

Cinética de la rodilla en gimnastas

Elkin Peña Peña

Programa de Cultura Física, Deporte y Recreación

Universidad Santo Tomás

Proyecto de Grado

Profesora: Jackeline Lizeth Tafur Oviedo

Tabla de contenido

Contenido

INTRODUCCIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVOS	9
MARCO TEÓRICO	10
METODOLOGÍA	24
RESULTADOS	27
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	39

INTRODUCCIÓN

A través de este proyecto se aborda la cinética de la rodilla en un mortal hacia atrás en jóvenes gimnastas. Se aborda cuál es el impacto que se genera al momento de aterrizar en un salto mortal hacia atrás y las posibles implicaciones que pueda tener el deportista, como lo pueden ser las lesiones que puedan padecer por una mala ejecución. Al ser movimientos muy repetitivos pueden generar estrés articular, un sobre uso de la articulación, todos factores pueden causar que la vida deportiva se vea disminuida.

Con todo esto se puede crear un plan de prevención para evitar las lesiones y la interrupción de los ciclos de entrenamiento, además se puede crear planes de rehabilitación para que la recuperación de las lesiones se más eficaces Además, al prevenir y manejar mejores planes de rehabilitación el deportista va a obtener mejores rendimientos y logros deportivos.

Todo esto se va llevar a cabo por medio del sistema Vicon que cuenta la universidad Santo Tomás, con él se registran los datos requeridos para llevar a cabo la investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La biomecánica en gimnastas se ha aborda en estudios realizados en selecciones de gimnastas en pruebas de equilibrio, además en estudios de saltos para la creación de herramientas que evalúen el salto desde el sistema de puntuación vigente, los requerimientos

que se tienen en cuenta para la puntuación son altura, forma y amplitud (Rodríguez, Reyes, & Galán, 2008; Slater & col, 2015) En investigaciones evaluaron el impacto que se generaba al momento del aterrizaje y la incidencia que generaba esto en las lesiones de los deportistas, debido a que hay pocos estudios sobre este tema y lo que hay están vinculados a otros deportes.

La rodilla es una articulación biaxial y condilea, está a su vez se compone de los cóndilos femorales y patillos tibiales. Esta formada por dos articulaciones, la patelo femoral esto indica que está compuesta por la rótula y la tróclea femoral (Panesso, Trillos, & Tolosa Guzmán, 2008). Esta está compuesta por dos movimientos primordiales que son la flexión y la extensión, en una menor medida se encuentra abducción y aducción esto solo pasa en la articulación femorotibial.

Las fuerzas generadas en la articulación de la rodilla al momento de realizar un movimiento están acompañadas de los músculos, estos brindan estabilidad dinámica, el cual ayuda evitar que el atleta genere alguna lesión e interfiera en la práctica, es importante que el atleta cuente con un buen índice de masa muscular. Los músculos que están involucrados se componen de cuatro extensores(vasto externo, vasto medial, vasto lateral y recto femoral) y siete flexores (porcion larga del biceps femoral, semitendinoso, semimembranoso, grácil, sartorio y gastronemios) estos son los encargados de brindar la estabilidad se encargan de repartir la carga de trabajo en lugar de dejarlo a un solo grupo de esta manera se disminuye en riesgo de lesiones. También se encuentra la estabilidad estática los encargados de esta tarea son la cápsula articular, los ligamentos y meniscos los cuales lo hacen de manera pasiva (Panesso, et.al, 2008).

Los gimnastas deben realizar movimientos naturales tales como saltar, balancearse, rector, girar, todo esto evolucionará a movimientos más complejos como apoyo invertido, suspensión invertida. La coordinación de las acciones motrices dadas anteriormente

desencadenara en consecución de movimientos de gimnasia más complejos como los mortales, flic flac, la rueda lateral, las palmas. Es de importancia tener unas buenas bases motrices para que a futuro los atletas posean mejores capacidades coordinativas lo cual ayudará a realizar las figuras con una mejor ejecución, lo que genera que se eviten en una gran medida las lesiones en los deportistas.

Todos los movimientos realizados por los deportistas de gimnasia deben ser realizados de la mejor manera posible, para que esto ocurra se debe tener en cuenta los factores intrínsecos y extrínsecos. En cuanto lo intrínseco se encuentra que la potencia oxidativa, flexibilidad y fuerza explosiva son las bases para una buena práctica deportiva (Rodríguez-Camacho, Correa-Mesa, Camargo-Rojas, & Correa-Morales, 2016). En cuanto los extrínsecos se encuentra instrumentos, metodología del entrenamiento y prescripción del ejercicio.

En la gimnasia olímpica podemos encontrar una gran cantidad de movimientos estos tienen un grado de dificultad al momento de realizarlos, para la ejecución están inmersos la mayoría de los músculos. Todos estos movimientos son realizados de manera repetitiva lo cual puede generar desgaste en las articulaciones de los deportistas, realizar una ejecución inadecuada puede generar lesiones. Los gimnastas poseen una de las tasas más altas de lesiones estas lesiones se encuentran en su mayoría en el tren inferior, una de las articulaciones más afectadas es el tobillo (Slater et al.,2015; Sanchez, Avalo y Santana.,2013). En la rodilla las “lesiones más comunes son las lesiones de ligamento cruzado anterior y posterior, lesión de meniscos” (Domínguez, 2018, p.370).

En el mortal existen dos tipos, mortal hacia adelante el cual es un movimiento con grado de dificultad alto y es más complicado si no cuenta con ninguna ayuda, con ayuda se hace referencia a superficies como trampolines, colchonetas o cualquier objeto que le ayude a tener mayor impulso al momento de la ejecución. Según Guevara, A, (2016), el mortal adelante es

una habilidad acrobática de alta complejidad, sobre todo si analizamos su ejecución de forma aislada, sin ayudas ni condiciones facilitadoras (p.26).. Dada las situaciones donde va a ser realizada la figura de gimnasia no cuenta con los estándares ya que si se incluye al objeto dentro Vicon se una toma de datos incorrectos o no se tendrán resultados por este motivo se va a realizar el mortal hacia atrás ya que al momento de la ejecución es un gesto de menor complejidad, además es mas común dentro de la participación de la actividades gimnásticas.

Pregunta de investigación:

¿Cómo responde la rodilla de manera cinética al impacto del suelo después de un salto mortal hacia atrás?

JUSTIFICACIÓN

La práctica de la gimnasia puede generar lesiones en los deportistas esto genera que tengan una menor vida deportiva por lo tanto es de necesario que se corrijan los errores que están realizando durante la práctica deportiva, esto se logra mediante el entrenamiento de la habilidad técnica del deportista de esto se debe encargar los entrenadores, al obtener una mayor habilidad se podrán reducir un gran número de lesiones (Vernetta, Montosa & Lopez, 2016).

De esta manera se busca que los deportistas por medio de este proyecto obtengan un análisis de la cinética del movimiento de la figura de gimnasia del mortal hacia atrás, con esto podrán obtener una idea de lo que están realizando de manera incorrecta y que están haciendo bien. Uno de los aspectos a tener en cuenta al momento de realizar un salto en gimnasia es el aterrizaje ya que de este se desprenden el mayor número de lesiones debido al momento de aterrizar reciben un gran impacto debido a todas las fuerzas están actuando en este momento (Aguilera, Cala & Subera, 2010).

Con esta información obtenida se podrá plantear un mejor plan de entrenamiento para que se corrijan los errores generados durante la ejecución ayudando a los deportistas, ya que si tienen una mejor técnica de ejecución va a ser propensos a menor número de lesiones. También disminuye el impacto articular de esta manera se evitará el desgaste en la articulación de la rodilla (Hum, 2009).

Al tener una mejor comprensión de los cambios que se deben realizar en la biomecánica de aterrizaje en salto mortal hacia atrás se puede realizar un mejor proceso de rehabilitación en los deportistas, debido a que se plantea de manera más idónea los objetivos para el proceso de recuperación lo cual puede aumentar el tiempo requerido para que el atleta esté en forma idónea para retomar su práctica deportiva.

Se deben tener en cuenta los desbalances musculares que tienen los deportistas al momento que realizan la práctica ya que estos son de gran incidencia al momento de presentar

al tipo de lesiones, también ayudará a plantear mejores planes de entrenamiento ya se va a tener una idea de lo que el deportista requiere para su práctica deportiva de esta manera se aporta a proceso que se lleva a cabo en los deportistas (Cruz, Garay, Guillén, Pujadas, González & Castillo,2020).

Se obtendrán las características biomecánicas que implicadas en las figuras estas ayudan a obtener un mejor análisis de la técnica, ayudando a mejorar el rendimiento del atleta y la manera de enseñanza del entrenador ya que va a tener bases más específicas para trabajar con el deportista(González, 2019) ya que se puede obtener un análisis de su ejecución técnica y la destreza que tiene al momento de realizar determinada figura, en este caso están obteniendo los datos del mortal hacia atrás (Ferro, Rivera, Aldazabal, & Velasco, 1998). Como nos dice Loaiza y Ganardo (2018) la biomecánica ofrece herramientas útiles que permiten mejorar la forma de entrenamiento, la técnica y la táctica y las cualidades físicas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la cinética de la rodilla durante el aterrizaje de un salto hacia atrás (jump back) en gimnastas.

Objetivo específico

Describir las variables cinéticas que influyen en el movimiento de la rodilla en un JUMP BACK en gimnasia.

Sugerir las posibles implicaciones del componente cinético en la ejecución del gesto en gimnasia.

MARCO TEÓRICO

Biomecánica

Es el área de estudio de componentes cinéticos y cinemáticos implicados en el movimiento corporal humano, profundizando en elementos tales como la fuerza muscular, rangos de movimiento, aceleración, velocidad y desplazamiento. Área que facilita el estudio de las variables específicas del movimiento corporal humano que pueden dar conclusiones en relación a las condiciones físicas de deportistas de diferentes disciplinas. También se puede abordar la biomecánica desde tres ámbitos entre los cuales se encuentran, la médica está se encarga de las patologías que pueden afectar al cuerpo humano, trata de darles la mejor solución para mejorar la vida de las personas, luego encontramos la ocupacional está mejorar la relación que se tiene entre un objeto y adaptarlo a las necesidades que son requeridas (Ratto, Cascalesa, Marína, Alemánb & Asensia,2013).

