

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE ORGANIZACION DEPORTIVA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**EVALUACION DE FUERZA MAXIMA DE MIEMBROS INFERIORES
EN JOVENES ACTIVOS DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTE
CON ORIENTACION EN ALTO RENDIMIENTO**

**PRESENTA
DANIELA PAOLA GUADARRAMA ARREGUIN**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. AGOSTO DE 2019

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE ORGANIZACION DEPORTIVA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACION DE FUERZA MAXIMA DE MIEMBROS INFERIORES
EN JOVENES ACTIVOS DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTE
CON ORIENTACION EN ALTO RENDIMIENTO

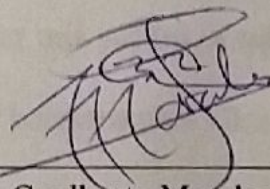
PRESENTA
DANIELA PAOLA GUADARRAMA ARREGUIN

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. AGOSTO DE 2019

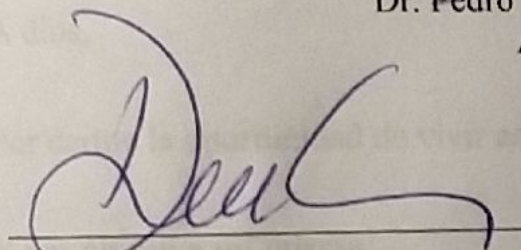
Carátula con jurado

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE
ORGANIZACIÓN DEPORTIVA SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO.

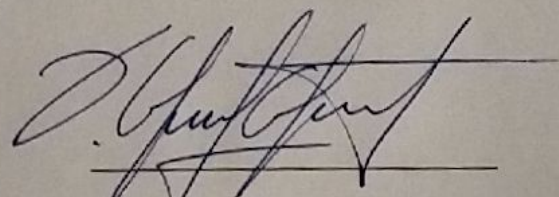
Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Reporte de Prácticas "Evaluación de fuerza máxima de miembros inferiores en jóvenes activos de la universidad de granada." Realizado por el Lic. Daniela Paola Guadarrama Arreguín, sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento.

COMITÉ DE TITULACIÓN

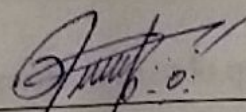
Dr. Pedro Gualberto Morales Corral
Asesor Principal



Dra. Dulce Edith Morales Elizondo
Co-asesor



Dr. Fernando Ochoa Ahmed
Co-asesor

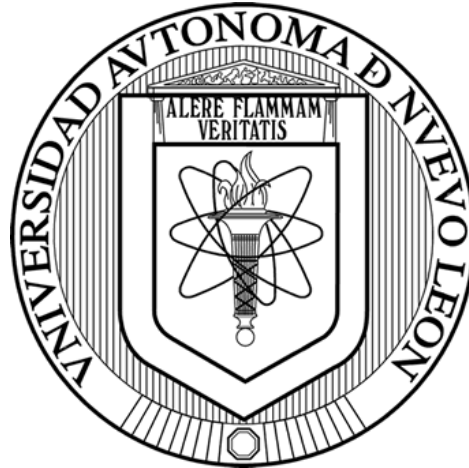


Dra. Blanca R. Rangel Colmenero
Subdirección de Estudios de Posgrado e
Investigación de la FOD

Nuevo León, Julio 2019

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**EVALUACIÓN DE FUERZA MÁXIMA DE MIEMBROS INFERIORES EN
JÓVENES ACTIVOS DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA.**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRIA EN ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTE CON ORIENTACION AL
ALTO RENDIMIENTO**

PRESENTA

DANIELA PAOLA GUADARRAMA ARREGUIN

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L

AGOSTO 2019

Carátula con jurado

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE
ORGANIZACIÓN DEPORTIVA SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO.

Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Reporte de Prácticas “Evaluación de fuerza máxima de miembros inferiores en jóvenes activos de la universidad de granada. ” Realizado por el Lic. Daniela Paola Guadarrama Arreguín, sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento.

COMITÉ DE TITULACIÓN

Dr. Pedro Gualberto Morales Corral
Asesor Principal

Dra. Dulce Edith Morales Elizondo
Co-aseso

Dr. Fernando Ochoa Ahmed
Co-asesor

Dra. Blanca R. Rangel Colmenero
Subdirección de Estudios de Posgrado e
Investigación de la FOD

Nuevo León, Julio 2019

Dedicatoria

Lo dedico a ese día,

A ese día que decidí seguir una de mis más grandes pasiones, porque al hacerlo hizo valer cada sacrificio, cada entrenamiento, cada tramo, cada caída.

Porque el inicio nunca fue fácil, pero con cada obstáculo venían las ganas de superarlo y con él, la motivación de seguir dando lo mejor de mi cada día, para que al despertar estuviera más cerca de mis metas, haciendo de esta experiencia la mejor aventura.

A mis padres,

Que con mucho cariño y amor siempre han estado a mi lado durante toda mi vida apoyándome y alentándome a realizar mis sueños, a mis hermanos a quienes amo y que siempre me motivan a ser una mejor hermana para ellos.

A dios,

Por darme la oportunidad de vivir esta experiencia.

Y por último a mí misma,

Por todos los días que despertaba a las 5 am y prometía dar lo mejor de mí al hacer cada tarea con la mayor intensidad posible, porque de donde estas ahora a dónde quieres llegar solo hace falta dar un salto para conseguirlo, sabiendo que la única opinión que importa es la tuya, porque al final solo tú decides como se escribe tu historia.

“Todo aquello que puedas o sueñes hacer, comiéndalo. La audacia contiene en si misma genio, poder y magia” –Goethe.

Agradecimientos.

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco a mis hermanitos Sofía y Emilio, mi tía Leslie, mi abue Rosi y a mi tía Mily y su familia que sin su ayuda y hospitalidad esto no hubiera sido posible, de esta forma hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

Gracias A mis padres Héctor e Ivonne, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, a mi madre por la llegada de sus cafés que para mí era como agua en el desierto; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mí, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias a mi maestro y asesor Dr. Pedro Morales Corral que con ánimos me alentaba a continuar con este proyecto aclarando mis dudas, gracias a la Dra. Dulce Morales Elizondo por estar presente como mi co-asesora en las cuales sus atenciones y apoyo fueron fundamentales. Nuevamente a mi co-asesor el Dr. Fernando Ochoa Ahmed por ser un excelente profesor durante mi maestría cuyas clases y conocimientos llevaré presentes en mi memoria.

Dra. Blanca R. Rangel Colmenero subdirectora de Estudios de Posgrado e Investigación de la FOD, Dra. Rosa María Cruz Castuitra coordinadora del programa de maestría, Zaida Iveth Chávez Mancilla de la coordinación de becas, quienes gracias a sus esfuerzos hacen este programa posible.

De igual manera quiero externar mi más profundo agradecimiento al Dr. Juan Carlos de la Cruz de la Universidad de Granada y a Gabriel Delgado del Instituto Mixto de Salud y Deporte (IMUDS) y a todo el equipo de trabajo que con su apoyo, conocimiento y hospitalidad mi estancia y prácticas profesionales en Granada fue posible.

A mi entrenador Edgar Treviño quien me abrió las puertas del equipo Tigres de Velocidad y me motivaba todos los días, pero principalmente por brindarme su apoyo y creer en mi capacidad haciendo de esa temporada una de las mejores de mi vida.

FICHA DESCRIPTIVA

Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Organización Deportiva

Fecha de Graduación: Agosto 2019

DANIELA PAOLA GUADARRAMA ARREGUIN

Título del Reporte de prácticas: **EVALUACIÓN DE FUERZA MÁXIMA DE MIEMBROS INFERIORES EN JÓVENES ACTIVOS DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA.**

Número de Páginas: 58.

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento.

Resumen del reporte de prácticas:

La búsqueda de métodos para la prevención de lesiones tanto en el ámbito clínico como en el deportivo, ha llevado a la ciencia y la tecnología a indagar más acerca de cómo complementar medidas de control y prevención. El objetivo principal de la presente investigación fue establecer la utilidad de un salto contra movimiento CMJ por sus siglas en inglés (Counter Movement Jump) sobre una plataforma de fuerza (Kristler tipo 9260AA 60 x50 cm) en 24 sujetos universitarios con niveles de actividad física moderada, para ayudar a los profesionales en un modelo de evaluación en atletas que pudieran presentar probabilidades de desarrollar lesiones musculares relacionadas con asimetrías de la fuerza bilateral en miembros inferiores, con la finalidad de complementar las valoraciones físicas tradicionales.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL: _____

*Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor,
la electricidad y la energía atómica: la voluntad.*

(Albert Einstein)

Tabla de contenido

Introducción	1
Planteamiento del Problema.....	7
Justificación	9
Antecedentes Teóricos y Empíricos.....	12
Capacidades Físicas	12
Resistencia	12
Velocidad.....	13
Flexibilidad	13
Fuerza.....	13
Características Fisiológicas de la Fuerza.....	14
Fibras musculares.....	14
Manifestaciones de la Fuerza.....	15
Fuerza máxima	16
Fuerza rápida.....	16
Fuerza explosiva.....	16
Relación fuerza- tensión.....	17
Contracción Muscular	18
Contracciones isotónicas.....	18
Concéntrico	18
Excéntrico	19
Isométrico.....	19
Ciclo de Estiramiento Acortamiento	19

Valoración de la Fuerza.....	21
Plataformas de Fuerza	23
Lesiones Musculares	24
Antecedentes de Otros Estudios.....	25
Caracterización	28
Propósito u Objetivos	29
Objetivos Generales.	29
Objetivos Específicos.	29
Tiempo de Realización.....	30
Estrategias y Actividades	31
Recursos	33
Producto	34
Conclusiones.....	36
Referencias.....	37
Anexos.....	51

Índice de Tablas

Tabla 1 Ejemplificación de la intervención	30
Tabla 2 Relación entre el promedio de pierna derecha y pierna izquierda	34
Tabla 3. Prueba t para la igualdad de medidas.....	34

Índice de Figuras.

Figura 1 variables del salto vertical.	22
Figura 2. Cinta de correr Woodway Pro X12.	33
Figura 3.Inbody 230.	33
Figura 4 Plataformas de fuerza triaxial, portátil de 5kNde 60x50 (amti or5-6).....	33
Figura 5 Grafico diferencia miembros inferiores (izquierda y derecha).	35

Índice de Anexos

Anexos A. Consentimiento informado.....	51
Anexo B. Datos crudos de la plataforma de fuerza.....	58

Resumen

La búsqueda de métodos para la prevención de lesiones sigue siendo un tema recurrente y de extrema importancia tanto en el ámbito clínico como en el deportivo, por los altos costos de tratamiento, así como la urgencia de readaptarse nuevamente a la práctica lo cual puede originar recaídas en lesiones suponiendo una pérdida de tiempo, sin mencionar las pérdidas económicas tanto para el individuo como en el caso del deporte profesional a la institución, club o federación que represente. El objetivo principal de la presente investigación fue establecer la utilidad de un salto, contra movimiento (CMJ), sobre una plataforma de fuerza (Kristler tipo 9260AA 60 x50 cm) en 24 sujetos universitarios con niveles de actividad física moderada. Estas evaluaciones tendrán como propósito identificar asimetrías mediante el valor de la fuerza máxima.

Introducción

El aparato locomotor humano está formado por el sistema osteoarticular (huesos, articulaciones y ligamentos) y el muscular (músculos y tendones).

Las extremidades inferiores, además de soportar el peso del cuerpo, son las principales responsables de su desplazamiento, lo que sin duda las convierte en candidatas preferentes a presentar todo tipo de lesiones y traumatismos (Garrote, & Bonet, R., 2003). La práctica de ejercicio físico y actividades deportivas son uno de los principales elementos de ocupación del tiempo libre y ocio, adquiriendo un importante desarrollo en las últimas décadas, lo cual ha propiciado un aumento paralelo en la aparición de lesiones entre los practicantes (Moreno, Rodríguez & Seco, 2007). Un estudio llevado a cabo encontró que las lesiones deportivas presentan mayor incidencia en edades en las cuales es más frecuente la práctica del ejercicio físico y deporte de competición es decir, la segunda y tercera década de la vida (Moreno. et al.2007). Otros estudios reportaron que la mayor incidencia de lesión oscilaba entre los 15 y los 25 años edad (Nicholl, Coleman, Williams, 1991).

Las lesiones musculares se clasifican, según el mecanismo de lesión, en extrínsecas o intrínsecas. Las lesiones extrínsecas, por contusión con el oponente o con un objeto, se clasifican según la gravedad en leves o benignas (grado I), moderadas (grado II) o graves (grado III) pueden coexistir con laceración o no (Raco, 2009).

