riesgos de lesión en estos casos, así como la evolución de la misma. Los atletas con un trabajo enfocado en movilidad, rendimiento y fuerza, pueden incrementar la integridad de las articulaciones y durabilidad de los músculos, disminuyendo así la probabilidad de lesiones en tejidos blandos (41,43–48).

La tendinosis por “bocado del patín” es ocasionada por el ajuste incorrecto de las botas, donde la lengüeta del patín presiona de manera constante la cara anterior de la articulación del tobillo; provocando una dorsiflexión limitada durante toda la práctica y resultando una inflamación en el tendón del tibial anterior y/o en los tendones de los músculos extensores del pie. De manera similar ocurre por compresión y microtraumatismos repetidos en el tendón de Aquiles.

La mayoría de patinadores y entrenadores de élite, junto con consultores científicos deportivos y de medicina deportiva de la Asociación de Patinaje de Estados Unidos (USFSA) reconocen que las botas rígidas provocan muchos tipos de lesiones (11,40,49).

La bota rígida disminuye la capacidad de dorsiflexión (36), puesto que limita el rango de movilidad (ROM) del tobillo, pudiendo verse afectado también en las articulaciones más proximales; incluyendo un mayor valgo de rodilla (37) y un aumento de la contribución de la cadera y el tronco al movimiento (38,39). También el frecuente dolor lumbar, podría deberse al uso excesivo de esa zona como consecuencia de las restricciones de movilidad en el tobillo durante la práctica deportiva (36,39,50). Hay evidencia que sugiere que el 49% de los patinadores tienen poca movilidad de tobillo en la bota, lo que se ha relacionado a un aumento del riesgo de lesión (36).

El indicador de severidad de las lesiones es calculado según las víctimas que necesitaron ser hospitalizadas, mostrando así que las lesiones derivadas de la práctica del patinaje en línea son graves, pero no tanto como para precisar ingreso en el hospital. Los registros en los centros de atención sanitaria de patinadores (de distintas modalidades) son en su mayoría de pacientes menores de 25 años (51).

Los casos más graves descritos en las extremidades inferiores han sido fractura de fémur y roturas en ligamentos cruzados y laterales de la rodilla (52,53). La mayoría de lesiones producidas a consecuencia de la práctica del patinaje en línea recreativo son leves, no obstante, existe la posibilidad de sufrir lesiones graves o incluso mortales (54–56).

A diferencia de los estudios que obtuvieron registros de datos públicos procedentes de hospitales, donde la edad media de lesión era menor y los pacientes eran en su gran mayoría principiantes, en las investigaciones realizadas con cuestionarios a los patinadores directamente, son los adultos con más de un año de experiencia aquellos que presentan un mayor riesgo/tasa de lesión (14). Durante la evaluación del riesgo de lesión, el nivel de habilidad fue menos predictivo que la experiencia, identificándose una relación lineal entre el tiempo de experiencia y la posibilidad de haber sufrido alguna lesión, siendo los patinadores con más de cuatro años de práctica los que presentaban un riesgo del 90% de lesionarse. Este hallazgo debería alertar a los deportistas por la posibilidad de experimentar lesiones, independientemente de su destreza (6).

Son diversos los factores de riesgo de lesiones referidos en la literatura científica en relación con el patinaje en línea recreacional. Aquellos que dependen de manera intrínseca del patinador son: edad, género, dominio técnico de los patines, nivel de experiencia, velocidad de patinaje, fatiga y nivel de condición física; mientras que aquellos que no dependen directamente del patinador, es decir, los factores de riesgo extrínsecos son: aquellos relacionados con el uso o el estado del material y las instalaciones o lugares donde se patina (27).

1.2. BIOMECÁNICA DEL PATINAJE EN LÍNEA

La comprensión de la biomecánica es esencial para contribuir a un buen rendimiento (57).

A través de la cámara lenta, ha sido posible reconocer que las fases concretas de un movimiento transcurren en un determinado orden, simultáneo y sucesivo. Se producen transferencias de impulsos entre partes del cuerpo y los patines a base de condiciones de trabajo biomecánico y funcional-anatómico; a este paralelismo y sucesión perceptible, se le denomina acoplamiento de movimiento. Es la capacidad de coordinar eficazmente diferentes movimientos

corporales parciales, aislados o fases de movimientos que en su conjunto componen la acción técnica de patinaje.

El patinaje se considera un deporte cíclico bifásico por su secuencia continua de movimientos, determinado fundamentalmente por la capacidad de resistencia del patinador.

Como en todo tipo de locomoción, la propulsión solo puede ser generada a través de una fuerza propulsiva en contra del entorno, pero en el patinaje, la técnica de propulsión difiere de otras técnicas de locomoción humanas. Para acelerar el cuerpo en la dirección del movimiento, los músculos tienen que ser activados para producir rotaciones articulares, que deben ser transferidas a traslaciones de segmentos corporales, contribuyendo cada segmento en la transformación de rotación a velocidad de translación del centro de masa del cuerpo (58,59).

La fase de empuje o principal; consiste en el paso del centro del cuerpo desde la pierna que realiza el empuje hacia la contraria, siendo esta última la encargada de proporcionar la mayor parte de la fuerza de soporte vertical al cuerpo, mientras que el talón de la pierna de empuje se despegas del suelo (antes de que el centro del cuerpo se acerque a la línea de la pierna de apoyo). Es el momento en el que se produce la acción de aceleración, dotando al movimiento del máximo impulso, el objetivo principal.

La fase trasera o de deslizamiento, hace referencia al momento en el cual la punta del patín de la pierna que ha empujado se despegas del suelo, pudiendo considerarse en este momento el cuerpo y la pierna contraria como un cuerpo rígido sin movimiento relativo. La altura del balanceo de la pierna que pierde el contacto con la superficie es mínima. Mientras el centro del cuerpo se desliza a lo largo de la dirección de las ruedas del patín de la pierna encargada en ese momento de la estabilidad (60).

Los patinadores son capaces de alcanzar grandes velocidades gracias a la naturaleza del empuje, realizado dibujando una recta en sentido oblicuo al avance, producido mediante la extensión de rodilla (12). Es una propiedad característica de la técnica de patinaje, un impulso breve pero intenso, donde el rendimiento de la sucesión de esfuerzos explosivos está altamente relacionado con los extensores de las piernas de los atletas (61).

Estudios previos sobre patinaje sobre hielo y de velocidad, han demostrado que a medida que aumenta la velocidad, la biomecánica evoluciona desde un movimiento similar al de una carrera, a un movimiento de deslizamiento, con una mayor rotación externa y abducción de las extremidades inferiores (62,63). Es decir, en comparación con correr, la propulsión en patinaje, requiere una excursión lateral mucho mayor del muslo, la pierna y el pie (64). Por lo tanto, la amplitud articular de cadera y rodilla se relaciona con mayores velocidades, lo que significa también una mayor aplicación de fuerza durante la propulsión (57,62).

II – JUSTIFICACIÓN

II - JUSTIFICACIÓN

La práctica de patinaje requiere una demanda física (diferente en cada disciplina y nivel) que combina fuerza, flexibilidad, capacidad aeróbica y anaeróbica, velocidad, potencia y equilibrio (1,39,65).

A pesar de las características biomecánicas específicas de cada disciplina de patinaje, se han observado similitudes entre la biomecánica del patinaje y el hockey sobre hielo con respecto a ciertos movimientos individuales del patinaje en línea (66,67).

Durante la práctica, los patinadores aplican en cada ciclo de movimiento un grado de fuerza que siempre es inferior a la máxima potencia que teóricamente podría aplicar el sujeto a un único ciclo, de forma que a través del entrenamiento de la fuerza, se consiguen mejoras en la capacidad de impulso por ciclo, reforzando también la resistencia para soportar el aumento de gasto energético que supone el incremento; puesto que la fatiga durante la práctica deportiva, trae como consecuencia alteración de la amplitud de paso, frecuencia y aplicación de fuerzas.

La cinemática de los miembros inferiores y los patrones de actividad muscular podrían ser considerados como determinantes técnicos clave de la tarea motora donde ambos son la causa del movimiento (68).

Diversas investigaciones sobre el patinaje en hockey sobre hielo y patinaje de velocidad han permitido identificar los patrones de actividad muscular. En estos estudios, se ha observado que la contracción concéntrica del glúteo mayor es la principal responsable de la generación de potencia durante el impulso (69). Así mismo, se ha documentado que este músculo permanece activo durante la fase de propulsión, contribuyendo a la extensión, abducción y rotación (57,70,71).

También los músculos isquiotibiales están activos durante la fase de deslizamiento, pero sin contribuir a la generación de potencia. Es en la articulación de la rodilla donde la generación de energía se produce como un estallido explosivo de actividad del cuádriceps. Antes del empuje, durante la fase de deslizamiento, los músculos extensores y flexores de la rodilla están activos para optimizar la posición previa al impulso.

En el desarrollo de la fase de propulsión, un mejor ROM de la articulación de la cadera (72) junto con una gran extensión de rodilla, parecen ser determinantes para alcanzar una velocidad más alta (57). Sin embargo, en la fase de recuperación, es la mejor aducción de cadera la que ha sido asociada a una mayor velocidad en patinadores (63).

El trabajo muscular de los ADD, estudiado con electromiografía en hockey sobre hielo registró una activación notablemente mayor que todos los demás músculos de la cadera, de manera específica, el aductor mayor está primero excéntricamente activo durante la última fase de impulso y luego pasa a un modo concéntrico durante la fase de recuperación (70).

Durante mucho tiempo, se ha especulado que las tensiones musculares en la región de los ADD podían ser causadas por contracciones excéntricas repetitivas que intentan desacelerar la pierna (43,73). Sabiendo que el ROM de la cadera aumenta con la velocidad, y que con ello, aumenta también la actividad muscular, la tensión total y la carga excéntrica de los músculos ADD.

La medición de la actividad muscular en una contracción isométrica máxima y durante 30 metros de patinaje del aductor mayor y del glúteo medio, junto con otros músculos de los miembros inferiores, realizada con electromiografía en jugadores profesionales de hockey sobre hielo, mostró que el glúteo medio está altamente activo en la fase de propulsión, probablemente para estabilizar la pelvis y abducir la cadera. Registrando además otro periodo de actividad durante la fase de recuperación, posicionando la pierna en preparación para la fase de propulsión. Mientras que, el aductor mayor está notablemente involucrado durante la fase de recuperación (74).

La actividad recogida sugiere que la aducción comienza la fase de recuperación, siendo el aductor mayor conocido por su importante papel en este momento (75). Tal y como la evidencia referencia, su activación es mayor a medida que aumenta la velocidad de patinaje, puesto que la propulsión pasa a ser cada vez más lateral, incrementando el trabajo excéntrico del ADD durante el final de la fase de propulsión, y el trabajo concéntrico al comienzo de la fase de recuperación. La aducción de cadera apropiada en la fase de recuperación asegura una buena longitud de los pasos, del mismo modo que se vería disminuida la propulsión y limitada la velocidad con una aducción insuficiente (70,71,74,76).

Por tanto, los grupos musculares abductor (ABD) y ADD de cadera, son de particular interés debido a su papel esencial en la cinemática del patinaje en línea. Estudios recientes en hockey sobre hielo, han propuesto evaluar la fuerza de un grupo muscular en relación con sus antagonistas, específicamente la razón de la fuerza aductor/ abductor de cadera (ADD/ABD ratio) (77).

