

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN



“VELOCIDADES DE LANZAMIENTO EN *PITCHERS*
PROFESIONALES Y SU RELACIÓN CON LA FUERZA ISOCINÉTICA
DE FLEXOEXTENSORES DE RODILLA”

POR:

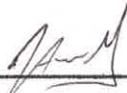
DRA. CAROLINA PEINADO ESPINOSA

COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE ESPECIALISTA EN
MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN

DICIEMBRE 2021

**“VELOCIDADES DE LANZAMIENTO EN PITCHERS PROFESIONALES Y SU
RELACIÓN CON LA FUERZA ISOCINÉTICA DE FLEXOEXTENSORES DE
RODILLA”**

Aprobación de la tesis:



Dr. José Ángel Garza Cantú
Director de Tesis



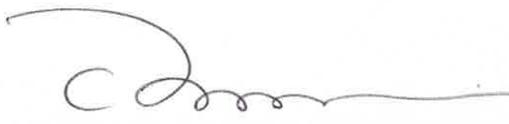
Dra. Karina Salas Longoria
Coordinadora de Enseñanza



Dr. Tomás J. Martínez Cervantes PhD.
Coordinador de Investigación



Dr. med. Óscar Salas Fraire
Jefe del Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado

PRÓLOGO

El béisbol es uno de los deportes más practicados alrededor del mundo y en nuestro país. Por eso es importante implementar un entrenamiento con bases científicas tanto en equipos amateurs como en equipos profesionales.

El *pitcher* es una pieza clave del equipo por lo que siempre se busca la mejoría en sus parámetros de precisión y velocidad de lanzamiento. Numerosos estudios se han dedicado a determinar los factores que contribuyen a la velocidad de lanzamiento, sin embargo, la mayoría se ha enfocado en miembros superiores y algunos más a cinética y cinemática de tronco y miembros inferiores.

La idea de este estudio nació de la experiencia personal de la autora al realizar las pruebas precompetencia del equipo profesional Acereros del Norte, de Monclova, Coahuila. El estudio se iniciaba con la pierna dominante (pierna sobre la se balancean antes de lanzar e ipsilateral al brazo con el que tiran) y posteriormente con la pierna no dominante (pierna sobre la que caen al lanzar), durante este cambio, de pierna dominante a pierna no dominante los jugadores mencionaban “no voy a salir bien, esa era la buena”, en referencia a que su pierna más fuerte era la pierna dominante o de balance, sin embargo, esto no fue así en muchas de las evaluaciones. Esto desencadenó un primer estudio sobre el perfil de fuerza isocinética de pierna dominante y no dominante en este grupo de *pitchers* profesionales, los resultados mostraron que ambas piernas mostraban perfiles de fuerza similares, sin importar la dominancia (Peinado Espinosa, Garza Cantú, & Salas

Fraire, 2019). Este estudio fue exhibido mediante una presentación oral por la autora en el congreso de medicina de la Facultad de Medicina UANL. Derivado de los numerosos artículos leídos para dicho trabajo nació la curiosidad por estudiar la influencia de las extremidades inferiores en el lanzamiento.

Hasta la búsqueda la autora no hay estudios que hayan utilizado las pruebas isocinéticas para la evaluación de la fuerza de flexores y extensores de rodilla en *pitchers* de béisbol y tampoco la correlación de estos con la velocidad de lanzamiento.

Los resultados de este estudio pueden ayudar a planificar, dirigir y dosificar mejor el entrenamiento de los *pitchers* y profesionalizar al béisbol y al deporte mexicano para la obtención de resultados y un rendimiento superior en estos jugadores.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a Dios, por tan maravillosa vida que me ha concedido, por escuchar mis deseos y ver mis necesidades, por darme la fuerza para alcanzar mis metas y llevarme de la mano en todo momento.

A mi mamá, por ser mi principal apoyo, en la salud y la enfermedad, por ser la persona quien más cree en mi y en mi capacidad para lograr cualquier cosa, por apoyarme en todas las cosas que he querido hacer en mi vida y acompañarme a realizarlas, por estar a mi lado, siempre con una taza de café por las mañanas o una deliciosa comida al terminar la jornada, siempre, sin importar el día o la hora.

A mi papá por criarme fuerte e independiente y darme la seguridad de que siempre estará para cuidarme, por proporcionar todos los recursos para mi desarrollo y formación y por mostrarse siempre muy orgulloso de mi.

A Said Vega, quien a pesar de tener poco tiempo en mi vida ha sido un gran apoyo y motivación. Gracias por tu amor y tu paciencia, por creer en mí y por siempre estar para escucharme, espero que Dios nos conceda la dicha de compartir muchos más años juntos, siendo grandes compañeros de vida.

Al Dr. med. Óscar Salas Fraire por abrirme las puertas del departamento cuando quise realizar mi pasantía, aún sin saber si quería realizar mi residencia aquí o en algún hospital de rehabilitación, nunca olvidaré sus palabras: “Bienvenida, aquí verá lo que la medicina

del deporte le puede ofrecer, a ver si le gusta". Sobra decir que lo que viví ese año me encantó y es por eso por lo que estoy aquí ahora.

A la Dra. Karina Salas Longoria por su amabilidad, por apoyarme siempre y estar pendiente de mis salud y necesidades.

Al Dr. Tomás, por ser mi principal motivador desde el primer día.

A mi asesor de tesis, el Dr. José Ángel Garza Cantú, por su colaboración para el desarrollo de mi anterior idea de tesis, que por motivos de pandemia no se pudo concluir, y para la realización de este proyecto.

A mis compañeros de generación con quienes inicié esta hermosa especialidad, llenos de ilusión y ahora concluimos con gran orgullo, colmados de experiencias y aprendizaje. Gracias por su amistad, cariño y apoyo. Por las risas, las lágrimas, los abrazos. Gracias por compartir su conocimiento y su gran corazón conmigo. Gracias Óscar por ser mi familia, mi hermano. Por ayudarme en todo, cuidarme y acompañarme. Eres uno de los mejores seres humanos que la vida ha puesto en mi camino y deseo que Dios nos conceda la dicha de seguir compartiendo nuestros logros personales y profesionales por muchos años más, sé que aunque más adelante no vivamos en la misma ciudad esta amistad y cariño perdurará.

A mis compañeros de la generación 2021, por el gran trato que recibí de todos ellos, por las enseñanzas y su amistad, por hacer mi residencia más amena.

A Toño por ser mi principal mentor y modelo para seguir desde el inicio de la pasantía y por seguirme inspirando a aprender, a adquirir nuevas habilidades y ser mejor médico del deporte. Gracias, amigo, ¡eres un gran hermano mayor!

A mis maestros por ser parte de mi formación.

A Betty, Alma y Chayito por su trato amable, por su ayuda y paciencia, por las sonrisas de buenos días, por los regalitos y las botanas, por hacer de mi estancia en el departamento un momento muy agradable y cálido.

A todas y cada una de las personas que conocí y se cruzaron en este camino de la medicina del deporte, gracias por lo que aportaron para mi formación como profesional y como persona.

¡Gracias!

DEDICATORIA

Para mis padres y mi familia. Los amo.

ÍNDICE

Contenido

PRÓLOGO.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	5
DEDICATORIA	8
LISTA DE TABLAS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS.....	13
RESUMEN.....	16
CAPÍTULO 1.....	18
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO 2.....	20
GENERALIDADES.....	20
<i>Historia del béisbol en México</i>	20
<i>Fases y biomecánica del lanzamiento</i>	22

<i>Determinantes de la velocidad del lanzamiento</i>	28
<i>Isocinética</i>	29
CAPITULO 3	34
ANTECEDENTES	34
CAPÍTULO 4	39
JUSTIFICACIÓN	39
CAPÍTULO 5	41
MATERIAL Y MÉTODOS	41
OBJETIVOS	44
OBJETIVO GENERAL	44
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	44
HIPÓTESIS	46
MUESTRA	46
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
CAPÍTULO 6	48
RESULTADOS	48
CAPÍTULO 7	56
DISCUSIÓN	56
CAPÍTULO 8	60
CONCLUSIONES	60

BIBLIOGRAFÍA.....61

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis descriptivo. RIC= rango intercuartil.....	49
Tabla 2. Correlaciones entre variables antropométricas y experiencia en años y velocidad normalizada para peso corporal	50
Tabla 3. Correlaciones entre velocidad normalizada para el peso corporal (FBAvgBW) y picos de torque	50
Tabla 4. Correlaciones entre variables antropométricas y experiencia en años y velocidad absoluta.....	51
Tabla 5. Correlaciones entre velocidad normalizada para el peso corporal (FBAvgBW) y picos de torque	51
Tabla 6. Comparación entre velocidades de lanzamiento y picos de torque en lanzadores con dominancia derecha e izquierda.....	53
Tabla 7. Comparación de variables antropométricas entre jugadores que lanzaron a más de 90mph y por debajo de 90 mph.....	54
Tabla 8. Comparación de picos de torque en jugadores que lanzaron a más de 90 mph y por debajo de 90 mph	55

LISTA DE ABREVIATURAS

cm: centímetros

DE: desviación estándar

ExD60: fuerza de extensores de lado dominante a 60° N/m

ExD60BW: fuerza de extensores de lado dominante a 60° N/m normalizado para peso corporal

ExN60: fuerza de extensores de lado no dominante a 60° N/m

ExN60BW: fuerza de extensores de lado no dominante a 60° N/m normalizado para peso corporal

ExD180: fuerza de extensores de lado dominante a 180° N/m

ExD180BW: fuerza de extensores de lado dominante a 180° N/m normalizado para peso corporal

ExN180: fuerza de extensores de lado no dominante a 180° N/m

ExN180BW: fuerza de extensores de lado dominante a 180° N/m normalizado para peso corporal

FBAvg: Velocidad de lanzamiento promedio

FBAvgBW: Velocidad de lanzamiento promedio normalizada para peso corporal

FlxD60: fuerza de flexores de lado dominante a 60° N/m

FlxD60BW: fuerza de flexores de lado dominante a 60° N/m normalizado para peso corporal

FlxN60: fuerza de flexores de lado no dominante a 60° N/m

FlxN60BW: fuerza de flexores de lado no dominante a 60° N/m normalizado para peso corporal

FlxD180: fuerza de flexores de lado dominante a 180° N/m

FlxD180BW: fuerza de flexores de lado dominante a 180° N/m normalizado para peso corporal

FlxN180: fuerza de flexores de lado no dominante a 180° N/m

FlxN180BW: fuerza de flexores de lado no dominante a 180° N/m normalizado para peso corporal

IMC: índice de masa corporal

Kg: kilogramos

m: metros

kg/m²: kilogramos sobre metros al cuadrado

N: Newtons

Nm: Newtons sobre metros

p: valor de p

r: coeficiente de correlación de Pearson

RIC: rango intercuartil

s: segundos

RESUMEN

Dra. Carolina Peinado Espinosa

Candidata para obtención del grado de Especialidad en Medicina del Deporte y Rehabilitación

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Medicina y Hospital Universitario “José Eleuterio González”

Título: *“VELOCIDADES DE LANZAMIENTO EN PITCHERS PROFESIONALES Y SU RELACIÓN CON LA FUERZA ISOCINÉTICA DE FLEXOEXTENSORES DE RODILLA”*

Número de páginas: 57

Área de estudio: Medicina del Deporte y Rehabilitación

Fecha de obtención del grado: Febrero 2019

Propósito y método del estudio: La fuerza de miembros inferiores ha mostrado ser determinante para la velocidad y desempeño del lanzamiento.