Las lesiones intrínsecas, por estiramiento, se producen por la aplicación de una fuerza tensional superior a la resistencia del tejido, cuando éste está en contracción activa (contracción excéntrica), estas se verán afectadas por la fuerza y la velocidad con que se aplica la tensión modificando las propiedades visco elásticas del tejido, cambiando la susceptibilidad a la rotura, también puede influir la fatiga local y la temperatura tisular (Raco, 2009).

El 80% de las lesiones sufridas durante la práctica del deporte comprometen los tejidos blandos, tales como músculos, tendones, ligamentos y articulaciones. Las fracturas o los daños a órganos internos son responsables del 20% restante. A su vez las lesiones deportivas afectan con mayor frecuencia a las extremidades inferiores, en porcentajes que oscilan entre el 50 y el 86 %, siendo el fútbol, baloncesto, atletismo y rugby los deportes con mayor incidencia. Las tasas varían entre 1,7 y 53 lesiones por 1.000 horas de práctica deportiva, entre 0,8 y 90,9 por 1.000 horas de entrenamiento, entre 3,1 y 54,8 por 1.000 horas de competición y de 6,1 a 10,9 por 100 juegos, ocurriendo con mayor probabilidad en las competencias que en el entrenamiento (Osorio , 2007). Reportando a las articulaciones del tobillo y la rodilla como las más involucradas (Garrick& Requa, 1988)

La combinación de complejas funciones realizadas en el deporte podría inducir a la fatiga o la aparición de desequilibrios musculares (Daneshjoo,et al 2013; Faude, et al 2006; Stolen, et al , 2005). Por (Rojas-Valverde, et al 2016) desencadenando consecuentemente la aparición o el riesgo de lesión (Croisier et al. 2002). Al realizar estas acciones motoras voluntarias existe una tendencia de usar preferentemente un lado de nuestro cuerpo, esta es observada entre las personas que presentan el uso de una mano o un pie específico asociado a una habilidad motora (Serrien, et al, 2006).

Carpes y et al 2010 definieron el término de preferencia lateral, en función a la tendencia de usar un determinado lado del cuerpo para realizar una acción motora. En contraste, la dominancia lateral también sugiere la especialización funcional de los hemisferios cerebrales izquierdo o derecho (Hebbal et al 1989). Este comportamiento lateralizado podría estar vinculado desde la etapa de gestación temprana influyendo posteriormente en el desarrollo de

asimetrías en el rendimiento (McCartney et al 1999). Sin embargo se necesitan más estudios para correlacionar la lateralidad desde el nacimiento del individuo.

Por otra parte la lateralización se ha asociado a otros factores, que no solo consideran el factor genético como principal promotor de la lateralidad, Ashton (1982) sugirió un porcentaje de 80 % a 90 % para las condiciones ambientales posnatales y solo un 10 % a 20% para las genéticas en los individuos. Más autores han relacionado la influencia de otros factores como la complejidad de la tarea (Lissek et al., 2007; Serrien et al., 2006), el género (Amunts, et al 2000; Lissek et al., 2007) y características en el desarrollo (Boles, Barth, & Merrill, 2008). Otras pueden deberse a un origen traumático, conduciendo al individuo a un patrón de acción unilateral y cambio en la dominancia funcional de las extremidades (Wennerfeldt, 2013) lo cual involucra sistemas compensatorios, técnicas de movimiento y posturas (Maupas, et.al.2000).

En el deporte es más recurrente y notable encontrar este tipo de anomalías. Un estudio observacional, descriptivo, transversal, cuya población objetivo eran esgrimistas, presentaban déficits y asimetrías morfo funcionales, aunado a mayores perímetros y áreas musculares, principalmente del brazo y antebrazo en tiradores de élite condicionados por la unilateralidad en el uso del arma (Goldberg, et al 1995) por (Iglesias, et al 2011). Además de alta incidencia de lesiones en el isquiotibial como músculo agonista de la ejecución del movimiento ofensivo más utilizado en esgrima: el fondo (Iglesias, et al 2011). Otro ejemplo se encuentra en el pase y remate del fútbol donde existe una mayor utilización del segmento dominante sobre el no dominante (Faude, K, 2006; Newton et al., 2006; Wyatt & Edwards, 1981) por (Iglesias, et al 2011).

Según (Bennel et al., 1998; Carpes, et al , 2010; Croisier et al.,2002; Seeley, et al , 2010) los desbalances musculares aparecen cuando la diferencia entre el porcentaje de simetría entre un

hemicuerpo y otro se encuentran entre 10% y 15%, lo que ocasiona un aumento en el riesgo de sufrir una lesión.

Encontrar el déficit funcional podría permitir el correcto control y la efectividad de los programas de rehabilitación y prevención tanto para deportistas como para no deportistas (Franco et al 2007). Los métodos más comunes para la evaluación de la fuerza y las asimetrías bilaterales de los miembros inferiores incluyen dinamometría isocinética de extensión de rodilla (Croisier, et al , 2008; Maupas, et al 2000;Knapik, Bauman, et al 1991;Petschnig, et al 1998) caracterizado por la velocidad angular constante durante un movimiento de cadena cerrada a menudo de una única articulación, sin embargo en los movimientos deportivos las velocidades angulares varían constantemente y de forma múltiple (Menzel et al, 2013). Aunque las ventajas de las pruebas isocinéticas son bien conocidas, y continúan siendo más comúnmente aplicadas durante el proceso de rehabilitación, evaluación y entrenamiento de la fuerza (Croisier et al, 2008; Ostenberg, et al 1998; O'zcarar, et al 2003; Zakas, 2006) parece importante investigar qué variables de las diferentes pruebas son relevantes para evaluar la asimetría de fuerza bilateral (Menzel et al, 2013).

Las pruebas funcionales se han integrado como método de evaluación ya que en ellas se pretende que se ejecuten movimientos similares al rendimiento en los deportes o a las tareas que se emplearan biomecánicamente hablando, a menudo estas mediciones funcionales nos aproximan a calcular estas anomalías musculares.

La forma utilizada más comúnmente por diferentes literaturas son los saltos verticales debidos a su alta reproducibilidad y simplicidad, ya que la prueba es adecuada para condiciones de laboratorio y de campo. (Newton et al. 2006), (Jordan et al 2015), (Bishop C , et al 2018).

Bosco et al. En 1983 concluyó que la prueba de salto parece adecuada para evaluar la potencia de los músculos extensores de la pierna así como la energía elástica de los miembros inferiores. Consiguiendo convertirse en uno de los indicadores de la condición física, a partir del estado de rendimiento de los deportistas, esto sin olvidar la importancia para el desarrollo de la motricidad y la salud ya que contribuye a mejorar las propiedades cardiovasculares, fortaleciendo músculos y huesos mejorando la flexibilidad, agilidad y la coordinación dinámica, así como la fuerza, potencia y el equilibrio (Aragon-Vargas, et.al 1997)., (Jiménez-Reyes, et al 2011).

Menzel et al en 2013 confirman que la medición de asimetrías bilaterales medida por las pruebas isocinéticas también puede ser identificada por las variables cinéticas de pruebas de salto vertical en una plataforma de fuerza. Las variables en las pruebas isocinéticas más comunes son el pico torque (PT) a diferentes velocidades angulares. (60° , 180° y 300°). Por otra parte el salto es considerado un movimiento básico para muchos deportes por los patrones de movimiento que implica en diferentes disciplinas, convirtiéndolo en un método muy conveniente de evaluación para los entrenadores e investigadores en cuestión, complementando de esta manera a las evaluaciones isocinéticas y otras medidas de control (Impellizzeri et al , 2007).

En el caso de la prueba de salto vertical sobre plataforma de fuerza, generalmente se toma en cuenta la fuerza de reacción máxima en el suelo (fuerza máxima) ya que se ha comprobado ser la única variable analizada para determinar diferencias bilaterales (Newton, et al. 2006), (Impellizzeri, et al , 2007).

Entre los saltos verticales el salto con contra movimiento (CMJ) por sus siglas en inglés *Countermovement Jump* representa la suma de los momentos de fuerza de las articulaciones en

las cuales implica aceleraciones articulares, de esta manera resulta conveniente su utilización para la evaluación de movimientos de la cadena cinética abierta y de las acciones dinámicas, pudiendo con esto representar de manera adecuada a las asimetrías de fuerza proyectadas sobre una plataforma de fuerza con el objetivo de obtener la fuerza de reacción del suelo (GFR) por sus siglas en inglés *Ground Reaction Force* además de exigir el ciclo de acortamiento del estiramiento por la misma naturalidad del movimiento en el salto (Gantiraga et al., 2006) (Hatze, 1998; Ugarkovic y col., 2002).por (Jiménez-Reyes et al, 2011).

Planteamiento del Problema

La necesidad de establecer métodos y herramientas de evaluación complementarias para la estimación, comprensión detección y diagnóstico de asimetrías en las fuerzas bilaterales en miembros inferiores para ayudar a los profesionales en la planificación y que pueda ser aplicable al control dentro del entrenamiento deportivo a través del análisis de las variables cinéticas de un salto contra movimiento (CMJ).

La tasa incidencia de lesiones es un tema de interés para cualquier entrenador o dirigente deportivo, ya que estas repercuten negativamente en las bajas de los atletas afectando directamente las estadísticas ya sea en deportes por equipos o individual así como los intereses sociales y económicos de los deportistas o las instituciones a las que pertenece.

Las lesiones musculares más recurrentes se presentan como desgarros y calambres musculares, siendo la región de los isquiotibiales la más involucrada, afectando con mayor frecuencia a eventos de potencia explosiva, combinados, sprints y obstáculos. En el caso del deporte estas lesiones se estima que ocupen una pérdida de tiempo de competencia durante la temporada del 58.5% y 67.3% de todas las lesiones para atletas masculinos y femeninos respectivamente. Cuando las lesiones son moderadas el atleta puede perder de 8 a 28 días aproximadamente, afectando con esto la continuidad de su entrenamiento o temporada competitiva (Douard , et al 2016). En un estudio reciente (Comisión Nacional de Cultura Física y Deporte, 2017) emitió un comunicado donde las lesiones son el principal objetivo a vencer para el desarrollo oportuno de los atletas, destacando los deportes en conjunto y de contacto como los más vulnerables. Motivo por el cual la evaluación muscular de las fuerzas bilaterales en miembros inferiores resultará imprescindible para la detección de posibles desequilibrios musculares tanto en el ámbito deportivo como en la salud. Constatando de esta manera la

importancia de evaluaciones al inicio, y durante la temporada como información valiosa para la correcta rehabilitación, prevención y atención de los atletas.

Justificación

Las diferencias bilaterales en relación con el índice de lesión en atletas sigue presente principalmente en miembros inferiores, siendo uno de los principales factores de deserción en la actividad de manera temporal o permanente. Los costos económicos que representa a equipos profesionales la pérdida de jugadores por evento a causa de lesión y su tratamiento son cada vez más altos, además de mermar el objetivo competitivo y de rendimiento del atleta, llegando a comprometer su carrera deportiva.

Un ejemplo es el costo que las lesiones representan a las ligas europeas de fútbol, ya que suponen gastos estimados de unos 15 millones de euros por club al año. Se calcula que cada año los clubes pierden el equivalente al 10% y al 30% de sus plantillas por lesiones (2018) por *Internacional*. Sugiriendo el ahorro que supondría la reducción del número de lesiones.

El importante desarrollo que ha tenido el deporte en la última década ha permitido la innovación de diferentes tecnologías y ramas de la ciencia, una de las ciencias que es complementaria en el deporte es la biomecánica, ya resulta imprescindible para el análisis de la práctica deportiva, ya sea para desarrollar técnicas de entrenamiento, prevención y control así como complementos, materiales o equipamiento, con el propósito de alcanzar el óptimo rendimiento deportivo.

Cuando hablamos de alto rendimiento, el éxito consiste en llevar en orden la planificación tanto deportiva como de alimentación para tratar de llegar al estado óptimo competitivo y eliminar cualquier factor que pudiera intervenir y mermar la progresión, que para su efecto deberá considerar la prevención de lesiones durante el proceso precompetitivo ya que son la principal causa de deserción y retroceso de planeación.

En cuanto al control de lesiones a causa de diferencias bilaterales en miembros inferiores recurrentemente se utiliza el dinamómetro isocinético a diferentes velocidades angulares (60°, 180° y 300°) para identificar posibles desbalances entre el musculo del flexor y el extensor de la rodilla respectivamente, sin embargo encontramos que debido a que equipos e instituciones de diferentes índoles no cuentan con el recurso o la facilidad económica para adquirir este tipo de equipos , se debe considerar otro tipo de pruebas que ayuden a la identificación de posibles desbalances musculares, y estos a su vez puedan ayudar a intervenir de manera oportuna para evitar riesgo o posibles lesiones.