La obtención del valor de fuerza isométrica máxima de ADD y ABD (para calcular posteriormente también su relación) aportaría datos que aún no han sido recogidos en patinadores en línea. Dichos datos obtenidos a través del dinamómetro de mano, un dispositivo portátil y de bajo coste, apropiado y conveniente para la evaluación en un entorno clínico gracias a su gran confiabilidad y validez (78,79).

La fuerza de los músculos de la cadera desempeña un papel clave en la estabilización de la postura y el equilibrio, además de conectar anatómicamente y biomecánicamente las extremidades superiores e inferiores (80).

Para la estabilidad en el plano frontal de los miembros inferiores, son fundamentales los músculos ABD y ADD de cadera, influyendo en el control pélvico, la cinemática femoral y el valgo dinámico de rodilla; todos ellos, factores implicados en el riesgo de lesión. Una mayor fuerza de abducción está inversamente relacionada con la caída pélvica y la aducción femoral, mejorando así la estabilidad. Además, la función de los ABD contribuye al control lateral del equilibrio y se ha demostrado que influye en el rendimiento del equilibrio a lo largo de la vida (81).

Dada el área de fricción reducida y la pequeña base de apoyo disponible para mantener la estabilidad durante el movimiento, el patinaje en línea ha sido descrito como un deporte que desafía el control postural (82).

El término control postural, utilizado indistintamente con el término equilibrio (83), se define como la combinación de procesos sensoriales y motores involucrados en el mantenimiento del equilibrio, dependiente de la interacción entre tres sistemas sensoriales: el visual, vestibular y neuromuscular (también llamado somatosensorial). El sistema neuromuscular consta de mecanorreceptores (neuronas sensoriales especializadas que responden a la presión aplicada mecánicamente o a la deformación del tejido) ubicados en músculos, tendones, articulaciones y piel (84). El rendimiento óptimo de ese

sistema es importante para la preparación del movimiento articular y para alcanzar una estabilidad articular funcional (85–87), clave para poder practicar el patinaje con éxito.

Para evaluar el equilibrio estático, la forma más confiable es el registro de los movimientos del centro de presión (CoP) durante la posición de pie, usando una plataforma de fuerza (65,88–90). Aunque la postura bípeda ha sido la condición más usada, según Riemann y Schmitz (91), la postura unipodal tiene más aplicaciones en entornos clínicos y medicina deportiva. Además, Nevit et al. (92) encontraron que las caídas más dañinas ocurrían en actividades que involucraban la postura con una sola pierna. En un estudio realizado sobre el entrenamiento del control postural en patinadores (65) acerca del equilibrio, usaron test unipodales bajo diferentes condiciones visuales.

El equilibrio dinámico unilateral, definido como la capacidad de mantener el centro de masa dentro de la base de sustentación durante movimiento sobre una sola pierna (93), es una habilidad fundamental para realizar de manera segura y eficaz muchas acciones deportivas explosivas sobre una pierna. De hecho, la capacidad de equilibrio, ha sido reportada como predictora de velocidad en el patinaje (94,95).

En atletas femeninas, esta habilidad se ha asociado positivamente con la fuerza isométrica de los ABD de la cadera, lo que resalta el papel crítico de estos músculos en el mantenimiento del control postural (96).

Por otro lado, los músculos ADD, particularmente el aductor largo y el aductor mayor, junto con otros músculos rotadores internos y externos de la cadera, generan fuerzas sustanciales durante los movimientos de alta velocidad, desempeñando funciones esenciales en la propulsión y la estabilización pélvica (80,97,98).

Estos grupos musculares actúan sinérgicamente, como un par de fuerzas para regular la mecánica de los miembros inferiores durante tareas específicas del deporte.

Aunque varios estudios han analizado la influencia de la fuerza de ADD y ABD de la cadera en el equilibrio en diferentes poblaciones, revelando correlaciones significativas (80,81,99–102), hasta la fecha no se ha evaluado la

fuerza aislada y relativa de estos dos grupos musculares en relación con el equilibrio en patinadores en línea.

Esta brecha es particularmente relevante dada la importancia de optimizar el rendimiento y prevenir lesiones en un deporte con una alta incidencia de caídas y lesiones asociadas a la pérdida de equilibrio (que representan el 88% de los casos registrados) (8,9,33,103); en el que también, la evidencia difiere cuando se trata de concretar respecto a lesiones o causas de ellas, así como respecto al sexo y las características de los patinadores que las sufren o tienen un mayor riesgo de padecerlas. Muchas investigaciones han demostrado ya que la fuerza muscular de las extremidades inferiores y el ROM de tobillo afectan a la capacidad de equilibrio (104–106).

Ahora que se conoce que el uso del calzado rígido puede provocar restricciones en la movilidad, y como consecuencia, también alteraciones en el desarrollo de la biomecánica y de la práctica deportiva (incrementando el riesgo de lesión); las recomendaciones de trabajo sin bota de patinaje para mantener la fuerza y movilidad en el pie y el tobillo están tomando importancia, pasando a un segundo plano el aspecto de la durabilidad de las botas y posicionándose en primer lugar una bota más flexible cuando hay que adquirirlas.

Tradicionalmente, los patinadores (y entrenadores) pedían botas que brindasen un mayor soporte, unido a una larga durabilidad, a lo que los fabricantes respondieron con productos aún más rígidos. Desde entonces, a diferencia de otros calzados deportivos, la evolución de las botas de patinaje ha sido mínima.

La investigación actual sobre las botas se ha concentrado en dichas preocupaciones. En el presente, hay al menos dos modelos comercializándose que los patinadores definen como más flexibles en la parte alta, lo que les permite cierta flexión plantar y dorsiflexión, sin embargo, solo una bota con bisagras a nivel de la articulación del tobillo puede permitir un rango de movilidad completo, un prototipo que aún está lejos de salir a la venta (11).

Las afecciones recurrentes en el pie y el tobillo no se limitan exclusivamente a los patinadores de élite. El uso de botas de patinaje representa un factor de riesgo significativo, lo que pone de manifiesto, una vez más, la necesidad de revisar y actualizar los criterios empleados en su diseño y fabricación (36).

El principal problema de las botas es la limitación del ROM de tobillo en el plano sagital (107), especialmente la dorsiflexión. Las descritas restricciones de movilidad y su repercusión en cuanto a las lesiones, son dos factores que podrían afectar negativamente la propiocepción y la estabilidad funcional de la articulación (65).

Para evaluar la capacidad de flexión dorsal de la articulación del tobillo, existen varios métodos descritos, pero son las técnicas que involucran el soporte del peso corporal aquellas más representativas de la función de la actividad de las extremidades inferiores (108,109). Los inclinómetros y goniómetros son instrumentos analógicos objetivos y económicos, pero requieren un protocolo estricto para minimizar errores (110,111). Por otro lado, las medidas automatizadas complejas requieren un elevado coste, además de mucho tiempo y experiencia. Sin embargo, el dispositivo portátil GyKo Microgate, que ha sido recientemente introducido en las ciencias del deporte, ha demostrado ser una opción asequible y adecuado, aportando medidas confiables en el cálculo del ángulo (112–114).

Tal y como señala la evidencia científica, un mejor desempeño en pruebas de movilidad y equilibrio está asociado a mayores niveles de torque de abducción de cadera (81).

En paralelo, se ha demostrado que la interacción entre la movilidad de tobillo y la fuerza de cadera resulta crítica para el rendimiento del equilibrio. Hubbard et al. (115) evidenciaron que tanto la dorsiflexión de tobillo como la fuerza de los ABD de cadera son predictores significativos del desempeño del Y-balance test, lo que refuerza la necesidad de analizar estas tres variables de manera conjunta (116).

El patinaje en línea requiere apoyos unilaterales repetidos, impulsos laterales y un control sostenido en el plano frontal. Lo que demanda la acción coordinada de los ABD, ADD y rotadores de la cadera para garantizar estabilidad, alineación y propulsión. Si bien el papel de cada grupo en el equilibrio y la prevención está bien documentado, su interacción, específicamente el ADD/ABD ratio, aún no ha sido explorado en patinadores en línea. A ello se suma que el ROM de dorsiflexión de tobillo, limitado por la bota de patinaje, constituye un factor determinante para el control postural y la ejecución técnica.

Comprender de manera conjunta e independiente la relación entre la fuerza de la cadera y la dorsiflexión de tobillo con el equilibrio podría orientar intervenciones específicas para mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones de esta población.

La síntesis de la evidencia disponible en otras modalidades, tales como el patinaje sobre hielo, ha permitido reconocer las habilidades básicas implicadas en la práctica del patinaje en línea, la forma óptima de evaluarlas, y a su vez, plantear la hipótesis de una posible relación entre ellas en patinadores en línea, objetivo principal de esta investigación.

La obtención de datos objetivos sobre el ADD/ABD ratio, el ROM de dorsiflexión de tobillo y la capacidad de equilibrio podría contribuir a establecer y comprender las interacciones entre estas variables, lo cual resulta fundamental para avanzar hacia la optimización de los entrenamientos, la implementación de estrategias de prevención y el diseño de planes de tratamiento, todo ello orientado a reducir la incidencia de lesiones y mejorar el rendimiento deportivo en esta población.

III – OBJETIVOS

III - OBJETIVOS

1. Analizar la relación entre la movilidad de flexión dorsal de tobillo, el equilibrio estático y la fuerza isométrica de abductores y aductores de cadera en patinadores en línea, utilizando la razón de la fuerza aductor/abductor de cadera resultante de los valores de fuerza.
2. Evaluar la asociación entre el equilibrio estático y la razón de la fuerza aductor/abductor de cadera en función del sexo en patinadores en línea.
3. Determinar el efecto de la edad sobre la relación entre el equilibrio estático y la razón de la fuerza aductor/abductor de cadera en patinadores en línea.
4. Evaluar la influencia de la frecuencia de práctica semanal sobre la relación entre el equilibrio estático y la razón de la fuerza aductor/abductor de cadera en patinadores en línea.

IV - MATERIAL Y MÉTODO

IV -MATERIAL Y MÉTODO

4.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio realizado fue observacional, descriptivo y analítico.

4.2. PARTICIPANTES DE LA INVESTIGACIÓN

G*Power (117) recomendó una muestra superior a 138 participantes para alcanzar una potencia estadística ($1-\beta$) de 0.95, con $\alpha = 0.05$ y un tamaño del efecto medio en una prueba de regresión.

En total, reunimos a 191 patinadores en línea amateurs que conformaron la muestra de la investigación, de los cuales 105 fueron hombres y 86 mujeres; con edades comprendidas entre los 19 y 59 años ($M = 35$, $DE = 9.32$).

De acuerdo con la clasificación de atletas propuesta por McKinney J. et al. (118), se considera atleta amateur a quien realiza, durante al menos seis meses, 150 minutos semanales de patinaje de intensidad moderada o 75 minutos de intensidad vigorosa. Asimismo, Radman et al. (119) concluyeron que un año de experiencia, independientemente de la frecuencia, era suficiente para completar una prueba de habilidades de patinaje.

