



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

“Evaluación cinemática del aterrizaje en lesiones traumáticas de rodilla en jugadoras de voleibol”

Requisito previo para optar por el Título de Licenciado en Fisioterapia

Modalidad: Artículo Científico

Autor: Meneses Villarroel Iván Paul

Tutora: Lic. Mg. Espín Pastor Victoria Estefanía

Ambato – Ecuador

Septiembre, 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del trabajo de investigación sobre el tema: **“EVALUACIÓN CINEMÁTICA DEL ATERRIZAJE EN LESIONES TRAUMÁTICAS DE RODILLA EN JUGADORAS DE VOLEIBOL”**, de Meneses Villarroel Iván Paul, estudiante de la carrera de Fisioterapia de la Universidad Técnica de Ambato, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por el jurado examinador designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Ambato, septiembre 2023

LA TUTORA

.....

Lic. Mg. Espín Pastor Victoria Estefanía

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Los criterios emitidos en el trabajo de integración curricular **“EVALUACIÓN CINEMÁTICA DEL ATERRIZAJE EN LESIONES TRAUMÁTICAS DE RODILLA EN JUGADORAS DE VOLEIBOL”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Ambato, septiembre 2023

EL AUTOR

.....

Meneses Villarroel Iván Paul

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Lic. Mg. Victoria Estefanía Espín Pastor con CC: 1804528428 en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN CINEMÁTICA DEL ATERRIZAJE EN LESIONES TRAUMÁTICAS DE RODILLA EN JUGADORAS DE VOLEIBOL”**, Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Artículo Científico o parte de él, un documento disponible con fines netamente académicos para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo una licencia gratuita e intransferible, así como los derechos patrimoniales de mi Artículo de Científico a favor de la Universidad Técnica de Ambato con fines de difusión pública; y se realice su publicación en el repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, siempre y cuando no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor, sirviendo como instrumento legal este documento como fe de mi completo consentimiento.

Ambato, septiembre 2023

.....

Victoria Estefanía Espín Pastor

CC: 1804528428

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Iván Paul Meneses Villarroel con CC: 1804368684 en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN CINEMÁTICA DEL ATERRIZAJE EN LESIONES TRAUMÁTICAS DE RODILLA EN JUGADORAS DE VOLEIBOL”**, Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Artículo Científico o parte de él, un documento disponible con fines netamente académicos para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo una licencia gratuita e intransferible, así como los derechos patrimoniales de mi Artículo de Científico a favor de la Universidad Técnica de Ambato con fines de difusión pública; y se realice su publicación en el repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, siempre y cuando no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor, sirviendo como instrumento legal este documento como fe de mi completo consentimiento.

Ambato, septiembre 2023

.....

Meneses Villarroel ,Iván Paul

CC: 1804368684

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Los miembros del Tribunal Examinador, aprueban el informe del Trabajo de Investigación, sobre el tema **“EVALUACIÓN CINEMÁTICA DEL ATERRIZAJE EN LESIONES TRAUMÁTICAS DE RODILLA EN JUGADORAS DE VOLEIBOL”**, de Meneses Villarroel Iván Paul, estudiante de la Carrera de Fisioterapia.

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firman:

.....

Presidente

.....

1er Vocal

.....

2do Vocal



Serie Científica

Universidad de las Ciencias Informáticas

e-ISSN: 2306-2495 | e-RNPS: 2343

<http://publicaciones.uci.cu/seriecientificai@uci.cu>

SERIE CIENTÍFICA UCI

Profesor, Omar Mar Cornelio Editor Jefe

omarmar@uci.cu

La Habana, 28 de mayo del 2023

Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba Estimados (a) colegas

Iván Paúl Meneses Villarroel ¹, Victoria Espín Pastor ², Andrea Carolina Peñafiel Luna ³, Lisbeth Josefina Reales Chacón ^{4*},

¹ Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

² Licenciada en Terapia Física, MSc en fisioterapia deportiva y readaptación a la actividad física. Docente de la Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. ve.espin@uta.edu.ec

