



FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOSANITARIAS

Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del
Deporte

**Fiabilidad de un nuevo test para valorar el riesgo de lesión de la
rodilla con cambios de dirección posteriores en acciones
deportivas inesperadas.**

David Tomás Casamián

Director:

Dr. D. José Luis López Elvira

Junio, 2016



Título: Fiabilidad de un nuevo test para valorar el riesgo de lesión de la rodilla con cambios de dirección posteriores en acciones deportivas inesperadas.

Resumen:

El objetivo principal del presente estudio, fue desarrollar una prueba para valorar el riesgo de lesión en la rodilla en acciones defensivas con cambio de dirección posterior y valorar su fiabilidad en la medición. Haciendo hincapié en los principales factores de riesgo relacionados con la lesión de LCA, se evaluaron los momentos de fuerza muscular de los extensores y flexores de la rodilla, como también la ab-ducción y rotación interna-externa. Un total de 6 jóvenes físicamente activos y sanos fueron seleccionados. Este estudio poseía un diseño de medidas repetidas. Cada participante fue evaluado por los examinadores tres veces por prueba, con un intervalo entre sesiones de 7 días. Cada participante realizó un total de 9 repeticiones válidas, comprendiendo al menos 4 salidas hacia la derecha y otras 4 hacia la izquierda, el orden era aleatorio para que no supieran hacia dónde tenían que salir. El objetivo fue contrabalancear el protocolo con el que se medía, por lo que cada participante tenía un protocolo de orden diferente cada semana que fue contrabalanceado entre todos los participantes para evitar el posible efecto de la fatiga o aprendizaje. Tras el periodo de intervención, los datos fueron analizados empleando una prueba ANOVA de medidas repetidas intragrupo e inter-grupo.

Palabras clave: Ligamento cruzado anterior (LCA), cambios de dirección posteriores, acciones deportivas inesperadas, factores de riesgo, Plug In Gait, Vicon.

Title: Reliability of a new test to value the risk of injury of the knee with sidestep cutting maneuver for unanticipated sport actions.

Abstract:

The main objective of the present study, was to develop a test to value the risk of injury for the knee in defensive actions with sidestep cutting maneuver and to value the reliability in the measuring. Emphasizing in the principal factors of risk related to LCA's injury, the evaluation included the moments of muscular force of the extensors and flexors of the knee, and also the ab-adducing and internal -external rotation. A total of 8 physically active and healthy young persons had been selected. This study had a repeated measures design. Every participant was evaluated by the examiners three times per test, with a time interval of 7 days between each session. Every participant realized a total of 9 valid repetitions, realizing at least 4 runs towards to the right and other 4, towards to the left side, the order was random so that they didn't know in what direction they had to run. The aim was to counter balance the protocol used for measuring, thus every participant had a protocol of a different order every week, it was also counter balanced between all the participants in order to avoid the possible effect of the fatigue or learning. After the period of intervention, the data were analyzed using a test ANOVA of repeated measures between-groups and within-groups.

Keywords: Anterior cruciate ligament (LCA), Sidestep cutting maneuver, unanticipated sport actions, risk factors, Plug In Gait, Vicon

1. INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios han demostrado que la realización de la actividad física-deportiva genera múltiples beneficios para la salud del deportista, tanto a niveles físicos como mentales, produciendo mejoras en la salud cardiovascular, mejora la resistencia muscular e incrementa la fuerza (Strong et al., 2005). Sin embargo, la propia actividad física también conlleva a sufrir ciertas lesiones, entre las cuales destaca sobre las demás, la lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla, que en deportes como en fútbol tiene el mayor riesgo de padecerla (Geli et al., 2009), por un estrés mecánico generado por una combinación de valgo de rodilla, extensión excesiva y rotación externa de la tibia con los pies plantados en el suelo. Los mecanismos de estas tareas implican una rápida desaceleración antes de un cambio de dirección o caída tras un salto (Olsen et al., 2004).