Partiendo de esa idea se tomaron los resultados de las pruebas isocinéticas precompetencia de flexoextensores de rodillas de 25 *pitchers* profesionales de un equipo mexicano de béisbol y su velocidad de lanzamiento promedio durante la temporada 2019.

Otras variables también fueron correlacionadas, como la edad, parámetros antropométricos y los años de experiencia.

Este estudio se realizó con la finalidad de generar evidencia que sustente la importancia de la evaluación de fuerza en los músculos flexores y extensores de rodilla en *pitchers* profesionales de béisbol para mejorar su velocidad de lanzamiento.

Conclusiones: Nuestros resultados muestran que hay correlación entre el peso, el porcentaje de grasa y la estatura, así como con el pico de torque absoluto y normalizado para peso corporal de los extensores de rodilla de la pierna de caída a 60° y de los flexores de rodilla de la pierna de caída a 180°.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Para tener posibilidad de éxito en el deporte es necesario controlar el proceso del entrenamiento e influir de manera positiva y significativa sobre las variables modificables.

En el béisbol, al igual que en todos los deportes en equipo, solo se gana si todos se esfuerzan, sin embargo, se especula que el lanzador es el jugador defensivo más importante y que tiene el 70% de posibilidad de frenar la ofensiva del equipo adversario.

Una de las características más importantes del *pitcher* es poder lanzar a gran velocidad (Melugin, Leafblad, Camp, & Conte, 2018; Pugh, Kovalski, Heitman, & Pearsall, 2001), así como la precisión en diversos tipos de tiros (Mercier, Tremblay, Daneau, & Descarreaux, 2020). Sin embargo, la investigación relacionada con la velocidad del lanzamiento en béisbol sigue siendo limitada (Yamada et al., 2013).

El lanzamiento en el béisbol es una actividad que requiere coordinación entre los movimientos de extremidades inferiores, tronco, pelvis y extremidades inferiores (Sekiguchi et al., 2017).

En deportes con movimientos o tiros por encima de la altura de la cabeza, son las extremidades inferiores de donde deriva la energía que pasa por el tronco y llega a las extremidades superiores para dar potencia al tiro (Sekiguchi et al., 2017).

Se tiene bien documentado que son las lesiones de miembro superior las más recurrentes en el béisbol y que son las que ocasionan el 75% del tiempo fuera del juego; y de estas es la tendinitis del manguito de los rotadores la más prevalente (Scher et al., 2010). Hay una fuerte asociación entre el dolor de tronco y extremidades inferiores con las lesiones de hombro y codo en lanzadores (Sekiguchi et al., 2017). En promedio cada año más de 400 jugadores sufren de lesiones que no les permiten continuar participando en competencia por algunos días. La incidencia de lesiones es significativamente mayor en los *pitchers* comparado con los *fielders* (alrededor del 34%) así como la mayor presentación de lesiones en las extremidades superiores y son también los *pitchers* quienes pierden más días de juego durante la temporada a consecuencia de esto (Posner, Cameron, Wolf, Belmont, & Owens, 2011). Sin embargo, se cuenta con poca evidencia que soporte el papel que juegan las extremidades inferiores en la prevención de estas. El mayor número de lesiones se presenta al inicio de la temporada, lo que sugiere que el acondicionamiento y entrenamiento puede disminuir este riesgo (Posner et al., 2011).

Como profesionales en el área de la salud en el deporte no contamos con datos que se puedan utilizar de referencia para guiar la rehabilitación o el progreso y enfoque del entrenamiento de los lanzadores de béisbol (Tippett, 2013), la información con la que se cuenta para la prevención de lesiones de extremidades superiores también es limitada (Asker et al., 2018) y se han centrado más en evaluar lo que concierne a hombro y codo (Agresta, Krieg, & Freehill, 2019) y lo relacionado al entrenamiento de extremidades inferiores tampoco ha sido tan ampliamente estudiado.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES

El béisbol es uno de los deportes más populares a nivel mundial. Involucra múltiples actividades como correr, lanzar, cachar y batear; esto requiere de una cadena cinética eficiente desde las extremidades inferiores y el tronco para transmitirlo a los brazos (Liang et al., 2019; Sekiguchi et al., 2017).

Historia del béisbol en México

No se sabe con exactitud la fecha y lugar de llegada del béisbol a nuestro país. Existen versiones que aseguran que fueron los norteamericanos que vinieron a modernizar México, quienes trajeron el béisbol. Estados como Nuevo León, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán tratan de adjudicarse el crédito de ser cuna de este deporte. Se cuenta también que, en 1847 durante la invasión norteamericana, algunos soldados aprovecharon el tiempo en que sus barcos estuvieron anclados en el puerto de Mazatlán para practicarlo (Cano Franco, 2013).

El 4 de julio de 1889, para conmemorar la independencia de los Estados Unidos de América, el Coronel Robertson, encargado de la construcción de las vías de ferrocarril en

el norte de nuestro país, organizó un partido de béisbol entre integrantes de la colonia americana de la ciudad de Monterrey con los trabajadores de la línea ferroviaria, llevándose a cabo en el municipio de Cadereyta Jiménez, Nuevo León (Cano Franco, 2013).

Durante la agitación de la Revolución Mexicana el béisbol fue complicada la organización de ligas y concertación de partidos. Además, era un problema conservar a los jugadores, ya que era común que muchos de ellos se comprometieran con varios equipos al mismo tiempo para jugar en un mismo día (Cano Franco, 2013).

Después de la Revolución Mexicana el béisbol “renació” en la ciudad de México gracias a la promoción realizada por Ban Johnson, quien era expresidente de la Liga Americana de Béisbol (Esparza, 2019).

Existían tres niveles de béisbol, la primera categoría eran las novenas profesionales de jugadores cubanos, después los equipos estudiantiles amateurs y finalmente los equipos llaneros de tercera categoría (Cano Franco, 2013).

La Liga Mexicana de béisbol fue fundada en 1925. En 1955 fue afiliada a las Ligas Menores de los Estados Unidos, bajo la clasificación AAA con la que cuenta actualmente, gracias a las gestiones de Anuar Canavati, presidente de los Sultanes de Monterrey. (Cano Franco, 2013).

El 28 de junio de 1925 el partido inaugural se disputó entre los equipos México y Nacional Agraria, con la victoria para México por 7 carreras a 5 (Cano Franco, 2013).

El primer campeón en la historia de la liga fue el extinto 24 Regimiento de Puebla, teniendo a “Chicho” Gamez como *pitcher*. Fueron 6 equipos los que en ese momento

participaron en esa primera liga. Son los Diablos Rojos el equipo con más títulos hasta la fecha.

Uno de los récords más notables para recordar es el primer juego perfecto de la liga mexicana, lanzado por Ramiro Cuevas en agosto de 1953 (Cano Franco, 2013).

Actualmente la liga se divide en dos zonas: Zona Norte y Zona Sur en las cuales participan 18 equipos. Los equipos que han permanecido desde su ingreso a la Liga Mexicana de Béisbol son los Sultanes de Monterrey desde 1939, Diablos Rojos del México desde 1940, Tigres de Quintana Roo (anterior mente jugando en México y Puebla) desde 1955, Saraperos de Saltillo desde 1970 y los Piratas de Campeche desde 1980. Los Acereros del Norte, de Monclova, Coahuila han jugado de forma ininterrumpida desde 1982 (Varios, 2021).

Fases y biomecánica del lanzamiento

En cuanto a la biomecánica del lanzamiento en béisbol se han realizado numerosos estudios abordando el tema de la fuerza, resistencia a la fatiga y rangos de movilidad de hombro y codo debido a las grandes velocidades y cargas de trabajo que experimentan estas articulaciones (Murray, Hawkins, Cook, Werner, & Schlegel, 2001), sin embargo, poco se ha estudiado sobre el papel que tienen las extremidades inferiores en este proceso.

La mayoría de los atletas tienen una preferencia por balancearse sobre alguna pierna o patear con alguna pierna. La dominancia de alguna extremidad se ha identificado con desbalances musculares entre esta y la extremidad contralateral. Estos desbalances se han identificado como un factor de riesgo de lesión; sin embargo, son ambas extremidades las que se ponen en riesgo (Weinhandl, Irmischer, Sievert, & Kevin, 2016). En el caso del *pitcheo*, los beisbolistas consideran a su pierna de balance como la extremidad dominante.

El ciclo de lanzamiento es una cadena cinética que obtiene su energía de las extremidades inferiores, la transfiere a través de pelvis y tronco y la libera en la extremidad superior (Chalmers et al., 2017). Este se divide en seis etapas que cuando se llevan a cabo de manera coordinada resultan en precisión y gran velocidad.

- **Etapa 1: Toma de impulso**

Es la etapa en la que el cuerpo se prepara para la generación de la fuerza. La pierna de zancada se eleva y solo queda un pie apoyado en el suelo (Chalmers et al., 2017). El hombro está aducido y en rotación externa (Giangarra, Manske, & Brotzman, 2018).

- **Etapa 2: Amartillamiento precoz**

Aquí comienza la generación de la fuerza (Chalmers et al., 2017). El cuerpo comienza a inclinarse hacia adelante y la pierna de zancada comienza a extenderse

hacia enfrente, lo que cambia el centro de gravedad. Simultáneamente el hombro se abduce, rota externamente y gira por detrás el eje del cuerpo. Esta fase termina con ambos pies contactando el suelo y el hombro en rotación externa máxima (Giangarra et al., 2018).

- **Etapa 3: Amartillamiento tardío**

La energía es transferida de las extremidades inferiores y el core hacia el hombro (Chalmers et al., 2017). Aquí ocurre retracción escapular para dar la máxima estabilidad al hombro (Giangarra et al., 2018).