³ Licenciada en Terapia Física, Mg. en Terapia Manual Ortopédica, Docente de la Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. ac.penafiel@uta.edu.ec

⁴ Esp Medicina Interna, PHD en Educación. Docente Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Fisioterapia Ecuador/ Ambato. lj.reales@uta.edu.ec

Me complace informarle que después del proceso de revisión por pares del artículo “Evaluación cinemática del aterrizaje en lesiones traumáticas de rodilla en jugadoras de voleibol”, ha sido ACEPTADO para ser publicado por la Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas en su Vol, 16. No.5 (mayo), 2023. e-ISSN: 2227-1899

Saludos cordiales

Dr.C. Omar Mar Cornelio

Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas Editor Jefe

Editorial “Ediciones Futuro”

Universidad de las Ciencias Informáticas.



DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios y a mis padres, quienes han sido pieza fundamental a lo largo de mi trayecto educativo y personal, brindándome su bendición en todo momento. También a mis hermanos quienes me han motivado con su colaboración dentro y fuera del hogar, y a todas las personas que me han apoyado con su tiempo y conocimiento.

Iván Paul Meneses Villarroel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida diaria, por su paciencia, comprensión y amor que me brindan en todo momento, impulsándome a crecer en lo educativo y personal.

A mis hermanos por su comprensión y cariño incondicional que me fortalece para seguir adelante.

A todas las personas que me dieron su apoyo para poder realizar este trabajo, poniendo una parte de ellos.

Iván Paul Meneses Villarroel

“EVALUACIÓN CINEMÁTICA DEL ATERRIZAJE EN LESIONES TRAUMÁTICAS DE RODILLA EN JUGADORAS DE VOLEIBOL”

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar la cinemática del aterrizaje en jugadoras de voleibol por lesiones traumáticas de rodilla. Actualmente, el voleibol es un deporte en aumento por el sexo femenino, abarcando un gran número de participantes en cada competencia, sin embargo, las lesiones también son muy comunes en estas atletas. El método de evaluación se lo realizó mediante la visualización de videos que con tenían una lesión traumática y sin contacto, analizando la cinemática en cadera, rodilla y tobillo. Además, de evaluar antes del aterrizaje, contacto con el suelo y en la carga de peso. Como resultados, se evidencio que durante el aterrizaje se produce un valgo dinámico de rodilla, siendo el rango de movimiento de la cadera y tobillo es un factor de riesgo para una lesión aguda de rodilla. También, la velocidad de lesión puede ser un determinante de la gravedad. En conclusión, el traumatismo de rodilla se produce comúnmente por un aterrizaje con una sola pierna.

**PALABRAS CLAVES: ATERRIZAJE, CINEMÁTICA, RODILLA,
TRAUMATISMO, VOLEIBOL**

**“KINEMATIC EVALUATION OF LANDING IN TRAUMATIC KNEE
INJURIES IN VOLLEYBALL PLAYERS.”**

ABSTRACT

This research work was carried out with the objective of evaluating the landing kinematics in female volleyball players due to traumatic knee injuries. Currently, volleyball is a growing sport for the female sex, involving a large number of participants in each competition, however, injuries are also very common in these athletes. The method of evaluation was done by viewing videos that had a traumatic injury and without contact, analyzing the kinematics in hip, knee and ankle. In addition, we evaluated before landing, contact with the ground and weight bearing. As results, it was evidenced that during landing a dynamic knee valgus is produced, being the range of motion of the hip and ankle a risk factor for an acute knee injury. Also, speed of injury may be a determinant of severity. In conclusion, knee trauma is commonly caused by a single leg landing.