Para efectos del estudio se consideró el salto como una medida de evaluación funcional adecuada y adaptable para cualquier disciplina, ya que se muestra como una tarea simple precisa y objetiva, aplicada para comprender el control motor humano de un sistema multiarticular, compuesto por fuerza, velocidad, y agilidad, el cual se caracteriza por realizar esfuerzos cortos de carácter explosivo. Para efectos del estudio se utilizó un salto contra movimiento (CMJ) ya que el impulso y la fuerza máxima durante el CMJ en una plataforma de fuerza parecen ser variables adicionales apropiadas para la identificación de diferencia bilateral de la fuerza en miembros inferiores. Este tipo de evaluaciones sirven como medidas de control que pueden ser utilizadas por los profesionales de la salud para intervenir de manera oportuna y realizar las medidas correctivas pertinentes.

El establecer un control y medición progresiva de los atletas tendrá como objetivo detectar factores que puedan intervenir y pausar su carrera deportiva misma que se traduce en pérdida de tiempo además de representar un costo monetario para la institución que lo representa.

Con el tiempo el objetivo de estas evaluaciones es estandarizar una herramienta que permita realizar una valoración práctica y accesible tanto para instituciones públicas como privadas, que pueda contribuir para el adecuado desarrollo y rendimiento del atleta complementaria al diagnóstico , y prevención.

Antecedentes Teóricos y Empíricos

Capacidades físicas

Se entienden como capacidades principales de rendimiento para la ejecución de acciones motoras a la resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad y coordinación, mismas que propician el desarrollo del atleta o de la persona y contribuyen en el desempeño tanto deportivo como en tareas físicas de la vida cotidiana. Estas a su vez están clasificadas como capacidades condicionales y coordinativas. Las capacidades condicionales se basan sobre todo en procesos energéticos mientras que las coordinativas en procesos de regulación y conducción del sistema nervioso central. Sin embargo cabe aclarar que esta clasificación se plantea por razones de sencillez, ya que ambas coexisten y son complementarias, entendiéndose más bien que en instantes habrá predominancia una sobre la otra. (Weineck, 2005a)

Resistencia. Hegedus en 2001 la resistencia como la capacidad psicofuncional compleja que se puede conceptualizar como la capacidad para oponerse a la fatiga. (Weineck

2005a). La resistencia ofrece un retraso a la aparición de la fatiga, al tiempo que permite una mayor tolerancia de esta, efecto que puede resultar útil para posibilitar realizar un mayor número de esfuerzos específicos generando adaptaciones metabólicas y fisiológicas que ocasionan los ejercicios prolongados o repetitivos. La resistencia se puede expresar en resistencia de fuerza, resistencia a la velocidad y resistencia a la fuerza rápida (Platonov, 2001, Weineck, 2005a)

Velocidad. Definida como la capacidad de efectuar acciones motoras en un tiempo mínimo, determinado por las condiciones dadas, sobre una base doble: la movilidad de los procesos en el sistema neuromuscular y la capacidad de la musculatura para desarrollar la velocidad determinada según la opinión general en mayor medida por el componente genético del individuo (Frey, 1977),. afectando la inervación y distribución de las fibras musculares, siendo una capacidad físico coordinativa de entrenabilidad limitada. Se dice que se clasifican en forma pura si se habla en velocidad de reacción, acción y frecuencia, donde dependen del sistema nervioso central incluyendo el factor genético y de forma compleja si se clasifica como: velocidad de la fuerza, resistencia de la fuerza rápida y resistencia de la velocidad máxima, dando a entender que esta clasificación está ligada a otro factor condicional que es la fuerza y la resistencia (Martin et al., 2004b; Platonov, 2001d; Weineck, 2005d)

Flexibilidad. Es la capacidad pero también cualidad del deportista que le permite efectuar movimientos de una gran amplitud de recorrido, por sí mismo y bajo el influjo de fuerzas de apoyo externas, en una o en varias articulaciones (Weineck, 2005e). Tiene dos componentes la “movilidad articular” que es solo aquella que está relacionada con la estructura de la articulación, y “la capacidad de estiramiento” que estará relacionada con los músculos, tendones, ligamentos y el aparato capsular. (Frey, 1977,). Importante para cualquier tipo de entrenamiento la flexibilidad se puede efectuar al principio de la sesión o en la preparación inmediata de la competición, en la “sección de calentamiento”, factor indispensable relacionado con la profilaxis de las lesiones. (Martin et al., 2004d; Platonov, 2001a; Weineck, 2005e).

Fuerza. Es la capacidad de un músculo o un grupo de músculos determinados para generar una fuerza muscular bajo condiciones específicas, de modo que dependerá de procesos

neuromusculares de músculos determinadamente contraídos por una estimulación nerviosa efectiva (Siff, & Verkoshansky, 2000b).

Características fisiológicas de la fuerza. Los estudios con respecto al tipo de fibra muscular y herencia genética han sido un tema de amplio interés en el deporte, el estudio y conocimiento de estos conceptos han permitido explicar ciertas causalidades en eventos deportivos, así como facilitar el desarrollo favorable del entrenamiento y el aprovechamiento específico de las cualidades del atleta (Sánchez, Campuzano, Iglesias, & Brugada, 2009).

Fibras musculares. La clasificación de las fibras musculares se realiza en función del tipo de miosina presente en la célula y de la velocidad de acortamiento de la fibra (Schiaffino, & Reggiani 2011). El tipo de miosina presente en la fibra es el principal determinante de la velocidad de contracción de la célula debido a que la miosina es el motor de la contracción. Se reconocen en los mamíferos cuatro tipos de fibras musculares: fibras de tipo I, que son de contracción lenta, y fibras de tipo II de contracción rápida de las cuales existen tres subtipos: IIA, IID o IIX y IIB. Sin embargo en los seres humanos encontramos fibras de los tipos I, IIA y X. Los distintos tipos y subtipos de fibras presentan diferentes isoformas de miosina y velocidad de contracción diferenciándose en su metabolismo, la capacidad de almacenamiento de calcio así como su distribución entre otras (López-Chicharo, 2006).

Fibras tipo I. Denominadas como fibras del tipo oxidativas, lentas o ST, también pudiéndose referir a ellas como tipo de fibras aeróbicas o rojas. Son fibras que hidrolizan el ATP más lentamente para contraerse. Sin embargo se caracterizan por tener una mayor resistencia a la fatiga, permitiendo un ahorro energético debido a que presentan elevadas cantidades de mioglobina que permite captar gran cantidad de O₂ sanguíneo, oxidando sustratos energéticos a través del ciclo de los ácidos “tricarboxílicos o ciclo de Krebs” y de fosforilación oxidativa,

mientras que la utilización de la glucólisis por obtención de ATP es menor. El sistema contráctil de las fibras tipo I se dispone en miofibrillas, que son más escasas que en las fibras tipo II, con lo que queda una mayor proporción de sarcoplasma libre. Las fibras de tipo I se reclutan durante ejercicios de baja y media intensidad con periodos de tiempo superiores a los 180 segundos (3 minutos) (López- Chicharo, 2006).

Fibras tipo IIA. Denominadas también como fibras blancas o anaeróbicas se caracterizan por presentar una velocidad de contracción de tres a cinco veces mayor que las tipo I, y a diferencia de estas las fibras tipo II son más dependientes de la glucólisis como fuente de energía y con menor predisposición relativamente hablando con respecto al metabolismo oxidativo, presentando una menor densidad mitocondrial y de menor tamaño, por consecuencia su metabolismo es más rápidamente fatigable. El reclutamiento de fibras se presenta durante la ejecución de ejercicios de alta intensidad en periodos cortos de tiempo que no superan los 180 segundos (3 minutos) las fibras del tipo IIA las que se reclutan inicialmente seguidas de las fibras IIX (López - Chicharo, 2006).

Fibras tipo IIX. También denominadas como fibras intermedias por tener un metabolismo anaeróbicas-aeróbicas. (Weineck, 2005c,) (López - Chicharo, 2006).

Manifestaciones de la Fuerza

Según Jürgen Weineck, Dentro de la fuerza existen diferentes formas de manifestación que se pueden examinar en todo momento desde el punto de vista de fuerza general y específica. La fuerza general se compone de todos los grupos musculares independiente de la modalidad deportiva practicada y por otro lado encontraremos que la fuerza específica será el conjunto de grupos musculares que participan en un determinado movimiento muscular consecuencia de una manifestación típica de una modalidad determinada.

Debemos de entender a la fuerza como una capacidad matizada y no absoluta, considerando tres formas principales: la fuerza máxima, la fuerza rápida y la resistencia de la fuerza. (Letzelter, 1972 ,Harre, 1976, Martin, 1977, Frey, 1977,).

Fuerza máxima. Será la capacidad de máxima fuerza posible del sistema neuromuscular que sea aplicada al ejercer una contracción máxima voluntaria, esta dependerá de la sección transversa fisiológica del musculo, la coordinación intermuscular y la coordinación intramuscular. Dentro de la fuerza máxima a la fuerza máxima estática y fuerza máxima dinámica. La fuerza máxima estática según Frey (1997) es aquella fuerza neuromuscular máxima ejercida en contracción voluntaria contra una resistencia insuperable. Mientras que la fuerza máxima dinámica, será aquella capacidad neuromuscular máxima ejercida en contracción voluntaria dentro de una secuencia motora (Weineck, 2005c,).

Fuerza rápida.Influida por la capacidad del sistema neuromuscular para mover un cuerpo, o las partes del cuerpo de manera aislada (p.ej. brazos, piernas) u objetos con velocidad máxima teniendo en cuenta la estructura, inervaciones, ángulos, tipo de trabajo y la coordinación intra e intermuscular del individuo. Dentro de la metodología del entrenamiento se distingue la fuerza inicial la cual será definida como la capacidad para movilizar el mayor número de unidades

Fuerza explosiva. Mientras que la fuerza explosiva será la capacidad de efectuar un recorrido ascendente de la fuerza lo más pronunciado posible entendiéndose como el incremento de fuerza por unidad de tiempo. Concluyendo que a escasas resistencia predominara la fuerza inicial y al ir aumentando de carga así como al prolongarse la aplicación de la fuerza será la fuerza explosiva quien predomine y finalmente a cargas muy elevadas la fuerza máxima será la protagonista. (Weineck, 2005c).motoras al comienzo de la contracción. Sin embargo esta

dependerá en gran medida de factores específicos de la modalidad y del entrenamiento (Duchateau, 1992, Weineck, 2005c).

Resistencia de fuerza. Harre en 1976 lo definió como la capacidad del organismo para soportar la fatiga con rendimientos de fuerza prolongados. Los criterios de la resistencia de la fuerza son la intensidad del estímulo dado en porcentaje resultado de la fuerza en la contracción máxima y el volumen del estímulo ósea la suma de las repeticiones.

Concluyendo que la fuerza en sus diferentes manifestaciones (velocidad, fuerza, resistencia) será uno de los factores determinantes para el rendimiento en casi todas las modalidades, ya sea para perfeccionar las condiciones técnico- físicas, así como la preparación física general, contribuir a una mejor tolerancia a la carga, también como entrenamiento compensatorio para fortalecer músculos antagonistas y grupos musculares descuidados. Además una musculatura bien desarrollada constituye una protección del aparato locomotor contribuyendo a la profilaxis de lesiones. (Weineck2005c, Siff, M., & Verkoshansky, 2000b). Se ha demostrado que la participación de los mecanismos puede variar en diferentes tipos de movimientos identificando que la fuerza que un músculo puede realizar durante una velocidad constante es mayor durante acciones de tipo excéntrico (elongamiento muscular) (Chicharo. & Vaquero; 2006).

Relación fuerza- tensión.

El mecanismo intrínseco para la generación de fuerza es el deslizamiento de los filamentos delgados con carga a la que estén unidos. La energía para realizar el desplazamiento de estas masas se obtiene de las moléculas de ATP, que son hidrolizadas por las enzimas ATPasa miofibrilar en un proceso cíclico conocido como “ciclo de los puentes cruzados”. La fuerza generada por una fibra está relacionada con el número de puentes cruzados activos en un

momento determinado, de esta forma a mayor grado de fuerza, más número de puentes cruzados se necesitan para sostenerla. Es importante mencionar que el resultado neto de estos cambios en el número potencial de puentes cruzados, es que la tensión generada por la sarcómera está influenciada por la longitud sarcomérica (Huxley, 1996; Sale, 2002; Knutgen y Kraemer, 1987; Komi1986; Gonzales & Ribas, 2002; Enoka2002; Zatsiorski, 2001). De (Chicharo. & Vaquero; 2006).