Los criterios de inclusión exigieron una experiencia mínima de un año y una práctica regular de entre uno y tres días a la semana (d/s) para formar parte de la muestra. Se excluyeron aquellos participantes que hubieran sido sometidos a cirugía de los miembros inferiores en los seis meses previos al estudio, así como quienes presentaran enfermedades crónicas o estuvieran bajo medicación que pudiera interferir con el rendimiento o la práctica deportiva.

La mayoría de los participantes eran diestros de pie (82%, $n = 157$) y el 18% (34) zurdos. En cuanto a la experiencia, el 41% ($n = 79$) reportó entre uno y cinco años, el 19% (37) entre cinco y diez años, y el 39% (75) más de 10 años de experiencia. En relación con la frecuencia de práctica, el 60% ($n = 114$) patinaba entre uno y tres d/s, el 27% (52) entre cuatro o cinco días y el 13% (25) más de cinco d/s. Además el 67% ($n = 128$) manifestó practicar de manera regular otro deporte y el 33% (63) únicamente patinaba.

El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) (número de referencia: CE052314) (Anexo 1). Asimismo, se registró en *ClinicalTrials.gov* (ID: NTC05971316). En el documento informativo (Anexo 2), se les comunicaron los objetivos, procedimientos, beneficios y posibles riesgos involucrados en la investigación. Todos participantes firmaron un consentimiento informado (Anexo 3) para poder participar en el estudio.

4.3. INTERVENCIÓN

Cada participante completó un cuestionario inicial (Anexo 4) para recoger información personal y demográfica, seguido del registro de datos antropométricos (peso y altura).

Antes de comenzar las pruebas (requiriendo todas ellas la participación activa del sujeto), se llevó a cabo un calentamiento dirigido estandarizado de ocho minutos, que incluyó carrera suave, ejercicios de movilidad articular y rutinas de activación neuromuscular (99). Las pruebas se efectuaron sobre la pierna dominante, siguiendo el orden descrito para minimizar el efecto de la fatiga muscular y evitar su influencia en los resultados (106).

Las evaluaciones se efectuaron el día previo a una concentración internacional de patinaje (abril de 2024), la cual requería un nivel mínimo de habilidad para la inscripción. Todas las mediciones tuvieron lugar en el aula de investigación de la Facultad de Fisioterapia de la UCAM.

Todas las pruebas fueron explicadas verbalmente, y se permitió a los participantes un intento de familiarización, cuyos datos no se registraron.

Para la evaluación del equilibrio estático, se realizaron tres mediciones de 15 segundos de duración sobre la pierna dominante; con descansos de 30 segundos sobre ambos pies entre cada una de ellas. El resultado final se calculó con el promedio del desplazamiento del CoP, expresado en milímetros, a partir de los datos obtenidos en cada repetición con el software Footscan® V9 9.5.8 (RScan International NV, Paal, Bélgica). Durante la prueba, se pidió al paciente que se posicionase sobre la plataforma (sin zapatos ni calcetines), de manera que quedase alineado el segundo dedo del pie de la pierna de apoyo con la línea antero-posterior de la plataforma, y el maléolo medial con la línea latero-medial.

La pierna contraria, suspendida en el aire mantuvo una flexión de rodilla de 90° y los brazos permanecieron cruzados sobre el pecho. La prueba se realizó con los ojos abiertos y la mirada fija en un punto visual situado a cinco metros de distancia (65) (Figura 1).

Posteriormente, se evaluó la fuerza isométrica máxima de los músculos ADD y ABD de cadera de la pierna dominante de cada participante. Ambas pruebas se realizaron en decúbito supino sobre una camilla médica. Los sujetos tuvieron permitido agarrar a ambos lados la camilla para estabilizarse, mientras que los movimientos accesorios no estaban consentidos con ninguna parte del cuerpo durante la realización de la prueba.

Tras recibir las instrucciones, se les pidió efectuar una contracción isométrica máxima de cinco segundos contra el dinamómetro, colocado mediante un cinturón (abrazando su miembro inferior) a cinco centímetros de distancia al maléolo lateral y medial para la medición de la abducción y aducción, respectivamente. Los participantes fueron guiados por la mano del investigador para garantizar que se realizase la acción correcta. Además, durante la realización, se utilizaron estímulos verbales para alentar a los sujetos. El dinamómetro fue fijado con la ayuda de un cinturón a una estructura estable y vertical anclada al suelo. Se realizaron cuatro mediciones válidas y el mejor resultado (registrado en N) se utilizó para el análisis estadístico (120,121) (Figura 2 y 3).

En el último lugar, se valoró el ROM de dorsiflexión de tobillo, mediante un único intento. El dispositivo Gyko fue posicionado sobre la tibia a unos 10 centímetros de distancia por debajo de la rodilla de la pierna dominante. La ejecución consistió en realizar una sentadilla con los miembros superiores extendidos por encima de la cabeza y sin despegar los talones del suelo. La velocidad de ejecución fue aquella preferida por cada sujeto (122) (Figura 4).

Figura 1. Medición CoP



Figura 2. Medición de la fuerza isométrica máxima de los ABD de cadera mediante dinamómetro manual



Figura 3. Medición de la fuerza isométrica máxima de los ADD de cadera mediante dinamómetro manual



Figura 4. Test para la valoración del ROM de flexión dorsal de tobillo



4.4. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para llevar a cabo la medición antropométrica se usó la Balanza Tanita BC-601 y el tallímetro Tanita HR001 (Tanita®, Illinois, EE.UU.). La valoración del equilibrio estático se realizó con la plataforma de presiones Footscan® y el software Footscan® V9. En la obtención de los valores de fuerza máxima isométrica fue necesaria una camilla de fisioterapia, una cincha ajustable y el dinamómetro manual portable (Nicholas Manual Muscle Tester, Lafayette Indiana Instruments). Con el dispositivo GyKo (Microgate S.r.l, Italy) se obtuvieron las mediciones de la flexión dorsal.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se han descrito mediante medias y desviaciones estándar, así como medianas y rangos intercuartílicos para las variables cuantitativas continuas. Para las variables cualitativas, se determinó la frecuencia absoluta y el porcentaje.

Se realizó un análisis de regresión del CoP con las variables: edad, sexo, peso, altura, IMC, pierna dominante, frecuencia de práctica deportiva, años de experiencia, cantidad de kilómetros semanales, características de los patines, práctica frecuente de otra disciplina deportiva, fuerza máxima isométrica de los músculos ADD de cadera, ADD/ABD ratio y ROM de flexión dorsal de tobillo.

Se verificaron los supuestos de normalidad (K-S), colinealidad (VIF), autocorrelación (DW) y homocedasticidad (pruebas de Breusch-Pagan e inspección visual de los residuos). Para el análisis estadístico y la elaboración de figuras se emplearon los programas IBM SPSS V.29 y Jamovi V. 2.6.29.

V – RESULTADOS

V - RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVOS.

En la Tabla 1 se presentan los análisis descriptivos de las variables contempladas en el estudio.

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables contempladas en el estudio

	<i>Global</i>	<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
<i>N</i>	191	105	86
<i>Edad</i>	35 ± 9.32	37.39 ± 9.79	34.5 ± 9.43
<i>Peso (kg)</i>	68.69 ± 13.31	76.54 ± 11.88	60.19 ± 10.7
<i>Altura (m)</i>	1.71 ± 0.09	1.76 ± 0.06	1.65 ± 0.08
<i>IMC (kg/m²)</i>	23.43 ± 3.45	24.71 ± 3.47	22.17 ± 3.32
<i>Lateralidad</i>			
<i>Izquierda</i>	34 (18%)	18 (17%)	16 (19%)
<i>Derecha</i>	157 (82%)	87 (83%)	70 (81%)
<i>Experiencia (años)</i>			
>1	79 (41%)	37 (35%)	42 (49%)
>5	37 (19%)	21 (20%)	16 (19%)
>10	75 (39%)	47 (45%)	28 (32%)
<i>Frecuencia (d/s)</i>			
1-3	114 (60%)	51 (49%)	63 (73%)
3-5	52 (27%)	36 (34%)	16 (19%)
>5	25 (13%)	18 (17%)	7 (8%)
<i>Km semanales</i>			
<10	21 (11%)	11 (10%)	10 (12%)
>10	73 (38%)	40 (38%)	33 (38%)

>30	63 (33%)	30 (29%)	33 (38%)
>50	23 (12%)	15 (14%)	8 (9%)
>100	11 (6%)	9 (9%)	2 (2%)
Tipo de Patín			
Velocidad	15 (8%)	10 (10%)	5 (6%)
Maratón	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
"Free-Skate"	159 (83%)	85 (81%)	74 (86%)
"Fitness"	17 (9%)	10 (10%)	7 (8%)
Diámetro rueda (mm)			
70/80/90	105 (55%)	50 (48%)	55 (64%)
100/110	71 (37%)	43 (41%)	28 (33%)
125	15 (8%)	12 (11%)	3 (3%)
Práctica otro deporte			
Sí	128 (67%)	73 (70%)	55 (64%)
No	63 (33%)	32 (30%)	31 (36%)
CoP (mm)	416.29 ± 188.59	489.31 ± 223.15	356.39 ± 150.34
Fuerza ABD (N)	141.87 ± 33.71	158.92 ± 30.17	122.14 ± 27.2
Fuerza ADD (N)	150.15 ± 43.02	176.45 ± 36.47	119.72 ± 28.91
ADD/ABD ratio	1.06 ± 0.2	1.12 ± 0.2	0.99 ± 0.18
ROM Dorsiflexión (°)	35.58 ± 7.41	34.5 ± 7.06	37 ± 7.67

Se representa media (M) y desviación estándar ($x \pm SD$) para las variables cuantitativas y frecuencia absoluta (n) y porcentaje (%) para las variables cualitativas.

5.2. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El modelo de regresión ($R^2 = 0.19$) reveló un efecto significativo del sexo y la edad sobre el CoP. Al incorporar la frecuencia de práctica, el ajuste del modelo mejoró hasta $R^2 = 0.22$, mostrando un mejor equilibrio en los patinadores que practicaban > 5 d/s en comparación con aquellos que solo lo hacían entre 1-3 d/s. La inclusión de las variables de fuerza (excluyendo la fuerza de ABD debido a la

colinealidad) incrementó aún más la capacidad explicativa del modelo hasta ($R^2 = 0.25$).

El modelo final (Tabla 2) promedió un VIF = 1.24 y un DW = 1.67. El peso, la altura y el IMC no mostraron efecto sobre el CoP. De manera similar, la lateralidad, los años de experiencia, kilómetros semanales, características del material o práctica regular de otro deporte no mostraron efectos sobre el CoP. Tampoco el ROM de dorsiflexión de tobillo afectó a los resultados de la prueba de equilibrio.