KEY WORDS: LANDING, KINEMATICS, KNEE, TRAUMA, VOLLEYBALL

INTRODUCCIÓN

El voleibol es un deporte olímpico practicado por muchas personas alrededor del mundo, aumentando sus participantes cada día (21) La articulación de rodilla es la segunda zona del cuerpo más lesionada mediante un traumatismo agudo en mujeres que practican este deporte (11). Las lesiones traumáticas de rodilla (LTR) están asociadas con la fase de salto y aterrizaje producidas por un valgo dinámico siendo más prevalente en el sexo femenino (17,22) Las LTR suelen ocurrir en prácticas como en competencias, presentando una tasa general de 4,3 por cada 1000 atletas activas, produciendo en la práctica el 13,8% y de competencia el 16,4%. (12) (9)

Las LTR producen lesiones en los ligamentos cruzado anterior (LCA), colateral medial(LCM) y en el menisco medial, principalmente por un valgo forzado de rodilla, el trauma de estas estructuras suele ocurrir por una sobrecarga imprevista. (23) Las lesiones por LTR disminuyen el rendimiento y la presencia en el campo de juego, estos problemas conllevan a causar trastornos crónicos y limitación funcional en los deportistas. (24). Las lesiones en el LCA y LCM suelen presentar una carga psicológica, debido al alto índice de ruptura que tienen, además en varios casos es necesario una intervención quirúrgica para prevenir una inestabilidad crónica y artrosis postraumática. (5,25) Mientras que en el menisco medial puede darse una extrusión lo que fomenta la aparición temprana de artrosis y el tiempo que dure una lesión determina su seriedad. (4)

Las investigaciones se han centrado en evaluar el aterrizaje en personas no lesionadas y lesionadas. Sin embargo, no existen estudios que evalúen el mecanismo biomecánico en el momento exacto de la lesión para determinar posibles estrategias en la prevención y en la intervención fisioterapéutica. Determinar la cinemática de rodilla en el aterrizaje es fundamental debido a los factores de riesgo que se presentan en el entorno de las jugadoras de voleibol. La prevención y tratamiento dentro de las lesiones traumáticas de rodilla son fundamentales para los fisioterapeutas, médicos, psicólogos, instructores y deportistas, quienes observan todo el procedimiento que pasa cada deportista, tras sufrir una lesión. (26). Por ello, este estudio tiene como objetivo evaluar la cinemática del aterrizaje en jugadoras de voleibol que presenten lesiones traumáticas de rodilla.

METODOLOGIA

El análisis de la cinemática del aterrizaje en lesiones traumáticas de rodilla en jugadoras de voleibol, se lo realizó con diferentes videos de la plataforma YouTube. Se obtuvo un exento del comité de bioética por el tipo de estudio que se desarrolló. Además, no se publicará y difundirá nombres de las personas involucradas en la evaluación.

Los criterios de inclusión fueron: (1) videos de jugadoras profesionales de voleibol, (2) sexo femenino, (3) posición de delantera, (4) traumatismo agudo de rodilla durante la actividad deportiva, (5) videos de vista frontal, lateral y posterior, (6) videos de origen de idioma en inglés y español. Los criterios de exclusión fueron: Videos de traumatismos con dos articulaciones afectadas (1) Videos educativos sobre el juego, (2) videos sin vistas video gráficas claras y sin la calidad para poder ser revisados.

Los videos de traumatismo de rodilla en jugadoras de voleibol fueron encontrados con los términos “traumatismo de rodilla y voleibol” y “knee injuries and volleyball”, siendo, 4 videos los que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión. Se descargó cada video para analizar en el programa Kinovea. El análisis cinemático fue evaluado por dos fisioterapeutas con experiencia en biomecánica. La cinemática de cadera, rodilla y tobillo se determinó en tres momentos del aterrizaje: antes aterrizaje, contacto con el suelo y en la carga de peso.

Los rangos de movimiento fueron determinados mediante una evaluación cualitativa debido a que era difícil limitar ángulos precisos en los videos. Además, se evaluó la velocidad de las LT de rodilla en milisegundos, definiendo desde el contacto con el suelo hasta que se produjo la lesión.