Las lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA) son las que presentan una mayor prevalencia en aquellos deportes donde se dan normalmente un gran número de acciones de saltos, caídas, aceleraciones, desaceleraciones, y cambios de dirección tanto esperados como inesperados. Los últimos estudios epidemiológicos de Hootman, Dick y Agel (2007), indican que este tipo de lesión oscila en deportes como el fútbol (1,3%-3,7%), en baloncesto (1,4%-4,9%), en hombres y mujeres respectivamente, y comprendiendo valores en el rugby masculino del 3% y en el voleibol femenino del 2%. Traducido todos estos datos la lesión de LCA comprende el 2,6% de todas lesiones en la mayor parte de los deportes.

Actualmente en Estados Unidos se estima que se produce entre 80.000-250.000 lesiones de LCA de rodilla cada año, afectando a jóvenes de entre 15-25 años, principalmente tratándose de lesiones sin contacto, de las cuales se pueden diferenciar 4 categorías: a nivel ambiental, anatómico, hormonal y biomecánico (Griffin et al., 2000).

La gran participación de los hombres en actividades deportivas les hace más susceptibles a tener lesiones de LCA en las rodillas comparadas con las mujeres, sin embargo las mujeres son más propensas a sufrir este tipo de lesión en igualdad de condiciones según el National Collegiate Athletic Association (NCAA). Todo ello conlleva que en Estados Unidos se realicen unas 50.000 reconstrucciones anuales por lesión de rodilla de LCA costando 17.000 dólares, y se gasta aproximadamente 1 billón de dólares en el diagnóstico y tratamiento de este tipo de lesión deportiva (Griffin et al., 2000).

En varias disciplinas deportivas es frustrante ver como este tipo de lesión afecta a los equipos durante las competiciones, tanto a nivel de incidencia como de días de baja. Comparando dos actividades deportivas como el fútbol y el rugby, es un tipo de lesión frecuente donde los jugadores están de baja deportiva unos 340-245 días respectivamente (Noya y Sillero, 2012; Brooks et al., 2005). Además hay que tener en cuenta la dificultad para recuperar la funcionalidad, que en muchos casos puede producir osteoartritis e inestabilidad articular. Pero el principal problema es la incorporación de los jugadores para evitar recaídas, las cuales constituyen un 12% de todas las lesiones (Oiestad et al., 2009; Ekstrand et al., 2011).

En disciplinas deportivas con un gran número de acciones inesperadas, como en el fútbol y balonmano, las lesiones de LCA se dan principalmente en situaciones donde priman los cambios de dirección imprevistos (fintas y recortes). La naturaleza del juego, que es cambiante como, los desplazamientos y el balón hace que se produzcan estos

movimientos de forma constante. El momento de giro combinado con las fuerzas de frenado que se producen en un cambio de dirección, suponen un estrés excesivo sobre el LCA (Cowley et al., 2006).

Existen muchos factores de riesgo que contribuyen a la lesión de LCA, entre ellos se encuentran principalmente los englobados como factores de riesgo biomecánico; donde la rodilla solo es una parte de la cadena cinética y además se tienen que tener en cuenta otros lugares anatómicos (tronco, cadera y tobillo), los propios factores biomecánicos relacionados con la técnica deportiva (cambios de dirección, apoyos, movimientos torpes, frenados) y los factores neuromusculares (Griffin et al., 2000). Los estudios de Cowley et al. (2006) compararon a jugadoras de fútbol y baloncesto mientras que Bencke et al. (2012), comparó en jugadoras de balonmano su dominancia, tanto en cambio de dirección presentes en ambos estudios como los saltos en caídas, demostraron que la técnica propia de cada deporte afecta neuromuscularmente al deportista en las acciones.

En gran medida la estabilidad de la rodilla se garantiza a través de estructuras dinámicas (músculos) y estáticas (ligamentos) (Wikstrom et al., 2006). En situaciones deportivas, la disminución del control neuromuscular de las estructuras dinámicas contribuye a un aumento del riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), y provocando un estrés en las estructuras estáticas.