En la biomecánica se suelen tener dos tipos de enfoque principales, relacionados que nos permiten hacer análisis de movimiento :

Entre las cuales encontramos cinemática que es la encargada del movimiento, pero no tiene en cuenta las fuerzas. En esta se encuentran la aceleración, velocidad y desplazamiento. Está a su vez encontramos la artrocinemática la cual se encarga de los movimientos intrínsecos de la articulación, es decir la relación entre dos planos articulares cuando se produce el movimiento (Panesso;et al, 2008). Está compuesta por 4 movimientos estos son el giro que es un desplazamiento de una área sobre otra área en su mismo punto mecanico, rodamiento o roll esto pasa en articulaciones esto que sus zonas son de diferentes radio de curvatura, este movimiento ocurren en el mismo plano del desplazamiento pero un eje discordantes diferente de la articulación, desplazamiento esto ocurre en superficies congruentes , planas y curvas por lo general este movimiento va combinado del rodamiento y rock es el movimiento que se da en una superficie articular y ocurre al final del giro con ejes diferentes o cambiando de plano.

En la rodilla en la articulación femorotibial se tiene en cuenta el tamaño de los cóndilos y los patillos tibiales al momento de la flexión, ocurre un rodamiento posterior seguido de un desplazamiento anterior de los cóndilos femorales, es considerado un rodamiento puro al momento de iniciar la flexionando y se desplaza lo más puro posible al finalizar la flexión de 0-25° ocurre una rotación posterior, el cual es acompañado por un movimiento anterior para poder girar la tibia. En el movimiento de extensión cuando el fémur se mueve con respecto a la tibia desde flexión ocurre un rodamiento de los cóndilos femorales sobre la tibia, luego desplazamiento posterior de los cóndilos femorales y por último un giro (Valls, 2020). En la articulación patelofemoral contribuye a la flexoextensión de la articulación femorotibial. En la extensión completa la patela se sitúa en la parte superior del fémur, y en la flexión completa la rótula se encuentra en el surco intercondilar y se desplaza al extremo distal del fémur. La osteocinématica estudia los movimientos sin tener en cuenta las fuerzas que lo producen. Es decir sin importar los músculos que contraen para lograr el movimiento (Panesso;et al, 2008). Los movimientos generados se dividen en dos grandes movimientos que son la traslación (deslizamiento) esto ocurre cuando una superficie se traslada sobre una superficie que está estática y la rotación esta tiene dos divisiones las cuales son el spin o giro el hueso rota alrededor de un eje de movimiento, este es perpendicular al plano de la superficie articular y el balanceo es todo movimiento que ocurre fuera del eje perpendicular al plano de la superficie articular (Jette, Gutiérrez, Sastre, Llusa & Combalia, 2019). En la rodilla cuenta con dos grados de libertad, el primero es la flexión y la extensión este se realiza en plano sagital con eje transversal que pasa a través de los cóndilos femorales. El segundo es la rotación axial, ocurre en el eje longitudinal y se genera como un mecanismo de rotación automática o terminal (Panesso;et al, 2008).

Al hablar de biomecánica también se debe tener en cuenta la cinética esta es la encargada de las fuerzas, que hacen que un cuerpo pase de un estado de reposo a movimiento

en esta actúan dos fuerzas las cuales son la pasiva (capsuloligamentosas) y la activa (músculos) los cuales se encargan de la estabilidad de la rodilla. Esta posee dos grandes exigencias biomecánicas, estas son la estabilidad, la cual, es relacionada con la extensión, se encarga de mantener el peso de las personas en posición bípeda y debe poseer una suficiente movilidad para poder realizar flexión la cual permita una correcta alineación con las demás articulaciones para realizar las figuras en movimiento (Gómez, García, Reina, López & Baena, 2018).

Rodilla

Ósea

La rodilla en su parte ósea está compuesta por el fémur, la tibia y la rótula. El fémur es el hueso más fuerte y largo del cuerpo está compuesto por una zona distal y una proximal, la primera es una cabeza corta que sale en forma de cuello y la segunda es la parte más grande que se encarga de transferir las fuerzas hacia el extremo superior de la tibia. La parte proximal está compuesta por los condilos lateral y medial, el lateral no es tan prominente, y es plano en su cara lateral además es más resistente que el medial este por su parte es más prominente y se proyecta lateralmente y hacia la parte de abajo, estos están separados por una hendidura y la fosa intercondílea, estos entran en contacto con la tibia y transfieren el peso del cuerpo. En la parte lateral se encuentran los epicóndilos lateral y medial son las partes más prominentes de los cóndilos (Gómez, García, Reina, López & Baena, 2018)

Tibia esta se encuentra articulada con el fémur y es la encargada de transferir el peso del cuerpo al pie además es de mayor resistencia que el peroné. En esta se encuentran los platillos tibiales uno medial y otro lateral el cual es de mayor tamaño para acompañar el movimiento del cóndilo lateral estos actúan como superficie articular del fémur además son los encargados de la transmisión del peso como de las fuerzas de reacción al suelo. Entre los dos platillos se

encuentra la eminencia intercondilar la cual es la encargada de la estabilidad de la rodilla ante la excesiva extensión. En la parte proximal se localizan los cóndilos lateral y medial entre los cuales se encuentra la tuberosidad tibial. En el cóndilo lateral se encuentra el tubérculo de Gerdy en la cual se inserta la banda iliotibial (Zhou, Zhao, Kijowski & Liu, 2018).

La patela o rótula es de forma triangular, plana y curvada este es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo del ser humano, se encarga de darle protección a la rodilla, y hace parte del mecanismo extensor. Está compuesto por una parte proximal y una distal, la primera la base y la segunda se le conoce como el ápex. La superficie posterior se encuentra una parte lateral y una medial los cuales se articulan con los cóndilos del fémur. La superficie articular es más pequeña que la del fémur (Panesso;et al, 2008).

Membrana sinovial que se encuentra en la rodilla es la más grande del cuerpo humano, todas las partes de la membrana vienen del fémur, revisten las cápsulas hasta los meniscos, la superficie de estas se encuentran se encuentran libres (Panesso;et al, 2008). Cápsula articular es una estructura compleja y está relacionada con el revestimiento sinovial, posee forma de manguito y rodea a las articulaciones patelofemoral y tibio femoral. La cápsula de la rodilla se compone de una lateral la cual la fibras se unen al fémur por la parte de arriba del músculo poplíteo siguiendo el tendón hacia los cóndilos de la tibia y el peroné; una medial esta se conformada por fibras que se unen cóndilo femoral y tibial, a su vez esta se une ligamento colateral medial; una posterior tiene fibras verticales que se unen proximalmente a los cóndilos del fémur y la fosa intercondilar, distalmente se unen a los codillos de la tibia y el área intercondilar; y una anterior se une a la expansiones del vasto lateral y medial mientras se une al borde y al ligamento patear (Panesso, Trillos & Guzman, 2008). Bursa estas estructuras se ubican alrededor del tejido blando y superficies articulares, su función disminuir la fricción también se encarga de amortiguar los movimientos de una estructura sobre otra. En la

articulación rodilla se encuentran ubicadas la bursa superficial está ubicada entre el tendón patelar y la piel, y la bursa profunda que se ubica entre el tendón patelar y la tibia. La bursa patelofemoral se ubica entre la patela en su aspecto anterior y la piel, y la bursa tibio femoral esta se encuentra entre la cabeza de los gastrocnemios y la cápsula articular. Retináculos sirve para conectar el fémur con los meniscos y la tibia existe el retináculo medial es más delgado que el lateral, y el retináculo medial es más grueso y fuerte debido a que se mezcla con el bíceps femoral para formar un tendón entre ellos dos (Panesso;et al, 2008).

Meniscos

Es una estructura asimétrica, la cual es fibrocartilaginosa, la cual se intercala entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales. Cada menisco posee un cuerno posterior y anterior por el cual se unen a la tibia de manera estable. Por otra parte, se encuentran unidos al fémur y la patela de manera suplementaria. El menisco lateral es muy cerrado se describe en forma de "O" y el menisco medial es más grueso y tiene forma de "C". Los meniscos ayudan a incrementar el área de la superficie articular, y brindan liberación a través de la circulación forzada. Son considerados vasculares pero sus bordes periféricos son vascularizados por las extensiones capilares geniculados (Mamami, 2018).

Ligamentos

Tenemos dos ligamentos colaterales los cuales refuerzan la cápsula articular de manera medial y lateral, el ligamento colateral medial cumple la función de reforzar la cápsula articular en la parte medial y también al menisco medial. Este reforzado por el tendón de la pata de ganso y las extensiones mediales del vasto lateral de los cuádriceps, posee dos fascículos uno superficial y uno profundo. El ligamento colateral lateral va desde el cóndilo lateral hasta el peroné. Esta reforzado por la fascia lata y las expansiones tendinosas del vasto lateral del

cuádriceps. Los ligamentos cruzados son robustos los cuales se encuentran en la parte central de la cápsula articular en la parte externa de la cavidad sinovial. El ligamento cruzado anterior (LCA) se une al aspecto anterior de la espina de la tibia con la parte posteromedial del cóndilo femoral lateral, posee dos fascículos el anteromedial y el pos lateral. El ligamento cruzado anterior es más grueso y fuerte que LCA. Se fija en la parte intercondílea posterior de la tibia y va unirse con la superficie medial del cóndilo lateral del fémur. El ligamento rotuliano es una banda plana, ancha y corta, va desde el vértice de la rótula hasta la tuberosidad anterior de la tibia. Sus fibras superiores se unen con las fibras del tendón de los cuádriceps. El ligamento poplíteo oblicuo es una extensión del tendón semimembranoso cerca de la inserción de la tibia hasta unirse con la parte lateral intercondílea y el cóndilo lateral del fémur. El ligamento colateral arqueado está formado por un sistema de fibras musculares en forma de Y el tronco se une al peroné, la parte posterior es arqueada y se une en la parte posterior intercondílea de la tibia, la parte anterior se une con la cabeza lateral del gastrocnemio (Hum, 2009).

Muscular

Cuádriceps femoral. Se compone de

Recto anterior. Se origina en la parte externa de la espina iliaca antero inferior y se inserta en la base de la rótula.