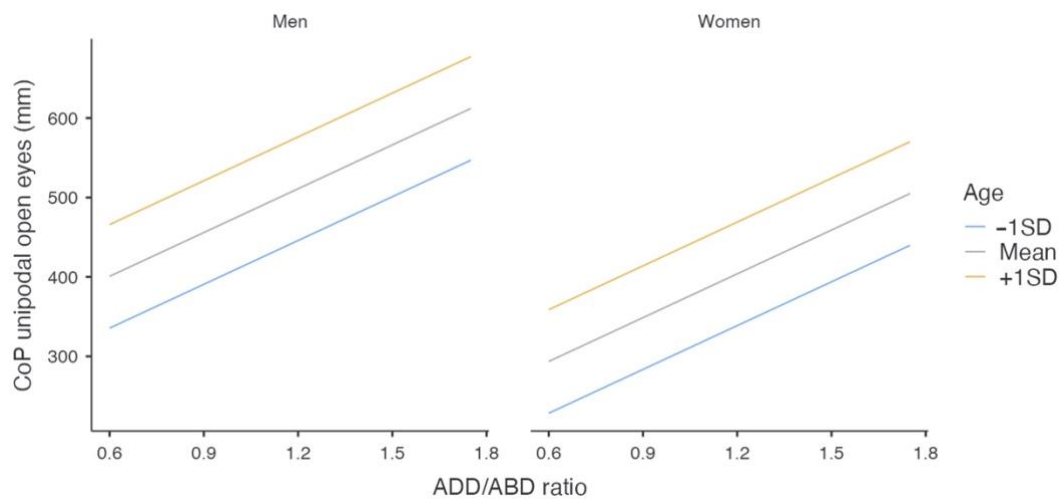
En resumen, los participantes más jóvenes, las mujeres y los patinadores con una mayor frecuencia de práctica (> 5 d/s) demostraron un mejor equilibrio unipodal. Además parece que un menor ADD/ABD ratio, es decir, una fuerza más equilibrada de ambos músculos, combinada con una mayor fuerza de aductores se asoció con una menor oscilación del CoP (Figura 3).

Tabla 2. Coeficientes del modelo para CoP

<i>Variable Predictora</i>	<i>Estimación</i>	<i>EE</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
<i>Constante</i>	138.66	98.94	1.77	0.161
<i>Edad</i>	7.00	1.33	4.80	< 0.001
<i>Sexo</i>	-107.17	33.01	-3.25	< 0.001
<i>Frecuencia (d/s)</i>				
3-5 vs. 1-3	6.04	28.38	0.21	0.832
>5 vs. 1-3	102.66	38.19	2.69	0.032
<i>ADD/ABD Ratio</i>	183.84	72.28	2.54	0.012
<i>Fuerza ADD (N)</i>	-0.88	0.43	-2.03	0.043

EE = Error Estándar, t = estadístico t de Student, p = valor de probabilidad.

Figura 5. Estimadores del CoP durante el apoyo unipodal



VI – DISCUSIÓN

VI -DISCUSIÓN

Los principales hallazgos de este estudio indican que los patinadores en línea aficionados con menor ADD/ ABD ratio, es decir, aquellos que presentan un perfil de fuerza más equilibrado entre ADD y ABD, exhibieron un mejor desempeño del equilibrio estático unipodal. Además, una mayor fuerza de los ADD de cadera se asoció con un mejor control postural, reflejando una menor oscilación del CoP. Finalmente, los resultados de equilibrio también estuvieron influenciados por las características de los participantes; observándose que los patinadores más jóvenes, las mujeres y aquellos que practican patinaje en línea con mayor frecuencia tuvieron un rendimiento superior. Sin embargo, el ROM articular de flexión dorsal de tobillo no presentó asociación significativa con el equilibrio en este grupo de deportistas.

6.1. EQUILIBRIO Y RAZÓN DE LA FUERZA ADUCTOR / ABDUCTOR DE CADERA

Los resultados sugieren que el equilibrio muscular de la cadera, en particular el ADD/ ABD ratio, podría desempeñar un papel relevante en la estabilidad postural en el patinaje en línea. Esta asociación podría tener implicaciones potenciales tanto para la mejora del rendimiento como para las estrategias de prevención de lesiones de esta población.

Evaluar habilidades motoras fundamentales como la fuerza muscular de la cadera (esencial para los patrones de movimiento y para mantener y generar control durante las fases de apoyo unipodal) y la capacidad de equilibrio, debería considerarse un componente valioso dentro de las planificaciones de entrenamiento, ya que podría ayudar a detectar déficits funcionales y orientar programas específicos tanto para la prevención de lesiones como para la optimización del rendimiento (11,12,24,39,65).

Los desequilibrios de fuerza entre músculos agonistas y antagonistas se reconocen como un factor crítico en la prevención de lesiones en numerosos deportes cíclicos (123). Estudios previos han identificado vínculos entre la fuerza

de la cadera y el rendimiento del equilibrio, confirmando que la musculatura de esta región juega un papel relevante en la estabilidad postural (124,125).

En jugadores de hockey sobre hielo, la investigación realizada sobre la actividad muscular de la cadera ofrece información valiosa sobre su contribución a la mecánica del patinaje. El equilibrio en dichos atletas, depende en gran medida de los músculos ADD, debido a la estrecha base de apoyo disponible durante el movimiento. Esto requiere una fuerte participación de los músculos medio-laterales de la cadera, entre otros, para mantener el control postural en este contexto desafiante (70).

Otras investigaciones, como las llevadas a cabo en niños sanos, demostraron que el entrenamiento de patinaje en línea mejoraba tanto la fuerza como la capacidad de equilibrio (126). Asimismo, se ha comprobado que las intervenciones centradas en el entrenamiento de fuerza y el equilibrio mejoran la destreza en el patinaje (127).

Miller y Bird (128) informaron que la fatiga en los músculos de la cadera y la rodilla tiene un mayor impacto negativo en la estabilidad unipodal en comparación con aquellos más distales del miembro inferior. Más recientemente, Gribble y Hertel (129,130) demostraron que existían déficits mayores de control postural tras la fatiga de los ADD y ABD de cadera en comparación con los músculos inversores y eversores de tobillo. Estos hallazgos apoyan la idea de que los músculos de la cadera y la rodilla, al poseer un mayor volumen y área fisiológica de sección transversal, pueden generar más fuerza que aquellos que actúan sobre el tobillo (131).

Nuestros hallazgos parecen coincidir con la evidencia previa, sugiriendo que, en patinadores en línea, un ADD/ABD ratio menor, está asociado con un mejor equilibrio estático unipodal. Esta observación podría respaldar la exploración del uso de la relación agonista-antagonista de estos músculos como un posible indicador en futuras investigaciones sobre optimización del rendimiento y evaluación del riesgo de lesiones, del mismo modo en el que la relación de las fuerzas cuádriceps/isquiotibiales ha sido utilizado para evaluar y prevenir la susceptibilidad de lesiones de rodilla y tobillo.

En relación con el modelo de regresión, aunque el coeficiente del ADD/ABD ratio mostró un valor positivo ($\beta = 183.84$) y el de la fuerza ADD un valor

negativo ($\beta = -0.88$), su interpretación debe hacerse desde un punto de vista funcional. Un menor ADD/ABD ratio indica un perfil de fuerza más equilibrado entre aductores y abductores, asociado a una menor oscilación del CoP y, por tanto, en un mejor control postural

Además, cabe destacar que un mejor desempeño en la prueba de equilibrio, es decir, una menor oscilación del CoP, también se asoció con una mayor fuerza isométrica máxima de los ADD.

Si bien el glúteo medio, un músculo clave en el patinaje en línea, ha recibido más atención investigadora, su antagonista, el aductor largo, no debe presentar una asimetría excesiva en fuerza o activación. Tal y como se planteó en la introducción del trabajo realizado, una tensión muscular excesiva en la región de los ADD, ampliamente reconocida como el área más propensa a lesiones en este deporte, puede resultar de contracciones excéntricas repetidas, actuando para la desaceleración de la extremidad durante el movimiento lateral (73). Las asimetrías descritas en la activación electromiográfica de los ADD de cadera entre el lado derecho e izquierdo, con déficits de hasta un 80% en el lado afecto, junto con patrones de coactivación alterados con el glúteo medio, podría aumentar la vulnerabilidad del aductor largo a lesiones (43).

A nivel profesional, el hockey sobre hielo está asociado con modificaciones estructurales de la cadera (menores en categorías inferiores y aficionados), haciendo referencia a ROM reducido y desequilibrios musculares laterales; lo que podría contribuir al dolor y riesgo de lesión (132). También en profesionales, en este caso de fútbol, un programa de fuerza específico de ADD y ABD, ajustado al ratio y la asimetría registrada entre ambas piernas, demostró ser efectivo para prevenir lesiones de ADD, a la vez que conservaba una buena simetría entre piernas y ADD/ABD ratio equilibrado (133). Una fuerza abductora excesiva en comparación con la aductora podría estar vinculada a dolor, por lo que sugieren que el equilibrio muscular debería ser considerado en la evaluación y prevención clínica (134).

Los datos de ADD/ABD ratio de la pierna dominante aportan una nueva perspectiva, apoyando la idea, propuesta por autores previos, de que esta relación de fuerza muscular puede servir como un predictor del riesgo de lesión en las extremidades inferiores (77).

Desde una perspectiva neuromuscular, la estabilidad de la cadera actúa como un punto de anclaje esencial para la transferencia eficiente de fuerzas hacia los segmentos distales durante el patinaje (58, 69, 70). Un control motor óptimo requiere una activación coordinada y secuencial de los grupos musculares implicados en la propulsión y el frenado, lo que reduce el gasto energético y mejora la precisión del gesto técnico (12, 65, 74). Estas adaptaciones refuerzan la importancia de integrar estrategias de entrenamiento orientadas al control postural y la coordinación intermuscular, ya que la estabilidad proximal no solo favorece la eficiencia mecánica, sino que también optimiza el rendimiento deportivo en tareas de alta demanda neuromuscular, como el patinaje en línea (43, 65, 133).

6.2. EQUILIBRIO Y VALORES DEMOGRÁFICOS

Este estudio también encontró una fuerte relación entre el equilibrio estático, la edad, el sexo y la frecuencia de la práctica de patinaje en línea. Los participantes más jóvenes y las mujeres obtuvieron mejores resultados en la prueba de equilibrio en comparación con sus pares de mayor edad y hombres.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que reportan que los hombres exhiben mayor oscilación del CoP, mientras que las mujeres, demuestran un mejor equilibrio independientemente del sistema de medición o duración de la prueba (135). Los participantes varones han mostrado generalmente mayor oscilación postural, la cual aumenta con la edad. Un resultado que podría vincularse con la prevalencia más alta de lesiones en sujetos masculinos (4). Algunas de las explicaciones atribuidas a esta diferencia entre sexos apuntan a la ubicación vertical relativa del centro de masa del cuerpo, que puede ser diferente entre ellos. También se ha señalado el mayor volumen y fuerza de la parte superior del cuerpo que generalmente poseen los hombres en comparación con las mujeres; lo que no solo podría afectar en la proyección del movimiento del CoP, sino también aumentar el desafío para los mecanismos de control postural (136).

Además, la disminución de la capacidad de equilibrio parece ser más pronunciada en los hombres, con un deterioro del control postural que comienza relativamente temprano en ambos sexos, típicamente entre los 40 y 49 años;

probablemente debido a procesos fisiológicos de envejecimiento y reducción de la actividad física, ambos relacionados con el estilo de vida (136,137).

Un patrón que destaca el papel tan importante que podría tener la evaluación del rendimiento en etapas tempranas para diseñar intervenciones que favorezcan el desarrollo y mantenimiento del control postural en esta disciplina.