Los estabilizadores dinámicos de la rodilla, como los músculos cuádriceps e isquiotibiales disminuyen su co-contracción, tras una disminución del control neuromuscular de la rodilla contribuye a aumentar el estrés en estructuras ligamentosas pasivas, debido a un aumento de la activación de los cuádriceps y una disminución de la activación de los isquiotibiales, produciendo un mayor riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) en deportistas femeninas (Ford et al., 2011).

Actualmente es posible encontrar pruebas que ayuden a mejorar la valoración de la lesión de la rodilla en este caso, del ligamento cruzado anterior, mediante el análisis cinemático en 3D y la señal de MVC, en acciones deportivas durante una maniobra de cambio de dirección inesperado (Beaulieu, Lamontagne & Xu., 2009). Además, otros estudios han propuesto simular a un oponente defensivo para determinar las diferencias en las extremidades inferiores tanto en la cinemática como en la fuerza de reacción del suelo, durante un cambio de dirección. Y a su vez ver cómo afecta a ambos sexos y la presencia de un defensa simulado (McLean, Lipfert, Van der Bogert., 2004).

La ausencia de estudios, con desplazamientos posteriores en acciones defensivas para evitar el ataque de un delantero y reaccionar hacia un lado u otro, explica en cierta medida, por qué no se han reducido las lesiones de LCA. Por lo tanto el objetivo del presente estudio, es desarrollar una prueba para valorar el riesgo de lesión en la rodilla en acciones defensivas con cambio de dirección posterior y valorar su fiabilidad en la medida.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Participantes

Un total de 4 hombres y 2 mujeres adultos jóvenes físicamente activos (3-5 sesiones de actividad física semanales de al menos 1 hora de duración) formaron parte del presente estudio. Procedentes de diferentes disciplinas deportivas (fútbol, futbol sala, triatlón, tenis, kayak, carrera a pie y ciclismo) participaron en este estudio, para evaluar la fiabilidad del posible riesgo de lesión tanto con pierna dominante como no dominante.

Los criterios de exclusión se establecieron: (a) presentar alteraciones músculo-tendinosas y osteoarticulares en la extremidad inferior los últimos 6 meses previos al presente procedimiento exploratorio; (b) sufrir dolor muscular de aparición tardía (agujetas) en el momento de la valoración para evitar el efecto que el daño fibrilar presenta sobre la fuerza y flexibilidad muscular. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de formar parte en el estudio.

2.2 Procedimiento

2.2.1 Maniobra de cambio de dirección

Tras comprobar que todos los participantes estaban aptos para participar, se procedió a tomarles las medidas antropométricas correspondientes (longitud de extremidades inferiores, diámetro de rodillas, tobillos, hombros y codos, grosor de mano y muñeca).

Antes de iniciar la prueba, los participantes debían realizar un calentamiento estandarizado dinámico, cuyos ejercicios estaban relacionados con salidas posteriores y que simulaban movimientos propios de la práctica deportiva. La duración del calentamiento fue de 10 min, el cual consistió en 3 min de carrera aeróbica, seguido de ejercicios de movilidad articular, combinando acciones de cambios de sentido y dirección subiendo progresivamente la intensidad y acabando con ejercicios propioceptivos y salidas de 3 m. El calentamiento se repetía durante 3 semanas para cada participante.

Posteriormente, al concluir el calentamiento en la sala de registros del Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), se regresaba al laboratorio de Biomecánica, para que los participantes pudieran secarse el sudor.

Tras realizar el calentamiento, se procedió a la colocación de 35 marcadores reflectantes. La colocación de estos marcadores en las posiciones de referencia anatómica se establecía según el modelo para captar el cuerpo completo llamado Plug In Gait (Kadaba et al., 1989; Davis et al., 1991). Antes de su colocación se limpiaron a los sujetos debido al sudor para evitar el desplazamiento de los marcadores y se les aplicaba un spray Colorless Tuf-Skin, para mejorar su adherencia.