- **Etapa 4: Aceleración**

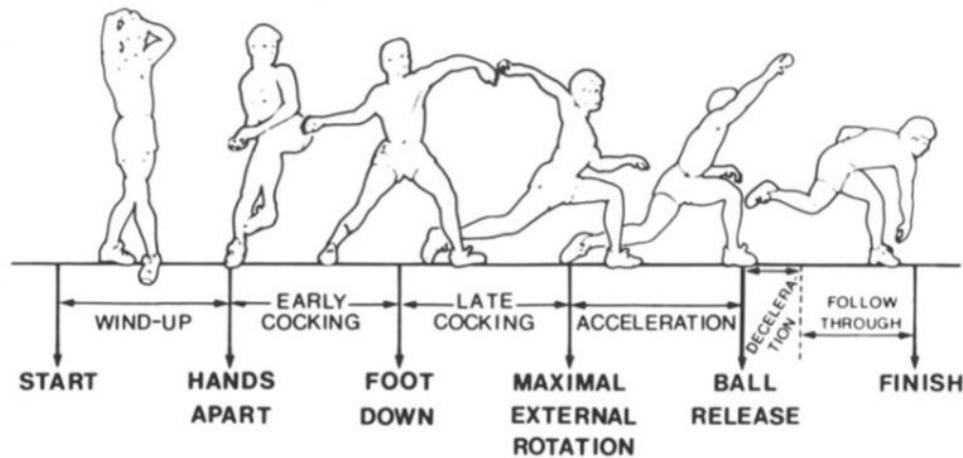
En esta etapa inicia la transferencia del cuerpo hacia la bola (Chalmers et al., 2017). El hombro continúa en abducción horizontal e inicia un recorrido en rotación interna, el codo se extiende y la muñeca se flexiona lo que transfiere aún más energía a la pelota (Chalmers et al., 2017). Esta fase termina al soltar la bola (Giangarra et al., 2018).

- **Etapa 5: Desaceleración**

Es el momento justo después de soltar la bola. El hombro continua rotando internamente pero con mucha menor velocidad angular (Chalmers et al., 2017).

- **Etapa 6: Seguimiento**

Los principales grupos musculares se contraen excéntricamente para disipar energía cinética. Termina al completar el movimiento (Giangarra et al., 2018).



Las seis fases del ciclo del lanzamiento (Adaptado de DiGiovine NM, Jobe FW, Pink M, Perry J. An electromyographic análisis of the upper extremity in pitching. J Shoulder Elbow Surg 1:15-25, 1992.)

Lo arriba mencionado es lo que comúnmente se describe al hablar sobre las fases del pitcheo. Poco se conoce sobre la biomecánica de extremidades inferiores. Sin embargo, autores como Yamanouchi en 1998 y Campbell en 2010 han investigado la activación de los músculos de extremidades inferiores durante el lanzamiento, mediante electromiografía. Sus resultados arrojaron que la musculatura de la pierna de balance (bíceps femoral, recto femoral, glúteo mayor, vasto medial y

gastrocnemios) presentan una actividad moderada a alta en las fases 2 y 3 del lanzamiento y la musculatura de la pierna de zancada presenta actividad moderada a alta en las fases 2 a la 4 (Campbell, Stodden, & Nixon, 2010).

A continuación, se describe cada una de las fases con los resultados que presentó Campbell en 2010.

- **Etapa 1: Toma de impulso**

El tiempo de duración de esta fase es variable dependiendo del lanzador. Inicia con la contracción concéntrica de los músculos flexores de la cadera de la pierna de zancada hasta alcanzar su altura máxima. Durante este momento la pierna de balance permanece en contracción isométrica los extensores de cadera, flexores y extensores de rodilla para permitir el equilibrio.

- **Etapa 2: Amartillamiento precoz**

Con duración aproximada de 0.5 a 0.75 segundos, en esta fase se inicia la producción y transmisión de las fuerzas a través de la cadena cinética. El papel de las extremidades inferiores no está del todo claro. Se inicia una “caída controlada” de la pierna de zancada, con contracción excéntrica de los flexores de cadera (Yamanouchi, 1998) y la cadera rota de manera que queda de frente al montículo (Chalmers et al., 2017). El cuádriceps y gastrocnemio de la pierna de balance muestran actividad moderada al realizar contacto con el suelo de la pierna de caída (Yamanouchi, 1998).

- **Etapa 3: Amartillamiento tardío**

En esta fase la duración es de 0.10 a 0.15 segundos. La pierna de caída ya está en contacto con el suelo buscando estabilizar y transferir energía hacia el tronco. Para esto es necesaria la contracción concéntrica o isométrica de flexores de cadera, así como de rodilla y tobillo de la pierna de caída. El pie de balance comienza a despegarse del suelo realizando una flexión plantar, hiperextensión de cadera y la rodilla se flexiona alrededor de los 50°.

- **Etapa 4: Aceleración**

El tiempo de duración es de 0.03 a 0.04 segundos, la pierna de caída continúa estabilizando el cuerpo y el centro de gravedad se traslada hacia esta pierna. La mayoría de los *pitchers* en esta fase ya no contactan el suelo con la pierna de balance.

- **Etapa 5: Desaceleración**

El lanzador se encuentra totalmente en monopdestación, por lo tanto, la musculatura de su extremidad inferior se encuentra altamente activado ya que se encarga de la estabilidad dinámica.

- **Etapa 6: Seguimiento**

Esta etapa es muy similar a la de desaceleración.

Los cambios en la mecánica antes descrita influyen negativamente en el desempeño del atleta (Murray et al., 2001).

Determinantes de la velocidad del lanzamiento

El lanzamiento requiere gran coordinación entre el movimiento del tren inferior y superior, para lograr tiros de más de 90 millas por hora (Mullaney, McHugh, Donofrio, & Nicholas, 2005).

En busca de la profesionalización del deporte y de la mejora del desempeño de los lanzadores con sustento científico, múltiples variables han sido estudiadas con el fin de aumentar la velocidad de lanzamiento. Muchas de ellas corresponden a características antropométricas tales como la estatura, envergadura de los brazos (Matsuo, Escamilla, Fleisig, Barrentine, & Andrews, 2001), la masa magra (Yamada et al., 2013), el peso corporal y edad (Karadenizli, 2016; Mercier et al., 2020; Ojanen, Rauhala, & Häkkinen, 2007). Estos parámetros parecen ser responsables del 50% de la variabilidad en la velocidad de tiro (Escamilla, Moorman, Fleisig, Barrentine, & Andrews, 2002).

En algunos estudios el largo de zancada no ha sido directamente relacionado con la velocidad que alcanza la bola, sin embargo, en un estudio por Solomitto y colaboradores, encontraron que una mayor zancada se asocia a la rotación angular del tronco y la cadera al momento del contacto con el piso y a mayor anteversión pélvica (Solomitto, Cohen, &

Garibay, 2020), factores que han demostrado correlación con la velocidad de lanzamiento. Sin embargo, este factor, si ha demostrado ser importante para determinar la velocidad de lanzamiento en otros estudios (Ramsey, Croatin, & White, 2014).

Otras variables cinemáticas han mostrado relación con la velocidad de tiro como menor flexión de rodilla de la pierna de caída, mayor abducción horizontal del hombro (Mercier et al., 2020) y una mayor velocidad angular para la extensión de rodilla de la pierna de balance en el momento de soltar la pelota (Matsuo et al., 2001). La flexión de rodilla en la pierna de caída juega un rol crítico en la transferencia de energía a la bola, y por la tanto mayor velocidad de lanzamiento (Chalmers et al., 2017). Las diferencias biomecánicas pueden representar hasta un 10% de diferencia en la velocidad de lanzamiento (Escamilla et al., 2002).

Isocinética

El ejercicio isocinético comenzó a utilizarse en 1967 por Hislop y Perrine. Es un ejercicio dinámico de resistencia que permite especificar la velocidad angular del dinamómetro y cuando esta velocidad es alcanzada, el dispositivo automáticamente se ajustará para ofrecer mayor resistencia para permitir mantener la velocidad pautada. Esto permite a los músculos alcanzar su fuerza máxima en todo el rango del movimiento. (Patten Wyatt & Edwards, 1981)

Actualmente la isocinética es un método eficaz para evaluar el rendimiento muscular, ya que los dispositivos isocinéticos no solo permiten ejercitar o rehabilitar a los pacientes, sino que nos ayudan a obtener controles clínicos como: aislar músculos específicos, tipos de contracción determinados y rango de movimiento y resistencia acomodada. Controlar el rango de movimiento permite que las pruebas y ejercicios se realicen en un rango sin dolor. La resistencia acomodada ofrecida por la máquina abordará problemas de dolor y curvas de tensión-elongación, esto podrá verse en los gráficos como una caída de la curva. Sin embargo, lo más importante de la evaluación isocinética, es que permite obtener medidas o valores objetivos que sean válidos, confiables y reproducibles, parámetros importantes para cuantificar el impacto de las intervenciones terapéuticas o del entrenamiento (Maffiuletti, Bizzini, Desbrosses, Babault, & Munzinger, 2007).

La medición isocinética tanto concéntrica como excéntrica de la fuerza de rodilla es altamente confiable (Li, 1996).

Algunas de las mediciones que se pueden obtener de los grupos musculares específicos son: el pico de torque absoluto y normalizado para peso corporal, el trabajo, la potencia y el coeficiente de variación.

Para que estas mediciones sean consistentes y confiables se deben seguir una serie de lineamientos tales como:

1. **Educación del paciente.** Un paciente bien educado es 80% más propenso a realizar su máximo esfuerzo durante la prueba. Se le debe explicar verbalmente el procedimiento y permitirle algunas sesiones de práctica.
2. **Orden.** Cada sesión o prueba debe realizarse en el mismo orden que la anterior.
3. **Eje de rotación.** Los ejes de rotación de las articulaciones deben permitir movimientos naturales que no ocasionen una biomecánica inadecuada.
4. **Calentamiento.** Debe realizarse durante 10 minutos un calentamiento cardiovascular general o de la región que será evaluada.
5. **Estabilidad.** Se recomienda utilizar los sujetadores de la silla para estabilizar al paciente y evitar movimientos compensatorios.
6. **Posición.** La articulación debe colocarse en una posición neutra para evitar elongación excesiva o cambios biomecánicos.
7. **Estimulo auditivo.** Si en alguna de las sesiones no se aplica estímulo auditivo esto podría afectar los resultados de la prueba.

8. **Retroalimentación visual.** El ver la pantalla del dispositivo permitirá al paciente intentar mantener el esfuerzo de la repetición previa, sin embargo, en algunos pacientes, esto podría fatigarlos más pronto al intentar realizar un esfuerzo mayor en cada ocasión.