RESULTADOS

Se analizaron 4 videos de jugadoras que presentaban lesión traumática en el aterrizaje. Las vistas de los videos fueron postero - laterales por lo que fue difícil tomar ángulos exactos de la cinemática del miembro inferior. Todas las jugadoras presentaban aterrizaje con una sola pierna después de saltos horizontales o saltos laterales.

Cinemática antes del aterrizaje

En la cinemática antes del aterrizaje de la cadera en el miembro inferior que no va a realizar el contacto con el suelo se observó un rango de articulación amplio en la

abducción de cadera (ABDc), aunque, los ángulos fueron distintos para cada jugadora, se evidenció que sobrepasaban los 45° de ABDc; tres jugadoras mostraron flexión de cadera (FLc) y una extensión de cadera (EXc); la articulación del tobillo fue indistinta la posición en las jugadoras. El miembro inferior que va a tener contacto con el suelo se observó que presenta menor amplitud de ABDc en comparación con la que no va a realizar el apoyo, en la rodilla se encuentra en extensión sin presentar valgo, el tobillo se encontró en plantiflexión. Ilustración 1: Cinemática del aterrizaje en el traumatismo de rodilla

Cinemática inmediatamente en contacto con el suelo

En el miembro inferior que no va a realizar el contacto con el suelo se evidenció las mismas características de la cinemática antes del apoyo. En el miembro inferior que realiza el contacto con el suelo, la cadera todavía presentaba ángulos más pequeños de abducción (ABD) que la contralateral, tres de las algunas jugadoras presentaban una ligera rotación interna de cadera. La rodilla se encontraba en extensión y hace contacto con el suelo con el antepié, presentando aun la plantiflexión de tobillo. Ilustración 1: Cinemática del aterrizaje en el traumatismo de rodilla

Cinemática en la carga de peso

El miembro inferior que realizó el apoyo en el aterrizaje presenta flexión de rodilla con amplitudes amplias de valgo dinámico. Debido a la calidad de los videos no se observó la cinemática del pie y tobillo. La cadera que se encontraba en abducción disminuye sus ángulos. Además, la velocidad en la que se produce la lesión desde el contacto con el suelo hasta la lesión fue indistinta en cada jugadora, entre 100ms a 333ms. Ilustración 1: Cinemática del aterrizaje en el traumatismo de rodilla

DISCUSIÓN

El presente estudio encontró que las jugadoras de voleibol que presentaban traumatismo agudo de rodilla ejecutaban un salto horizontal o salto lateral con contra movimiento (SCM) y aterrizaban con una sola pierna. Generalmente, los aterrizajes del SCM se realizan con la extremidad inferior más extendida. (27) Antes del aterrizaje e inmediatamente en contacto con el suelo las deportistas presentan una amplitud amplia de ABD más allá de los 45° de la cadera que no realiza el aterrizaje y apoyan con el antepié en el suelo mediante una plantiflexión, mientras que en la carga de peso

sucede el valgo dinámico dando como resultado un aterrizaje fallido. Esto puede ser debido a una disminución de la coordinación para atenuar la posición del centro de masa (28). Además, la rodilla contribuye con el 65%, la cadera con el 44% y el tobillo con el 11% en la estabilización en el aterrizaje después de un salto horizontal (29). Mientras que los músculos glúteo medio resiste el colapso de la cadera en el plano frontal, y los plantiflexores e inversión resisten los movimientos de eversión y pronación de la articulación subastragalina manteniendo la estabilización del miembro inferior en el plano frontal (30).