Los diferentes marcadores se colocaron de forma distribuida en el tren superior (cabeza, extremidades superiores, torso, espalda, cadera) y en el tren inferior (extremidades inferiores).



Figura 1. Colocación de los marcadores

Tras la colocación de todos los marcadores, los participantes debían partir de pie sobre las plataformas, en una posición estática con una separación de piernas mayor al ancho de sus hombros, manteniéndose en posición de alerta defensiva con las rodillas semiflexionadas y preparado para reaccionar lo antes posible. A esto se le denominó salida posterior/cambio de dirección.

Enfrente del participante estaban colocadas dos luces LED, el cual tenía que reaccionar lo más rápido posible ante el estímulo visual colocado a 4 m de las plataformas y a una altura de 1.05 m y girar hacia el lado donde se enciende la bombilla, mediante una salida posterior. Con un sistema de fotocélulas se midió el tiempo empleado en recorrer los 3 m, con una trayectoria indicada en el suelo (figura 2).



Figura 2. Participante encima de las plataformas, con trayectoria a recorrer.

Cada participante realizó un total de 9 repeticiones válidas, comprendiendo al menos 4 salidas hacia la derecha y otras 4 hacia la izquierda, el orden era aleatorio para que no supieran hacia dónde tenían que salir. El objetivo fue contrabalancear el protocolo con el que se medía, por lo que cada participante tenía un protocolo de orden diferente cada semana que fue contrabalanceado entre todos los participantes para evitar el posible efecto de la fatiga o aprendizaje.

Para llevar a cabo el registro de las capturas de los movimientos en el laboratorio de biomecánica de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), se utilizó un sistema de análisis del movimiento (VICON, Oxford, UK), con el objetivo de capturar el movimiento tridimensionalmente. Este sistema permitía detectar todos los

movimientos gracias a las 7 cámaras de las que estaba dotada la sala, estas cámaras de la serie T10, las cuales tenían una frecuencia de grabación de 200 Hz.

Durante el registro se utilizaron dos plataformas dinamométricas triaxiales (KISTLER 9287CA), que midieron la fuerza en 3D, la frecuencia y el rango de medida (para la plataforma 1 y 2 los rangos de fuerza horizontal fueron 567 N, mientras que los rangos de las fuerzas verticales fueron 1276 N y 1305 N respectivamente, que se configuró en el Bioware).

Tras este proceso, la fuerza y la cinemática (mediante la cual se obtuvieron velocidades, direcciones y ángulos), permitieron obtener los momentos de fuerza articulares (de flexión-extensión, abducción-aducción y rotación interna-externa), aplicando dinámica inversa y los cálculos los hace el propio modelo plug-in gait.

Para registrar el tiempo que tardaron en reaccionar y recorrer la distancia, se utilizó un dispositivo de fotocélulas (Globus Inc, Treviso, Italy), las cuales se encontraban a 3 m, desde las plataformas de fuerzas y a 145° respecto a la orientación inicial de los participantes, situadas sobre un cajón a 40 cm y orientadas perpendicularmente a la dirección de carrera.

Mediante un dispositivo electrónico se dio la señal, el Vicon, las plataformas y las células estaban sincronizadas y registraban simultáneamente. Esta señal permitía poner en marcha los diferentes aparatos y a su vez encender la luz, la cual se registraba a través de dos luces LED en un trípode enfrente del participante, uno orientado más a su izquierda y el otro más a su derecha, de esta forma el participante tenía que ser capaz de reaccionar lo antes posible ante el indicador luminoso y salir hacia la dirección que indica la bombilla.

Tras pasar por la fotocélula correspondiente se detenía el registro de fuerzas y Vicon, y a partir de lo que duraba ese registro, se podía conocer el tiempo que tardaba en realizar la prueba.