Investigaciones previas han mostrado, en concordancia con los resultados de este estudio, que en adultos, una mayor frecuencia de entrenamiento semanal se asocia con mayores mejoras en la fuerza muscular y en los resultados funcionales relacionados con el equilibrio. Se ha reportado una relación positiva dosis-respuesta entre la frecuencia de entrenamiento y las ganancias de fuerza, con tamaños de efecto que aumentan progresivamente desde 1 d/s hasta ≥ 4 d/s (138).

Sumado a lo anterior, cuando el volumen de entrenamiento semanal se mantiene constante, aumentar la frecuencia de entrenamiento aún parece ofrecer ventajas prácticas, como una mejor gestión de la recuperación y de la calidad de movimiento (139). Por lo tanto, participar en deportes recreativos como el patinaje en línea, que implica de forma inherente el control postural y la fuerza muscular, con una frecuencia semanal elevada; puede favorecer adaptaciones neuromusculares más eficientes.

En este contexto, la práctica frecuente de patinaje (es decir, ≥ 3 d/s) se asocia con una mejor capacidad de fuerza y equilibrio, con resultados a nivel de rendimiento que aumentan proporcionalmente con la frecuencia de entrenamiento.

6.3. EQUILIBRIO Y FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO

En el presente estudio, el ROM de flexión dorsal de tobillo no mostró una asociación significativa con las variables de equilibrio estático unipodal en patinadores en línea aficionados; lo cual coincide con lo reportado en gimnastas universitarias, donde tampoco se observaron correlaciones significativas entre la dorsiflexión activa y el control postural en condiciones estáticas.

Sin embargo, el mismo trabajo evidenció que una mayor dorsiflexión sí se relacionó positivamente con el desempeño en tareas dinámicas de equilibrio, particularmente en la dirección posterolateral del *Star Excursion Balance Test* (140).

Este hallazgo resulta relevante ya que el test utilizado implica un patrón de apoyo y empuje con demandas de control lateral y multiplanar, que guarda similitudes biomecánicas con la técnica del patinaje en línea (12).

También en jugadores de fútbol sala, la dorsiflexión de tobillo fue reportada como influyente en tareas dinámicas de equilibrio, donde un mayor ROM estuvo unido a un mejor desempeño de la prueba (141). Estos hallazgos sugieren que, mientras la movilidad de tobillo podría ser un factor determinante en el equilibrio dinámico, en condiciones estáticas no parece constituir un factor limitante, dependiendo en mayor medida de la fuerza y el control neuromuscular de segmentos proximales, como la musculatura de la cadera.

Debido al uso de botas rígidas se planteó la hipótesis de que la movilidad articular del tobillo pudiera estar comprometida en patinadores en línea. Sin embargo, este efecto no se verificó empíricamente. Una explicación plausible es que los participantes no eran deportistas profesionales; Yang-Kun Ou et al. encontraron menor rango de movilidad en *skataters* profesionales en comparación con amateurs (142). Los patinadores aficionados podrían tener una menor exposición a las botas de patinaje, que además suelen ser menos rígidas en comparación con las usadas en el alto rendimiento.

En segundo lugar, un alto porcentaje de la muestra practicaba otras disciplinas deportivas, lo que probablemente favoreció el mantenimiento del ROM de la articulación del tobillo, contrarrestando posibles limitaciones impuestas por el calzado (143). Esta combinación podría explicar por qué los valores de movilidad obtenidos permanecieron dentro del rango funcional normal y no mostraron relaciones significativas con el equilibrio estático unipodal.

VII – CONCLUSIONES

VII - CONCLUSIONES

1. El equilibrio estático unipodal se asoció estadísticamente con menores razones de fuerza de aductor/abductor de cadera, particularmente cuando se acompaña de una mayor fuerza de los músculos aductores. En cambio, el rango de movilidad articular de flexión dorsal de tobillo no mostró asociación significativa con el equilibrio en patinadores en línea.
2. El sexo de este grupo de deportistas influyó en la relación del equilibrio estático y la razón de la fuerza aductor/abductor de cadera, las mujeres tuvieron un mejor rendimiento.
3. La edad también tuvo efecto en la relación entre el equilibrio estático y la razón de la fuerza aductor/abductor de cadera, los patinadores aficionados más jóvenes obtuvieron mejores resultados.
4. Una frecuencia semanal de entrenamiento mayor (≥ 5 d/s) se asoció con una razón de la fuerza aductor/abductor de cadera más equilibrada y un menor desplazamiento del centro de presión en patinadores en línea.

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8.1. LIMITACIONES

A pesar de contar con una amplia muestra de patinadores aficionados, este estudio presenta varias limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados.

En primer lugar, el corto período disponible para la recolección de datos, condicionada por la proximidad de un evento internacional, limitó la posibilidad de incluir un mayor número de participantes y restringió la inclusión de otras variables que podrían haber enriquecido los resultados. Esta circunstancia pudo haber afectado a la representatividad de la muestra y, en consecuencia, la generalización de los hallazgos a otros grupos de patinadores o deportistas de mayor nivel competitivo.

En segundo lugar, el diseño observacional transversal implicó la recolección de datos en un único momento temporal. Este enfoque impidió establecer relaciones de causalidad entre las variables analizadas.

8.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

A partir de las limitaciones mencionadas, se identifican diversas posibilidades para futuras investigaciones.

Sería recomendable realizar estudios con diseños longitudinales o experimentales que permitan verificar de manera más sólida la influencia de la fuerza de la cadera en el control postural, así como evaluar la eficiencia de programas de entrenamiento específicos orientados al fortalecimiento de los músculos aductores y abductores.

Asimismo, la incorporación de técnicas de análisis más avanzadas podría proporcionar información más precisa sobre los patrones de activación muscular y su relación con el equilibrio.

Otra línea de interés consistiría en ampliar la investigación a poblaciones con diferentes niveles competitivos y establecer comparaciones con otros deportes que demandan un elevado control postural (por ejemplo, gimnasia rítmica). Esto

permitiría contextualizar los hallazgos y valorar su aplicabilidad en distintos ámbitos del rendimiento deportivo y la prevención de lesiones.

Finalmente, incluir en futuros trabajos un conjunto más amplio de variables (como la coordinación intermuscular o la fatiga), podría ofrecer una comprensión más integral de los factores que determinan el equilibrio en el patinaje en línea. Por otra parte, sería pertinente estandarizar o clasificar los niveles de patinaje aficionada más allá de la frecuencia semanal de práctica, para discernir si esta variable refleja principalmente la condición física o el dominio técnico del patinador.

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vila H, Abrales JA, Rodríguez N, Ferragut C. Anthropometric and somatotype characteristics of world class male roller skaters by discipline. *J. Sports Med Phys Fitness*. 2015 Jul-Aug;55(7-8): 742-8.
2. O'Farrell DA, Ridha HM, Keenan P, McManus FW, Stephens M. An epidemic of roller-blade injuries in children. *Injury*. 1997 Jun-Jul;28(5-6):377-9.
3. Snyder AC, O'Hagan KP, Clifford PS, Hoffman MD, Foster C. Exercise Responses to In-Line Skating: Comparisons to Running and Cycling. *Int J Sports Med*. 1993 Jan;14(1):38-42.
4. Schieber RA, Branche-Dorsey CM. In-Line Skating Injuries: Epidemiology and Recommendations for Prevention. *Sports Medicine*. 1995 Jun;19(6):427-32.
5. Tan V, Seldes RM, Daluiski A. In-Line Skating Injuries: *Sports Med*. 2001;31(9):691-9.
6. Jaffe MS, Dijkers MP, Zametis M. A population-based survey of in-line skaters' injuries and skating practices. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997 Dec;78(12):1352-7.
7. Hoffman MD, Jones GM, Bota B, Mandli M, Clifford PS. In-Line Skating: Physiological Responses and Comparison with Roller Skiing. *Int J Sports Med*. 1992 Feb;13(02):137-44.
8. Schieber RA, Branche-Dorsey CM, Ryan GW, Rutherford GW, Stevens JA, O'Neil J. Risk Factors for Injuries from in-Line Skating and the Effectiveness of Safety Gear. *N Engl J Med*. 1996 Nov 28;335(22):1630-5.
9. Nguyen D, Letts M. In-line skating injuries in children: a 10-year review. *J Pediatr Orthop*. 2001 Sep- Oct;21(5):613-8.
10. Knox CL, Comstock RD, McGeehan J, Smith GA. Differences in the Risk Associated With Head Injury for Pediatric Ice Skaters, Roller Skaters, and In- Line Skaters. *Pediatrics*. 2006 Aug;118(2):549-54.

11. Smith AD. The young skater. *Clin in Sports Med*. 2000 Oct;19(4):741-55.
12. Lugea C. Algunas Consideraciones sobre Biomecánica, Técnica y el Modelo Técnico en el Patinaje de Velocidad. Universidad Autónoma de Madrid: Madrid, España, 2008.
13. Jerosch J, Heck C. Verletzungsmuster und -prophylaxe beim Inlineskating. *Orthopäde*. 2005 May;34(5):441-7.
14. Seldes RM, Grisso JA, Pavell JR, Berlin JA, Tan V, Bowman B, et al. Predictors of injury among adult recreational in-line skaters: a multicity study. *Am J Public Health*. 1999 Feb;89(2):238-41.
15. Moreno-Alcaraz VJ, Cejudo A, Sainz De Baranda P. Injury types and frequency in Spanish inline hockey players. *Phys Ther Sport*. 2020 Mar;42:91-99.
16. Daly PJ, Sim FH, Simonet WT. Ice Hockey Injuries: A Review. *Sports Med*. 1990 Aug;10(2):122-31.
17. Sherker S, Cassell E. Preventing In-Line Skating Injuries: How Effective are the Countermeasures? *Sports Med*. 1999 Nov;28(5):325-35.
18. Hilgert RE, Dallek M, Radonich H, Jungbluth KH. Trendsportart Inline-Skating. Verletzungsmuster und Risikogruppen [Trendy inline skating sports. Pattern of injuries and groups at risk]. *Unfallchirurg*. 1998 Nov;101(11):845-50.
19. Kvidera DJ, Frankel VH. Trauma on eight wheels: A study of roller skating injuries in Seattle. *Am J Sports Med*. 1983 Jan-Feb;11(1):38-41.
20. Inkelis SH, Stroberg AJ, Keller EL, Christenson PD. Roller skating injuries in children: *Pediatr Emerg Care*. 1988 Jun;4(2):127-32.
21. Ellis JA, Kierulf JC, Klassen TP. Injuries associated with in-line skating from the Canadian hospitals injury reporting and prevention program database. *Can J Public Health*. 1995 Mar-Apr;86(2):133-6.
22. Houshian S, Andersen HM. Comparison between in-line and rollerskating injury: A prospective study. *Scandinavian Med Sci Sports*. 2000 Feb;10(1):47-50.
23. Hassan I. Sports related fractures in children in north east England. *Emerg Med J*. 2001 May;18(3):167-71.