Vasto interno. Tiene como punto de origen la línea áspera y se inserta en la base de la rótula.

Vasto externo: Se origina en la parte externa de trifurcación de la línea áspera este se inserta en la base de la rótula.

Crural. Se origina en los tres cuartos superiores de las caras anterior y externa. Se inserta en la base de la rótula en la parte de atrás del vasto

Subcrurol: este va por la parte inferior de la cara anterior del fémur. Tiene como función extender de la pierna.

Tensor de la fascia lata. Se origina en la cara externa de la espina ilíaca anterior. Se inserta en la tuberosidad externa de la tibia, a nivel del tubérculo de Gerdy. Tiene como función la abducción y rotación lateral del muslo; se encarga de inclinar la pelvis y ayuda al equilibrio del cuerpo al descansar sobre un solo pie.

Sartorio: Tiene como punto de origen la espina iliaca anterior en la parte superior y parte de la escotadura inferior. Se inserta en la parte superior de la cara medial de la tibia. Se encarga de flexionar, abducir y rotar lateralmente la pierna en la articulación de la cadera; flexiona la pierna en la articulación de la rodilla.

Aductor mediano: Se origina en la cara anterior de la superficie del pubis y se inserta cerca de la línea áspera en la parte media. Se encarga de Aducir y flexionar la pierna.

Aductor menor: Se origina en la parte superior de la rama isquiopubiana y se inserta por dos fascículos, superior e inferior entre las ramas de trifurcación. Se encarga de aducir y rotar lateralmente

Aductor mayor: Se origina en los dos tercios superiores de la cara externa de la rama isquiopubiana y se inserta en la vertiente interna de la rama de trifuración de la línea áspera. Es el principal aductor, rotador lateral y medial.

Músculo grácil [recto interno]: Se origina por arriba de la sínfisis pubiana. Se inserta en la parte superior de la cara interna de la tibia (pata de ganso). Se encarga de abducir

Semimembranoso: Se origina en la cara posterior de la tuberosidad isquiática y por fuera del tendón común del bíceps y del semitendinoso y se inserta en la cara posterior de la

tuberosidad interna de la tibia, por el tendón directo. Se encarga de flexionar la pierna y extender el muslo.

Semitendinoso: Tiene de origen la cara posterior de la tuberosidad isquiática, por un tendón común con la porción larga del bíceps. Se inserta en el cuarto superior de la cara interna de la tibia. Cumple la función de flexionar de la pierna y extensor del muslo, determina la rotación del muslo de lateral a medial.

Bíceps femoral: Se origina en la porción larga del tendón común con el semitendinoso, en la cara posterior de la tuberosidad isquiática.. Se encarga de flexionar y extender la pierna.

Poplíteo: Se origina en la cara externa del cóndilo externo del fémur y se inserta en la cara posterior de la tibia. Se encarga de flexionar la pierna (Mamami, 2018).

Gimnasia

La gimnasia viene de la disciplina militar es una práctica disciplinada y corporal (Torron, 2015). Han existido varias corrientes de gimnasia entre las más importantes se puede encontrar la alemana, países nórdicos, la francesa y la inglesa. Entre estas destaca la alemana que se basaba en la fuerza, la valentía y el patriotismo por otro lado la sueca se trataba en la mejora de los movimientos naturales (Grossi, 2012).

Es una de las disciplinas más completas además requiere una gran demanda física y cuenta con elementos con un alto grado de complejidad. Ayuda al desarrollo de las capacidades físicas tales como la flexibilidad, resistencia y fuerza, un gimnasta profesional requiere específicamente de las siguientes capacidades flexibilidad, fuerza de resistencia, coordinación, equilibrio y agilidad (Vernette, Montosa & Peláez, 2018).

En la gimnasia podemos encontrar diferentes disciplinas tales como la gimnasia rítmica, trampolín, aeróbica, parkour, acrobática, artística masculina y femenina y gimnasia para todos (Tomado de la federación colombiana de gimnasia).

- La gimnasia rítmica, es una disciplina en la que se combinan elementos de ballet, gimnasia, danza y el uso de diversos aparatos como la cuerda, el aro, la pelota, las mazas y la cinta.
- El trampolín es una disciplina que consiste en realizar una serie de ejercicios ejecutados en varios aparatos elásticos, donde la acrobacia es la principal protagonista.
- La gimnasia aeróbica es una disciplina de la gimnasia en la que se ejecuta una rutina de entre 100 y 110 segundos con movimientos de alta intensidad derivados del aeróbico tradicional además de una serie de elementos de dificultad.
- El parkour es un deporte donde se busca superar los obstáculos que se encuentran y pasarlos lo más rápido y dinámico posible usando diferentes tipos de acrobacias.
- La gimnasia acrobática el ejercicio debe contener elementos acrobáticos y gimnásticos de flexibilidad, equilibrio, saltos y giros, así como movimientos en cooperación entre los componentes del grupo realizando figuras y pirámides corporales.
- Gimnasia rítmica consiste en la realización de una composición coreográfica, combinando de forma simultánea y a una alta velocidad, movimientos corporales.
- Gimnasia para todos es en grupos y normalmente tiene alguna temática acompañada de música, vestuarios y en ocasiones escenografía. Requiere de creatividad para que sea un show.

Vicon

El sistema Vicon registra el movimiento humano esto es gracias a un sistema de cámaras infrarrojas que captan la luz de los marcadores reflectantes los van ubicados en articulaciones y segmentos específicos del cuerpo humano.

Los datos obtenidos de la cinemática son los ángulos articulares en las tres direcciones (x, y, z) se obtienen datos en todos los planos, flexo-extensión, abducción – aducción y rotaciones. En cuanto cinética se deben conectar otros hardware, tales como vectores de fuerza por medio de placas de fuerza o datos de actividad muscular por medio de electromiografía (institutcataladelpeu, 2021).

Cuenta con cámaras Vue, la cual tiene una resolución de 1080p esta cámara, están cuenta con una alta nitidez al momento de la realización del video. Realiza videos hasta de 120 Fps con una resolución de de cámara de 720p, son de fácil instalación. También cuenta con la Vero es adecuada para actividades de mediana y pequeños volúmenes, cuenta con una resolución de 1024 p a 250 Fps captura movimientos deportivos a una latencia muy baja, cuenta con sensores de calor, los ayudan a tener un rendimiento óptimo (Vicon Motion Systems Ltd UK).

Plug in gait model

Se basa en la posición y orientación de un segmento utilizando cierto número de marcadores (Granja & Núñez, 2016). El modelo plug in gait está compuesto por 39 marcadores los cuales son ubicados en partes determinadas del cuerpo. Estos puntos y segmentos articulares corresponden a un modelo biomecánico de Plug in gait, basado en el comportamiento motor del ser humano, que previamente está informatizado en el programa Nexus de Vicon, software con el cual se captura o graba el movimiento. Es decir, a través de este modelo biomecánico, es posible reconocer la figura humana, con sus segmentos y con

medidas reales de cada persona de estudio, para tras procesar los datos, obtener datos reales sobre los movimientos articulares

METODOLOGÍA

Tipo de Estudio: El presente estudio parte de un enfoque cuantitativo, de tipo observacional descriptivo, y el diseño es reporte de casos.

Hipótesis de investigación: La presencia de momentos de fuerza en el plano coronal o desviaciones del mismo en el plano sagital podría reconocerse como un factor de riesgo para lesiones en los gimnastas.

Población y muestra: Los 2 sujetos analizados son estudiantes del programa de pregrado en Cultura Física, Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás. Fueron seleccionados a conveniencia, ya que su participación se dio de manera voluntaria.

Materiales: Se usó un sistema de ocho cámaras Vero v2.2 (Vicon 612, Oxford Metrics Ltd., Reino Unido) ubicadas de manera estratégica dentro del laboratorio de Biomecánica de la facultad, para aumentar el campo de visión de las cámaras. Las cámaras se montan en marcos y se fijan de forma permanente a una altura de 3 metros aproximadamente desde la superficie del suelo hasta la cámara. La frecuencia de muestreo fue de 100 Hz.

Calibración: Antes de iniciar las pruebas del sujeto, el sistema debe pasar por un proceso de preparación, donde la calibración representa el paso más importante. La calibración se realiza para permitir que el software calcule la ubicación y orientación de las cámaras, lo que ayuda a la reconstrucción en 3D del movimiento de los marcadores capturado por las cámaras (Baker, 2013a). El proceso de calibración se divide en un paso dinámico y un paso estático. La calibración dinámica incluye el movimiento de una varilla de calibración a lo largo de todo el volumen de captura, lo que permite que el sistema calcule las posiciones y orientaciones relativas de las cámaras. Por otro lado, se realiza la calibración estática para

calcular el origen o el centro del volumen de captura y para determinar la orientación del espacio de trabajo 3D (VICON, n.d.).

La precisión de los datos obtenidos depende de la calidad de la calibración. Cuando un marcador es visto por diferentes cámaras, sus respectivos rayos se cruzan en un punto, y esta coordenada tridimensional se denomina ubicación del marcador (Baker, 2013a).

Modelo Biomecánico: Se empleó el modelo de Plug in Gait para obtener los valores de cada segmento corporal. En este se realiza la colocación de marcadores reflectivos sobre diferentes superficies óseas. Las extremidades inferiores se modelan como siete segmentos rígidos constituidos por la pelvis y el muslo, la pierna y el pie de cada miembro inferior.