El análisis biomecánico de la amplitud de abducción de cadera es encontrado en jugadoras de ataque, principalmente en los primeros 40 milisegundos (ms) posterior del contacto inicial, lo cual puede producir una lesión traumática de rodilla. (31) Krosshaug et al. En su estudio no encontró diferencias en el aterrizaje y 50ms del mismo en atletas masculinos y femeninos. (32) Por otro lado, Khayambashi et al. Demostró que el déficit de fuerza muscular en la abducción de cadera puede ser un factor de riesgo para producirse LT en el miembro inferior, además, se identificó que el sexo femenino tiene menos fuerza en la abducción de cadera en comparación al masculino. (33)

El lapso de tiempo del aterrizaje se precisa desde el contacto inicial (CI) del pie con el suelo, teniendo un periodo aproximado de 300 ms antes y después del primer roce.(34) También, existe un ciclo después del CI de 40 ms, donde la lesión aguda de rodilla es más susceptible en las jugadoras.(35) Por otra parte, se debe mencionar el papel del tobillo y el pie, debido a los factores de riesgo de lesión en la articulación de la rodilla.(6) Leppänen et al. en su estudio mostro que no existía diferencias en el momento de flexión plantar del tobillo en el CI o en el rango de movimiento (ROM) entre mujeres lesionadas y no lesionadas,(36) sin embargo, al mostrarse un déficit del ROM, la flexión dorsal de tobillo se vería limitada, forzando un movimiento compensando la pronación excesiva del tobillo, rotación tibial interna, aducción y rotación interna del muslo y caída pélvica.(37)

En cuanto al estado de cada articulación, existen mecanorreceptores ubicados en tendones y músculos, los cuales se encargan de ayudar en el posicionamiento de las extremidades. (38) Por esta razón, una alteración de estos mecanismos afecta a la retroalimentación propioceptiva, siendo posible causa de lesión traumática. (39)

Por demás, otro factor que interviene en la biomecánica de rodilla es la fatiga, este problema puede modificar y alterar los patrones de movimiento. (40) Del mismo modo, al existir una fatiga muscular con una contracción, disminuyen las capacidades propioceptivas afectando al control muscular de la extremidad. (41) Por ello, se debe aumentar un entrenamiento de biorretroalimentación para menorear la angulación de un valgo dinámico de rodilla. (37)

CONCLUSIÓN

El traumatismo de rodilla en las jugadoras de voleibol se produce en aterrizajes con una sola pierna después de saltos horizontales y lateral con contra movimiento. La cadera presenta abducción más de 45° del miembro inferior que no apoya en el suelo antes y durante el aterrizaje, mientras que se realiza el apoyo en el suelo con el antepié y el tobillo con plantiflexión. Se recomienda aplicar estrategias que disminuyan el riesgo de lesión traumática de rodilla en donde involucren reacciones rápidas de cambios de cinemática en el aterrizaje.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hovey S, Wang H, Judge LW, Avedesian JM, Dickin DC. The effect of landing type on kinematics and kinetics during single-leg landings. *Sports Biomech* [Internet]. 2021 [cited 2023 Apr 25];20(5):543–59. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30882276/>
2. DiCesare CA, Montalvo A, Barber Foss KD, Thomas SM, Hewett TE, Jayanthi NA, et al. Sport Specialization and Coordination Differences in Multisport Adolescent Female Basketball, Soccer, and Volleyball Athletes. *J Athl Train* [Internet]. 2019 [cited 2023 Mar 16];54(10):1105. Available from: </pmc/articles/PMC6805056/>
3. Pawlik D, Mroczek D. Fatigue and Training Load Factors in Volleyball. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 Sep 1 [cited 2023 Mar 14];19(18):11149. Available from: </pmc/articles/PMC9517593/>
4. Li L, Yang X, Yang L, Zhang K, Shi J, Zhu L, et al. Biomechanical analysis of the effect of medial meniscus degenerative and traumatic lesions on the