Contracción Muscular

La contracción muscular es el resultado de la estimulación del músculo esquelético al realizar un movimiento donde este tiende a activar determinados músculos y según el caso a acortarse alrededor de un eje longitudinal generando una tensión, realizando una transición de acortamiento –alargamiento actuando músculos agonistas y antagonistas respectivamente. En consecuencia se distinguen diferentes tipos de contracción en base a la función, a la modificación de la longitud, y del carácter constante o no de la velocidad de contracción aunado a la liberación de energía (ATP). (Billat, 2002).

Contracciones isotónicas. Se denominan contracciones isotónicas a aquellas contracciones que desde el punto de vista fisiológico las fibras musculares además de contraerse modifican su longitud. Estas son las más comunes en los deportes, actividades físicas y actividades correspondientes a la vida diaria. Las contracciones isotónicas se dividen en concéntricas y excéntricas. (Billat, 2002).

Concéntrico. Una contracción concéntrica ocurre cuando el musculo desarrolla suficiente tensión para vencer una resistencia, en resumen los puntos de inserción del musculo se aproximan, se juntan unidades contráctiles y aparece un acortamiento muscular. Como

ejemplo de una contracción concéntrica es cuando se dobla el brazo para llevar algo a la boca y la contracción concéntrica será observada en el bíceps al ejecutar el movimiento. (Billat, 2002).

Excéntrico. Las contracciones excéntricas se producen cuando la tensión producida por los puentes cruzados es menor que la resistencia externa y el músculo en respuesta aumenta su longitud, de igual manera se puede interpretar como cuando una resistencia dada es mayor que la resistencia ejercida por un músculo determinado desarrollando tensión al extender su longitud en los puntos de inserción de un músculo (alargándose). Por ejemplo podemos tomar el de llevar el vaso de la boca para apoyarlo en la mesa, de esta forma se estaría realizando una contracción excéntrica por el bíceps braquial. (Billat, 2002).

Isométrico. Es el resultado del mantenimiento de la tensión muscular estática, ya que el músculo permanece estático, sin producir una modificación al músculo sin acortarse ni alargarse, pero generando una tensión muscular constante. (Billat, 2002).

Ciclo de Estiramiento – Acortamiento

Una de las propiedades más características de la función muscular es la optimización de la potencia muscular en los movimientos de ciclo estiramiento - acortamiento. En la década de los sesenta, el profesor Rodolfo Margaria, fue el primero en hablar de la relevancia del denominado ciclo estiramiento – acortamiento (CEA), donde demostró que una contracción concéntrica precedida de una excéntrica podía generar mayores niveles de fuerza que una contracción concéntrica aislada (Faccioni, 2002), aquí la influencia e importancia de sus trabajos que influyeron para que en 1966 Vladimir Zatsiorsky acuñara por primera vez la palabra “polimétrico” para referirse a la secuencia excéntrica-contracción concéntrica, derivado del reflejo de estiramiento (reflejo miotático) en las acciones de tipo explosivo. Posteriormente en la década siguiente los estudios de Zanoon, Bosco, Cavagna, Komi, Verkhoshanski entre otros,

fueron decisivos para demostrar los beneficios que se producían al integrar ejercicios polimétricos mismos que permitieron aplicar estos principios a la metodología concreta del entrenamiento, aplicándose en diferentes

Características del ciclo acortamiento. Estiramiento. Cuando las tres acciones se producen de manera continua en este orden: excéntrica – isométrica concéntrica, y en el tiempo de transición entre la fase excéntrica y concéntrica es muy corto da lugar a una acción múltiple denominada ciclo de acortamiento estiramiento (Gonzales Badillo, 2000a, Gonzales-Badillo y Ribas ,2002; Knutgen y Kraemer 1987; Komi 1986) (García et al 2003).donde se produce una elongación del músculo mientras se activan las sarcómeras (activación excéntrica) consiguiendo una gran tensión sobre los elementos elásticos en serie en los tendones y la tinina principalmente, seguida tras un muy corto periodo de tiempo por un acortamiento muscular (acción concéntrica) (Chicharo. Et al 2006).

Una de las ventajas que encontramos en el ciclo de estiramiento –acortamiento es que el músculo puede realizar una mayor cantidad de trabajo si es activamente elongado antes de que se produzca la contracción concéntrica, un ejemplo sería el salto contra movimiento en el cual la potencia es alcanzada es mayor que cuando se realiza el mismo tipo de salto sin contra movimiento. Existen cuatro mecanismos que explican el trabajo positivo del músculo cuando realiza esta acción.

La primera es el tiempo para el desarrollo de la fuerza, el cual se relaciona con el aumento de tiempo que tiene el músculo para estar completamente activado cuando se realiza un estiramiento previo, la segunda es la utilización de energía elástica, este se relaciona con el almacenamiento en el tejido elástico de energía durante la fase de alongamiento muscular y la posterior utilización durante la acción de acortamiento que es la fase concéntrica, posteriormente

se lleva a cabo la potenciación de la fuerza que sugiere que la tensión que desarrollan los puentes cruzados aumenta como consecuencia de realizar un movimiento de estiramiento previo a una acción muscular concéntrica y finalmente la Participación de los reflejos musculares, donde está asociado con los reflejos de estiramiento (descarga moto neuronas alfa y reflejos de latencia prolongados) evocados por la elongación activa muscular en el comienzo del ciclo de estiramiento- acortamiento. (Chicharo. Et al 2006).

Valoración de la Fuerza

La valoración de la fuerza tiene como objetivo proporcionar información acerca de los efectos del trabajo realizado y el estado físico del individuo, información que en casos toma vital importancia en la readaptación a las actividades después de una lesión, y en el caso del deporte como parte del desarrollo del atleta proporcionando un control en sus entrenamientos (Gonzales-Badillo & Redín 2006).

Los saltos verticales son una de las variables que se usan comúnmente para medir la fuerza y la potencia de las extremidades inferiores ya que para el efecto de las intervenciones de entrenamiento, control o rehabilitación deben incluirse herramientas y métodos funcionales que nos ayuden a asimilar la actividad motriz del sujeto y no limitarse exclusivamente a pruebas de fuerza muscular (Augustsson , et.al.2000).

Por propósitos del estudio nos centraremos a hablar en el salto vertical contra movimiento (CMJ), el cual se realiza como resultado de una flexión- extensión rápida de piernas con la mínima parada entre las fases excéntrica y concéntrica. (López - Chicharo 2006).

En la figura de abajo se observa un registro fuerza –tiempo de un salto vertical con contra movimiento, donde el azul representa la fuerza del eje vertical, en rojo el eje anterior posterior y en verde el eje medio lateral.

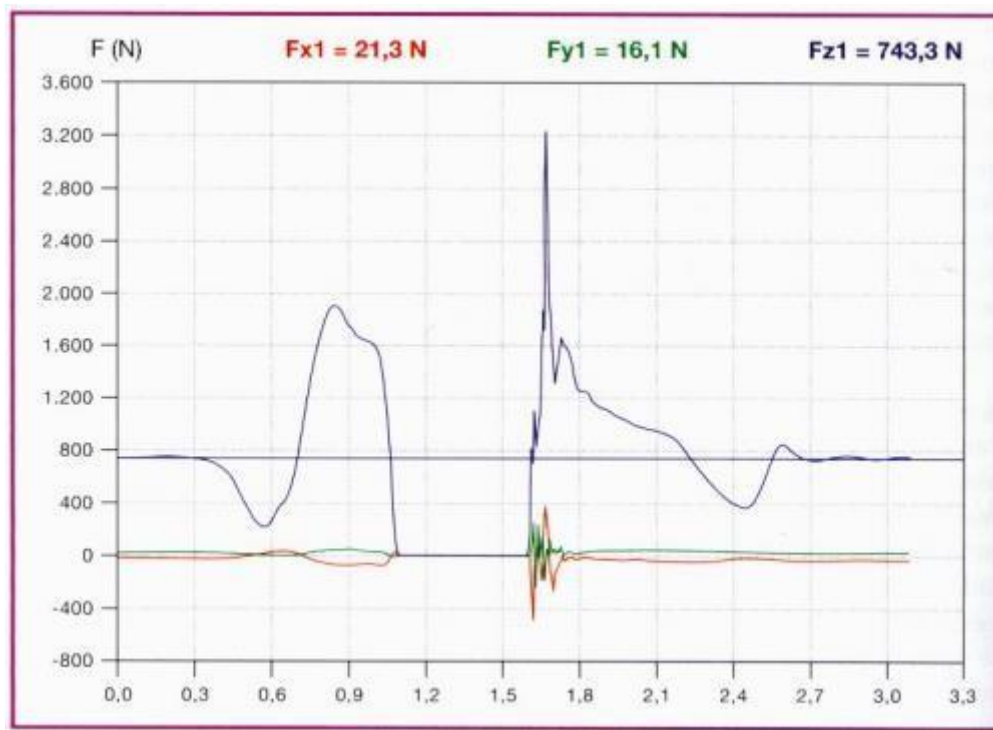


Figura 1 variables del salto vertical.

González-Badillo, JJ. y Ribas, J. (2002) Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE.

Por otro lado el salto vertical sin cargas representa una alta fiabilidad, así como las variables del pico de fuerza de reacción (Cordova y Armstrong 1996), la velocidad inicial (directamente proporcional a la altura del salto) (Gonzales-Badillo) y la producción de fuerza por unidad de tiempo o fuerza explosiva. (Van –Ingen Schenau y cols 1997). Durante el salto la rigidez musculo tendinosa juega un papel importante en la producción y utilización de energía, en ella se observa que durante el estiramiento se puede almacenar más energía potencial, ya que la fuerza se puede elevar más rápidamente y durante el acortamiento los

componentes contráctiles generan más trabajo debido a que el acortamiento no está ralentizado por una baja rigidez de los elementos en serie (Goubel, 1997).

La comparación de extremidades al realizar un CMJ de una pierna podría permitir la determinación de la fuerza funcional bilateral y los desequilibrios de potencia resultando particularmente útil antes de que ocurra cualquier tipo de lesión. (Benjanuvatra et.al 2013). Es importante resaltar que durante el salto, la cantidad de energía almacenada no depende del trabajo negativo sino de la fuerza aplicada al comenzar la fase de impulso considerándose durante su ejecución no solo la elasticidad, si no otros factores como la fuerza aplicada. (Benjanuvatra et.al 2013).

Plataformas de Fuerza

Las plataformas de fuerza se usan en estudios clínicos y de investigación del equilibrio, la marcha y el desempeño deportivo. Diseñada para medir las fuerzas y los momentos aplicados en su superficie cuando un sujeto se para, pisa o salta sobre ella. (AMTI ,2018).

Características. Un sistema de plataforma de fuerza completo está compuesto por una serie OPT, BP u OR (Optima Human Performance System), un amplificador, una computadora para la adquisición de datos, hardware de montaje, cables de interconexión y software de adquisición de datos. En el caso del sistema de plataforma fijo, para complementar su sistema, es necesario un PC con sistema operativo Windows instalado. (AMTI ,2018).

Componentes de la plataforma de fuerza. Cuando el sujeto está en contacto con la plataforma existen tres fuerzas (F_x , F_y , y F_z) estas actúan a lo largo de los ejes de un sistema de coordenadas ortogonales x, y, z . F_x y F_y son componentes de fuerza de corte u horizontales, y F_z es el componente de la fuerza vertical. M_x , M_y y M_z son los tres componentes de

momentos. Los momentos son rotaciones alrededor de los correspondientes ejes x, y y z. Cuando se mira siguiendo el sentido de un eje (en su dirección positiva), los momentos positivos tienen una rotación hacia la derecha. (AMTI, 2018).

Lesiones Musculares

Cuando realizamos una acción muscular, como correr saltar, o al realizar cambios de dirección, encontramos que existe un grupo muscular que se activa y se vuelve protagonista, y otros que apoyaran el movimiento sinérgicamente. (Jiménez, 2006) Para que un músculo pueda contraerse correctamente, se necesita que otro se relaje y otros se opongan al mismo, permitiendo hacer el movimiento con normalidad; sin embargo cuando el músculo se contrae de forma desproporcionada con relación al antagonista en ocasiones puede no soportar la tracción y romperse durante la contracción propiciando una alta incidencia de lesiones. En el deporte llega a ser más recurrente debido a las diferentes acciones motrices, y cargas de trabajo aunadas al entrenamiento o a la competencia, tan solo en un estudio realizado en la Universidad de Melbourne, Australia, se estudiaron 95 futbolistas de los cuales 72 de ellos sumaron una cantidad de 130 lesiones en un año, lo que representa 76% de incidencia y una tasa de exposición a lesiones de 3.9 por 1000 horas de entrenamiento. Similar a esto se realizó otro estudio el cual estimó el índice de lesiones y si estas afectaban al rendimiento del equipo, se reportó que de los 91 equipos de fútbol profesional estudiados durante dos temporadas consecutivas (13,116 días), 2,029 partidos tuvieron un resultado desfavorable (perdedor), dando un promedio de 90 días y 15 partidos perdidos por club por temporada, la lesión que se reportó con mayor frecuencia fue la lesión en músculos isquiotibiales (Wood et al 2008).