24. Jerosch J, Heidjann J, Thorwesten L, Linnebecker S. Inline-Skating - typische Verletzungen und Prophylaxe. *Sportverletz Sportschaden*. 1997 Jun;11(02):43-7.
25. Brudvik C, Hove LM. Childhood Fractures in Bergen, Norway: Identifying High-Risk Groups and Activities: *J Pediatr Orthop*. 2003 Sep;629-34.
26. Mulder S, Hutten A. Injuries associated with inline skating in the European region. *Accid Anal Prev*. 2002 Jan;34(1):65-70.
27. Moreno Alcaraz VJ, López-Miñarro PA, Rodríguez García PL. Lesiones y medidas de prevención en patinaje en línea recreativo: revisión. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2012;12(45):179-94.
28. Frankovich RJ, Petrella RJ, Lattanzio CN. In-Line Skating Injuries: Patterns and Protective Equipment Use. *Phys Sportsmed*. 2001 Apr;29(4):57-62.
29. Knox CL, Comstock RD. Video analysis of falls experienced by paediatric iceskaters and roller/inline skaters. *Br J Sports Med*. 2006 Mar;40(3):268-71.
30. Goh SH, Tan HK, Yong WS, Low BY. Spectrum of roller-blading injuries. *Ann Acad Med Singap*. 1996 Jul;25(4):547-9.
31. Bernard AA, Corlett S, Thomsen E, Bell N, McMahon A, Richmond P, et al. Ice skating accidents and injuries. *Injury*. 1988 may;19(3):191-2.
32. Lam CK, Leung WY, Wu WC, Lam J, Ip FK. Orthopaedic ice-skating injuries in a regional hospital in Hong Kong. *Hong Kong Med J*. 1997 Jun;3(2):131-4.
33. Heitkamp HC, Horstmann T, Schalinski H. In-line skating: injuries and prevention. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000 Sep;40(3):247-53.
34. Young CC, Seth A, Mark DH. In-line skating: use of protective equipment, falling patterns, and injuries. *Clin J Sport Med*. 1998 Apr;8(2):111-4.
35. Mora M. A closed pelvic fracture from wheels-in-line skating. *J Emerg Medi*. 1996 Nov;14(6):711-3.

36. Campanelli V, Piscitelli F, Verardi L, Maillard P, Sbarbati A. Lower Extremity Overuse Conditions Affecting Figure Skaters During Daily Training. *Orthop J Sports Med*. 2015 Jul 28;3(7):2325967115596517.
37. Bell DR, Padua DA, Clark MA. Muscle Strength and Flexibility Characteristics of People Displaying Excessive Medial Knee Displacement. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008 Jul;89(7):1323-8.
38. Lipetz J, Kruse RJ. Injuries and special concerns of female figure skaters. *Clin Sports Med*. 2000 Apr;19(2):369-80.
39. Slater LV, Vriner M, Zapalo P, Arbour K, Hart JM. Difference in Agility, Strength, and Flexibility in Competitive Figure Skaters Based on Level of Expertise and Skating Discipline. *J Strength Cond Res*. 2016 Dec;30(12):3321-3328.
40. Shindle MK, Marx RG, Kelly BT, Bisson L, Burke CJ. Hockey injuries: a pediatric sport update. *Curr Opin Pediatr*. 2010 Feb;22(1):54-60.
41. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med*. 2011 Jun;45(7):553-8.
42. Listola J, Ruismäki H, Valtonen J, Welling J, Hakkarainen H. Overuse Injuries Of Finnish Elite Junior Ice Hockey Players. Prospective Online Survey. *EJSBS*. 2014 Nov 30;7(4):641-55.
43. Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ, McHugh MP. The Association of Hip Strength and Flexibility with the Incidence of Adductor Muscle Strains in Professional Ice Hockey Players. *Am J Sports Med*. 2001 Mar-Apr;29(2):124-8.
44. Kawałek K, Garsztka T. An analysis of muscle balance in professional field hockey players. *Trends in Sport Sciences* 2013;4(20):181-187.
45. Ekstrand J, Gillquist J. The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *Am J Sports Med*. 1982 Mar-Apr;10(2):75-8.
46. Backman LJ, Danielson P. Low Range of Ankle Dorsiflexion Predisposes for Patellar Tendinopathy in Junior Elite Basketball Players: A 1-Year Prospective Study. *Am J Sports Med*. 2011 Dec;39(12):2626-33.

47. Benson BW, Meeuwisse WH. Ice Hockey Injuries. En: Maffulli N, Caine DJ, editores. *Medicine and Sport Science*. Karger AG; 2005 Feb;49:86-119.
48. Grant JA, Bedi A, Kurz J, Bancroft R, Gagnier JJ, Miller BS. Ability of preseason body composition and physical fitness to predict the risk of injury in male collegiate hockey players. *Sports Health*. 2015 Jan;7(1):45-51.
49. LaPrade RF, Surowiec RK, Sochanska AN, Hentkowski BS, Martin BM, Engebretsen L, et al. Epidemiology, identification, treatment and return to play of musculoskeletal-based ice hockey injuries. *Br J Sports Med*. 2014 Jan;48(1):4-10.
50. Okamura S, Wada N, Tazawa M, Sohmiya M, Usuda S, Shirakura K, et al. Injuries and disorders among young ice skaters: relationship with generalized joint laxity and tightness. *OAJSM*. 2014 Aug 18;5:191-5.
51. SafeUSA. In-line skates and skateboards. *Int J Trauma Nurs* 2001;7:113-5.
52. Malanga GA, Smith HM. Lower extremity injuries in in-line skaters: a report of two cases. *J Sports Med Phys Fitness*. 1996 Jun;36(2):139-42.
53. Eingartner C, Jockheck M, Krackhardt T, Weise K. Verletzungen beim Inline-Skating. *Sportverletz Sportschaden*. 1997 Jun;11(02):48-51.
54. Pudupud AA, Linares MYR. In-line skating: A deadly pediatric activity? *Pediatr Emerg Care*. 1997 Dec;13(6):376-9.
55. In-line skating injuries in children and adolescents. American Academy of Pediatrics. Committee on Injury and Poison Prevention and Committee on Sports Medicine and Fitness. *Pediatrics*. 1998 Jun;101(4 Pt 1):720-2.
56. Callé SC. In-line skating injuries, 1987 through 1992. *Am J Public Health*. 1994 Apr;84(4):675.
57. Buckeridge E, LeVangie MC, Stetter B, Nigg SR, Nigg BM. An On-Ice Measurement Approach to Analyse the Biomechanics of Ice Hockey Skating. McCrory JL, editor. *PLoS ONE*. 2015 May 14;10(5):e0127324.
58. de Koning JJ, de Groot G, Ingen Schenau GJ van. Coordination of leg muscles during speed skating. *J Biomech*. 1991;24(2):137-46.

59. van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, Rozendal RH. The unique action of bi-articular muscles in complex movements. *J Anat.* 1987 Dec;155:1-5.
60. Chen J, Xu K, Ma H, Ding XL. Motion characteristics of human roller skating. *Biol Open.* 2019 Apr 8;8(4):bio.037713.
61. Gimenez P, Chicoine E, Amarantini D, Maso F, Tremblay J. Unilateral Conditioning Contractions Enhance Power Output in Elite Short Track Speed Skaters. *Sports Med Int Open.* 2018 Nov15;02(06):E185-E190.
62. de Koning JJ, Thomas R, Berger M, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. The start in speed skating: from running to gliding. *Med Sci Sports Exerc.* 1995 Dec;27(12):1703-8.
63. Lafontaine D. Three-dimensional kinematics of the knee and ankle joints for three consecutive push-offs during ice hockey skating starts. *Sports Biomech.* 2007 Sep;6(3):391-406.
64. Marino GW. Selected Mechanical Factors Associated with Acceleration in Ice Skating. *Research Quarterly for Exercise and Sport.* 2013 Feb ;54(3):234-8.
65. Kovacs EJ, Birmingham TB, Forwell L, Litchfield RB. Effect of Training on Postural Control in Figure Skaters: A Randomized Controlled Trial of Neuromuscular Versus Basic Off-Ice Training Programs. *Clin J Sport Med.* 2004 Jul;14(4):215-24.
66. Coetzee D, Coetzee FF, Schall R, Sinclair C. Gluteal muscle activation during rehabilitation exercises in female field hockey players. *S Afr J Physiother.* 2021 Oct 1;77(1):1578.
67. Van Iterson EH, Fitzgerald JS, Dietz CC, Snyder EM, Peterson BJ. Reliability of Triaxial Accelerometry for Measuring Load in Men's Collegiate Ice Hockey. *J Strength Cond Res.* 2017 May;31(5):1305-1312.
68. Björnstig U, Björnstig J, Boman H. [Inline skating--high fracture risk. *Lakartidningen.* 2000 Jan;97(44):4998-5000.
69. De Boer R, Cabri J, Vaes W, Clarijs J, Hollander A, De Groot G, et al. Moments of Force, Power, and Muscle Coordination in Speed-Skating. *Int J Sports Med.* 1987 Dec;8(6):371-8.

70. Chang R, Turcotte R, Pearsall D. Hip adductor muscle function in forward skating. *Sports Biomech.* 2009 Sep;8(3):212-22.
71. Pearsall, Stephen D. Murphy. *Biomechanics of Ice Hockey. Exercise and Sport Science.* 2000;675-92.
72. Upjohn T, Turcotte R, Pearsall DJ, Loh J. Three-dimensional kinematics of the lower limbs during forward ice hockey skating. *Sports Biomech.* 2008 May;7(2):206-21.
73. Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ, Donellan S, McHugh MP. The Effectiveness of a Preseason Exercise Program to Prevent Adductor Muscle Strains in Professional Ice Hockey Players. *Am J Sports Med.* 2002 Sep- Oct;30(5):680-3.
74. Kaartinen S, Venojärvi M, Lesch KJ, Tikkanen H, Vartiainen P, Stenroth L. Lower limb muscle activation patterns in ice-hockey skating and associations with skating speed. *Sports Biomech.* 2024 Nov;23(11):2233-2248.
75. Kiel J, Kaiser K. Adductor Strain. *StatPearls* . 2023 Jun 12.
76. Kalman C. The Physics of Ice-Hockey: Alain Hache. *The Physics Teacher.* 2007 Jan;45(1):59.
77. Rodriguez R. Measuring the Hip Adductor to Abductor Strength Ratio in Ice Hockey and Soccer Players: A Critically Appraised Topic. *J Sport Rehabil.* 2020 Jan 1;29(1):116-21.
78. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua YH, Williams GP, et al. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. Haddad JM, editor. *PLoS ONE.* 2015 Oct 28;10(10):e0140822.
79. Moreno-Pérez V, Peñaranda M, Soler A, López-Samanes Á, Aagaard P, Del Coso J. Effects of Whole-Season Training and Match-Play on Hip Adductor and Abductor Muscle Strength in Soccer Players: A Pilot Study. *Sports Health.* 2022 Nov-Dec;14(6):912-9.
80. Kim Y, Kang S. The relationship of hip rotation range, hip rotator strength and balance in healthy individuals. *J Back Musculoskeletal Rehabil.* 2020;33(5):761-7.