- knee joint. *Am J Transl Res* [Internet]. 2019 [cited 2023 Apr 12];11(2):542. Available from: [/pmc/articles/PMC6413253/](#)
5. Encinas-Ullán CA, Rodríguez-Merchán ECEC. Isolated medial collateral ligament tears: An update on management. *EFORT Open Rev* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2023 Apr 12];3(7):398. Available from: [/pmc/articles/PMC6129956/](#)
 6. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: A systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 Apr 1 [cited 2023 Apr 17];18(7). Available from: [/pmc/articles/PMC8038785/](#)
 7. Gómez M. Revisión descriptiva de la prevención de lesiones comunes en el voleibol. *Revista Latinoamericana Ogmios: RLO Científica*, ISSN-e 2789-0309, Vol 2, N° 3, 2022 (Ejemplar dedicado a: Enero - Abril), págs 85-94 [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 16];2(3):85–94. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8591231&info=resumen&idioma=SPA>
 8. Griboff Pablo. Análisis de Lesiones Más Comunes en Voleibol Femenino de Alto Nivel [Internet]. *PubliCE*. 2020 [cited 2023 Jan 7]. Available from: <https://g-se.com/analisis-de-lesiones-mas-comunes-en-voleibol-femenino-de-alto-nivel-2793-sa-U5f3f3a2929f94>
 9. Juhan T, Bolia IK, Kang HP, Homere A, Romano R, Tibone JE, et al. Injury Epidemiology and Time Lost From Participation in Women’s NCAA Division I Indoor Versus Beach Volleyball Players. <https://doi.org/10.1177/23259671211004546> [Internet]. 2021 Apr 27 [cited 2023 Mar 14];9(4). Available from: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/23259671211004546?rfr_dat=cr_pub++0pubmed&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org
 10. Chandran A, Morris SN, Lempke LB, Boltz AJ, Robison HJ, Collins CL. Epidemiology of Injuries in National Collegiate Athletic Association Women’s Volleyball: 2014–2015 Through 2018–2019. *J Athl Train* [Internet].

- 2021 Jul 1 [cited 2023 Mar 14];56(7):666–73. Available from: <https://meridian.allenpress.com/jat/article/56/7/666/467944/Epidemiology-of-Injuries-in-National-Collegiate>
11. Reeser JC, Gregory A, Berg RL, Comstock RD. A Comparison of Women’s Collegiate and Girls’ High School Volleyball Injury Data Collected Prospectively Over a 4-Year Period. *Sports Health* [Internet]. 2015 Nov 1 [cited 2023 Mar 14];7(6):504. Available from: [/pmc/articles/PMC4622377/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26222377/)
 12. Kerr ZY, Dompier TP, Snook EM, Marshall SW, Klossner D, Hainline B, et al. National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System: Review of Methods for 2004–2005 Through 2013–2014 Data Collection. *J Athl Train* [Internet]. 2014 Aug 1 [cited 2023 Mar 14];49(4):552–60. Available from: <https://meridian.allenpress.com/jat/article/49/4/552/191300/National-Collegiate-Athletic-Association-Injury>
 13. Skazalski C, Whiteley R, Bahr R. High jump demands in professional volleyball—large variability exists between players and player positions. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2018 Nov 1 [cited 2023 Mar 14];28(11):2293–8. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/sms.13255>
 14. DiCesare CA, Bonnette S, Myer GD, Kiefer AW. Differentiating Successful and Unsuccessful Single-Leg Drop Landing Performance Using Uncontrolled Manifold Analysis. *Motor Control* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2023 Apr 25];24(1):75. Available from: [/pmc/articles/PMC9899352/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33560920/)
 15. Maniar N, Schache AG, Pizzolato C, Opar DA. Muscle function during single leg landing. *Sci Rep* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Apr 25];12(1):11486. Available from: [/pmc/articles/PMC9262956/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33560920/)
 16. Kotsifaki A, Korakakis V, Graham-Smith P, Sideris V, Whiteley R. Vertical and Horizontal Hop Performance: Contributions of the Hip, Knee, and Ankle. *Sports Health* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2023 Apr 25];13(2):128–35. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33560920/>