Figura 3. Indicador luminoso en trípode

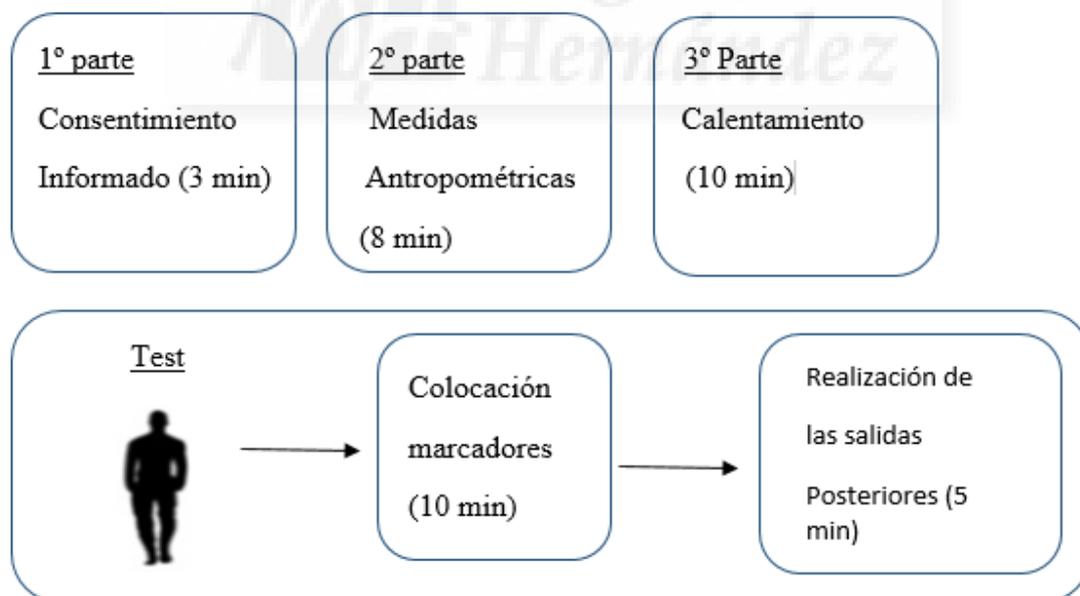


Figura 4. Estructura de la sesión de maniobra de cambio de dirección.

2.3 Análisis de datos

Mediante el programa VICON y junto con el programa Microsoft Excel 2011, se pudo analizar los diferentes momentos de fuerza articulares empleando la dinámica inversa, mediante la cual se pudo observar en la ejecución de los participantes durante las salidas más rápidas que habían obtenido. En cada sesión experimental, ambas piernas fueron evaluadas, en el caso de salida hacia la izquierda fue evaluado la derecha y viceversa. La primera parte del proceso fue destinada a evaluar los momentos de fuerza muscular de los extensores y flexores de rodilla, del mismo modo que también se analizaron la ab-ducción y rotación interna-externa.

La segunda parte se orientó a evaluar el tiempo que tardaron los participantes en recorrer los 3 m, a partir de lo que duraba el registro y los momentos angulares más significativos de las extremidades inferiores. Como consecuencia de este procedimiento se obtuvieron los momentos de fuerza, el tiempo y los ángulos, con el objetivo de tratar estos datos con el programa Microsoft Excel 2011 para Windows, y sacar los datos necesarios para obtener los resultados.

2.4 Análisis estadístico

El análisis de los datos se llevó a cabo a través del software estadístico SPSS versión 20.0 y el programa Microsoft Excel 2011 para Windows. Previo a todo análisis estadístico, la distribución normal de los datos fue comprobada a través de la prueba Shapiro-wilk, debido a que la muestra fue menor de 50 participantes. Se hizo un análisis descriptivo de cada una de las variables, que incluyó la media y sus respectivas desviaciones típicas.

Para analizar la fiabilidad inter-sesión e intra-sesión de cada una de las variables e índices de las diferentes salidas posteriores se determinó a través de un estudio mediante el coeficiente correlación intraclase (ICC3, 1) para obtener una fiabilidad relativa, la cual puede variar teóricamente entre 0 (ninguna fiabilidad) y 1.0 (fiabilidad perfecta). También se analizó el cálculo del error estándar de la medida (SEM), para poder calcularlo se utiliza los estadísticos de la desviación típica (SD), empleando el método descrito por Hopkins (2000). El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$.