Se estima que al menos se pierde el 16% de jugadores por semana debido a lesiones musculares, siendo la distensión de isquiotibiales la más común y prevalente. (Woods, et al

2008). Por ello se precisa un entrenamiento muscular óptimo para conseguir una reducción en la incidencia de estas lesiones. Dicho acondicionamiento debe incluir trabajo de fuerza, corrección de desequilibrios y trabajo máximo de resistencia muscular para conseguir una mejora de la coordinación intermuscular (Jiménez, 2006).

Antecedentes de Otros Estudios.

Impellizzeri (2007) realizó una investigación para medir las asimetrías en ambas piernas usando un salto contra movimiento y una plataforma de fuerza misma que estaba a un centímetro de separación de una plataforma de madera la intención era realizar el salto con ambas piernas, pero solo se obtendrían datos de una sola por ejecución del movimiento y el sujeto tendría que alternar las piernas para realizar una medición total de ambos miembros resultando en una evaluación válida y confiable que puede ser útil en la medicina deportiva.

Otros estudios han incluido el squat jump (SJ), así como el (CMJ) pero con la ayuda de los brazos a la hora de la ejecución y el salto contra movimiento sobre dos plataformas de fuerza, una debajo de cada pie permitiendo el análisis de datos como el tiempo , la velocidad, potencia y el desplazamiento, al finalizar se escoge la media de los tres saltos para la evaluación de la asimetría, concluyendo que para la detección es recomendable utilizar la variable de potencia , ya que tiene en cuenta la fuerza realizada durante toda la ejecución del movimiento , mientras que la fuerza máxima se da en un instante concreto del salto. (Borràs et al. 2016).

Otra de las variables utilizadas al medir estas asimetrías de manera funcional son los saltos triples, (CMJ) simples y cruzados con sola pierna asociándolos a un análisis en una carrera sprint de 20 metros, al parecer las asimetrías de un valor de al menos 12% resultaron asociadas a un tiempo no tan positivo en el sprint, así como también a una reducción en la ejecución del

salto, concluyendo que el salto (CMJ) de una sola pierna parece ser el test más apropiado para la identificación de estas. (Bishop et al. 2018). (Ostenberg, Roos, Ekdahl, & Roos, 1998).

Existen variables específicas asociadas al rendimiento en el salto vertical, que al ser identificadas de manera independiente o conjunta se pueden manipular para maximizar el rendimiento. (Aragon-Vargas, et.al 1997).

Biomecánicamente, la potencia se caracteriza como la tasa de trabajo por unidad de tiempo, calculada específicamente como la fuerza por velocidad (Hill., 1938). Se debe lograr una combinación óptima de fuerza y velocidad para optimizar la producción de energía, (Pupo, Detanico, & Santos, Saray 2012). Dicho de otro modo el rendimiento en un gran número de acciones deportivas dependerá de la capacidad del sujeto de aplicar una determinada fuerza por la unidad de tiempo (González-Badillo, 2000^a), (Jiménez-Reyes, et al 2011). Varias características de la fuerza, como la fuerza máxima (FM), el tiempo para alcanzar la fuerza máxima (TFM) y la velocidad del desarrollo de la fuerza (RFD), están asociadas con el rendimiento en el salto vertical, así como el aumento de la tasa de fuerza en un intervalo de tiempo, que es un parámetro importante para medir el desempeño neuromuscular en deportes que usan contracciones musculares explosivas. (Stone, et al, 2013), (Orvino, et al 2009). Destacando la importancia y efectividad del salto vertical decidimos utilizarlo como medida de valoración para este estudio.

El salto que nosotros empleamos fue un salto CMJ, en el cual hay un movimiento excéntrico de los músculos agonistas, seguido de uno concéntrico. Es común utilizar en los entrenamientos salto contra movimiento (CMJ) como una incorporación a la optimización del ciclo de estiramiento acortamiento o más específicamente para mejorar el almacenamiento y la utilización de la energía elástica. Sin embargo se necesitan más investigaciones que lo puedan

afirmar (Bas Van Hooren. et. al .2017). La altura del salto está condicionada por la velocidad vertical en el momento del despegue y del ángulo con el que se proyecte el centro de gravedad. La velocidad vertical, dependerá de la diferencia de altura del centro de gravedad entre el principio y el final de la batida, y del tiempo en que se tarda en recorrer esta distancia. Cuanto mayor sea la distancia y menor el tiempo, mayor será, en principio el componente vertical de la velocidad, sin embargo es necesario tener en cuenta las características musculares de los sujetos.

Caracterización

El estudio fue realizado en el Instituto Mixto Salud y Deporte (IMUDS). Dirección: Parque Tecnológico de la Salud. C/. Menéndez Pelayo 32, 18016 Granada. España. Promovido por la Universidad de Granada (UGR), el IMUDS tiene una superficie total de 2.654 metros cuadrados repartida en dos plantas. El Instituto Mixto de Deporte y Salud (IMUDS) ha sido cofinanciado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de la Línea Instrumental de Infraestructuras Científicas y Tecnológicas, dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). El IMUDS es el encargado de desarrollar investigación en las áreas de Biomecánica (técnicas, fuerza y equipamiento), Biomedicina (fisiología, traumatología, nutrición, fisioterapia y doping); Deporte y entrenamiento (individual y colectivo); psicosocial y humanidades (psicología, sociología, derecho); y nuevas tecnologías (informática, telecomunicaciones y electrónica).

El IMUDS alberga a 110 investigadores, pertenecientes a 9 departamentos diferentes de la UGR agrupados en 20 grupos de investigación. Disponen de avanzados equipos para fomentar la investigación del deporte y la salud. Se integra en el mismo el grupo de profesionales pertenecientes al Centro Andaluz de Medicina del Deporte -CAMD-.

Nivel de aplicación: Laboratorio de rendimiento Humano en el área de biomecánica aplicado a Jóvenes Universitarios.

Propósito u Objetivos

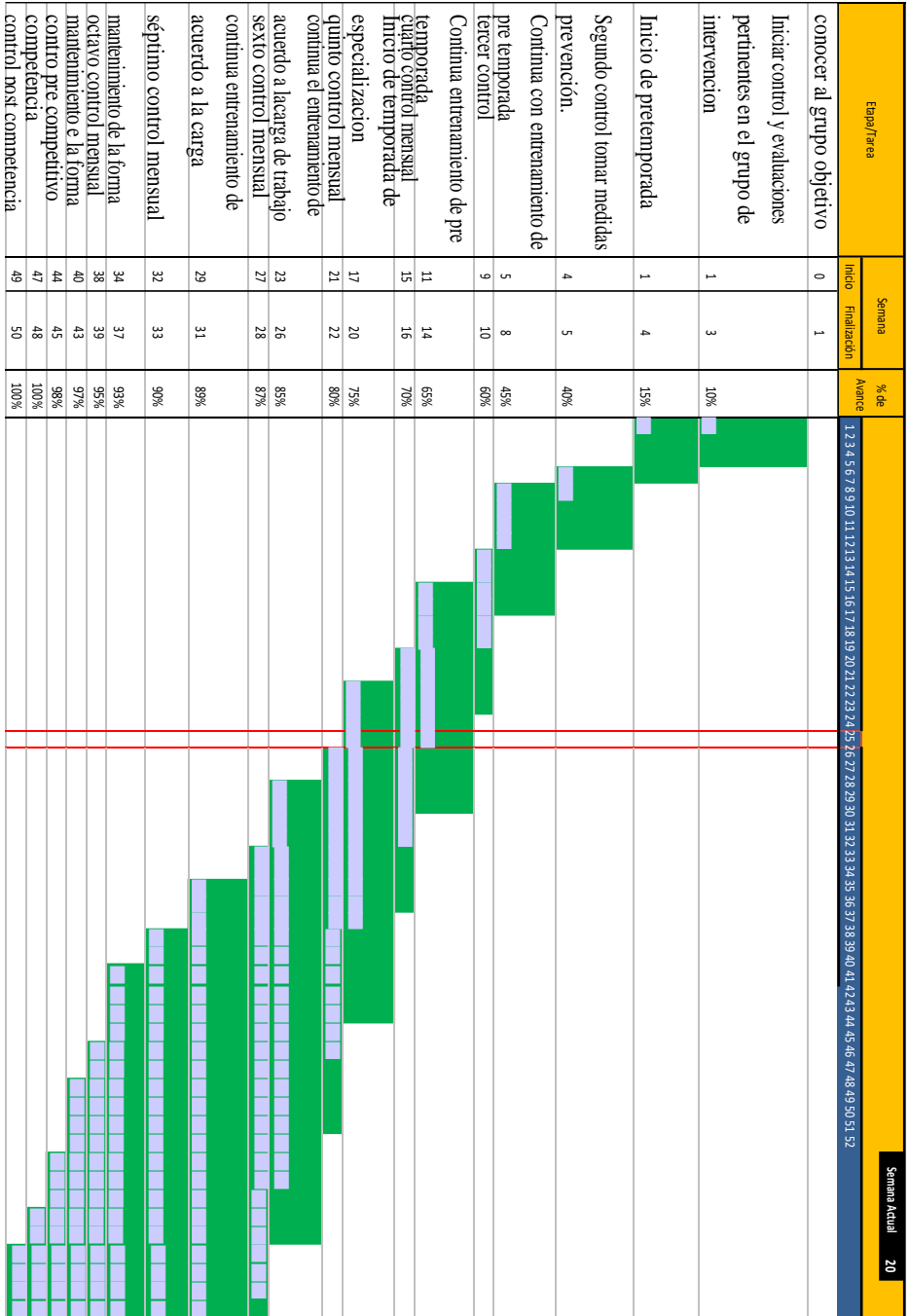
Intervenir de manera oportuna en el desarrollo del deportista, con la finalidad de detectar diferencias de fuerza bilateral en miembros inferiores utilizando como parámetro de evaluación el análisis de un salto contra movimiento sobre dos plataformas de fuerza. Con el propósito de establecer una herramienta complementaria al análisis y evaluación para la prevención e incluso readaptación a la actividad. La estandarización de un protocolo de evaluación y análisis permitirá a los profesionales de la salud y deporte realizar una programación tomando en cuenta diferentes factores que puedan intervenir en la planeación del ciclo de entrenamiento y obstaculizar el desarrollo tanto deportivo como de la salud del atleta repercutiendo en los objetivos planeados, generando mermas y pérdidas económicas, además de repercutir directamente en el tiempo y la carrera deportiva del atleta. Con ellas se pretende generar una cultura de prevención integral para la consecución de metas a largo y a corto plazo fomentando el éxito deportivo mediante el seguimiento y control integral de lesiones y su prevención.

Objetivos generales. Establecer una herramienta complementaria para la de evaluación y análisis de fuerza bilateral de los miembros inferiores.

Objetivos específicos. Determinar si el CMJ es un parámetro viable que permita estimar diferencias bilaterales en miembros inferiores y poder contribuir de manera favorable al desarrollo óptimo de sus capacidades.

Tiempo de Realización

Tabla 1 Ejemplo de intervención Ejemplificación de la intervención como medida de control en un equipo deportivo durante temporada de 50 semanas (Fuente: elaboración propia).



Estrategias y Actividades

Participantes: Participaron 24 estudiantes de la facultad de ciencias del Deporte de la Facultad de Granada (1.65 ± 0.06 masa= 65.7 ± 8.3 Kg; edad= 20.3 ± 3.1 años), utilizando para su selección el criterio de haber participado en deportes donde al salto vertical constituía una habilidad básica se solicitó su consentimiento (ver anexo A) para participar en este estudio siguiendo las directrices de la Comisión Ética de la Universidad de Granada.

Material y procedimientos Se ha utilizado dos plataformas de fuerza triaxial, portátil de 5kN de 60x50 (AMTI OR5-6) sincronizadas para cuantificar la variación cinética en la fase de impulsión del contra movimiento vertical separadas a tres centímetros de distancia una de la otra, con una frecuencia de recopilación de 100 Hz (Menzel et al., 2013). La valoración de la composición corporal fue realizada por impedancia eléctrica en un in body 230.

Control previo. 24- 48 h: A los participantes se les indicó un ayuno de 3 a 4 h previo a la prueba, además de que no practicaran actividad física vigorosa debido a que los fenómenos de fatiga pueden afectar los resultados del estudio.