Tomado de Ma, M., Proffitt, R., & Skubic, M. (2018)

Protocolo:

Posterior a la firma del consentimiento informado, se pidió a los sujetos que usaran pantaloneta ajustada y top en el caso de las mujeres, manteniendo sus zapatos puestos. Los marcadores se colocaron en la piel de las extremidades inferiores del sujeto y se adhirieron por medio de cinta doble faz. Se les dio la instrucción verbal a los sujetos sobre dónde ubicarse

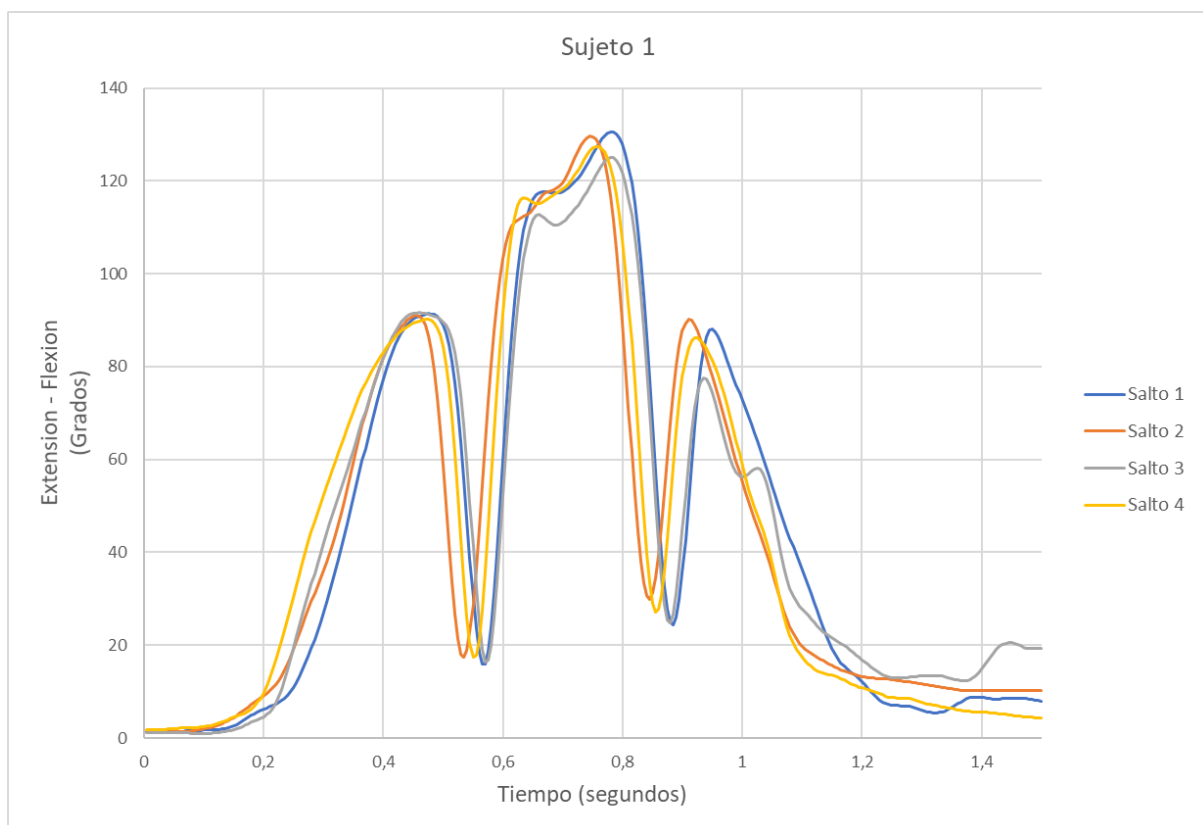
dentro del laboratorio, y luego el comando de inicio, posterior a un calentamiento realizado inicialmente. Se grabaron mínimo 4 saltos por cada sujeto.

Procesamiento de datos: Los datos brutos se procesaron con VICON Nexus 2.3. Después de la identificación de marcadores faltantes, el proceso de llenado de espacios se realizó utilizando las opciones de Estriado, Patrón, Cuerpo Rígido o Llenado Cinemático, según la longitud y posición de los espacios existentes. Se ejecutó el pipeline estático y dinámico para obtener la información cinemática y cinética.

RESULTADOS

Se evaluaron dos sujetos en el gesto de mortal hacia atrás. El sujeto 1 correspondió a un hombre de 19 años y el sujeto 2 a una mujer de 18 años. Ambos practican entrenamiento en gimnasia, al pertenecer al equipo de porras de la universidad.

Posterior a la reconstrucción y limpieza de los datos se estableció inicialmente la cinemática de la rodilla en el plano sagital. El movimiento correspondiente es la flexión y extensión para cada uno de los saltos capturados.



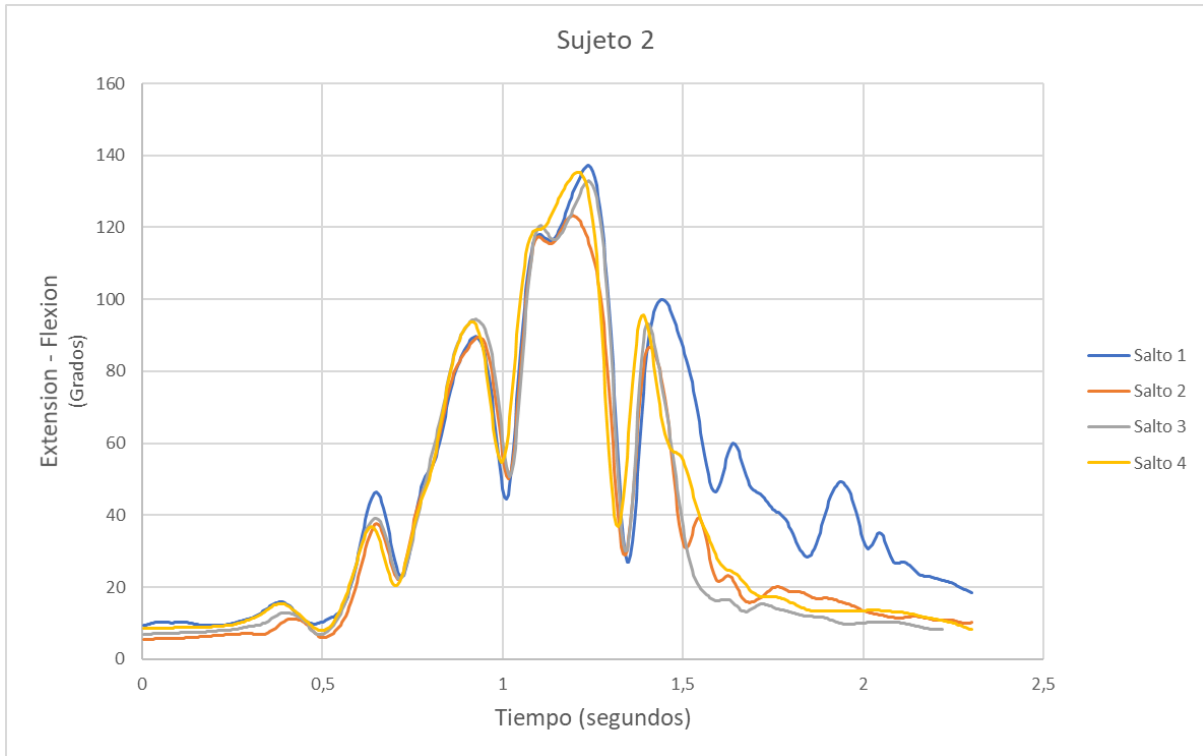
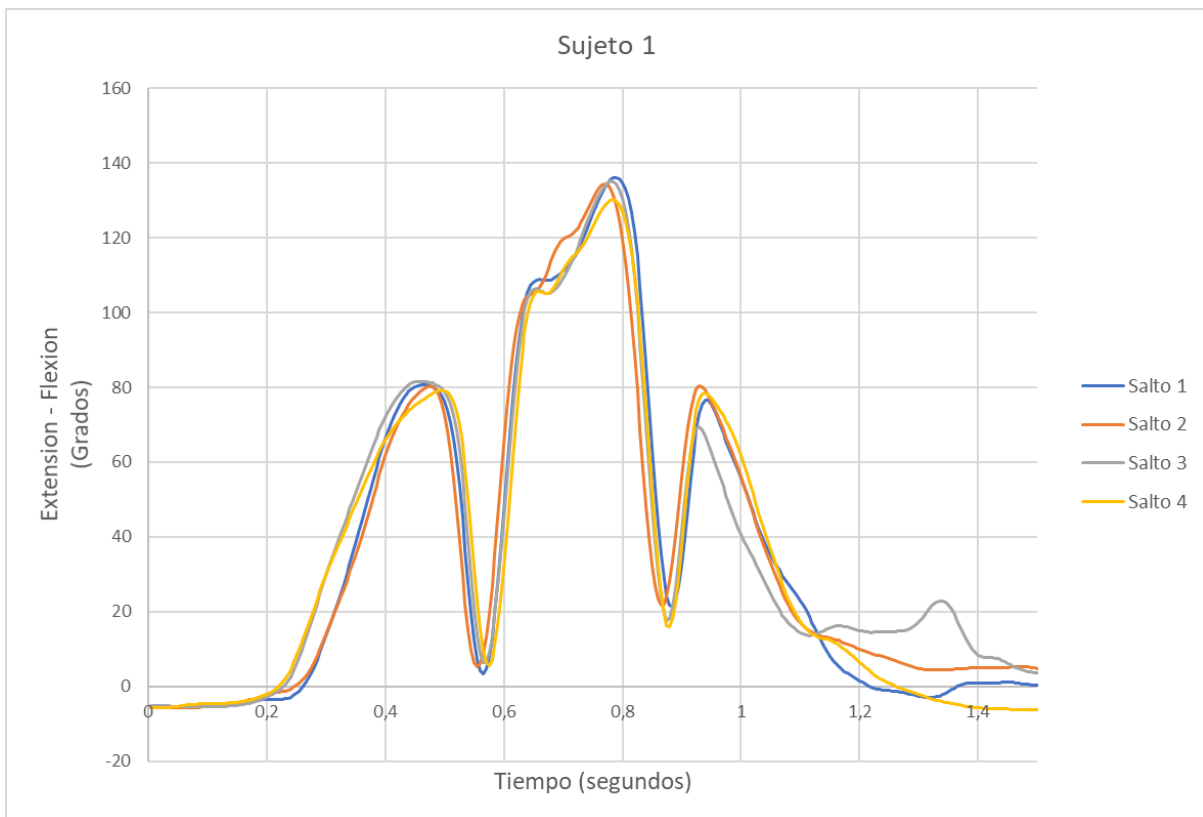