9. **Velocidades angulares.** Deben elegirse tomando en cuenta las actividades habituales del paciente y usarse las mismas en cada ocasión. Se considera que las velocidades lentas o de “fuerza máxima” van de 60°/segundo a 120°/segundo y las rápidas o de “resistencia” de 180°/segundo a 300°/segundo.

10. **Calibración.** Se realiza una vez al mes.

11. **Planos de movimiento evaluados.** Es importante recordar el plano de movimiento particularmente de la articulación que será evaluada.

12. **Efecto de la gravedad.** Debe medirse para los movimientos afectados por la gravedad, por ejemplo, flexión y extensión de rodilla y siempre en el mismo ángulo. El ángulo óptimo para rodilla es de 30°.

13. **Repeticiones.** Se necesitan al menos 3 repeticiones para que el equipo que utilizamos (*Biodex*) calcule correctamente los datos.

14. **Colocación del equipo.** El equipo *Biodex* es muy sensible al movimiento, por lo que es indispensable que este colocado sobre una superficie firme y bien nivelada (“Biodex,” n.d.).

CAPITULO 3

ANTECEDENTES

Se ha sugerido que la fuerza tanto de cadera como de flexores y extensores de rodilla puede ser determinante para la velocidad de lanzamiento ya que estos influyen en la cinética y cinemática del tiro (Middleton, Mills, Elliott, & Alderson, 2016). Sin embargo, la mayoría de los estudios que evalúan el papel de las extremidades inferiores se han enfocado en la biomecánica, mas no en la fuerza generada (Matsuo et al., 2001; Middleton et al., 2016; Ramsey et al., 2014; Solomito et al., 2020; Thompson, Guess, Plackis, Sherman, & Gray, 2018).

Poco se sabe del papel que desempeña cada musculo y articulación de los miembros pélvicos en la generación de fuerza para el lanzamiento. Durante el pitcheo los músculos de ambos miembros pélvicos provocan una fuerza de moderada a intensa, sin embargo la pierna de balance solo realiza esto en dos de cuatro de las fases del lanzamiento y la pierna contralateral en tres de cuatro fases (Campbell et al., 2010). Al comparar la activación muscular durante el lanzamiento de una bola rápida contra una curva se observa mayor activación del bíceps femoral y de gastrocnemios (Smidebush, Stewart, Shapiro, Chander, & Knight, 2019). Se han asociado a la velocidad de tiro mayores picos de torque en abductores, rotadores internos y flexores de cadera de la pierna de balance, así como flexores y extensores de rodilla de la pierna de balance, esto parece incrementar las

fuerzas inerciales para mover el cuerpo hacia adelante antes de que la pierna de caída toque el suelo lo que incrementará las fuerzas de reacción del suelo y por lo tanto la rotación del cuerpo (Kageyama, Sugiyama, Takai, Kanehisa, & Maeda, 2014). Los mayores torques de cadera y rodilla en ambas piernas también parecen explicar la mayor velocidad de lanzamiento en jugadores universitarios comparados con los más jóvenes (Kageyama, Sugiyama, Kanehisa, & Maeda, 2015).

En un estudio realizado a 47 lanzadores de preparatoria (edad 16.2 ± 0.7 años) se determinó la importancia del volumen muscular segmentario, utilizando un equipo de bioimpedancia bioeléctrica segmental de las 4 extremidades, del tronco y del cuerpo en general. Los resultados arrojaron que la masa muscular del brazo dominante es significativamente más grande que la del no dominante, pero esta diferencia no se encontró en las extremidades inferiores. Se encontró que el volumen muscular total, de ambas extremidades dominantes (brazo y pierna de balance) y de la pierna no dominante (pierna de caída) son determinantes importantes de la velocidad (Yamada et al., 2013).

Se realizó un estudio por Hannon y colaboradores con 33 jugadores de béisbol con lesión del ligamento colateral medial del codo; de los cuales 29 eran *pitchers*. Estos fueron evaluados antes y después de su cirugía, demostrando desbalances musculares de miembros inferiores importantes previos a esta, con una mejora significativa 3 meses después de realizar un programa de rehabilitación para retorno al juego y retorno al lanzamiento (Hannon, Garrison, & Hannon, 2014).

En 2018 Yanajusawa investigó el efecto de la fatiga de extremidades inferiores sobre el lanzamiento en un juego de beisbol simulado. Participaron dieciocho *pitchers* de universidad realizando 9 entradas con aproximadamente 13 lanzamientos durante cada una. Se midieron la velocidad de lanzamiento, la fuerza de abductores y aductores de cadera y salto vertical con flexión de rodillas y caderas al inicio y posterior al juego. Los resultados mostraron disminución en la fuerza de abductores y aductores, secundarios a fatiga por los movimientos repetitivos de cadera que se realizan al lanzar (Yanagisawa & Taniguchi, 2018).

Murray y colaboradores en 2001 realizaron análisis biomecánicos de siete jugadores de ligas mayores a quienes videograbaron durante múltiples lanzamientos en varias entradas. Al final se observó una disminución de la velocidad en sus tiros y cambios en la cinemática de las extremidades inferiores; principalmente del ángulo de flexión de las rodillas (Murray et al., 2001), el cual como ya se mencionó antes, es un determinante de la velocidad de lanzamiento.

En 2001 se estudió el efecto de la fatiga en la velocidad y cinemática del lanzamiento en 7 pitches profesionales entre otros cambios biomecánicos de extremidad superior, se evidenció un cambio de 8 grados en la flexión de rodilla de la pierna de caída y así mismo una disminución en la velocidad de lanzamiento de aproximadamente 5 millas por hora (Hawkins et al., 2001). Otra investigación que analizó el efecto de la fatiga en jugadores de universidad, con una edad promedio de 21 ± 2 años, peso de 87 ± 10 kg y estatura de 187 ± 8 cm, se observó una disminución de la fuerza de 12.5% para los flexores de la cadera, 14.5% para abductores de cadera, 12% para aductores y 16% para los extensores de

cadera tras lanzar 5 entradas (Mullaney et al., 2005), sin embargo, no se midió la fuerza en la musculatura de las rodillas.

Se midió la fuerza de flexores y extensores de rodilla utilizando una maquina Hydra Fitness en jugadoras de softbol y se compararon con mujeres que no practicaban dicho deporte. A pesar de la mayor velocidad de lanzamiento de las jugadoras, la fuerza de flexores y extensores de rodilla no pareció contribuir a esto (Pugh et al., 2001).

En una comparación entre jugadores adolescentes y universitarios, se estableció que los primeros no pueden alcanzar la velocidad de lanzamiento de los universitarios esto debido a que tampoco pueden generar los mismos picos de torque en cadera y rodillas (Kageyama et al., 2015).

Se ha confirmado que los extensores de rodilla son determinantes en la ejecución del tiro como el lanzamiento de bala, martillo, jabalina y disco. Para estos atletas se ha realizado investigación con el uso de isocinética, sin embargo, se evaluaron grandes grupos musculares realizando *press* de extremidades inferiores (Schleichardt, Badura, Lehmann, & Ueberschär, 2021).

En jugadores de handball se ha demostrado que tanto fuerza de extremidades superiores como inferiores influyen en la velocidad del tiro, además de la correlación con pruebas de salto (Hermassi et al., 2019). En jugadores de críquet también se ha estudiado la importancia de la cinética y cinemática de las extremidades inferiores y se ha determinado que el entrenamiento de fuerza en músculos extensores de rodilla y cadera de la pierna delantera son de suma importancia para producir mayores velocidades y mejores tiros

(Middleton et al., 2016). Se ha estudiado la importancia de las extremidades inferiores en la determinación del lanzamiento en atletas de élite hombre y mujeres lanzadores de jabalina, en estos se observó que la distancia entre ambos pies al momento de lanzar y el ángulo de flexión de la rodilla en la pierna de apoyo tenían una fuerte correlación, sin embargo, ningún parámetro de fuerza de miembros inferiores fue considerado en este estudio (Krzyszowski & Kipp, 2021).

Las pruebas de salto se han utilizado como buenos predictores de la fuerza de extremidades inferiores. En un estudio realizado en jugadores amateur de cricket el salto estático monopodálico demostró ser buen predictor de la velocidad de lanzamiento. Esto soporta la influencia e importancia del entrenamiento y la medición de la fuerza de tren inferior en los lanzadores (Pyne, Duthie, Saunders, Petersen, & Portus, 2006).

CAPÍTULO 4

JUSTIFICACIÓN

La velocidad de lanzamiento es uno de los parámetros para evaluar el desempeño de un *pitcher* (Mercier et al., 2020).

Los estudios sobre análisis de fuerza en este deporte se han enfocado en su mayoría a los miembros superiores por ser estos con los cuales se realizan actividades específicas como batear, lanzar y cachar (Mullaney et al., 2005). Muchos de estos estudios se han realizado en jugadores no profesionales (McNally, Borstad, Oñate, & Chaudhari, 2015; Myrick, Pallone, Feinn, Ford, & Garbalosa, 2019; Tippet, 2013) e incluso en mujeres u otros deportes con tiros por encima de la cabeza (Fry, Wittman, Gerke, & Parr, 2019; Pugh et al., 2001; Schleichardt et al., 2021). Al ser el tren inferior quien dota de potencia a las actividades realizadas con los brazos se han realizado estudios para determinar los músculos que más se activan durante el lanzamiento y se ha dado importancia al estudio de los músculos de la cadera, pero se ha dado poca importancia a músculos de los muslos (Campbell et al., 2010).

La finalidad del presente estudio consiste en determinar si existe una correlación entre la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales de cualquiera de las piernas de los *pitchers* de un equipo profesional de la Liga Mexicana de Béisbol con la velocidad de lanzamiento.

De esta manera se podrá diseñar de forma más específica el entrenamiento de fuerza y resistencia unilateral y bilateral de miembros inferiores con la finalidad a tener mejores resultados en su rendimiento y estadísticas de juego, así como disminuir lesiones de miembros superiores en los *pitchers* al ser estos últimos los miembros del equipo más frecuentemente lesionados y con mayor número de días fuera de juego (Posner et al., 2011).

Conforme avanza el tiempo se busca cada vez una mayor profesionalización en el deporte, así como echar mano de técnicas que pudieran permitir una ejecución de mayor calidad y efectividad en todos los deportes, el béisbol no es la excepción.

Poco se conoce sobre la influencia de las extremidades inferiores en la velocidad del lanzamiento (Milewski, Öunpuu, Solomito, Westwell, & Nissen, 2012), cabe mencionar que en la búsqueda de la autora no se encontró bibliografía que utilizara la valoración isocinética de miembros inferiores en beisbolistas y tampoco se encontró investigación mexicana al respecto del tema de estudio.