Control 1:30h: Se les realizara impedancia bioeléctrica, para estimar porcentajes de la musculatura y masa corporal.

calentamiento: Consistió en 10 minutos de trote en banda sin fin con velocidad moderada de un 60% a un 70% de (FCM) por sus siglas Frecuencia Cardíaca Máxima y 5 CMJ submáximos.

Protocolo de la prueba: Se realizaron cuatro CMJ máximos sobre la plataforma de fuerza con un intervalo de 2 a 5 minutos de recuperación entre cada uno. Indicando a cada sujeto el girar su posición para realizar el salto con piernas cambiadas con respecto a la plataforma.

Para de esta forma obtener los datos de fuerza máxima y una vez obtenidos serán comparadas para estimar diferencias entre pierna derecha y pierna izquierda (ver anexo B).

Recursos

- Cinta de correr Woodway Pro X.
- Plataformas de fuerza triaxial, portátil sw 5kN (60x50)AMTIor5
- inbody230.

Inicialmente a cada sujeto se le realizó impedancia bioeléctrica, para estimar porcentajes de la musculatura y masa corporal (Figura 2. Inbody 230), posteriormente para la realización del estudio se recurrió a una cinta de correr (Figura 3. Cinta de correr Woodway Pro X) .donde se estandarizó el calentamiento para la prueba en un tiempo de 10 minutos, seguidamente de 4 saltos máximos sobre dos plataformas de fuerza (Figura 4 Plataformas de fuerza triaxial, portátil de 5kNde 60x50 amti or5-6).



Figura 2.. Inbody 230.



Figura 3.. Cinta de correr Woodway Pro X .



Figura 2 Plataformas de fuerza triaxial, portátil de 5kNde 60x50 (amti or5-6).

Producto

Tabla 2 Relación entre el promedio de pierna derecha y pierna izquierda

Estadísticas de grupo					
Grupo		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Fuerza	Derecha	24	440.41068	92.874033	18.957833
Máxima en Salto CMJ	Izquierda	24	426.86866	95.447457	19.483131

Datos obtenidos del promedio de asimetrías entre pierna derecha e izquierda en relación con un salto (CMJ).
(Fuente: elaboración propia).

Tabla 3. Prueba t para la igualdad de medidas.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Fuerza Máxima en Salto CMJ (N)	Se asumen varianzas iguales	0.006	0.940	0.498	46	0.621	13.542017	27.184403	41.177349	68.261383
	No se asumen varianzas iguales			0.498	45.966	0.621	13.542017	27.184403	41.178452	68.262486

Datos obtenidos. Diferencia de medias (Fuente elaboración propia).

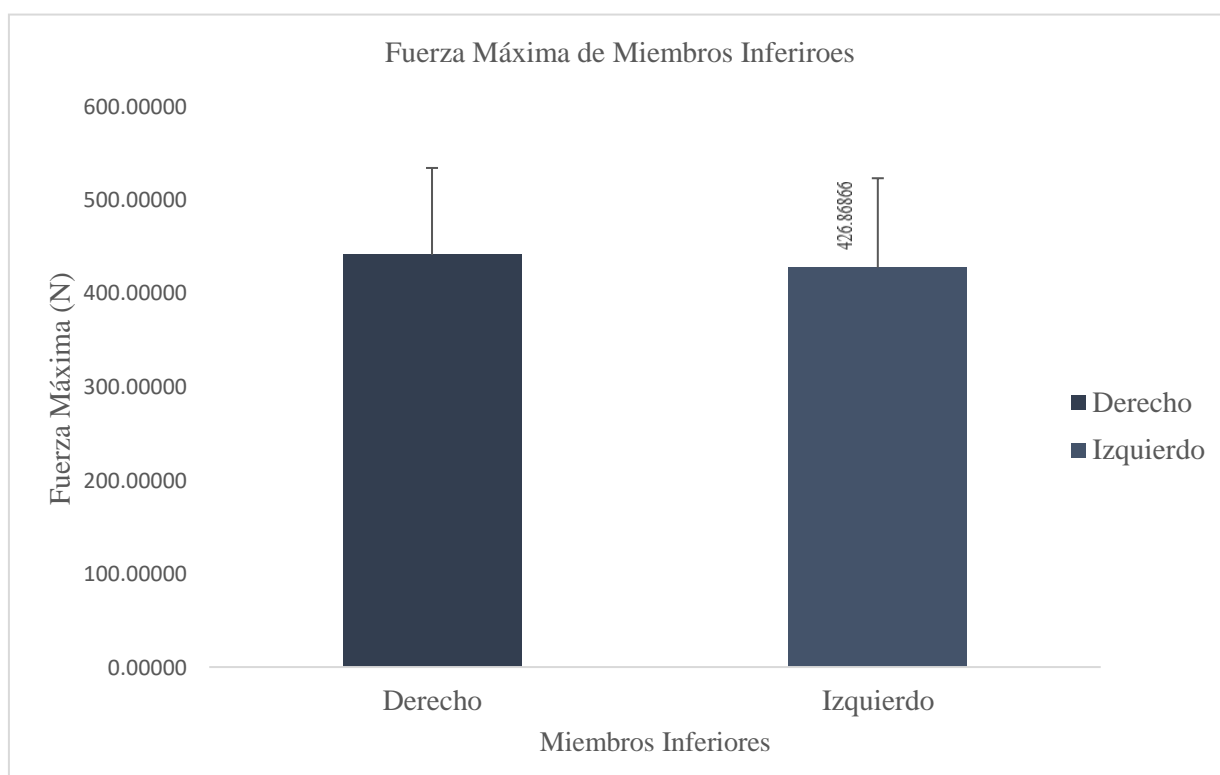


Figura 3 Grafico diferencia de medias en miembros inferiores (izquierda y derecha)

Conclusiones

La información del presente estudio muestra que los resultados obtenidos con ambas plataformas de fuerza (5kNde 60x50 AMTI or5-6) medidas unilateralmente mediante un salto contra movimiento (CMJ) no presentan una diferencia significativa, sin embargo puede deberse a las características específicas de la población, y al número de muestra evaluado. Así mismo será importante revisar la literatura para corroborar el valor de "Fuerza Máxima" como método de medición para la identificación de asimetrías en futuras investigaciones. No obstante, es complejo el establecer por un solo método la existencia o no de riesgo de lesión al abordar solo una característica del movimiento y no otros factores que en él pudieran intervenir en el resultado, estableciendo la necesidad de complementar las medidas de prevención con mediciones de tipo antropométricas e isocinéticas profundizando la relación entre variables.

En el contexto deportivo se deberán de tomar en cuenta antecedentes de lesión, edad, fatiga, entre otros de manera conjunta para establecer más detalladamente cualquier riesgo que pudiera presentarse y que sea registrado, con el objetivo de reducir al mínimo otros factores que puedan alterar los valores de la prueba y no se hayan contemplado anteriormente.

Mencionar que durante el desarrollo del protocolo de investigación existieron dificultades para registrar correctamente los valores de ambas plataformas de fuerza por la poca convencionalidad con la que se realiza, pudiendo afectar indirectamente los resultados obtenidos por dichos instrumentos de medición. Será de lo más importante la correcta capacitación y ensayo en la toma de mediciones, para tener datos fidedignos. Así como estandarizar los tiempos de cada uno de los procesos que lleva a cabo el protocolo.

Referencias.

- Amunts, K., Jancke, L., Mohlberg, H., Steinmetz, H., & Zilles, K. (2000). Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. *Neuropsychologia*, 38(3), 304-312
- Aragon-Vargas, L.F and Gross, M (1997) "Kinesiological factors in vertical jump performance : differences among individuals" *J of Applied Biomechanics*, 13, 24-44.
- Ashton, G. C. (1982). Handedness: an alternative hypothesis. *Behavioral Genetics*, 12 (2), 125e147
- Augustsson J, Thomeé R.. (2000 Junio). Capacidad de pruebas de cadena cinética cerrada y abierta de la fuerza muscular para evaluar el rendimiento funcional. *J Med Sci Sports.*, 10 , 164-8. 2000, De Pubmed Base de datos.
- Augustsson J, Thomeé R.. (2000 Junio). Capacidad de pruebas de cadena cinética cerrada y abierta de la fuerza muscular para evaluar el rendimiento funcional. *J Med Sci Sports.*, 10 , 164-8. 2000, De Pubmed Base de datos.
- Bas Van Hooren and Julia Zolotarjova (2017) The Difference Between Countermovement and Squat Jump Performance: A Review of Underlying Mechanisms with Practical Applications. *Jour of Strength and Conditioning Res.* Jul;31(7):2011-2020
- Benjanuvatra, N, Lay, BS, Alderson, JA y Blanksby, BA. (2013, Octubre). Comparación de la asimetría de la fuerza de reacción en el suelo en saltos de contramovimiento de una y dos piernas . *J Strength Cond Res* , 27, 2700–2707. 2013, De Wolters Kluwer Base de datos.

- Bennel, K. Wajswelner, H, Lew, P., Schall-Riauour, A., Leslie, S., Plant, D., & Cirone, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sport Medicine*, 32(1), 309-314. doi:10.1136/bjism.32.4.309.
- Bennell KL, Crossley K .. (1996). Musculoskeletal injuries in track and field: incidence, distribution and risk factors. Format: AbstractSend to *Aust J Sci Med Sport.* , 28(3), 69-75.. 1996 , De Pubmed.gov Base de datos.
- Billat, V. (2002). Definición de rendimiento deportivo. En *Fisiología y Metodología*
- Bishop C, Read P, McCubbine J, & Turner A. (2018, Febrero 27,). Vertical and Horizontal Asymmetries are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *J. Strength & Conditioning Research*, Volume Publish Ahead of Print - Issue – p.
- Bishop C, Read P, McCubbine J, & Turner A. (2018, Febrero 27,). Vertical and Horizontal Asymmetries are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *J. Strength & Conditioning Research*, Volume Publish Ahead of Print - Issue – p.
- Borràs, Balias, F. & Drobnic. (Enero 18, 2016). Indicadores de rendimiento y de asimetrías en el salto vertical. 2016, de Congreso de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales Sitio
web:https://www.researchgate.net/publication/290946941_Indicadores_de_rendimiento_y_de_asimetrías_en_el_salto_vertical Br *J Sports Med.* 25:61-6.1991.

- Borràs, Balius, F. & Drobnic. (Enero 18, 2016). Indicadores de rendimiento y de asimetrías en el salto vertical. 2016, de Congreso de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales Sitio
 web:https://www.researchgate.net/publication/290946941_Indicadores_de_rendimiento_y_de_asimetrías_en_el_salto_vertical Br *J Sports Med.* 25:61-6.1991.
- Bosco, C., Luhtanen, P. y Komi, PV *Europ. J. Appl. Fisiol.* (1983) 50: 273.
<https://doi.org/10.1007/BF00422166>.
- Candia-Luja R, & Paz-Fernandéz J.. (2015 Junio 19,). Asimetría de la masa, fuerza y potencia muscular de los miembros inferiores de estudiantes universitarios. *TecnocienciaChihuahua* , 9, pp. 22-29. 2014, Marzo 5, De Instituto de Ciencias Biomédicas (IBIOMED) Base de datos.
- Carpes, F., Mota, C., & Faria, I. (2010). On the bilateral asymmetry during running and cycling e A review considering leg preference. *Physical Therapy in Sport*, 11(4), 136-142.
 doi:10.1016/j.pts.2010.06.005.
- Carpes,F ., Mota, C., &, Faria , I. . (2010, Junio 18.). On the bilateral asymmetry during running and cycling e A review considering leg preference. *J.Phys Therapy in Sport*, Volume 11, 107-148. 2009 ,Diciembre 14 , De Elsevier Base de datos.
- Chicharo López J. & Vaquero Fernández A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Paidotribo .
- Comisión Nacional de Cultura Física y Deporte. (2017). *Lesiones deportivas, un obstáculo a vencer* (Boletín 2667). Recuperado de <https://www.gob.mx/conade/prensa/lesiones-deportivas-un-obstaculo-a-vencer>

- Croisier, J.-L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., y Hurón, J.-M. (2008). Desequilibrios de fuerza y prevención de lesiones en el tendón de la corva en jugadores de fútbol profesionales: un estudio prospectivo. *The American Journal of Sports Medicine*, 36 (8), 1469-1475.
- Croisier, Jean-Louis Forthomme, Bénédicte Namurois, & Marie-Hélène Vanderthommen, & Marc Crielaard, Jean-Michel. (2002). Hamstring Muscle Strain Recurrence and Strength Performance Disorders. *he Am. Journal of Sports Med*, 30, 199-203
- Croisier, JL, Ganteaume, S, Binet, J, Genty, M, and Ferret, JM. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *Am J Sports Med* 36: 1469–1475,.
- Douard P, Branco P, & Alonso J. (2016). Muscle injury is the principal injury type and hamstring muscle injury is the first injury diagnosis during top-level international athletics championships between 2007 and 2015 *Br J Sports Med*;50:619-630.
- Duchateau, J.: (1993). *L'entraînement de la force spécifique en sport: fondements physiologiques et applications pratiques*. INSEP, París.
- Enoka, RM .. (2002). *Neuromechanics of human movement*. USA: Human Kinetics .
- Faccioni,A.(2002). Plyometrics. Disponible en <http://www.faccioni.com/plyometrics.htm>.
- Faude, O., Junge, A., Kindermann, W., & Dvorak, J. (2006). Risk factors for injuries in elite female soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 785-790. doi:10.1136/bjism.2006.027540.