Imagen 1. Cinemática rodilla izquierda plano sagital



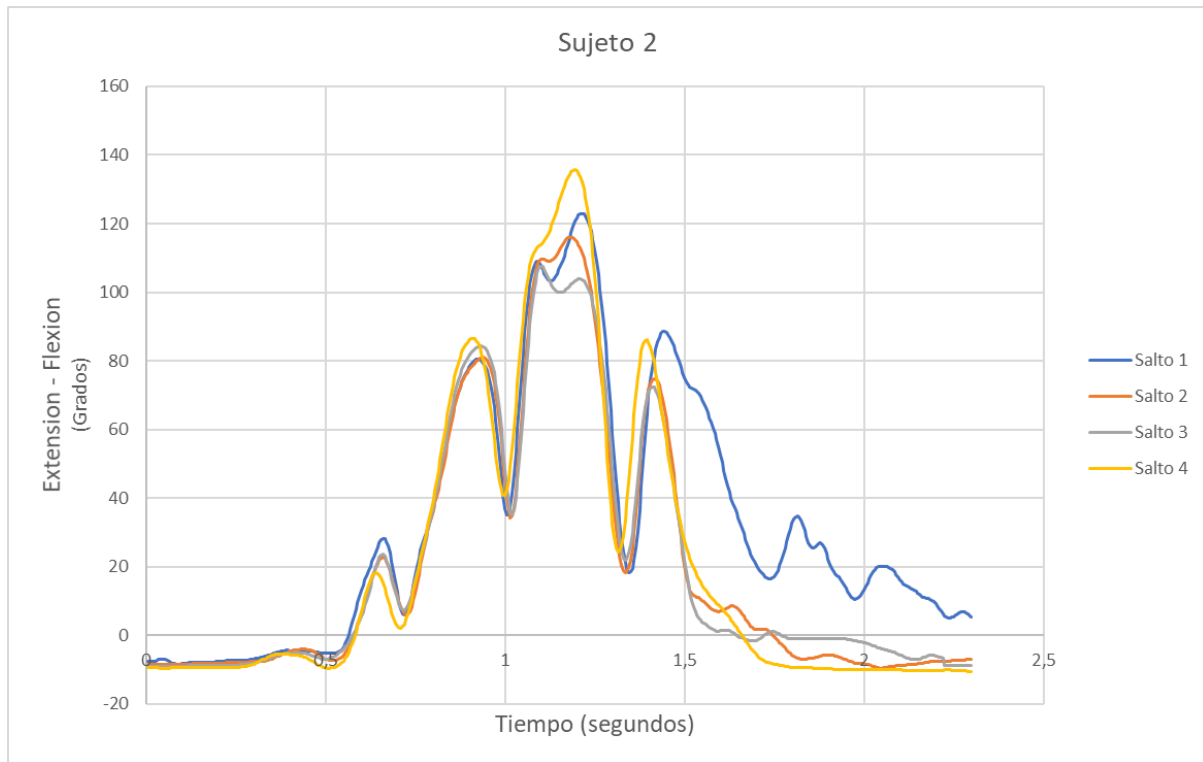
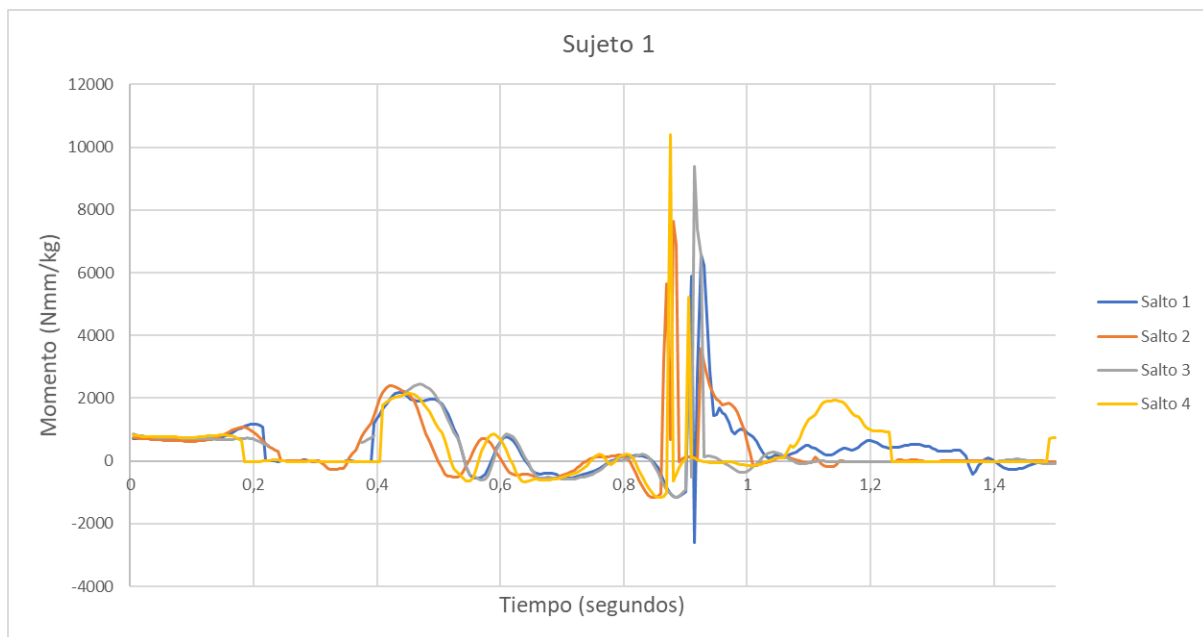


Imagen 2. Cinemática rodilla derecha plano sagital

En el caso del sujeto 1, principalmente se pueden observar asimetrías en el gesto, con mayores grados de flexión en la rodilla izquierda durante la fase de preparación en cada uno de los saltos realizados. Hacia la fase de batida, se logra una mejor ejecución con el lado derecho, puesto que esta rodilla se encuentra muy cercana a la extensión completa. La rodilla izquierda no alcanza a extender completamente, lo cual disminuirá el impulso de ese lado.

Durante la fase de rotación se encuentra una mejor movilidad de la rodilla derecha, alcanzando mayores grados de flexión que la rodilla izquierda. Bajo este patrón, durante la fase de recepción, la rodilla derecha se encuentra en una mejor posición en el instante en que los miembros inferiores impactan en el suelo. Además, los ángulos en la fase de amortiguación son más consistentes.

En el caso del sujeto 2, se observa la generación de un impulso adicional antes de la fase de preparación propiamente dicha, de mayor magnitud en la rodilla izquierda. Esto hace que se reduzca el tiempo de la fase de preparación y durante la fase de batida no se logre la extensión de ambas rodillas. Durante la fase de rotación se logran menores grados de flexión en la rodilla derecha, y una posición asimétrica de las rodillas en el instante de impacto en suelo. La fase de amortiguación se caracteriza por una mayor flexión de la rodilla izquierda.



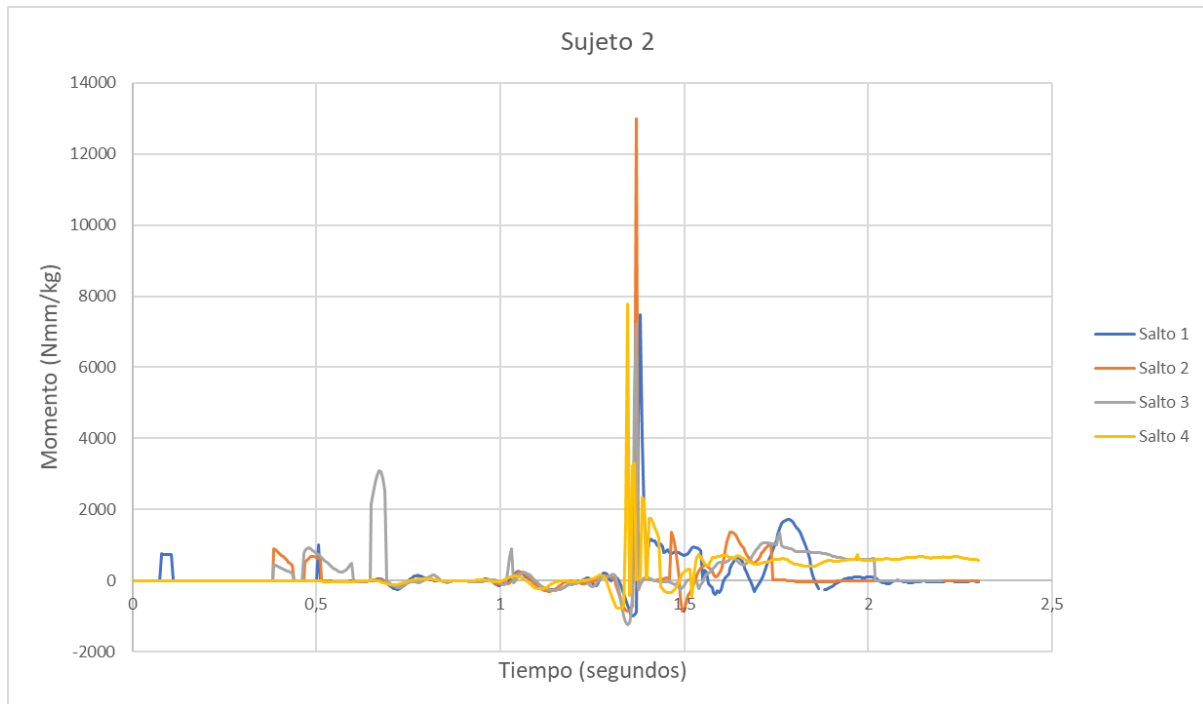


Imagen 3. Momento de fuerza plano sagital rodilla izquierda

En cuanto a los momentos de fuerza en el plano sagital, para el sujeto 1, en la rodilla izquierda los momentos flexores se encuentran aumentados al inicio de la fase de batida con respecto a la rodilla derecha. El pico extensor al final de esta fase es similar para ambas rodillas. Después del despegue, existe variabilidad en el momento flexor en la rodilla izquierda, generando un retardo en la generación del momento extensor durante la segunda mitad de la fase de rotación. Justo antes del contacto con el suelo, los momentos extensores son similares en ambas rodillas. En el momento del impacto ascienden rápidamente a momentos flexores, en respuesta a la fase de amortiguación, mostrando mayores valores en la rodilla izquierda.

En cuanto al sujeto 2, se encuentran asimetrías en cuanto a los momentos de fuerza de cada una de las rodillas, con valores mayores en la rodilla derecha durante las fases de preparación y batida. En el momento de la caída, el momento flexor aumentó de manera significativa en ambas rodillas, aunque con una diferencia notoria en la magnitud, siendo mayor en el lado izquierdo.