CAPÍTULO 5

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de Medicina del Deporte y Rehabilitación, del Hospital Universitario de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Se realizó un estudio con un diseño no experimental, transversal correlacional y retrospectivo. Se elaboró una base de datos de las pruebas precompetencia contenidas en los expedientes de los jugadores lanzadores de béisbol profesional del equipo Acereros de Monclova pretemporada 2019. Se excluyeron aquellos expedientes que no contenían todos los datos que incluía el censo. Ninguno de los participantes que completaron sus evaluaciones presentaban lesiones ni dolor en ese momento.

En la base de datos se incluyeron: edad, peso, talla, índice de masa corporal, porcentaje de grasa por bioimpedancia, años de experiencia, tipo de lanzador, lado dominante de brazo y pierna, velocidad máxima de lanzamiento, velocidad máxima de lanzamiento normalizado al peso corporal, pico de torque concéntrico (absoluto y normalizado al peso corporal) de extensores y flexores de ambas rodillas a 60°/s y 180°/s (Nm).

El pico de torque de flexores y extensores de rodilla se midió con una prueba isocinética a través de un protocolo concéntrico/concéntrico a 60°/s y 180°/s en un dinamómetro (System 4 Pro™, Biodex).

La velocidad de lanzamiento se obtuvo de la base de datos proporcionada por el staff del equipo de béisbol, esta se midió con pistola radar durante cada juego en el que participaron en la temporada 2019, estas velocidades se dividieron entre el número de juegos en los que participaron, se obtuvo así una velocidad de lanzamiento promedio la cual se utilizó para este estudio.

La velocidad promedio se dividió entre el peso corporal en kilogramos de cada jugador y con este resultado se obtuvo la cifra de la velocidad de lanzamiento normalizada para peso corporal.

Para la prueba isocinética se realizó previamente un calentamiento general en cicloergómetro durante 5 minutos. Se situó al sujeto en la silla del Biodex System 4 Pro y se fijaron los aditamentos y parámetros como indica el instructivo de la empresa y se fijó al paciente en la silla con cinturones para el torso, cadera y muslo, además se le permitió tomarse de las empuñaduras que se encuentran a los lados del asiento. Se fijaron los parámetros en el software, utilizando un protocolo concéntrico/concéntrico a 60°/s, 90°/s y 180°/s. La pierna de inicio fue su pierna dominante o aquella en la que no se hayan reportado lesiones o procedimientos invasivos en los 6 meses previos. La posición inicial partió de más de 90° de flexión de rodilla hasta la extensión total en ambas piernas. Antes de iniciar las mediciones se explicó la prueba al paciente y se le dieron indicaciones, realizó un set de repeticiones de práctica y de retroalimentación visual y auditiva. Se dio un minuto de descanso y posteriormente se inició la prueba. Se realizaron 5 repeticiones de flexión y extensión de rodilla a 60°/s, 10 repeticiones a 90°/s (los datos de esta velocidad no fueron usados para este estudio) y 15 repeticiones a 180°/s en cada

miembro inferior. A todos los jugadores se les dio retroalimentación y estímulo verbal, así como retroalimentación visual con las gráficas en tiempo real del Biodex System 4 Pro™.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

1. Establecer una correlación velocidad de lanzamiento y el pico de torque de músculos flexores y extensores de rodillas en trabajo concéntrico/concéntrico a 60°/s y 180°/s Nm de *pitchers* profesionales de un equipo mexicano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar los picos de torque de músculos flexores y extensores de rodillas en trabajo concéntrico/concéntrico a 60°/s y 180°/s Nm de *pitchers* profesionales.
2. Analizar la correlación entre las variables antropométricas y la velocidad de lanzamiento absoluta y normalizada para peso corporal de *pitchers* profesionales.
3. Analizar la correlación entre los años de experiencia y la velocidad de lanzamiento absoluta y normalizada para peso corporal.
4. Analizar los picos de torque de músculos flexores y extensores de rodillas en trabajo concéntrico/concéntrico a 60°/s y 180°/s Nm de *pitchers* profesionales diferenciando su lado de dominancia y correlacionarlo con la velocidad de lanzamiento.

5. Analizar los picos de torque de músculos flexores y extensores de rodillas en trabajo concéntrico/concéntrico a $60^\circ/s$ y $180^\circ/s$ Nm de *pitchers* profesionales que lanzan a una velocidad mayor a 90 millas por hora y a una velocidad menor a las 90 millas por hora.

HIPÓTESIS

1. **Hipótesis alternativa:** Existe una correlación entre la velocidad de lanzamiento y los picos de torque en los músculos flexores y extensores de rodillas en *pitchers* profesionales.
2. **Hipótesis nula:** No existe una correlación entre la velocidad de lanzamiento y los picos de torque en los músculos flexores y extensores de rodillas en *pitchers* profesionales.

MUESTRA

Se tomaron 27 expedientes de lanzadores del equipo Acereros de Monclova que acudieron a su evaluación precompetencia entre noviembre 2018 y abril 2019. De estos se descartaron 2 de ellos por no contener toda la información necesaria. Los restantes 25 fueron utilizados para la realización de la base de datos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para determinar la normalidad de las variables. Se calcularon las frecuencias y porcentajes para las variables categóricas, y media y desviación estándar para las variables numéricas. Las diferencias fueron analizadas en busca de significancia entre grupos usando prueba “t” de Student o la prueba U de Mann-Whitney para variables continuas y Chi Cuadrado para variables categóricas. Fue usado el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la relación entre velocidad de lanzamiento absoluta y normalizada para peso corporal, edad, peso, talla, porcentaje de grasa, años de experiencia, picos de torque absolutos y normalizados para peso corporal para flexores y extensores de rodilla a velocidades de 60°/s, con una significancia definida como $p < 0.05$.

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete de software estadístico SPSS Statistics versión 20 (IBM, Armonk, NY, USA).

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

Las características demográficas y clínicas en los pacientes fueron descritas como media \pm desviación estándar o mediana (RIC) para variables continuas y porcentajes para variables categóricas.

Se incluyeron 25 expedientes que eran los que contaban con la información necesaria para este estudio.

La edad promedio de los jugadores fue de 28 ± 4.9 años, su peso de 96.4 ± 11.5 kilogramos, la estatura de 183 ± 5 centímetros, el porcentaje de grasa $19.7 \pm 5.7\%$ y el índice de masa corporal fue de $27.7 \pm 4.1\%$. La mediana de años de experiencia fue de 7, yendo desde los 4 a los 13 años como profesionales. De estos jugadores 11 (44%) eran relevistas, 11 (44%) eran abridores y de 3 (12%) no se contaba con este dato. **Ver tabla 1.**

Descriptivos	
Variable	
Edad (años)	28.0 ± 4.9
Peso (kg)	96.4 ± 11.5
Estatura (cm)	183 ± 5
% de grasa	19.7 ± 5.7
IMC (kg/m ²)	27.7 ± 4.1
Años de experiencia	7 (4-13)*
Tipo de <i>pitcher</i> (%)	
Relevista	11 (44%)
Abridor	11 (44%)
No	3 (12%)
*Mediana (RIC)	

Tabla 1. Análisis descriptivo. RIC= rango intercuartil

Para la velocidad de lanzamiento normalizada para peso corporal se obtuvo una correlación negativa muy alta con las siguientes variables: peso ($r=-0.980$), porcentaje de grasa ($r=-0.711$); correlación negativa alta con el pico de torque absoluto de flexores de rodilla a 60° en la pierna de balance ($r=-0.683$); correlación negativa moderada con el pico de torque absoluto de extensores de rodilla a 60° con la pierna de balance ($r=-0.512$), pico de torque absoluto de flexores de rodilla a 180°/s en pierna de balance ($r=-0.536$), pico de torque absoluto de flexores de rodilla a 180°/s en pierna de caída ($r=-0.478$). No se encontró correlación entre la velocidad normalizada para el peso corporal y los picos de torque normalizados para el peso corporal, tampoco se mostró correlación entre velocidad absoluta y picos de torque absolutos. **Ver tablas 2 a la 5.**

Variable	FBAvgBW	
	r	P
Edad	0.155	0.458
Peso	-0.980	0.000
Estatura	-0.188	0.367
% de grasa	-0.711	0.000
Experiencia en años	0.063	0.766

Tabla 2 Correlaciones entre variables antropométricas y experiencia en años y velocidad normalizada para peso corporal. *r*= coeficiente de correlación de Pearson, *p*= valor de *p*.

Correlaciones		
Pico de torque	FBAvgBW	
	r	P
ExD60	-0.512	0.009
ExD60BW	-0.044	0.834
ExN60	-0.307	0.136
ExN60BW	0.209	0.316
ExtD180	-0.484	0.014
ExtD180BW	0.046	0.828
Ext180	-0.287	0.164
Ext180BW	0.305	0.138
FlxD60	-0.683	0.000
FlxD60BW	-0.157	0.454
FlxN60	-0.315	0.126
FlxN60BW	0.255	0.218
FlxD180	-0.536	0.006
FlxD180BW	-0.061	0.773
FlxN180	-0.478	0.016
FlxN180BW	0.166	0.427

Tabla 3. Correlaciones entre velocidad normalizada para el peso corporal (FBAvgBW) y picos de torque. ExD60= extensión de pierna dominante a 60°/s, ExN60= extensión de pierna no dominante a 60°/s, ExD60BW= extensión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, ExN60BW= extensión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, ExD180= extensión de pierna dominante a 180°/s, ExN180= extensión de pierna no dominante a 180°/s, ExD180BW= extensión de pierna dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, ExN180BW= extensión de pierna no dominante a 180°/s normalizado para peso corporal FlxD60= flexión de pierna dominante a 60°/s, FlxN60= flexión de pierna no dominante a 60°/s, FlxD60BW= flexión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxN60BW= flexión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxD180= flexión de pierna dominante a 180°/s, FlxN180= flexión de pierna no dominante a 180°/s, FlxD180BW= flexión de pierna dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, FlxN180BW= flexión de pierna no dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, *r*= coeficiente de correlación de Pearson, *p*= valor de *p*.

Correlaciones		
Variable	FBAvg	
	r	P
Edad	-0.102	0.627
Peso	-0.005	0.982
Estatura	0.342	0.095
% de grasa	-0.250	0.228
Experiencia en años	-0.059	0.780

Tabla 4. Correlaciones entre variables antropométricas y experiencia en años y velocidad absoluta. *r*= coeficiente de correlación de Pearson, *p*= valor de *p*.