- Faude, O., Junge, A., Kindermann, W., & Dvorak, J. (2006). Risk factors for injuries in elite female soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 785-790. doi:10.1136/bjism.2006.027540.
- Force and Motion(AMTY). (2018). Elección *de plataforma de fuerza*. 2019, de AMTI Sitio web: https://www.amti.biz/fps-guide_es.aspx.
- Franco M. Impellizzeri, Maffiuletti N , & Samuele M., Marcora. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. 2007, de *Am. College of Sports Med.* sitio web :<https://journals.lww.com/acsm-msse/pages/default.aspx>.
- Frey, G. (1977): “Zur Terminologie und Struktur physischer Leistungsfaktoren und motorischer Fähigkeiten”. *Leistungssport* 7, 339–362.
- Gantiraga, E., Katartzi, E., Komsis, G. y Papadopoulos, C. (2006). Fuerza y salto vertical. Características de desempeño en niños y niñas en edad escolar. *Biología del deporte*, 23, 367- 378
- García López, D; Herrero, J .A., & Paz Fernández,J.A. (2003). Revisión Metodología del entrenamiento pliométrico. *Rev. Int, Med y ciencias de la A.F y el Deporte.* , 3, pp.190-204. 2003, Octubre 27, De <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista12/artpliomtria.html>
Base de datos.
- García López, D; Herrero, J .A., & Paz Fernández,J.A. (2003). Revisión Metodología del entrenamiento pliométrico. *Rev. Int, Med y ciencias de la A.F y el Deporte.* , 3, pp.190-204. 2003, Octubre 27, De <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista12/artpliomtria.html>
Base de datos.

- Garrick JG, Requa RK. (1988). Epidemiología de las lesiones de pie y tobillo. en deportes. *Clin Sports Med*, 7, pp. 29-36. 1988, De Pubmed Base de datos.
- Garrote,A., & Bonet, R,. . (2003). Lesiones traumáticas de extremidades inferiores. 2003, de *Offarm* Sitio web: <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-lesiones-traumaticas-extremidades-inferiores-13050007>.
- Goldberg AL, Etlinger JD, Goldspink DF, & Jablecki C (1975); Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports*. 7:185—98.
- Gonzales- Badillo JJ, Ribas JJ. (2002). *Programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: Inde Publicaciones 2002.
- Gonzales Badillo JJ. (2000) b. Bases teóricas y experimentales para la aplicación del entrenamiento de fuerza al entrenamiento deportivo . En *Infoces* (3-14). 1: 5.
- Gonzalez -Badillo JJ, Ribas JJ. . (2002). *Programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: Inde
- González Badillo.J., Redín, M,.. (2006). La carga de entrenamiento y el rendimiento en fuerza y potencia muscular. *Encuentro sobre alto rendimiento deportivo*, 1, 20..
- González-Badillo, JJ. (2000) Bases teóricas y experimentales para la aplicación del entrenamiento de fuerza al entrenamiento deportivo. *Infocoes*. 5(2): 3-14.
- González-Badillo, JJ. y Ribas, J. (2002) Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE.
- Goubel ,F,.. (1997). Series elasticity behaviour during the stretch- shortening cycle . *J. Appl Biomechanics* , 13(4), 443-448.

- Harre, D. (1976.): Trainingslehre. 6ª ed., *Sportverlag*, Berlín
- Hebbal, G. V., & Mysorekar, V. R. (2006). Evaluation of some tasks used for specifying handedness and footedness. *Perceptual and Motor Skills*, 102(1), 163-164.
- Hides, J., Fan, T., Stanton, W., Stanton, P., McMahon, K., & Wilson, S. (2008). Psoas and quadratus lumborum muscle asymmetry among elite Australian Football League players. *British Journal of Sports Medicine*, 44(8), 563–567. doi:10.1136/bjsm.2008.048751
- Hill A. . (1938). *The heat of shortening and the dynamic constraints of muscle*. . London :
Proceedings of the royal Society of london.
- Hill AV. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of the muscle. *Proceedings of the Royal Society*; 126(843):136-95.
- Hill AV. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of the muscle. *Proceedings of the Royal Society*; 126(843):136-95.
- Huxley HE. (1996). *The fine structure of striated muscle and its funtional significance* : Harvey Lectures . 60 : 85 -118.
- Iglesias, X., Irurtia, A., Marina, M., & Carrasco, M. (2011). Déficits bilaterales y asimetrías morfofuncionales en jóvenes esgrimistas. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 46(170), 65–71. doi:10.1016/j.apunts.2010.10.002.
- Impellizzeri, FM, Rampini, E, Maffiuletti, N, and Marcora, SM (2007.). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 39: 2044–2050.

- Jiménez Díaz, J.F. (2006, abril). Muscular injuries in sport. *International Journal of Sport Science*, 3, pp.2-7
- Jiménez-Reyes,P,. Cuadrado-Peñañiel,V , & González-Badillo ,J.J.. (2011). Análisis de variables medidas en salto vertical relacionadas con el rendimiento deportivo y su aplicación al entrenamiento. *Redalic*, vol. 6, núm. 17, pp. 113-119.
- Jones, N.L McCartney, N and McComas, A. (1986) "Human muscle power" *Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign, Illinois*.
- Jordan, M, Aagaard, P. & Herzog, W. (2015). Bilateral asymmetry in corridors of skiing ACL-R. *Scand J Med Sci Sports*, 25: e301-e309. doi: 10.1111 / sms.12314
- Knapik, JJ, Bauman, CL, Jones, BH, Harris, JM, and Vaughan, L. Preseason. (1991). Strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med* 19: 76–81, 1991.
- Knutgen HG, Kraemer W. (1987). Terminology and measurment in excercise performance.: *J App Sport Sci Res* 1:1 -10.
- Komi PV. (1986). Training of muscle strenght and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors . *J Sports Med* , 7, 10-16.
- Komi PV. (1986). Training of muscle strenght and power interaction of neuromotoric , hypertrophic and mechanical factors . *In. J Sports Med* , 7, 10-16. 1986, De Fisiología del ejercicio , Paidotribo Base de datos.

- Leadbetter W, Wayne B. (2001) .Soft tissue athletic injury. In: Stone D, Fu F, eds. Sports Injuries: mechanisms, prevention, and treatment. 2 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; p. 839-88.
- Letzelter, M. (1972),: “Systematische Aufgliederungen des Krafttrainings”. *Die Lehre der Leichtathletik* 1821-1824.
- Lissek, S., Hausmann, M., Knossalla, F., Peters, S., Nicolas, V., Gunturkun, O., et al. (2007). Sex differences in cortical and subcortical recruitment during simple and complex motor control: an fMRI study. *Neuroimage*, 37(3), 912- 926.
- Martin, D. (1977), “Das Kombinationstraining im Schüler- und Jugendbereich – Systematisierung des Trainingsprozesses”. *Leistungssport* 7 493-498 .
- Martin, D., & Nicolaus, J. (2004) Características e indicadores del desarrollo de niños y jóvenes. *En Metodología general del entrenamiento infantil y juvenil* (Vol. 24) (pp. 68). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Maupas E, Paysant J, Datie AM, Martinet N, André JM. Asimetrías funcionales de las extremidades inferiores: comparación entre la evaluación clínica de la lateralidad, la evaluación isocinética y el control electrogoniométrico de las rodillas durante la marcha. *Postura de la marcha* 16: 304–312, 2000.
- Maupas, E, Paysant, J, Datie, AM, Martinet, N, and André´, JM. (2000) .Functional asymmetries of the lower limbs: A comparison between clinical assessment of laterality, isokinetic evaluation and electrogoniometric monitoring of knees during walking. *Gait Posture* 16: 304–312,

- Menzel, H. Chagas, M., Szmuchrowski, L.; Araujo, S.; de Andrade, A.; & de Jesus-Moraleida, F. . (2013, Mayo). Análisis de las asimetrías de miembros inferiores mediante pruebas de salto isocinético y vertical en jugadores de fútbol. *Journal of Strenght and Conditioning Research* , 27, p 1370–1377. 2013. Mayo , De Wolters Kluwer Base de datos.
- Menzel, H.-J., Chagas, M. H., Szmuchrowski, L. A., Araujo, S. R. S., de Andrade, A. G. P., & de Jesus-Moraleida, F. R. (2013). Analysis of Lower Limb Asymmetries by Isokinetic and Vertical Jump Tests in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1370–1377.
- Molina, J.J; Sagastume, R; Fano, D (1994) "Estudio de los factores musculares implicados en la saltabilidad de jóvenes jugadores de Voleibol" *Kirola Ikertuz*, N°8, Otoño, 24-45.
- Moreno Pascual,C. Rodríguez Pérez,V.& , Seco Calvo,J.. (2007, Enero, 25.). Epidemiología de las lesiones deportivas. Escuela U. de Enfermería y Fisioterapia. Universidad de Salamanca, 30, pp.40-8. 2006, Septiembre,29., De *Departamento de Enfermería y Fisioterapia*. Universidad de León. Campus de Ponferrada. Base de datos.
- Nader Rahnama, Adrian Lees & Effat Bambaecichi (2005) A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players, *Ergonomics*, 48:11-14, 1568-1575, DOI: 10.1080/00140130500101585
- Newton, R., Gerber, A., Nimphius, S., Shim, J. Doan, B., Robertson, M., ... Kraemer, W. (2001). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 971-977.

- Nicholl JP, Coleman P, Williams BT. (1988). Estudio piloto de la epidemiología de las lesiones deportivas y la morbilidad relacionada con el ejercicio.
- Nicholl JP, Coleman P, Williams BT. (1988). *Estudio piloto de la epidemiología de las lesiones deportivas y la morbilidad relacionada con el ejercicio.*
- O'zcakar, L, Kunduracyoolu, B, Cetin, A, Ulkar, B, Guner, R, and Hascelik, Z. (2003). Comprehensive isokinetic knee measurements and quadriceps tendon evaluations in footballers for assessing functional performance. *Br J Sports Med* 37: 507–510.
- Orihuela, J. Alv. (2018, 18 febrero). Las lesiones suponen a los clubes de las grandes ligas un gasto de 15 millones de euros. Internacional, p. 1. Recuperado de https://as.com/futbol/2018/02/23/internacional/1519404902_786606.html
- Orvino RB, Caputo F, Oliveira AC, Greco CC, Denadai BS. (2009). Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. *Rev Bras Med Esporte*; 15(6):428-31.
- Osorio Ciro, J., Clavijo Rodríguez, M., Arango V., E., Patiño Giraldo, S., & Gallego Ching, I. (2007). Lesiones deportivas. *Iatreia*, 20(2), pág. 167-177. Recuperado de <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/4396/3906>.
- Ostenberg, A, Roos, E, Ekdahl, C, and Roos, H. (1998). Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 8: 257–264.
- Petschnig, R, Baron, R, and Albrecht, M. (1998). The relationship between isokinetic quadriceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 28: 23–31, 1998.