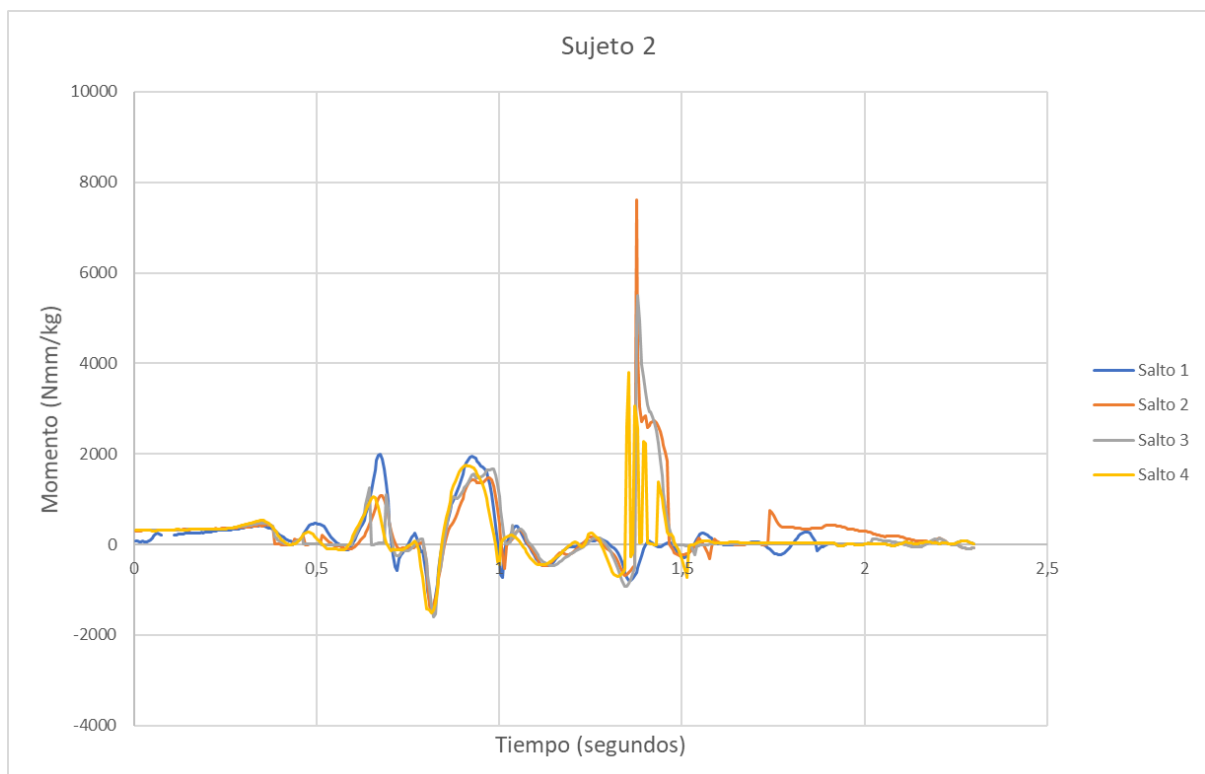
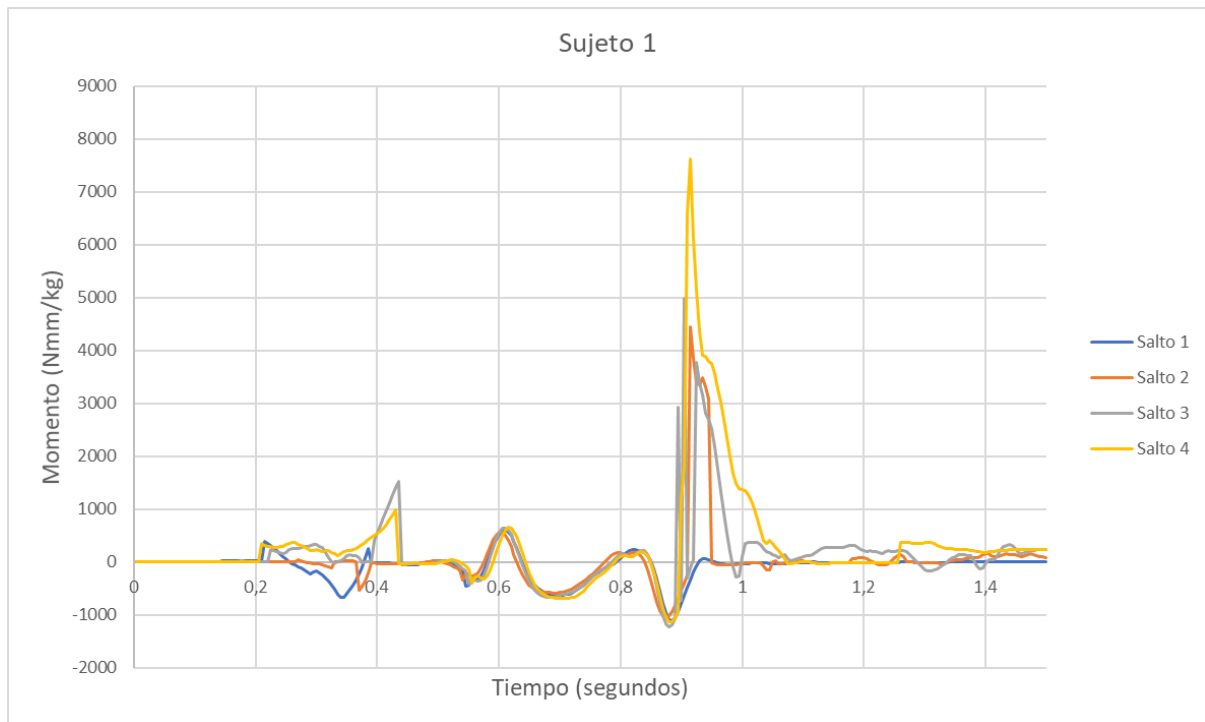
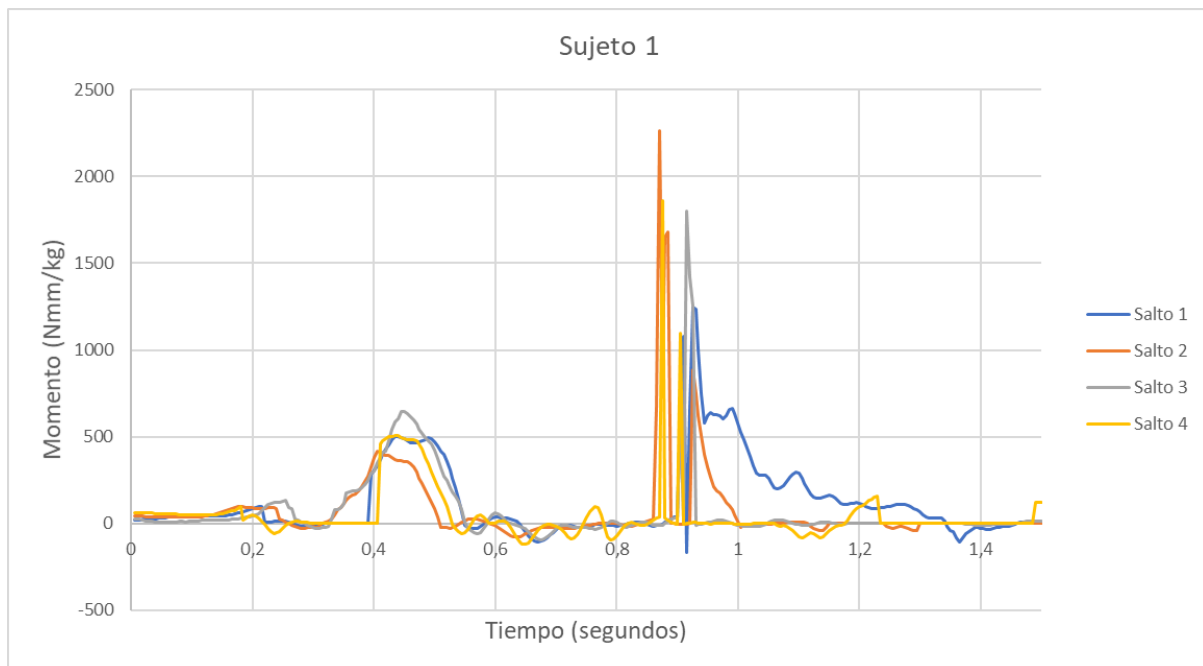


Imagen 4. Momento de fuerza plano sagital rodilla derecha

Para los momentos de fuerza en el plano coronal del sujeto 1, se observa que los momentos abductores de la rodilla izquierda se encuentran aumentados con respecto a la derecha, durante el inicio de la fase de batida. No se observan cambios durante el resto de esta fase o la de rotación. Durante la caída, en el instante del choque con el suelo, los momentos abductores aumentan rápidamente, con valores altos en ambas rodillas. La fase de amortiguación muestra la disminución de estos valores hacia la neutralidad.