Correlaciones		
Variable	FBAvg	
	r	P
ExLD60	-0.172	0.410
ExLD61	-0.181	0.388
ExN60	0.069	0.742
ExN60BW	0.065	0.756
ExtLD180	-0.041	0.845
ExtLD180BW	-0.026	0.901
ExtN180	0.315	0.126
ExtN180BW	0.330	0.107
FlxLD60	-0.053	0.801
FlxLD60BW	-0.042	0.841
FlxN60	-0.330	0.107
FlxN60BW	-0.342	0.095
FlxLD180	0.143	0.496
FlxD180BW	0.193	0.356
FlxN180	-0.083	0.694
FlxN180BW	-0.113	0.592

Tabla 5 Correlaciones entre velocidad normalizada para el peso corporal (FBAvgBW) y picos de torque. ExD60= extensión de pierna dominante a 60°/s, ExN60= extensión de pierna no dominante a 60°/s, ExD60BW= extensión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, ExN60BW= extensión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, ExD180= extensión de pierna dominante a 180°/s, ExN180= extensión de pierna no dominante a 180°/s, ExD180BW= extensión de pierna dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, ExN180BW= extensión de pierna no dominante a 180°/s normalizado para peso corporal FlxD60= flexión de pierna dominante a 60°/s, FlxN60= flexión de pierna no dominante a 60°/s, FlxD60BW= flexión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxN60BW= flexión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxD180= flexión de pierna dominante a 180°/s, FlxN180= flexión de pierna no dominante a 180°/s, FlxD180BW= flexión de pierna dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, FlxN180BW= flexión de pierna no dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, *r*= coeficiente de correlación de Pearson, *p*= valor de *p*.

Se compararon las características de fuerza y velocidad de lanzamiento entre *pitchers* diestros y zurdos con una media de velocidad lanzamiento de 89.91 ± 1.75 para diestros y de 88.18 para zurdos, estableciendo que son los primeros quienes lanzan a mayor velocidad con un valor de $p=0.048$. El pico de torque absoluto de extensores a $180^\circ/s$ de la pierna de caída en diestros fue de 169.15 ± 29.95 y en zurdos de 137.88 ± 37.34 ($p=0.042$) y el pico de torque de flexores a $60^\circ/s$ normalizado para peso corporal en pierna de caída para diestros fue de 1.16 ± 0.20 y en zurdos 1.45 ± 0.32 ($p=0.018$). El resto de los picos de torque no mostro una diferencia significativa. **Ver tabla 6.**

Comparación entre dominancia derecha e izquierda					
Variable	Lado derecho (n = 20)		Lado izquierdo (n = 5)		P
	x	DE	x	DE	
FBAvg	89.91	1.75	88.18	1.08	0.048*
FBAvgBW	0.93	0.10	0.98	0.15	0.423
ExLD60	229.51	53.38	223.50	95.03	0.850
ExLD60BW	2.36	0.49	2.39	0.80	0.925
ExN60	234.28	51.26	208.56	61.84	0.344
ExN60BW	2.40	0.45	2.33	0.79	0.841
ExtLD180	157.92	30.07	150.58	61.63	0.699
ExtLD180BW	1.63	0.31	1.60	0.46	0.877
ExtN180	169.15	26.95	137.88	37.34	0.042*
ExtN180BW	1.75	0.33	1.49	0.32	0.131
FlxD60	119.16	22.12	112.28	35.63	0.588
FlxD60BW	1.22	0.19	1.20	0.19	0.793
FlxN60	112.71	22.97	130.40	22.77	0.136
FlxN60BW	1.16	0.20	1.45	0.32	0.018*
FlxD180	90.57	21.09	88.28	27.69	0.840
FlxD180BW	0.93	0.20	0.94	0.15	0.903
FlxN180	88.66	16.95	88.58	15.37	0.993
FlxN180BW	0.91	0.16	0.97	0.11	0.497

Tabla 6. Comparación entre velocidades de lanzamiento y picos de torque en lanzadores con dominancia derecha e izquierda. ExD60= extensión de pierna dominante a 60°/s, ExN60= extensión de pierna no dominante a 60°/s, ExD60BW= extensión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, ExN60BW= extensión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, ExD180= extensión de pierna dominante a 180°/s, ExN180= extensión de pierna no dominante a 180°/s, ExD180BW= extensión de pierna dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, ExN180BW= extensión de pierna no dominante a 180°/s normalizado para peso corporal FlxD60= flexión de pierna dominante a 60°/s, FlxN60= flexión de pierna no dominante a 60°/s, FlxD60BW= flexión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxN60BW= flexión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxD180= flexión de pierna dominante a 180°/s, FlxN60= flexión de pierna no dominante a 60°/s, FlxD60BW= flexión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxN60BW= flexión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, r= coeficiente de correlación de Pearson, p= valor de p.

Se dividió la muestra en individuos que lanzan por arriba de las 90 millas por hora (velocidad media 90.99 ± 0.85) (5 sujetos) y por debajo de las 90 millas (velocidad media 88.25 ± 1.29). Se observó una mediana de 8 años de experiencia para los lanzadores por debajo de 90 mph y de 6 años para los que lanzan por encima de 90 mph. Se encontró correlación con estatura ($p=0.045$), porcentaje de grasa ($p=0.028$), pico de torque normalizado para peso corporal de extensores a 180°/s en pierna de caída ($p=0.025$) y en

pico de torque absoluto de flexores a 60°/s en pierna de caída ($p=0.023$). El resto de los picos de torque no mostraron una diferencia significativa. **Ver tablas 7 y 8.**

Comparación: entre corte de 90 millas					
Variable	<90 mph (n = 20)		≥90 mph (n = 5)		P
	x	DE	x	DE	
Edad	28.62	4.63	27.42	5.37	0.555
Peso	98.18	13.37	94.48	9.44	0.435
Estatura	182.02	3.22	185.99	5.88	0.045*
% de grasa	22.13	5.06	17.16	5.54	0.028*
IMC	28.88	4.69	26.43	3.07	0.140
	<90 mph (n = 20)		≥90 mph (n = 5)		P
	Mediana	RIC	Mediana	RIC	
Experiencia en años	8	3 a 14	6	4 a 12	0.979

Tabla 7 Comparación de variables antropométricas entre jugadores que lanzaron a más de 90mph y por debajo de 90 mph. Mph=millas por hora, x=media, DE= desviación estándar, RIC= rango intercuartil, p= valor de p.

Comparación: entre corte de 90 millas por hora					
Variable	<90 mph (n = 20)		≥90 mph (n = 5)		P
	x	DE	x	DE	
ExLD60	245.51	66.74	209.68	51.29	0.148
ExLD60BW	2.48	0.53	2.24	0.55	0.265
ExN60	227.90	57.35	230.47	50.78	0.907
ExN60BW	2.34	0.54	2.44	0.50	0.609
ExtLD180	158.98	43.02	153.70	30.47	0.728
ExtLD180BW	1.61	0.35	1.64	0.33	0.862
ExtN180	152.97	30.06	173.64	29.81	0.098*
ExtN180BW	1.56	0.24	1.85	0.37	0.025*
FlxLD60	121.78	25.82	113.45	23.61	0.410
FlxLD60BW	1.23	0.15	1.20	0.23	0.719
FlxN60	126.28	22.52	105.38	20.31	0.023*
FlxN60BW	1.30	0.26	1.12	0.21	0.069*
FlxLD180	91.47	25.41	88.63	18.45	0.754
FlxD180BW	0.93	0.20	0.94	0.19	0.847
FlxN180	90.95	17.29	86.14	15.58	0.474
FlxN180BW	0.93	0.17	0.91	0.14	0.756

Tabla 8. Comparación de picos de torque en jugadores que lanzaron a más de 90 mph y por debajo de 90 mph. ExD60= extensión de pierna dominante a 60°/s, ExN60= extensión de pierna no dominante a 60°/s, ExD60BW= extensión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, ExN60BW= extensión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, ExD180= extensión de pierna dominante a 180°/s, ExN180= extensión de pierna no dominante a 180°/s, ExD180BW= extensión de pierna dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, ExN180BW= extensión de pierna no dominante a 180°/s normalizado para peso corporal, FlxD60= flexión de pierna dominante a 60°/s, FlxN60= flexión de pierna no dominante a 60°/s, FlxD60BW= flexión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxN60BW= flexión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxD180= flexión de pierna dominante a 180°/s, FlxN60= flexión de pierna no dominante a 60°/s, FlxD60BW= flexión de pierna dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, FlxN60BW= flexión de pierna no dominante a 60°/s normalizado para peso corporal, r= coeficiente de correlación de Pearson, x= media, DE= desviación estándar, p= valor de p.

CAPÍTULO 7

DISCUSIÓN

Tal y como se ha documentado antes en la literatura el peso y el porcentaje de grasa corporal demostraron una correlación significativa con la velocidad de lanzamiento normalizado para peso corporal, así como correlación del porcentaje de grasa corporal y la velocidad por encima de las 90 millas por hora (Escamilla et al., 2002; Pyne et al., 2006).

Al realizar correlaciones de todo el grupo se encontró correlación negativa con el pico de torque absoluto de flexores de rodilla de la pierna de balance a 60° y 180°, pico de torque absoluto de los extensores de rodilla de la pierna de balance a 60° y pico de torque absoluto de los flexores de la pierna de caída a 180°. Sin embargo, al realizar este análisis por grupos se encontró correlación con el pico de torque absoluto de extensores de rodilla de la pierna de caída a 180° y del pico de torque normalizado para peso corporal en flexores de rodilla en la pierna de caída a 60° en el grupo de lanzadores diestros; quienes a su vez demostraron mayores velocidades de tiro, y cuando se realizó la comparación entre los jugadores que tiraban por encima de las 90 millas por hora y los que tiraban por debajo de esta cifra, se encontraron correlaciones en quienes lanzaban por arriba de las 90 millas por hora a razón de pico de torque normalizado para peso corporal de

extensores de rodilla en la pierna de caída a 180° y el pico de torque absoluto de flexores de rodilla en la pierna de caída a 60°.

Esto puede estar explicado por la gran diferencia de técnicas entre cada jugador y los tiempos diversos que cada uno permanece sobre su pierna de balance antes de lanzar la bola, sin embargo, para todos, la caída es un movimiento que además de ser violento requiere ser controlado, ya que no solo producirá la fuerza que será transmitida por el tronco y a la extremidad superior, sino que también soportará al peso total del individuo y brindará estabilidad (Tippett, 2013).