Un ANOVA de medidas repetidas fue empleado tanto para las repeticiones dentro de la misma sesión como de las realizadas entre los distintos días de medición, para identificar cambios significativos en los valores medios y la desviación típica de la diferencia entre las salidas más rápidas de valoración pareadas consecutivas para cada una de las variables e índices de momentos de fuerza evaluados.

Se aplicó el test post hoc Bonferroni (para saber si las diferencias estaban entre el día 1 y 2, o el 1 con el 3 o el 2 con el 3), para determinar cuando el ANOVA mostraba diferencias significativas y para saber dónde se produjeron.

3. Referencias

- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009a). Prevention of noncontact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanism of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17 (7), 705-729.
- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009a). Prevention of noncontact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17 (8), 859-879.
- Beaulieu, M. L., Lamontagne, M., & Xu, L. (2009). Lower limb muscle activity and kinematics of an unanticipated cutting manoeuvre: A gender comparison. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 17, 968–976.
- Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P., & Reddin, D. B. (2005). Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training Injuries. *British Journal of Sport Medicine*, 39, 767-775.
- Cowley, H. R., Ford, K. R., Myer, G. D., Kernozek, T. W., & Hewett, T. E. (2006). Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. *Journal of Athletic Training*, 41(1), 67–73.
- Davis, R., Ounpuu, S., Tybursy, D., & Gage, J. (1991). A gait analysis data collection and reduction technique. *Human Movement Sciences*, 10, 575-587.

- Ekstrand, J., Hägglund, M. & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 553-558.
- Ford, K. R., Myer, G. D., Schmitt, L. C., Uhl, T. L., & Hewett, T. E. (2011). Preferential quadriceps activation in female athletes with incremental increases in landing intensity. *Journal of Applied biomechanics*, 27 (3), 215.
- Girard, O., Micallef, J. P., & Millet, G. P. (2011). Changes in spring-mass model characteristics during repeated running sprints. *Eur J Appl Physiol* 111, 125–134.
- Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garret, W. E., & Wojtys, E. M. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: Risk factors and prevention strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8 (3), 141-150.
- Hopkins, W.G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30 (1), 1-15.
- Kadaba, M. P., Ramakrishnan, H. K., Wootten, M. E., Gainey, J., Gorton, G., & Cochran, G.V.B. (1989). Repeatability of kinematic, kinetics and electromyographic data in normal adult gait. *Journal of Orthopaedic Research*, 7, 849-860.
- McLean, S. G., Lipfert, S. W., & Van Den Bogert, A. J. (2004). Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. *Journal of the American College of Sports Medicine*, 36 (6), 1008–1016.

- McLean, S. G., Neal, R. J., Myers, P. T., & Walters, M. R. (1999). Knee joint Kinematics during the sidestep cutting maneuver: potential for injury in women. *American College of Sport Medicine*, 31 (7), 959-968.
- Noya, J., & Sillero, M. (2012). Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 47 (176), 115-123.
- Oiestad, B. E., Engebretsen, L., Storheim, K., & Riberg, M. A. (2009). Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury a systematic review. *American Journal of Sport Medicine*, 37 (7), 1434-1443.
- Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C. J., Daniels, S.R., Dishman, R. K., Gutin, B., & Trudeau, F. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *Journal of Pediatrics*, 146 (6), 732-737.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the Sem. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231–240.
- Wikstrom, E. A., Tillman, M. D., Chmielewski, T. L., & Borsa, P. A. (2006). Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury. *Sport Medicine*, 36 (5), 393-410.
- Xergia, S. A., Pappas, E., Zampeli, F., Georgiou, S., & Georgoulis, A.D. (2013). Asymmetries in functional hop tests, lower extremity kinematics, and isokinetic strength persist 6 to 9 months following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 43(3), 154-162.