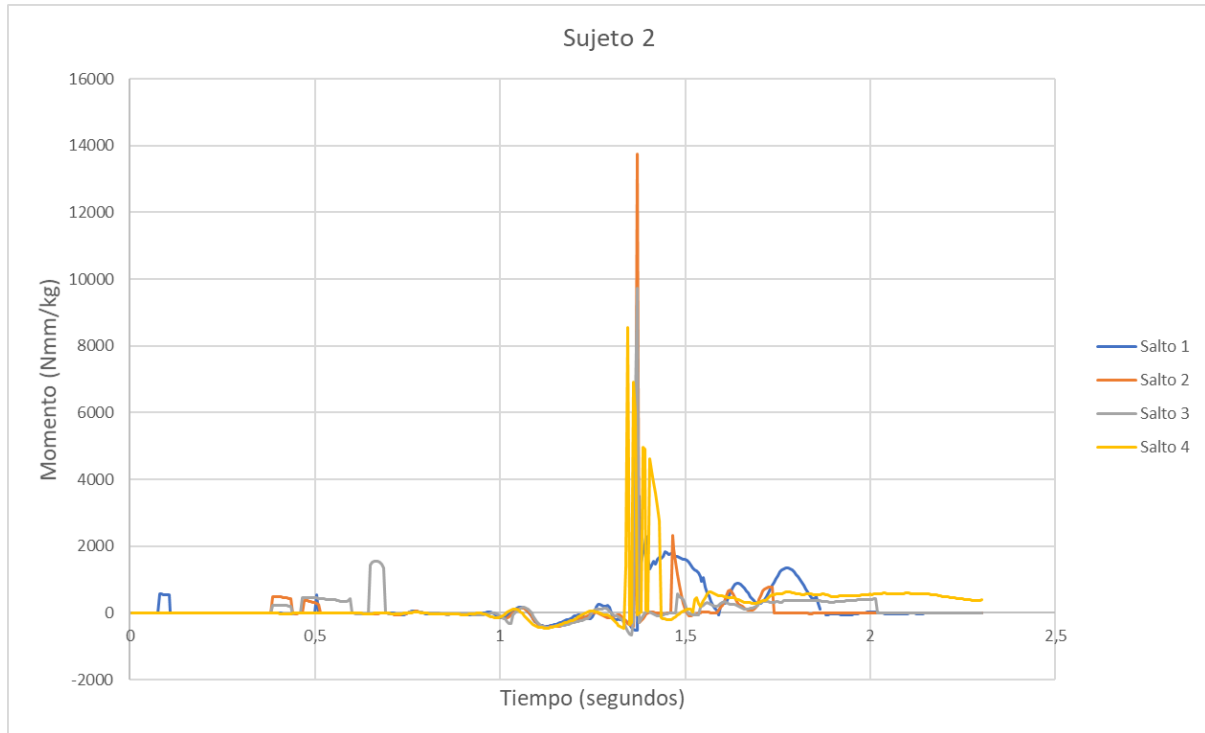


Imagen 5. Momento de fuerza plano coronal rodilla izquierda

En el caso del sujeto 2, se observan momentos abductores de la rodilla durante la fase de preparación en el lado derecho, llegando a la neutralidad hacia el final de la fase de batida. En cuanto a la magnitud se encuentran valores altos debido al momento de abducción en ambas rodillas, siendo más amplios en la rodilla izquierda.

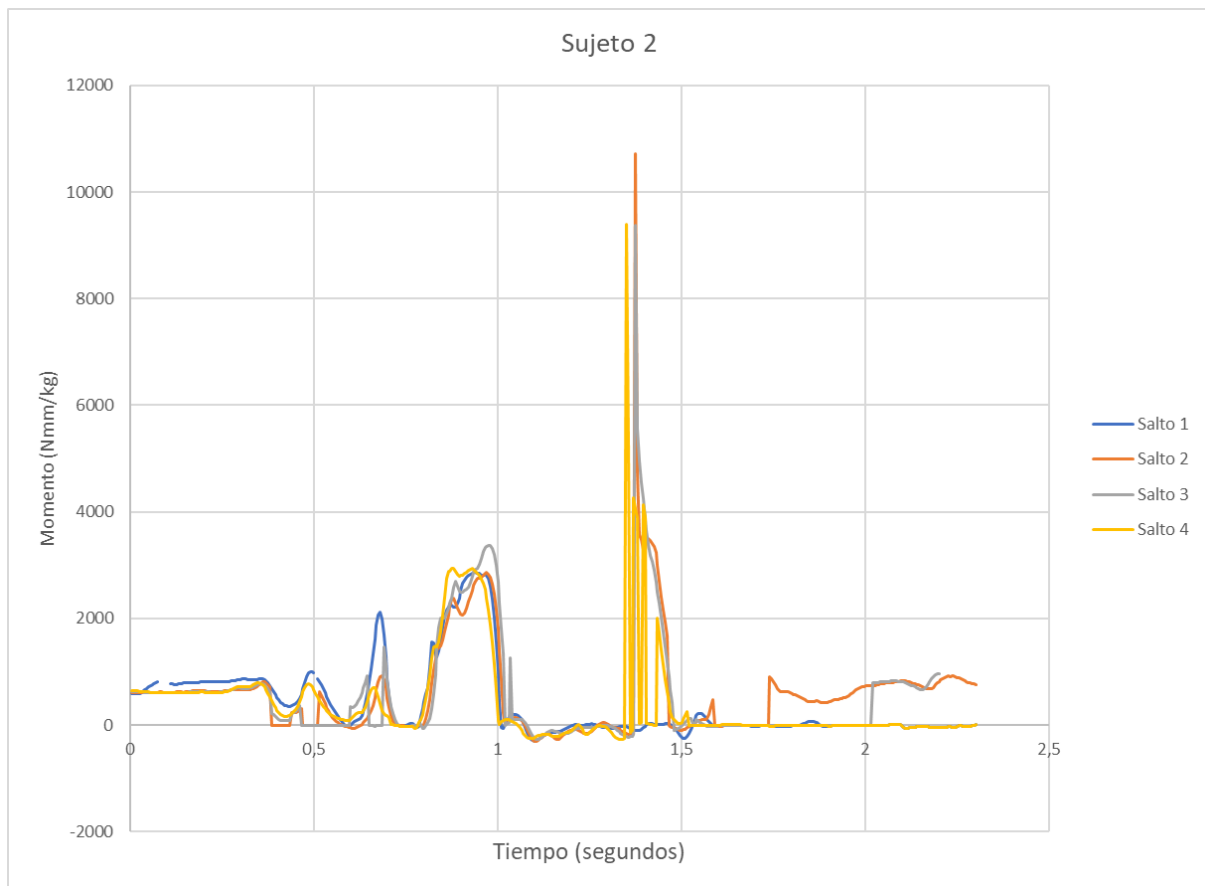
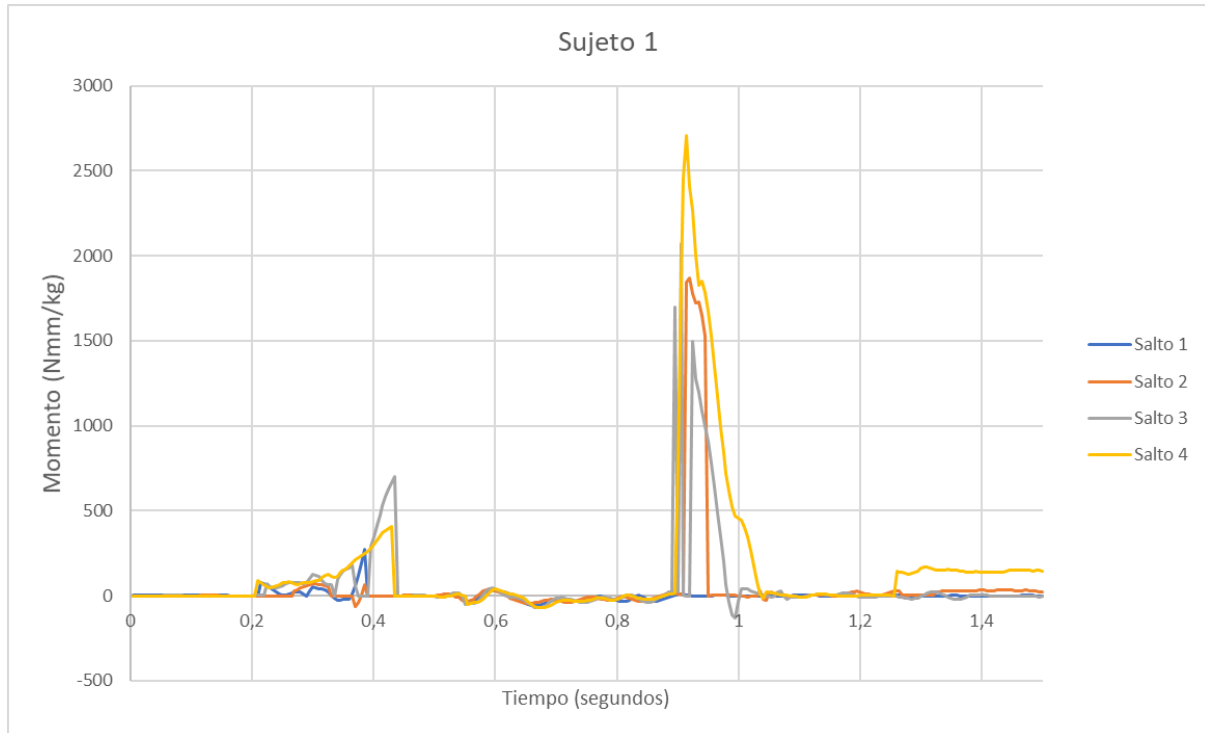


Imagen 6. Momento de fuerza plano coronal rodilla derecha

DISCUSIÓN

A través de esta investigación, se evaluó la cinética de la rodilla en gimnastas del salto hacia atrás. Es importante conocer que la realización de esto puede generar un gran número de lesiones si no se realiza de la manera adecuada. Las lesiones en general se pueden generar por aspectos físicos y psicológicos, siendo este último el menos explorado en nivel investigativo (Berengui, Garces & Hidalgo, 2013)

Uno de los aspectos físicos por el cual se generan las lesiones son los imbalances musculares, la relación entre la fuerza de los músculos del cuádriceps e isquiotibiales pueden ser un factor de riesgo que afecte la posición de la rodilla, por lo tanto esto puede llevar a la generación de lesiones en esta articulación. Lo cual genera compensaciones en el movimiento, por lo cual aparecen cambios biomecánicos esto lleva a aumentar la sobrecarga muscular sobre

articulaciones en específico. Todo esto lleva a la ejecución incorrecta del gesto deportivo aumentando las probabilidades de lesión (Knapik, Bauman & Jones, 1991). También se encuentra que los imbalances musculares no son un factor importante para la generación de lesiones, aunque se debe tener en cuenta si el imbalance está relacionado con la dominancia que maneja el deportista se ha de conocer si el imbalance se encuentra en segmento dominante o la colateral. La inestabilidad de la fuerza puede llegar a producir lesiones en la articulación rodilla, la acción generada por ciertos gestos deportivos pueden activar y compensar los movimientos por medio de otras articulaciones (Romero Ortega & Molina, 2020).