81. Lanza MB, Arbuco B, Ryan AS, Shipper AG, Gray VL, Addison O. Systematic Review of the Importance of Hip Muscle Strength, Activation, and Structure in Balance and Mobility Tasks. *Arch Phys Med Rehabil*. 2022 Aug ;103(8):1651-62.
82. Grewal GS, Baisch R, Lee-Eng J, Wu S, Jarrett B, Humble N, et al. Effect of Custom Foot Insoles on Postural Stability in Figure Skaters While on Ice. *J Sport Rehabil*. 2016 Aug;25(3):255-62.
83. Winter DA. Human balance and posture during standing and walking. *Gait & Posture*. 1995;3:193-214.
84. Rowell LB, Shepherd JT, American Physiological Society. Exercise: regulation and integration of multiple systems. American Physiological Society. 1996;1210 p.
85. Hagert E. Proprioception of the Wrist Joint: A Review of Current Concepts and Possible Implications on the Rehabilitation of the Wrist. *J Hand Ther*. 2010 Jan-Mar;23(1):2-17.
86. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*. 2002 Jan;37(1):71-9.
87. Riemann BL, Lephart SM. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *J Athl Train*. 2002 Jan;37(1):80-4.
88. Błaszczyk JW. Sway ratio - a new measure for quantifying postural stability. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2008;68(1):51-7.
89. D'Hondt E, Deforche B, De Bourdeaudhuij I, Gentier I, Tanghe A, Shultz S, et al. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. *Clin Biomech (Bristol)*. Jan 2011;26(1):84-9.
90. Verhagen E, Bobbert M, Inklaar M, Van Kalken M, Van Der Beek A, Bouter L, et al. The effect of a balance training programme on centre of pressure excursion in one-leg stance. *Clin Biomech*. 2005 Dec;20(10):1094-100.

91. Riemann BL, Schmitz R. The relationship between various modes of single leg postural control assessment. *Int J Sports Phys Ther.* 2012 Jun;7(3):257-66.
92. Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES. Risk Factors for Injurious Falls: a Prospective Study. *J Gerontol.* 1991 Sept;46(5):M164-70.
93. Gibson EJ, Pick AD. What Infants Learn About: Locomotion and the Spatial Layout. An Ecological Approach to Perceptual Learning and Development . 2000 Aug;p.103-33.
94. Ramírez-Campillo R, Burgos CH, Henríquez-Olguín C, Andrade DC, Martínez C, Álvarez C, et al. Effect of Unilateral, Bilateral, and Combined Plyometric Training on Explosive and Endurance Performance of Young Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2015 May;29(5):1317-28.
95. Behm DG, Wahl MJ, Button DC, Power KE, Anderson KG. Relationship Between Hockey Skating Speed and Selected Performance Measures. *J Strength Cond Res.* 2005;19(2):326.
96. López-Valenciano A, Ayala F, De Ste Croix M, Barbado D, Vera-Garcia FJ. Different neuromuscular parameters influence dynamic balance in male and female football players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019 Mar;27(3):962-70.
97. Ceballos-Laita L, Carrasco-Uribarren A, Cabanillas-Barea S, Pérez-Guillén S, Medrano-de-la-Fuente R, Hernando-Garijo I, et al. Relationship between Hip Abductor Muscle Strength and Frontal Plane Kinematics: A Cross-Sectional Study in Elite Handball Athletes. *Applied Sciences.* 2022;12(19):10044.
98. Thorborg K. Current Clinical Concepts: Exercise and Load Management of Adductor Strains, Adductor Ruptures, and Long-Standing Adductor-Related Groin Pain. *J Athl Train.* 2023 Jul;58(7-8):589-601.
99. Domínguez-Navarro F, Benitez-Martínez JC, Ricart-Luna B, Cotelí-Suárez P, Blasco-Igual JM, Casaña-Granell J. Impact of hip abductor and adductor strength on dynamic balance and ankle biomechanics in young elite female basketball players. *Sci Rep.* 2022 Mar 3;12(1):3491.

100. Tao H, Husher A, Schneider Z, Strand S, Ness B. The relationship between single leg balance and isometric ankle and hip strength in a healthy population. *Intl J Sports Phys Ther*. 2020 Oct;15(5):712-21.
101. Guirelli AR, Carvalho CA, Dos Santos JM, Ramiro Felicio L. Relationship between the strength of the hip and knee stabilizer muscles and the Y balance test performance in adolescent volleyball athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021;61(10)1326-1332.
102. Wilson BR, Robertson KE, Burnham JM, Yonz MC, Ireland ML, Noehren B. The Relationship Between Hip Strength and the Y Balance Test. *J Sport Rehabil*. 2018 Sep 1;27(5):445-50.
103. Powell EC, Tanz RR. In-line skate and rollerskate injuries in childhood: *Pediatr Emerg Care*. 1996 Aug;12(4):259-62.
104. Cowley HR, Ford KR, Myer GD, Kernozek TW, Hewett TE. Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. *J Athl Train*. 2006 Jan-Mar;41(1):67-73.
105. Hernández-Guillén D, Tolsada-Velasco C, Roig-Casasús S, Costa-Moreno E, Borja-de-Fuentes I, Blasco JM. Association ankle function and balance in community-dwelling older adults. *PLoS ONE*. 2021 Mar 4;16(3):e0247885.
106. Kim SG, Kim WS. Effect of Ankle Range of Motion (ROM) and Lower-Extremity Muscle Strength on Static Balance Control Ability in Young Adults: A Regression Analysis. *Med Sci Monit*. 2018 May 15;24:3168-75.
107. Bruening DA, Richards JG. The Effects of Articulated Figure Skates on Jump Landing Forces. *J Appl Biomech*. 2006 Nov;22(4):285-95.
108. Gatt A, Chockalingam N. Clinical Assessment of Ankle Joint Dorsiflexion. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2011 Jan-Feb;101(1):59-69.
109. Terada M, Harkey MS, Wells AM, Pietrosimone BG, Gribble PA. The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability. *Gait & Posture*. 2014;40(1):193-7.
110. Mayer TG, Tencer AF, Kristoferson S, Mooney V. Use of Noninvasive Techniques for Quantification of Spinal Range-of-Motion in Normal

- Subjects and Chronic Low-Back Dysfunction Patients: *Spine*. 1984 Sep;9(6):588-95.
111. Milanese S, Gordon S, Buettner P, Flavell C, Ruston S, Coe D, et al. Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: Smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians. *Man Ther*. 2014 Dec;19(6):569-74.
 112. Arede J, Figueira B, Gonzalo-Skok O, Leite N. Validity and reliability of Gyko Sport for the measurement of barbell velocity on the bench-press exercise. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019 Oct;59(10):1651-1658.
 113. Lesinski M, Muehlbauer T, Granacher U. Concurrent validity of the Gyko inertial sensor system for the assessment of vertical jump height in female sub-elite youth soccer players. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2016;8(1):35.
 114. Santospagnuolo A, Bruno AA, Pagnoni A, Martello F, Santoboni F, Perroni F, et al. Validity and reliability of the GYKO inertial sensor system for the assessment of the elbow range of motion. *J Sports Med Phys Fitness* 2019;59(9):1466-1471.
 115. Hubbard TJ, Kramer LC, Denegar CR, Hertel J. Correlations among multiple measures of functional and mechanical instability in subjects with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2007;42(3):361-6.
 116. Olszewski M, Zajac B, Mika A, Golec J. Ankle dorsiflexion range of motion and hip abductor strength can predict Lower Quarter Y-Balance Test performance in healthy males. *J Bodyw Mov Ther*. 2024 Apr;38:567-73.
 117. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*. 2007 May;39(2):175-91.
 118. McKinney J, Velghe J, Fee J, Isserow S, Drezner JA. Defining Athletes and Exercisers. *Am J Cardiol*. 2019 Feb;123(3):532-5.
 119. Radman I, Ruzic L, Padovan V, Cigrovski V, Podnar H. Reliability and Validity of the Inline Skating Skill Test. *J Sports Sci Med*. 2016 Aug 5;15(3):390-6.

120. Thorborg K, Serner A, Petersen J, Madsen TM, Magnusson P, Hölmich P. Hip Adduction and Abduction Strength Profiles in Elite Soccer Players: Implications for Clinical Evaluation of Hip Adductor Muscle Recovery After Injury. *Am J Sports Med.* 2011 Jan;39(1):121-6.
121. Thorborg K, Bandholm T, Hölmich P. Hip- and knee-strength assessments using a hand-held dynamometer with external belt-fixation are inter-tester reliable. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 Mar;21(3):550-5.
122. Molinaro L, Taborri J, Montecchiani M, Rossi S. Assessing the Effects of Kata and Kumite Techniques on Physical Performance in Elite Karatekas. *Sensors.* 2020;20(11):3186.
123. Bongiorno G, Miceli L. EMG surface analysis in short track in line speed skating athletes: the curve after the straight. *J Sports Med Phys Fitness* 2023 Aug;63(8).
124. Lee SP, Powers CM. Individuals with diminished hip abductor muscle strength exhibit altered ankle biomechanics and neuromuscular activation during unipedal balance tasks. *Gait Posture.* 2014 Mar;39(3):933-8.
125. Ambegaonkar JP, Mettinger LM, Caswell SV, Burt A, Cortes N. Relationships between core endurance, hip strength, and balance in collegiate female athletes. *Int J Sports Phys Ther.* 2014 Oct;9(5):604-16.
126. Muehlbauer T, Kuehnen M, Granacher U. Inline Skating for Balance and Strength Promotion in Children during Physical Education. *Percept Mot Skills.* 2013 Dec;117(3):665-81.
127. Sehgal S, Chahal A, Esht V, Alshehri MM, Beg RA, Shaphe MA, et al. Unleashing potential and optimizing adolescent roller skating performance through a structured exercise program – a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2023 Sep 21;15(1):117.
128. Miller PK, Bird AM. Localized muscle fatigue and dynamic balance. *Percept Mot Skills.* 1976 Feb;42(1):135-8.
129. Gribble PA, Hertel J. Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004 Dec;14(6):641-6.

130. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004 Apr;85(4):589-92.
131. Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve.* 2000 Nov;23(11):1647-66.
132. Mala J, Hybner T, Stastny P. Hip Joint Intercartilage Space, Range of Motion, and Lateral Differences in Elite and Subelite Ice Hockey Players: A Case-Control Trial. *Orthop J Sports Med.* 2025 Jun 18;13(6):23259671251344240.
133. Núñez JF, Fernandez I, Torres A, García S, Manzanet P, Casani P, et al. Strength Conditioning Program to Prevent Adductor Muscle Strains in Football: Does it Really Help Professional Football Players? *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Sep 2;17(17):6408.
134. Jaenada-Carrilero E, Baraja-Vegas L, Blanco-Giménez P, Gallego-Estevez R, Bautista IJ, Vicente-Mampel J. Association between Hip/Groin Pain and Hip ROM and Strength in Elite Female Soccer Players. *JCM.* 2024 Sep 23;13(18):5648.
135. Wiegmann S, Felsenberg D, Gast U, Börst H, Armbrrecht G, Dietzel R. Balance Performance across the Lifespan Assessed by the Leonardo Mechanograph®: A Cross-Sectional Study. *JFMK.* 2019 Dec;5(1):1.
136. Era P, Sainio P, Koskinen S, Haavisto P, Vaara M, Aromaa A. Postural Balance in a Random Sample of 7,979 Subjects Aged 30 Years and Over. *Gerontology.* 2006;52(4):204-13.
137. Ekdahl C, Jarnlo GB, Andersson SI. Standing balance in healthy subjects. Evaluation of a quantitative test battery on a force platform. *Scand J Rehabil Med.* 1989;21(4):187-95.
138. Grgic J, Schoenfeld BJ, Davies TB, Lazinica B, Krieger JW, Pedisic Z. Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2018 May;48(5):1207-20.
139. Dankel SJ, Counts BR, Barnett BE, Buckner SL, Abe T, Loenneke JP. Muscle adaptations following 21 consecutive days of strength test familiarization compared with traditional training: 1RM Training. *Muscle Nerve.* 2017 Aug;56(2):307-14.