- Platonov, V. N. (2001). *La flexibilidad y los métodos para perfeccionarla. En Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico* (pp.310-313). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Platonov, V. N. (2001). *La fuerza y la preparación de la fuerza. En Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico* (pp.319-341). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Platonov, V. N. (2001). *La resistencia y la metodología de su perfeccionamiento. En Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico* (pp.372-374). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Platonov, V. N. (2001). *Las capacidades de la velocidad y la metodología de su desarrollo. En Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico* (pp.301- 304). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Platonov, V. N. (2001). Selección y orientación de los deportistas dentro del sistema de preparación a largo plazo. En *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico* (pp.469). Barcelona: Editorial Paidotribo
- Pupo, Juliano Dal, Detanico, Daniele, & Santos, Saray Giovana dos. (2012). Kinetic parameters as determinants of vertical jump performance. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 14(1), 41-51. <https://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n1p41>.
- Raco. (2009). Guía de Práctica Clínica de las lesiones musculares. Epidemiología, diagnóstico, tratamiento y prevención. 2009, de *Revistas Catalanas con Acceso Abierto (RACO)* Sitio web: <https://www.raco.cat/index.php/Apunts/article/view/164711/298964>
- Rojas-Valverde ,D ;Gutiérrez-Vargas ,R; Sánchez-Ureña B; Gutiérrez Vargas, J.; Hernández-Castro, A; & Salas-Cabrera,J.. 2016. "Estado del balance neuromuscular y masa magra

- de extremidades inferiores de jugadores profesionales de fútbol de la primera división de Costa Rica." *Apunts. Educación física y deportes*, Vol. 3, Núm. 125 , p. 63-70.
<https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFD/article/view/314474/404616>.
- Sale DG. (2002). *Neural adaptation to strenght training*. Blackwell Scientific Publications ,
- Sánchez J, Campuzano O, Iglesias A, & Brugada R. . (2009). Genetics and Sports . *Apunts Medicina de L'sport* , 44, pp55-108 .
- Schiaffino, S., & Reggiani, C. (2011). *Fiber Types in Mammalian Skeletal Muscles. Physiological Reviews*, 91(4), 1447–1531.doi:10.1152/physrev.00031.2010.
- Seeley, M., Umberger, B., Clasey, J. & Shapiro, R. (2010). The relation between mild leg-length inequality and able-bodied gait asymmetry. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 572-579.
- Serrien, D. J., Ivry, R. B., & Swinnen, S. P. (2006). Dynamics of hemispheric specialization and integration in the context of motor control. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(2), 160-166.
- Siff, M & Verkoshanky, Y. (2000). Entrenamiento de la fuerza especial para alcanzar la maestría deportiva .*En Super Entrenamiento Colección Deporte E Entrenamiento* (2da Ed.) (pp.134-135) Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Siff, M & Verkoshanky, Y. (2000). Súper Entrenamiento Colección Deporte. *En Entrenamiento* (2da Ed.) (pp.20-30) Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Steenhuis, R. E., & Bryden, M. P. (1989). Different dimensions of hand preference
- Stone MH , O'Bryant HS , McCoy L , Coglianese R , Lehmkuhl M , & Schilling B. (2013). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static

- weighted jumps.. *Journal of Strength and Conditioning Research* , 17, 140-147. 2003, Feb 01, De *Europe PMC* Base de datos.
- Van Ingen Schenau, G., Bobbert, M., de Haan, A., . (1997). Mechanics and Energetics of the Stretch-Shortening Cycle: A Stimulating Discussion . *J. of applied biomec*, 13, 484-496 . 1997 , De Human Kinetics Publishers, Inc. Base de datos.
- Weineck, J. (2005). Entrenamiento de las principales capacidades motoras. En *Entrenamiento total* (Vol. 24) (pp. 127). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Weineck, J. (2005). Entrenamiento de las principales capacidades motoras. En *Entrenamiento total* (Vol. 24) (pp. 131-134). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Wennerfeldt, E. . (2013). Efectos de la asimetría. Condiciones médicas en la baja dominación de las extremidades Una revisión teórica. Mayo, 2013 , de Norwegian University of Science and Technology.
- Woods. , Hawkins C., Maltby, R D., Hulse S, Thomas M, Hodson A, (2008). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 36-41. 2008 , De British Association of Sport and Exercise Medicine Base de datos.
- Zakas, A. (2006). Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring muscles in professional soccer players with dominance on one or both two sides. *J Sports Med Phys Fitness* 46: 28–35,
- Zatsiorski , VM. . (2002). *.Biomechanics of strength training* . Komi PV : Strength and power in sport. Blackwell Scientific Publications , 2002.

CONSENTIMIENTO INFORMADO**CONSENTIMIENTO INFORMADO****Estudio: VALORACIÓN BIOMECÁNICA DE
LA CARRERA EN VELOCISTAS DE ALTO
RENDIMIENTO.****Responsables:**

Prof. Dr. Juan Carlos de la Cruz Márquez (Departamento de Educación Física. Universidad de Granada)

Prof. Dr. Pedro Morales Corral Por la Maestría en Actividad Física y Deporte de la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León. **Investigadora Daniela Guadarrama Arreguín**

Le estamos pidiendo que participe en un estudio.

Usted no tiene que participar en el estudio.

Si dice que sí, puede dejar de participar en el estudio en cualquier momento.



¿Para qué se firma este documento?

Lo firma para poder participar en el estudio.

¿Por qué se está haciendo este estudio de investigación?

Queremos saber más sobre cómo mejorar los protocolos de desequilibrios musculares en flexores y extensores de la rodilla.

Este estudio nos ayudará a aprender más sobre la dinámica de la carrera de velocistas bien entrenados.

Les estamos pidiendo a corredores de velocidad como usted, que participan en competencias de atletismo que nos ayuden.

¿Qué pasa si digo “sí, quiero participar en el estudio”?

Si dice que sí:

Le preguntaremos sobre sus hábitos deportivos, sus rutinas de entrenamiento, su historial médico y deportivo, sus antecedentes y frecuencias de lesiones especificando el tipo y causa, sus mejores tiempos, sus hábitos alimenticios y sus sensaciones durante las pruebas a las que le sometamos.

Le daremos un formulario con preguntas para que usted las conteste. Si quiere, podemos leerle las preguntas en voz alta y escribir sus respuestas en el formulario.



Estas preguntas no tienen respuestas correctas o incorrectas. Puede saltar cualquier pregunta si no quiere contestarla.

Le pediremos que en las 48 h previas a la prueba no realice actividades deportivas vigorosas.

- Le pediremos que en las 72 h previas a la prueba ingiera los alimentos que tenga por costumbre y que nos indique cuáles son rellenando un cuestionario.
- Le pediremos que realice un test de tres saltos contra movimiento (CMJ).
- Le pediremos que antes y después de las evaluaciones nos permita realizar una valoración de su composición corporal.
- Le pediremos que tenga un ayuno de 3 a 4 horas para poder analizar su composición corporal de manera estandarizada mediante impedancia bioeléctrica.
- Le pediremos que al terminar rellene un cuestionario sobre sus sensaciones musculares.
- Le pediremos que nos permita realizar un estudio de asimetrías en miembros inferiores unilaterales mediante el uso de la plataforma de fuerza.
- Le pediremos que realice unas sesiones de carrera, durante las cuales podremos apreciar de manera visual la biomecánica de su carrera.

¿Cuánto tiempo tomará el estudio?

El estudio se realizará entre las 9 y las 15 horas del día que acordemos.

¿Qué pasa si digo “no quiero participar en el estudio”?



Nadie le tratará en manera diferente. A usted no se le penalizará. La atención que recibirá durante la competición objeto de estudio no cambiará.

¿Qué pasa si digo que sí, pero cambio de opinión más tarde?

Usted puede dejar de participar en el estudio en cualquier momento. A usted no se le penalizará. La atención que recibirá durante la competición no cambiará.

¿Quién verá mis respuestas?

Las únicas personas autorizadas para ver sus resultados y respuestas son las que trabajan en el estudio y las que se aseguran de que éste se realice de manera correcta. Sus respuestas, su información médica, los resultados de los test y una copia firmada de este documento se mantendrán bajo llave en nuestros archivos. Cuando compartamos los resultados del estudio en revistas del ámbito de la actividad física y el deporte o congresos, no incluiremos su nombre. Haremos todo lo posible para que nadie fuera del estudio sepa que usted participó en él.

¿Me costará algo participar en el estudio?

No.

Participar en el estudio. ¿me ayudará de alguna manera?

Participar en este estudio no le ayudará, pero podría ayudar a otros deportistas a mejorar el rendimiento con mayor seguridad en otras competiciones futuras.



Participar en este estudio, ¿podría ser malo para mí, de alguna manera?

Sí. Hay una posibilidad de que:

- Alguien pudiera enterarse de que usted participó en este estudio y llegar a saber algo sobre usted que usted no querría que supiera.
- Los test físicos puedan suponerle un pequeño esfuerzo.

Correr o realizar los test de fuerza propuestos puede resultarle molesto y sufrir algún tipo de lesión deportiva.

Haremos todo lo posible para proteger su privacidad y emplearemos toda nuestra pericia para que no sufra ninguna molestia.

¿Qué debo hacer si tengo preguntas?

Por favor llame al director del estudio, Juan Carlos de la Cruz Márquez, 666 540 045 si:

- Tiene alguna pregunta sobre el estudio.
- Tiene preguntas sobre sus derechos.
- Cree que se ha lesionado de alguna manera por participar en este estudio

¿Tengo que firmar este documento?

No. Fírmelo solamente si desea participar en el estudio.

¿Qué debo hacer si quiero participar en el estudio?



Tiene que firmar este documento. Le entregaremos una copia.

Al firmar este documento está diciendo que:

- Está de acuerdo con participar en el estudio.
- Le hemos explicado la información que contiene este documento y hemos contestado todas sus preguntas.

Usted sabe que:

- No tiene que contestar preguntas que no quiera contestar.
-
- En cualquier momento, puede dejar de contestar nuestras preguntas y no le pasará nada a usted.

Su nombre (en letra de molde)

Su firma

Fecha.

Si otra persona firma este formulario a nombre del participante, explique por qué:

Nombre del representante legal (en letra de molde)

Firma de la persona que provee el

Fecha

Consentimiento en representación del sujeto

Relación o parentesco:

Nombre de la persona que explica el consentimiento (en letra de molde)

Firma de la persona que explica el consentimiento

Fecha

Anexo B.

DATOS CRUDOS DE LA PLATAFORMA DE FUERZA.

	CMJ1_DER_MAX (N)	CMJ2_IZQ_MAX (N)	CMJ3_DER_MAX (N)	CMJ4_IZQ_MAX (N)	CMJ_MEAN_DER_MAX (N)	CMJ_MEAN_IZQ_MAX (N)
1_FEG	540.27468	459.88239	573.30428	562.88485	556.78948	511.38362
2_CRM	457.03196	429.51299	443.2098	356.7634	450.12088	393.138195
3_LCA	268.13905	269.16626	308.4131	244.90179	288.276075	257.034025
4_AAM	518.21674	436.66692		608.65048	518.21674	522.6587
5_EGD	588.39246		552.5415	518.31015	570.46698	518.31015
6_SHC	355.48558	308.90121	336.22347	301.10103	345.854525	305.00112
7_MFO	568.30643	519.71928	531.35965	521.9439	549.83304	520.83159
8_JVF	374.66489	394.26152	381.82879	405.40146	378.24684	399.83149
9_MEC	507.6735	278.92851	276.45114	237.36178	392.06232	258.145145
10_ADP	234.80768	279.12119	228.70225	255.9198	231.754965	267.520495
11_SBS	541.83878	498.68839	512.92925	521.34128	527.384015	510.014835
12_MGD	448.92238	368.18802	413.69761	352.08917	431.309995	360.138595
13_AMM	505.33507	540.80783	492.02226	523.62446	498.678665	532.216145
14_ERM	297.93273	433.19827	371.17124	479.3871	334.551985	456.292685
15_MRH	506.31228	502.07832	541.57819	473.13384	523.945235	487.60608
16_FMR	354.8425	340.42921	351.20714	382.98497	353.02482	361.70709
17_LPM	413.98195	436.97968	479.90016		446.941055	436.97968
18_AMP	512.86519	435.73251	474.42017	430.66926	493.64268	433.200885
19_LTL	358.84065	382.60205	430.12126	393.82088	394.480955	388.211465
20_MAB	437.95745	366.18885	447.04683	438.24835	442.50214	402.2186
21_JRB	371.87276	437.49321	385.71264	396.68473	378.7927	417.08897
22_PHC	416.51269	390.10064	441.98988	431.98141	429.251285	411.041025
23_JCS	655.45568	673.64183	523.31791	586.86926	589.386795	630.255545
24_JGC	453.80312	463.86032	434.88119	464.18325	444.342155	464.021785

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

DANIELA PAOLA GUADARRAMA ARREGUÍN

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte Con Orientación
En Alto Rendimiento.

Reporte de Prácticas: **EVALUACIÓN DE FUERZA MÁXIMA DE MIEMBROS
INFERIORES EN JÓVENES ACTIVOS DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA.**

Campo temático: Alto rendimiento

Lugar y fecha de nacimiento: 15 /10 /1993

Lugar de residencia: Monterrey, Nuevo León.

Procedencia académica: Universidad Autónoma de Nuevo León

Experiencia Propedéutica y/o Profesional:

Licenciada en Nutrición estudios de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en
Alto Rendimiento.

Practicante en el área Preparación Física. Equipo de representativo de atletismo “Tigres” UANL
rama velocidad (2018-2019).

Estancia académica. Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada. (2018).

Docente a distancia. Facultad de Organización Deportiva de la UANL (2018).

Docente en la materia Desarrollo Integral. Tecnológico de Monterrey. Toluca (2016-2017).

E-mail: nutrisport4@hotmail.com