El control que se tiene al momento de aterrizaje es de gran importancia ya puede incidir en las lesiones, ya que genera una sobrecarga a la rodilla más específicamente al ligamento cruzado anterior, a esto se suma que los momentos se generan un mayor movimiento de abducción cuando se genera más fuerza con pie con el otro, todo lleva a la generación de valgo o varo. Estos dos últimos cada uno tiene más predisposición hacia un género, el valgo está más relacionado hacia las mujeres y el varo hacia los hombres. Estos tienen una gran relación con el riesgo de sufrir rotura del ligamento cruzado anterior (Hewett, Ford, Myer, Wanstrath & Scheper, 2006).

En el estudio realizado se encontró un número de variables que muestran riesgo de padecer lesiones al momento del aterrizaje. Uno de los factores encontrados el cual pueden ser un riesgo de lesión para los deportistas es la separación de la distancia de la rodilla al momento de caer sobre la superficie, esto es en relación a la amplitud que debe tener sobre la cadera. Podemos encontrar que un deportista nos muestra una mayor flexión al momento de la preparación esto según el artículo es un factor de riesgo ya que nos indica que cuando hay una flexión con diferencia entre ambos lados puede ser un determinante de lesión para el deportista. Otro factor importante es el valgo de rodilla al momento que se realiza el aterrizaje. Se puede

observar que al momento de aterrizar se encuentra una mayor fuerza hacia el lado izquierdo del deportista, lo cual nos indica que un mayor pico vertical fuerza de reacción al suelo es determinante para que el deportista se ocasione algún de tipo de lesión de rodilla afectando su vida deportiva (Romero, Ortego & Molina, 2020).

La sobrecarga muscular generada por las altas cargas de entrenamiento también son las causantes de generar lesiones, cuando se excede la demanda mecánica se da una progresión y desarrollo de la degeneración de la rodilla. Las estructuras que se ven más afectadas por la sobrecarga en el entrenamiento de los deportistas se encuentran la de ligamento cruzado anterior y la de meniscos (Busto, Acuña & Vargas, 2016).

El género es un factor influyente al momento de determinar cómo se generan las lesiones en los deportistas (Tipan, 2020) determinó que hay relación de 4:1 en mujeres en donde la lesión que más se presenta es la de ligamento cruzado anterior.

Se debe adaptar el cuerpo para que tenga un equilibrio entre el nivel central y periférico ante las constantes repeticiones de movimientos lo cual llegan a generar lesiones al deportista. Por lo tanto se debe lograr un equilibrio y una sincronía entre los músculos además se estabilizan las funciones de la rodilla, se debe controlar la fuerza y la amplitud de los movimientos que se generan. El entrenamiento neuromuscular busca que haya una mejor comunicación entre el cerebro y los músculos dando una mayor estabilidad durante los movimientos que está realizando el deportista. Dado que el movimiento de mortal atrás se requiere de potencia, agilidad, velocidad es de importancia que haya una buena comunicación entre cerebro y músculos ya que no da tiempo de corregir posturas durante la ejecución. Estos entrenamientos son recomendados hacerlos por medio de circuitos, teniendo en cuenta las necesidades requeridas por el deportista, además sin dejar atrás el principio de entrenamiento

de la especificidad, se habla de un trabajo de 2 a 3 sesiones por semana con duraciones entre los 20 y 60 minutos (Tipan, 2020)

Se ha encontrado evidencia de que una las mejores maneras de prevenir las lesiones de rodilla es por medio del entrenamiento neuromuscular, en esto se debe incluir la técnica, la pliometría, el equilibrio se debe aumentar la propiocepción por medio de un excelente entrenamiento del equilibrio. Esto se debe trabajar preferiblemente durante 3 veces por semana durante 20 minutos durante toda la temporada del deportista esto va evitar que los deportistas padezcan lesiones de rodilla (Marquez & Marquez, 2009).

CONCLUSIONES

En esta tesis se evaluó la cinética de la rodilla durante la ejecución de un salto hacia atrás (jump back) en jóvenes gimnastas de la universidad Santo Tomás se pudo encontrar que presentan alteraciones al momento que realizan la figura. Todo esto puede llevar a causar lesiones las cuales van a afectar su rendimiento deportivo, ya que van a tener que parar sus entrenamientos por lo tanto en este periodo de recuperación van a perder su condición física. Las lesiones generadas pueden causar que su vida deportiva se vea disminuida ya que las lesiones de rodilla tienen un mayor grado de complejidad por compleja que es esta articulación. Una de las lesiones que más se presentan según la literatura es la ruptura de ligamento cruzado anterior ya que esta cumple un papel importante en la estabilización de la rodilla por lo tanto

al momento de la fase de aterrizaje durante el salto se puede presentar la lesión siendo esta un factor riesgo para los deportistas.

Se puede prevenir estas lesiones que afectan a la articulación rodilla, si se realizan sesiones de entrenamiento neuromusculares en los deportistas ya que estas van ayudar mejor la conexión entre el cerebro y el músculo, la cual es muy importante que se encuentre lo más óptima posible ya que así el cuerpo va a poder responder de manera eficaz a estos movimientos realizados por deportista.

Para futuras investigaciones se debe tener en cuenta la experiencia que tengan los deportistas en la realización de los saltos de gimnasia, ya que se requiere que estos posean un nivel alto de ejecución, debido a que el lugar donde se ejecuta el salto es una zona reducida y se necesita de gran precisión para obtener unos datos fiables.

REFERENCIAS

Domínguez, A. L., Alba, P. A., Ruiz, N. G., Cázares, J. A., & Vega-Gonzales, A. (2018, October). Estudio piloto para el análisis cinemático del mortal estático en gimnastas principiantes y avanzados. In *Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica* (Vol. 5, No. 1, pp. 370-373).

Panesso, M. C., Trillos, M. C., Tolosa Guzmán, I. (2008). No title. *Biomecánica Clínica De La Rodilla*,

Rodríguez, I. G., Reyes, A. B., & Galán, M. H. (2008). Biomecánica aplicada al diseño de una herramienta de evaluación de los saltos en gimnasia rítmica atendiendo al código internacional de puntuación. aplicación a la evaluación del salto zancada. *Apuntes Educación Física Y Deportes*, (93), 55-61.

Rodríguez-Camacho, D. F., Correa-Mesa, J. F., Camargo-Rojas, D. A., & Correa-Morales, J. C. (2016). Prevalencia de lesiones en gimnastas pertenecientes a la liga de gimnasia

de Bogotá, DC. *Revista De La Facultad De Medicina*, 64, 85-91.

Santana, M. V., Montosa, I., & Barrios, E. M. P. (2018). Estima corporal en gimnastas adolescentes de dos disciplinas coreográficas: gimnasia rítmica y gimnasia acrobática. *Psychology, Society & Education*, 10(3), 301-314.

Torrón, A. (2015). Gimnasia y Deporte en el Instituto Superior de Educación Física (1939–1973), su configuración y su enseñanza.

Grossi, C. D. A. (2017). Aspectos Históricos y Evolutivos de la Gimnasia. *ACTIVIDAD FÍSICA Y CIENCIAS/PHYSICAL ACTIVITY AND SCIENCE*, 4(1).

Vernetta, M., Montosa, I., & López-Bedoya, J. (2016). Análisis de las lesiones deportivas en jóvenes practicantes de gimnasia rítmica de competición en categoría infantil. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(3), 105-109.

Granja, J. O., & Núñez, J. M. (2016, November). Influencia de un modelo multicuerpo del pie en la estimación de los parámetros de un modelo de contacto pie-suelo durante la marcha. In *XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica: Libro de Artículos* (p. 29). Universidad Miguel Hernández.

Cruz, M. M., Garay, B. C. C., Guillén, M., Pujadas, M. E. A., González, I., & Castillo, C. (2020). Diagnóstico de desbalances musculares y prevención de lesiones con dinamometría isocinética en voleibolistas femeninas venezolanas (I). *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física*, 10(1).

González, L. D. (2019). Gimnasia artística: Análisis biomecánico de la inversión adelante revisión sistemática. *Acción motriz*, (22), 35-42.

Loaiza-Navarro, M., & Gamardo-Hernández, P. (2018). Factores biomecánicos que influyen en la ejecución del salto jeté en gimnasia rítmica. *Actividad física y ciencias/physical activity and science*, 9(1).

Ferro, A., Rivera, A., Aldazabal, I. P., & Velasco, A. (1998). Apoyo biomecánico a la

gimnasia rítmico-deportiva. *Revista de biomecánica*, (19), 30-36.

Berengüí-Gil, R., de Los Fayos, E. J. G., & Hidalgo-Montesinos, M. D. (2013). Características psicológicas asociadas a la incidencia de lesiones en deportistas de modalidades individuales. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 29(3), 674-684.

Villarreal, J. M. B., Tovar, M. A., & Sánchez, G. V. (2016). Lesiones condrales de la rodilla del deportista. *Ortho-tips*, 12(2), 77-87.

Garrido Baquero, J. A., Huérfano, Y. P., & Piñeros Vacca, A. V. (2002). Imbalance muscular como factor de riesgo para lesiones deportivas de rodilla en futbolistas profesionales de Bogotá.

Jette, C., Gutiérrez, D., Sastre, S., Llusá, M., & Combalia, A. (2019). Biomecánica y reconstrucción anatómica del ligamento anterolateral de la rodilla. *Rev Esp Artrosc Cir Articul*, 26(2), 87-93.

Villarreal, J. M. B., Tovar, M. A., & Sánchez, G. V. (2016). Lesiones condrales de la rodilla del deportista. *Ortho-tips*, 12(2), 77-87.

Ayala Tipán, M. E. (2020). *Investigación bibliográfica entrenamiento neuromuscular mediante ejercicios de estabilidad central y pliométricos en programas preventivos de lesiones de rodilla en deportistas* (Bachelor 's thesis, Quito: UCE).

Romero-Franco, N., Ortego-Mate, M. D. C., & Molina-Mula, J. (2020). Knee Kinematics During Landing: Is It Really a Predictor of Acute Noncontact Knee Injuries in Athletes? A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(12), 2325967120966952.

Valls, J. O. (2020). *Anatomía sensitiva de la rodilla. Anatomía e implicaciones clínicas* (Doctoral dissertation, Universidade de Santiago de Compostela).

Zhou, Z., Zhao, G., Kijowski, R., & Liu, F. (2018). Deep convolutional neural network for segmentation of knee joint anatomy. *Magnetic resonance in medicine*, 80(6),

2759-2770.