140. Sabo E. Ankle dorsiflexion range of motion, dynamic balance, and static balance in Division III collegiate gymnasts. 2022;
141. Rafagnin CZ, Ferreira ADS, Telles GF, Lemos De Carvalho T, Alexandre DJDA, Nogueira LAC. Anterior component of Y-Balance test is correlated to ankle dorsiflexion range of motion in futsal players: A cross-sectional study. *Physiotherapy Res Intl*. 2023 Oct;28(4):e2028.
142. Ou,Y.-K.;Chen,Z.-W.;Yeh, C.-N. Postural Control and Functional Ankle Stability in Professional and Amateur Skateboarders. *Healthcare* 2021,9,1009.
143. Ghorbani M, Yaali R, Sadeghi H, Granacher U. Effects of Pilates Exercise Training on Static Balance and Lower Limbs Proprioception in Adult Females With and Without Flexible Flatfeet. *Foot Ankle Spec*. 2024 Sep 26;19386400241279930.

X – ANEXOS

X - ANEXOS

ANEXO 1: Informe Comité de Ética



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

DATOS DEL PROYECTO

Título:	"Relación de la flexión dorsal, el salto vertical y el equilibrio en patinadores en línea. Estudio observacional"	
Investigador Principal	Nombre	Correo-e
Dr.	Javier Reina Abellán	jreina@ucam.edu

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	25/01/2024	Código	CE012408
--------------	------------	---------------	----------

Tipo de Experimentación

Investigación experimental clínica con seres humanos	
Investigación experimental no clínica con seres humanos	X
Utilización de tejidos humanos procedentes de pacientes, personas sanas, tejidos embrionarios o fetales	
Utilización de tejidos humanos, tejidos embrionarios o fetales procedentes de bancos de muestras o tejidos	
Investigación observacional, psicológica o comportamental en humanos	X
Uso de datos personales, información genética, etc.	X
Experimentación animal	
Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o las plantas	
Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs)	

Comentarios Respecto al Tipo de Experimentación

Nada Obsta

Comentarios Respecto a la Metodología de Experimentación

Nada Obsta



ANEXO 2: Hoja Informativa



ANEXO V

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN PARA SUJETOS SOMETIDOS A ESTUDIO (HOJA INFORMATIVA)

1. EN QUÉ CONSISTE Y PARA QUÉ SIRVE:

La investigación tiene como objetivo analizar la relación que existe entre la movilidad de flexión dorsal del tobillo, el equilibrio estático y la fuerza isométrica de los músculos abductores y aductores de cadera en patinadores en línea. Además, comparar los resultados obtenidos entre ambos sexos.

2. COMO SE REALIZA:

Los participantes realizarán una entrevista inicial para obtener datos de su edad y frecuencia de la práctica deportiva. En el mismo encuentro, se tomarán datos antropométricos (peso y altura) de cada participante.

Tras completar un calentamiento, se procederá con la realización de los siguientes cuatro test en el orden descrito:

- Equilibrio estático (con la plataforma "Footscan").
- Fuerza máxima isométrica de abductores y aductores de cadera (con dinamómetro manual).
- Movilidad de flexión dorsal de tobillo (con el dispositivo Gyko).

3. QUÉ EFECTOS LE PRODUCIRÁ:

La investigación no tiene efectos asociados.

4. EN QUÉ LE BENEFICIARÁ:

Los resultados obtenidos en la investigación podrían beneficiar a los deportistas que practican patinaje en línea y a todas las personas implicadas en su práctica, ampliando la información conocida sobre limitaciones y habilidades. Pudiendo mejorar así también los planes de prevención de lesiones y la preparación de los deportistas para su desempeño.

5. QUÉ RIESGOS TIENE:

La investigación no tiene riesgos asociados.

5.1 LOS MÁS FRECUENTES:

5.2 LOS MÁS GRAVES:

6. SITUACIONES ESPECIALES QUE DEBEN SER TENIDAS EN CUENTA:

7. OTRAS INFORMACIONES DE INTERÉS (a considerar por el/la profesional)

8. OTRAS CUESTIONES PARA LAS QUE LE PEDIMOS SU CONSENTIMIENTO

ANEXO 3: Consentimiento Informado



ANEXO II

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____, con DNI: _____

DECLARO:

Haber sido informado/a del estudio y procedimientos de la investigación del Proyecto titulado: RELACIÓN DE LA FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO, EL EQUILIBRIO ESTÁTICO Y LA FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE ABDUCTORES Y ADUCTORES DE CADERA EN PATINADORES EN LÍNEA. ESTUDIO OBSERVACIONAL.

Los investigadores que van a acceder a mis datos personales y a los resultados de las pruebas son: LARA SÁNCHEZ TORRES, DR. D. JAVIER REINA ABELLÁN Y DR. D. IVÁN NÁCHER MOLTÓ.

Asimismo, he podido hacer preguntas del estudio, comprendiendo que me presto de forma voluntaria al mismo y que en cualquier momento puedo abandonarlo sin que me suponga perjuicio de ningún tipo.

CONSIENTO:

1.-) Someterme a las siguientes pruebas: CUESTIONARIO INICIAL, MEDICIÓN DATOS ANTROPOMÉTRICOS, TEST DE MOVILIDAD DE FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO CON DISPOSITIVO GYKO, VALORACIÓN EQUILIBRIO ESTÁTICO EN PLATAFORMA "FOOTSACAN" Y FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE ABDUCTORES Y ADUCTORES DE CADERA CON DINAMÓMETRO MANUAL.

2.-) El uso de los datos obtenidos según lo indicado en el párrafo siguiente:

En cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016 y Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales, le comunicamos que la información que ha facilitado y la obtenida como consecuencia de las pruebas a las que se va a someter pasará a formar parte del fichero automatizado INVESALUD, cuyo titular es la FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN ANTONIO, con la finalidad de INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO CIENCIAS EXPERIMENTALES Y CIENCIAS DE LA SALUD. Tiene derecho a acceder a esta información y cancelarla o rectificarla, dirigiéndose al domicilio de la entidad, en Avda. de los Jerónimos de Guadalupe 30107 (Murcia). Esta entidad le garantiza la adopción de las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dichos datos.

En Guadalupe (Murcia) a.....de.....de 202

El / La participante,

El / La investigador/a,

Fdo:.....

Fdo:.....

ANEXO 4: Cuestionario/ Hoja de Datos

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD
Relación entre la flexión dorsal, el equilibrio estático y la fuerza isométrica de abductores y aductores en patinadores en línea.
Estudio observacional.
Dr. Javier Reina Abellán, Dr. Iván Nácher Moltó y Lara Sánchez Torres


UCAM
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

Nombre: _____ Apellidos: _____ Edad: _____

Hombre ☐ / Mujer ☐ Provincia: _____

Pierna Dominante: Derecha ☐ / Izquierda ☐

Peso:  Altura:  Talla de zapatos: 

¿Cuánto tiempo lleva patinando?
+ de 1 año ☐ + de 5 años ☐ + de 10 años ☐

¿Cuántos días patina a la semana habitualmente?
Entre 1 y 3 ☐ Entre 3 y 5 ☐ + de 5 ☐

¿Cuántos kilómetros hace patinando a la semana habitualmente?
Menos de 10 km ☐ + de 10 km ☐ + de 30 km ☐
+ de 50 km ☐ + de 100 km ☐

¿Qué tipo de patines utilizas más frecuentemente?
Velocidad ☐ Maratón ☐ Freeskate ☐ Fitness ☐

¿Qué diámetro tienen las ruedas de los patines con las que más kilómetros hace?
76/80/90 mm ☐ 100/110 mm ☐ 125mm ☐

GIFISREDE

Unidad de Investigación en Fisioterapia y Rehabilitación de la UCAM
Unidad de Investigación en Fisioterapia y Rehabilitación de la UCAM

ANEXO 5: Artículo Científico



Article

Association Between Balance and Hip Muscle Strength in Inline Skaters

Lara Sánchez Torres ¹, Iván Nácher Moltó ², José A. Navia ^{3,*} and Javier Reina Abellán ²

¹ Health Sciences PhD Program, Universidad Católica San Antonio de Murcia, 30107 Murcia, Spain; larsancheztorres19@gmail.com

² Physiotherapy Department, Universidad Católica San Antonio de Murcia, 30107 Murcia, Spain; inacher@ucam.edu (I.N.M.); jreina@ucam.edu (J.R.A.)

³ Education Sciences Department, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares, Spain

* Correspondence: jose.navia@uah.es

Abstract

Background: Inline skating has rapidly grown in popularity. Early research primarily focused on injury patterns and protective measures. However, its biomechanical similarity to other skating modalities enables the synthesis of existing evidence, emphasizing key physical attributes essential for performance, namely, balance and the strength of the hip adductor and abductor muscles. The interaction between these muscle groups in relation to balance has not yet been examined in inline skaters. This study aimed to investigate the relationship between single-leg static balance and the isometric strength of the hip adductors and abductors, including their strength ratio. **Methods:** A total of 191 amateur inline skaters (aged 18 to 59 years) were evaluated. Balance was assessed through center of pressure displacement using the Footscan[®] 9 platform, and the maximal isometric strength of the hip adductors and abductors was measured using a handheld dynamometer. A linear regression on the center of pressure (CoP) displacement was performed. **Results:** Age, sex, and skating frequency were the most influential predictors ($p < 0.001$), although strength variables also significantly predicted the CoP ($p < 0.05$). **Conclusions:** Superior balance performance was observed in younger individuals, women, and those practicing five or more days a week. Furthermore, single-leg static balance was associated with an equilibrium between adductor/abductor strength, particularly when a low ratio was accompanied by high levels of hip adductor strength.

Keywords: balance; hip abductor; hip adductor; stability; strength



Academic Editors: Giuseppe Musumeci and John A. Nyland

Received: 3 July 2025

Revised: 22 August 2025

Accepted: 27 August 2025

Published: 29 August 2025

Citation: Sánchez Torres, L.; Moltó, I.N.; Navia, J.A.; Reina Abellán, J. Association Between Balance and Hip Muscle Strength in Inline Skaters. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* **2025**, *10*, 331. <https://doi.org/10.3390/jfmk10030331>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Inline skating has become one of the fastest-growing recreational sports, gaining global popularity following the development of inline skates [1,2]. It has been adopted not only as a form of aerobic exercise but also as a mode of local transportation and a competitive sport, with its practice increasingly embedded in social activities.

Early research in this field has primarily addressed injury patterns and protective equipment [3], with musculoskeletal injuries reported as the most frequent [1], largely associated with balance loss [4,5]. Muscle strains and tears [6] have also been noted, particularly involving the hip adductor muscles in recreational inline skating, given their role in the recovery phase following propulsion [7].

Inline skating entails significant physical demands—varying by discipline and skill level—including strength, flexibility, aerobic and anaerobic capacity, speed, power, and