La comparación de fuerza absoluta entre individuos de diferentes estaturas y peso no es muy objetivo, sin embargo, no se ha definido la mejor fórmula para normalizar la fuerza (Hurd, Morrey, & Kaufman, 2011). El equipo de robótica isocinética que se utilizó para las pruebas de estos sujetos arroja un resultado de pico de torque normalizado para peso corporal que es el resultado de la división del máximo pico de torque entre el peso, de esta misma manera se normalizó la velocidad de lanzamiento. Partiendo del hecho que una mayor masa muscular puede generar más fuerza es que se han normalizado los valores de los picos de torque, no obstante, el parámetro con el que se calculó fue con el peso corporal total y no con la masa magra, esto podría falsear los resultados en individuos con mayores porcentajes de grasa (Hurd et al., 2011). Sin embargo, habría que encontrar otras formas de normalización de la velocidad de lanzamiento, con parámetros que pudieran representar una mayor influencia, como la envergadura de los brazos u otros que puedan tener mayor precisión o validez.

Los resultados del presente estudio muestran gran variabilidad, esto puede ser debido a las limitaciones dadas por el diseño metodológico. Al ser un estudio retrospectivo no fue posible supervisar todas y cada una de las pruebas isocinéticas, lo que pudo resultar en variaciones en su realización, a pesar de que se tomó en cuenta que ninguna tuviera un coeficiente de variación superior al 10%. No obstante, otros factores influyen en los resultados de las pruebas isocinéticas tales como antecedentes de lesiones, la motivación intrínseca y extrínseca del jugador, la calidad de sueño y descanso previo a la prueba, la presencia en el laboratorio de otros compañeros del equipo o preparadores físicos y lo más importante, la curva de aprendizaje y familiarización (Almosnino et al., 2012) que se requiere para la realización de la prueba. Es del conocimiento de la autora que solo algunos de los lanzadores ya habían realizado este tipo de pruebas antes. Sin embargo, ninguno de estos factores o variables fueron utilizados ni documentados en la base de datos. Tampoco se tomó en cuenta la información de participación o entrenamiento en equipos o ligas de otros países o estados de la república en las semanas previas a la realización de su prueba.

Un factor que pudo representar un gran sesgo es la fecha de toma de la prueba isocinética, ya que el periodo en que se realizaron fue amplio, de noviembre 2018 a abril 2019, ya que los jugadores que realizaron la prueba en abril tuvieron aproximadamente 5 meses de ventaja para la realización de entrenamiento y desarrollo de fuerza. El único parámetro de confiabilidad que se tomo en cuenta para este trabajo fue el coeficiente de variación, el cual podría no ser el único importante para utilizar en un contexto clínico (Dvir & Keating, 2003).

Tampoco se tomó en cuenta la cantidad de partidos lanzados para promediar su velocidad de lanzamiento y no se cuenta con el dato de su tiro más rápido.

Es importante recordar que la fuerza no es el único determinante de la velocidad de lanzamiento, por lo tanto, los resultados de las mediciones de fuerza no siempre representan la habilidad para aplicar dicha fuerza. Otros factores como la mejoría en la cinemática del tiro, que desarrollan los jugadores más experimentados, juegan un papel muy importante en la velocidad de lanzamiento (Middleton et al., 2016; Pugh et al., 2001).

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

Con este estudio podemos concluir que el peso, porcentaje de grasa y la estatura tienen una importante correlación con la velocidad de lanzamiento, como ya ha sido publicado por otros autores (Karadenizli, 2016; Mercier et al., 2020).

Se determinó que existe una correlación entre el pico de torque absoluto y normalizado para peso corporal de extensores de pierna de caída a 180° y de flexores de pierna de caída a 60°.

La valoración isocinética es de gran ayuda para obtener valores objetivos que permitan evaluar el progreso de los atletas, dados nuestros resultados, la realización de estas pruebas en miembros inferiores podría representar un parámetro para la predicción de la velocidad de lanzamiento en el béisbol, sin embargo, nuestros resultados son insuficientes para justificar lo antes mencionado.

Estos resultados podrían ser tomados en cuenta para guiar el entrenamiento y proceso de rehabilitación y readaptación al deporte en *pitchers*.

Sin embargo, dada la gran variabilidad y discordancia de algunos resultados se sugiere realizar más estudios al respecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Agresta, C. E., Krieg, K., & Freehill, M. T. (2019). Risk Factors for Baseball-Related Arm Injuries: A Systematic Review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 7(2), 232596711982555. <https://doi.org/10.1177/2325967119825557>
- Almosnino, S., Stevenson, J. M., Day, A. G., Bardana, D. D., Diaconescu, E. D., & Dvir, Z. (2012). Discriminating between maximal and feigned isokinetic knee musculature performance using waveform similarity measures. *Clinical Biomechanics*, 27(4), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.10.007>
- Asker, M., Brooke, H. L., Waldén, M., Tranaeus, U., Johansson, F., Skillgate, E., & Holm, L. W. (2018). Risk factors for, and prevention of, shoulder injuries in overhead sports: A systematic review with best-evidence synthesis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(20), 1312–1319. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098254>
- Biodex. (n.d.). Retrieved from <https://www.biodex.com/sites/default/files/manual-clinical-resources-isokinetics.pdf>
- Campbell, B. M., Stodden, D. F., & Nixon, M. K. (2010). Lower Extremity Muscle Activation During Baseball Pitching. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 964–971. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cb241b>
- Cano Franco, R. (2013). Archivo Confidencial. Retrieved from <https://www.archivoconfidencial.com.mx/vernoticias.php?artid=3039>

- Chalmers, P. N., Wimmer, M. A., Verma, N. N., Cole, B. J., Romeo, A. A., Cvetanovich, G. L., ... Pearl, M. L. (2017). The Relationship Between Pitching Mechanics and Injury: A Review of Current Concepts. *Sports Health, 9*(3), 216–221.
<https://doi.org/10.1177/1941738116686545>
- Dvir, Z., & Keating, J. L. (2003). Trunk extension effort in patients with chronic low back dysfunction. *Spine, 28*(7), 685–692. <https://doi.org/10.1097/00007632-200304010-00012>
- Escamilla, R., Moorman, C., Fleisig, G., Barrentine, S., & Andrews, J. (2002). Baseball: Kinematic and Kinetic comparisons between American and Korean professional baseball pitchers. *Sports Biomechanics, 1*(2), 213–228.
<https://doi.org/10.1080/14763140208522798>
- Esparza, M. (2019). La Pugna por el diamante. La institucionalización del béisbol capitalino, 1920-1930. *Historia Mexicana, 68*(3), 1075–1119.
- Fry, K. E., Wittman, K., Gerke, D., & Parr, A. (2019). Clinical and Biomechanical Evaluation of the Softball Pitcher. *Clinical Journal of Sport Medicine, 29*(5), 406–412.
- Giagarra, C. E., Manske, R. C., & Brotzman, S. B. (2018). Rehabilitación Ortopédica Clínica: Un Enfoque Basado en la Evidencia. In Elsevier (Ed.) (4th ed., pp. 110–111). Barcelona.
- Hannon, J., Garrison, J. C., & Hannon, J. (2014). LOWER EXTREMITY BALANCE IS IMPROVED AT TIME of Return to Throwing in baseball players after UCL reconstruction, *9*(3).

Hermassi, S., Delank, K. S., Fieseler, G., Bartels, T., Chelly, M. S., Khalifa, R., ... Schwesig, R.

(2019). Relationships between olympic weightlifting exercises, peak power of the upper and lower limb, muscle volume and throwing ball velocity in elite male handball players. *Sportverletzung-Sportschaden*, 33(2), 104–112.

<https://doi.org/10.1055/a-0625-8705>

Hurd, W. J., Morrey, B. F., & Kaufman, K. R. (2011). The effects of anthropometric scaling parameters on normalized muscle strength in uninjured baseball pitchers. *Journal of Sport Rehabilitation*, 20(3), 311–320. <https://doi.org/10.1123/jsr.20.3.311>

Kageyama, M., Sugiyama, T., Kanehisa, H., & Maeda, A. (2015). Difference between adolescent and collegiate baseball pitchers in the kinematics and kinetics of the lower limbs and trunk during pitching motion. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(2), 246–255.

Kageyama, M., Sugiyama, T., Takai, Y., Kanehisa, H., & Maeda, A. (2014). Kinematic and Kinetic Profiles of Trunk and Lower Limbs during Baseball Pitching in Collegiate Pitchers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(4), 742–750. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25435765>

Karadenizli, Z. I. (2016). The Relationships between Ball Throwing Velocity and Physical-psychomotor Features for Talent Identification in Physical Education. *Universal Journal of Educational Research*, 4(11), 2509–2515.

<https://doi.org/10.13189/ujer.2016.041103>

Krzyszowski, J., & Kipp, K. (2021). Prediction of throwing distance in the men's and

- women's javelin final at the 2017 IAAF world championships. *Journal of Sports Sciences*, 39(9), 1055–1059. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1856462>
- Li, R. C. T. (1996). Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension: A reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. *British Journal of Sports Medicine*, 30(2), 156–160. <https://doi.org/10.1136/bjism.30.2.156>
- Liang, Y. P., Kuo, Y. L., Hsu, H. C., Hsia, Y. Y., Hsu, Y. W., & Tsai, Y. J. (2019). Collegiate baseball players with more optimal functional movement patterns demonstrate better athletic performance in speed and agility. *Journal of Sports Sciences*, 37(5), 544–552. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1514711>
- Maffiuletti, N. A., Bizzini, M., Desbrosses, K., Babault, N., & Munzinger, U. (2007). Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 27(6), 346–353. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2007.00758.x>
- Matsuo, T., Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., & Andrews, J. R. (2001). Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. *Journal of Applied Biomechanics*, 17(1), 1–13. <https://doi.org/10.1123/jab.17.1.1>
- McNally, M. P., Borstad, J. D., Oñate, J. A., & Chaudhari, A. M. W. (2015). Stride Leg Ground Reaction Forces Predict Throwing Velocity in Adult Recreational Baseball Pitchers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2708–2715. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000937>

- Melugin, H. P., Leafblad, N. D., Camp, C. L., & Conte, S. (2018). Injury Prevention in Baseball: from Youth to the Pros. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 11(1), 26–34. <https://doi.org/10.1007/s12178-018-9456-5>
- Mercier, M. A., Tremblay, M., Daneau, C., & Descarreaux, M. (2020). Individual factors associated with baseball pitching performance: Scoping review. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 6(1). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000704>
- Middleton, K. J., Mills, P. M., Elliott, B. C., & Alderson, J. A. (2016). The association between lower limb biomechanics and ball release speed in cricket fast bowlers: A comparison of high-performance and amateur competitors. *Sports Biomechanics*, 15(3), 357–369. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1163413>
- Milewski, M. D., Öunpuu, S., Solomito, M., Westwell, M., & Nissen, C. W. (2012). Adolescent baseball pitching technique: Lower extremity biomechanical analysis. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(5), 491–501. <https://doi.org/10.1123/jab.28.5.491>
- Mullaney, M. J., McHugh, M. P., Donofrio, T. M., & Nicholas, S. J. (2005). Upper and lower extremity muscle fatigue after a baseball pitching performance. *American Journal of Sports Medicine*, 33(1), 108–113. <https://doi.org/10.1177/0363546504266071>
- Murray, T. A., Hawkins, R. J., Cook, T. D., Werner, S. L., & Schlegel, T. F. (2001). The Effects of Extended Play on Professional Baseball Pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(2), 137–142. <https://doi.org/10.1177/03635465010290020501>
- Myrick, K. M., Pallone, A. S., Feinn, R. S., Ford, K. M., & Garbalosa, J. C. (2019). Trunk

Muscle Endurance, Flexibility, Stride Foot Balance, and Contralateral Trunk Lean in Collegiate Baseball Pitchers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(10), 2641–2647. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003292>

Ojanen, T., Rauhala, T., & Häkkinen, K. (2007). Strength and Power Profiles of the Lower and Upper Extremities in Master Throwers at Different Ages. *Strength And Conditioning*, 21(1), 216–222.