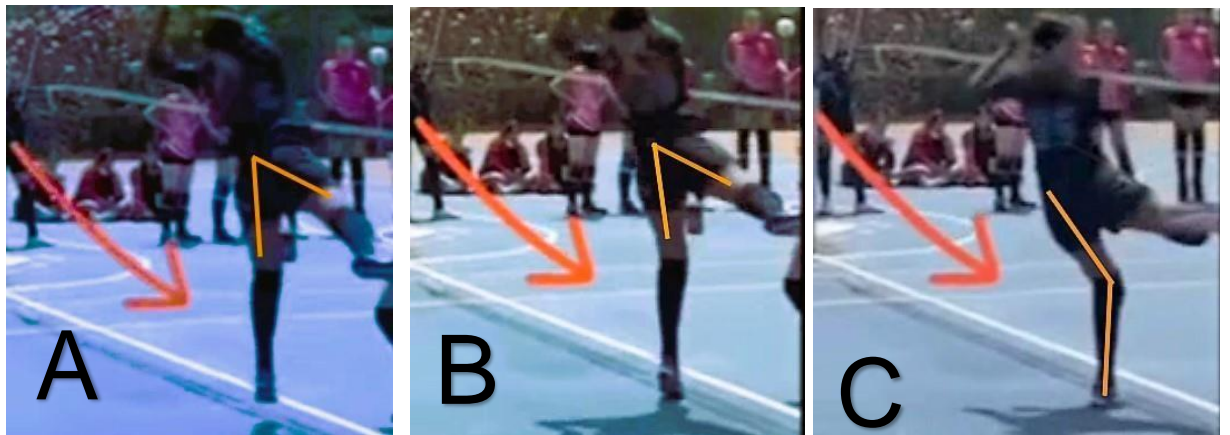
17. Garcia S, Delattre N, Berton E, Divrechy G, Rao G. Comparison of landing kinematics and kinetics between experienced and novice volleyball players during block and spike jumps. *BMC Sports Sci Med Rehabil* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Jan 7];14(1). Available from: [/pmc/articles/PMC9188216/](#)
18. Benet-Vigo A, Arboix-Alió J, Montalvo AM, Myer GD, Fort-Vanmeerhaeghe A. Detección de déficits neuromusculares a través del análisis del patrón de salto y aterrizaje en deportistas adolescentes. *Cuadernos de Psicología del Deporte* [Internet]. 2021 Sep 23 [cited 2023 Mar 16];21(3):224–32. Available from: <https://revistas.um.es/cpd/article/view/462711>
19. Takahashi S, Nagano Y, Ito W, Kido Y, Okuwaki T. A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball. *Medicine* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2023 Jan 7];98(26):e16030. Available from: [/pmc/articles/PMC6616929/](#)
20. Limroongreungrat W, Mawhinney C, Kongthongsung S, Pitaksathienkul C. Landing Error Scoring System: Data from Youth Volleyball Players. *Data Brief* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2023 Mar 16];41:107916. Available from: [/pmc/articles/PMC8842012/](#)
21. Eerkes K. Volleyball injuries. *Curr Sports Med Rep* [Internet]. 2012 [cited 2023 Mar 14];11(5):251–6. Available from: https://journals.lww.com/acsm-csmr/Fulltext/2012/09000/Volleyball_Injuries.10.aspx
22. Sole CJ, Kavanaugh AA, Stone MH. Injuries in collegiate women's volleyball: A four-year retrospective analysis. *Sports*. 2017 Jun 1;5(2).
23. Tejeda GÁ, Figueredo RD, Suárez AB, Collado PS, Silva MR. Atención segura a lesiones de rodilla en atletas. *Revista Finlay* [Internet]. 2013 Apr 12 [cited 2023 Apr 9];3(1):51–7. Available from: <https://revfinlay.sld.cu/index.php/finlay/article/view/168/1063>
24. Lebrun C. The female volleyball athlete. *Handbook of Sports Medicine and Science* [Internet]. 2017 May 12 [cited 2023 Mar 16];158–70. Available from: <https://g-se.com/analisis-de-lesiones-mas-comunes-en-voleibol-femenino-de-alto-nivel-2793-sa-U5f3f3a2929f94>

25. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: A systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 Apr 1 [cited 2023 Apr 12];18(7). Available from: [/pmc/articles/PMC8038785/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38038785/)
26. Padua DA, DiStefano LJ, Beutler AI, De La Motte SJ, DiStefano MJ, Marshall SW. The Landing Error Scoring System as a Screening Tool for an Anterior Cruciate Ligament Injury–Prevention Program in Elite-Youth Soccer Athletes. *J Athl Train* [Internet]. 2015 Jun 1 [cited 2023 Mar 16];50(6):589. Available from: [/pmc/articles/PMC4527442/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/264527442/)
27. Hovey S, Wang H, Judge LW, Avedesian JM, Dickin DC. The effect of landing type on kinematics and kinetics during single-leg landings. *Sports Biomech*. 2021;20(5).
28. DiCesare CA, Bonnette S, Myer GD, Kiefer AW. Differentiating successful and unsuccessful single-leg drop landing performance using uncontrolled manifold analysis. *Motor Control*. 2020;24(1).
29. Kotsifaki A, Korakakis V, Graham-Smith P, Sideris V, Whiteley R. Vertical and Horizontal Hop Performance: Contributions of the Hip, Knee, and Ankle. *Sports Health*. 2021;13(2).
30. Maniar N, Schache AG, Pizzolato C, Opar DA. Muscle function during single leg landing. *Sci Rep*. 2022;12(1).
31. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med* [Internet]. 2009 Feb [cited 2023 Apr 17];37(2):252–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19182110/>
32. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med* [Internet]. 2007 Mar [cited 2023 Apr 17];35(3):359–67. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17092928/>

33. Khayambashi K, Ghoddosi N, Straub RK, Powers CM. Hip Muscle Strength Predicts Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in Male and Female Athletes: A Prospective Study. *Am J Sports Med* [Internet]. 2016 Feb 1 [cited 2023 Apr 17];44(2):355–61. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26646514/>
34. Spanó NV, Mariano FP, Andrade VL de, Bedo BL de S, Vieira LHP, Santiago PRP. EFEITO DO TREINO NEUROMUSCULAR NA ROTAÇÃO DO JOELHO DURANTE A ATERRISSAGEM EM MULHERES. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* [Internet]. 2016 Mar 1 [cited 2023 Apr 17];22(2):92–6. Available from: <http://www.scielo.br/j/rbme/a/NMgFLyfzJd56N4TThhn5bmB/?lang=pt>
35. Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med* [Internet]. 2010 Nov [cited 2023 Apr 17];38(11):2218–25. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20595545/>
36. Leppänen M, Pasanen K, Krosshaug T, Kannus P, Vasankari T, Kujala UM, et al. Sagittal Plane Hip, Knee, and Ankle Biomechanics and the Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury: A Prospective Study. *Orthop J Sports Med* [Internet]. 2017 Dec 21 [cited 2023 Apr 17];5(12). Available from: </pmc/articles/PMC5753918/>
37. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2023 Apr 17];17(21):1–17. Available from: </pmc/articles/PMC7664395/>
38. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* [Internet]. 1997 [cited 2023 Apr 17];25(1):130–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9006708/>

39. Cerulli G, Benoit DL, Caraffa A, Ponteggia F. Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2001 [cited 2023 Apr 17];31(11):655–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11720298/>
40. Bittencourt NFN, Meeuwisse WH, Mendonça LD, Nettel-Aguirre A, Ocarino JM, Fonseca ST. Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition-narrative review and new concept. *Br J Sports Med* [Internet]. 2016 Nov 1 [cited 2023 Apr 17];50(21):1309–14. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27445362/>
41. Hiemstra LA, Lo IKY, Fowler PJ. Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2001 [cited 2023 Apr 17];31(10):598–605. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11665747/>

Ilustración 1: Cinemática del aterrizaje en el traumatismo de rodilla



- A) Cinemática antes del aterrizaje. B) Cinemática inmediatamente en el aterrizaje.
C) Cinemática en la carga de pies