Patten Wyatt, M., & Edwards, A. M. (1981). Comparison of quadriceps and hamstring torque values during isokinetic exercise. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 3(2), 48–56. <https://doi.org/10.2519/jospt.1981.3.2.48>

Peinado Espinosa, C., Garza Cantú, J. Á., & Salas Fraire, O. (2019). Perfil de fuerza isocinética en pitchers profesionales: comparación entre pierna dominante y no dominante.

Posner, M., Cameron, K. L., Wolf, J. M., Belmont, P. J., & Owens, B. D. (2011). Epidemiology of major league baseball injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 39(8), 1676–1680. <https://doi.org/10.1177/0363546511411700>

Pugh, S. F., Kovalski, J. E., Heitman, R. J., & Pearsall, A. W. (2001). Upper and lower body strength in relation to underhand pitching speed by experienced and inexperienced pitchers. *Perceptual and Motor Skills*, 93(3 PART 1), 813–818. <https://doi.org/10.2466/pms.2001.93.3.813>

Pyne, D. B., Duthie, G. M., Saunders, P. U., Petersen, C. A., & Portus, M. R. (2006). Anthropometric and strength correlates of fast bowling speed in junior and senior

cricketers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 620–626.

<https://doi.org/10.1519/R-18315.1>

Ramsey, D. K., Crotin, R. L., & White, S. (2014). Effect of stride length on overarm throwing delivery: A linear momentum response. *Human Movement Science*, 38, 185–196.

<https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.08.012>

Scher, S., Anderson, K., Weber, N., Bajorek, J., Rand, K., & Bey, M. J. (2010). Associations Among Hip and Shoulder Range of Motion and Shoulder Injury in Professional Baseball Players, 45(2), 191–197.

Schleichardt, A., Badura, M., Lehmann, F., & Ueberschär, O. (2021). Comparison of force-velocity profiles of the leg-extensors for elite athletes in the throwing events relating to gender, age and event. *Sports Biomechanics*, 20(6), 720–736.

<https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1598479>

Sekiguchi, T., Hagiwara, Y., Momma, H., Tsuchiya, M., Kuroki, K., Kanazawa, K., ...

Nagatomi, R. (2017). Coexistence of Trunk or Lower Extremity Pain with Elbow and / or Shoulder Pain among Young Overhead Athletes : A Cross- Sectional Study, 173–178. <https://doi.org/10.1620/tjem.243.173>.Correspondence

Smidebush, M., Stewart, E., Shapiro, R., Chander, H., & Knight, A. (2019). Mean muscle activation comparison between fastballs and curveballs with respect to the upper and lower extremity. *Journal of Biomechanics*, 94, 187–192.

<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.07.036>

Solomito, M. J., Cohen, A. D., & Garibay, E. J. (2020). Influence of stride length on upper

extremity joint moments and ball velocity in collegiate baseball pitchers. *Sports Biomechanics*, 00(00), 1–10. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1809698>

Thompson, S. F., Guess, T. M., Plackis, A. C., Sherman, S. L., & Gray, A. D. (2018). Youth Baseball Pitching Mechanics: A Systematic Review. *Sports Health*, 10(2), 133–140. <https://doi.org/10.1177/1941738117738189>

Tippett, S. R. (2013). Lower Extremity Strength and Active Range of Motion in College Baseball Pitchers: A Comparison Between Stance Leg and Kick Leg. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 8(1), 10–14. <https://doi.org/10.2519/jospt.1986.8.1.10>

Varios. (2021). Liga de Béisbol Mexicano. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Liga_Mexicana_de_Béisbol#Equipos_y_mánagers_campeones

Weinhandl, J. T., Irmischer, B. S., Sievert, Z. A., & Kevin, C. (2016). Influence of sex and limb dominance on lower extremity joint mechanics during unilateral land- and-cut manoeuvres unilateral land-and-cut manoeuvres, 0414(March). <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1159716>

Yamada, Y., Yamashita, Yamamoto, Matsui, Seo, Azuma, ... Kimura. (2013). Whole-body and segmental muscle volume are associated with ball velocity in high school baseball pitchers. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 89. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s42352>

Yamanouchi, T. (1998). EMG Analysis of the Lower Extremities during Pitching in High-

School Baseball. *Kurume Medical Journal*, 45(1), 21–25.

<https://doi.org/10.2739/kurumemedj.45.21>

Yanagisawa, O., & Taniguchi, H. (2018). Changes in lower extremity function and pitching performance with increasing numbers of pitches in baseball pitchers. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(3), 430–435. <https://doi.org/10.12965/jer.1836196.098>

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Dra. Carolina Peinado Espinosa

Candidata para el grado de Especialista en Medicina del Deporte y Rehabilitación Física.

Tesis: “Velocidades de lanzamiento en *pitchers* profesionales y su relación con la fuerza isocinética de flexoextensores de rodilla”

Campo de Estudio: Ciencias de la salud y ciencias del deporte

Biografía

Datos personales: Nacida en Monterrey, Nuevo León el 20 de mayo de 1990. Hija de Olivia Espinosa Quintanilla y Francisco Peinado Alvarado.

Educación: Egresada como Médico Cirujano y Partero por la Universidad Autónoma de Nuevo León



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE MEDICINA Y HOSPITAL UNIVERSITARIO

DR. JOSÉ ÁNGEL GARZA CANTÚ.

Investigador Principal
Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación.
Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González"
Presente.-

Estimado Dr. Garza:

En respuesta a su solicitud con número de ingreso **PI20-00214** con fecha del **20 de julio del 2020**, recibida en las oficinas de la Secretaría de Investigación Clínica de la Subdirección de Investigación, se extiende la siguiente notificación con fundamento en el artículo 41 BIS de la Ley General de Salud; los artículos 14 inciso VII, 99 inciso I, 102, 109 y 112 del Decreto que modifica a la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la salud publicado el día 2 de abril del 2014; además de lo establecido en los puntos 4.4, 6.2, 6.3.2.8, 8 y 9 de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos; así como por el Reglamento interno de Investigación de nuestra Institución.

Se le informa que el Comité a mi cargo ha determinado que su proyecto de investigación clínica abajo mencionado cumple con los aspectos éticos necesarios para garantizar el bienestar y los derechos de los sujetos de investigación que la sociedad mexicana demanda, por lo cual ha sido **APROBADO**.

Titulado "**Velocidades de lanzamiento en pitchers profesionales y su relación con la fuerza isocinética de flexoextensores de rodilla**".

De igual forma el (los) siguiente(s) documento(s):

- Protocolo de investigación científica, versión 1.1 de fecha Agosto de 2020.

Por lo tanto usted ha sido **autorizado** para realizar dicho estudio en el **Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación** del Hospital Universitario como Investigador Responsable. Su proyecto aprobado ha sido registrado con la clave **MD20-00005**. La vigencia de aprobación de este proyecto es al día **30 de Septiembre del 2021**.

Participando además la Dra. Carolina Peinado Espinosa como **tesista**, el Dr. Oscar Salas Fraire, Dra. Karina Salas Longoria y el Est. Sergio Dominguez Espinoza como Co-Investigadores.

Toda vez que el protocolo original, así como la carta de consentimiento informado o cualquier documento involucrado en el proyecto sufran modificaciones, éstas deberán someterse para su re-aprobación.

Será nuestra obligación realizar visitas de seguimiento a su sitio de investigación para que todo lo anterior se encuentre debidamente consignado. En caso de no apegarse, este Comité tiene la autoridad de suspender temporal o definitivamente la investigación en

Comité de Ética en Investigación

Av. Francisco I. Madero y Av. Gonzalitos s/n, Col. Mitras Centro, C.P. 64460, Monterrey, N.L. México
Teléfonos: 81 8329 4050, Ext. 2870 a 2874. Correo Electrónico: investigacionclinica@meduanl.com



Septiembre 18, 2017



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE MEDICINA Y HOSPITAL UNIVERSITARIO

curso, todo esto con la finalidad de resguardar el bienestar y seguridad de los sujetos en investigación.

El proyecto aprobado será revisado:

1. Al menos una vez al año, en base a su naturaleza de investigación.
2. Cuando cualquier enmienda pudiera o claramente afecte bienestar y los derechos de los sujetos de investigación o en la conducción del estudio.
3. Cualquier evento o nueva información que pueda afectar la proporción de beneficio/riesgo del estudio.
4. Así mismo llevaremos a cabo auditorias por parte de la Coordinación de Control de Calidad en Investigación aleatoriamente o cuando el Comité lo solicite.
5. Toda revisión será sujeta a los lineamientos de las Buenas Prácticas Clínicas en Investigación, la Ley General de Salud, el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, la NOM-012-SSA3-2012, el Reglamento Interno de Investigación de nuestra Institución, así como las demás regulaciones aplicables.

Atentamente,
"Alere Flammam Veritatis"

Monterrey Nuevo León a 30 de Septiembre del 2017



COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

DR. med. JOSÉ GERARDO GARZA LEAL
Presidente del Comité de Ética en Investigación

Comité de Ética en Investigación

Av. Francisco I. Madero y Av. Gonzalitos s/n, Col. Mitras Centro, C.P. 64460, Monterrey, N.L. México
Teléfonos: 81 8329 4050, Ext. 2870 a 2874. Correo Electrónico: investigacionclinica@meduanl.com



Septiembre 18, 2017