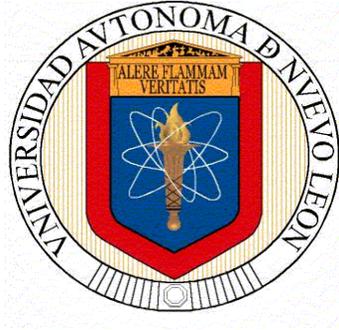


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



TESIS

**EVALUACIÓN ISOCINÉTICA DE LOS MÚSCULOS EXTENSORES Y
FLEXORES DE RODILLA EN CORREDORES DE LARGA DISTANCIA**

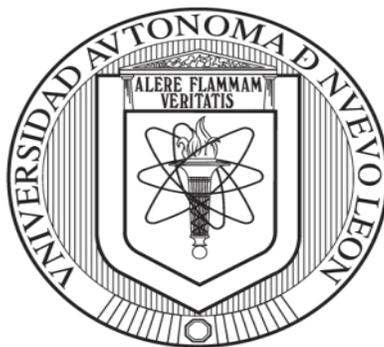
PRESENTADA POR

CARLOS ALBERTO MENDOZA GÓMEZ

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE CON
ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**

JUNIO 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



**EVALUACIÓN ISOCINÉTICA DE LOS MÚSCULOS
EXTENSORES Y FLEXORES DE RODILLA EN CORREDORES DE
LARGA DISTANCIA**

Por

CARLOS ALBERTO MENDOZA GÓMEZ

**PRODUCTO INTEGRADOR
REPORTE DE PRÁCTICAS**

Como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE CON
ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**

Nuevo León, junio, 2022.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FOD

FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO
LEÓN FACULTAD DE ORGANIZACIÓN
DEPORTIVA SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN**

Los miembros del comité de titulación de la Subdirección de Posgrado e Investigación de la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Reporte Prácticas titulado "Evaluación Isocinética de la musculatura flexo-extensora de rodilla en corredores de larga distancia" realizado por el Lic. Carlos Alberto Mendoza Gómez, sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto rendimiento deportivo.

COMITÉ DE TITULACIÓN

Dr. Pedro Gualberto Morales Corral

Asesor Principal

Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera

Subdirección de Posgrado e Investigación de la FOD

Nuevo León, junio, 2022



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

FICHA DESCRIPTIVA

Fecha de Graduación: mayo, 2022

NOMBRE DE LA ALUMNA(O): CARLOS ALBERTO MENDOZA
GÓMEZ

Título del Reporte de Prácticas: EVALUACIÓN ISOCINÉTICA DE LA
MUSCULATURA FLEXO-EXTENSORA DE RODILLA EN
CORREDORES DE LARGA DISTANCIA.

Número de páginas: (45)

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

Estructura del Reporte de Prácticas:

Este estudio se centra en conocer de manera objetiva, los valores de torque máximo y el índice H/Q para identificar un posible desbalance entre la musculatura flexora-extensora de rodilla, mediante una caracterización con dinamometría isocinética en corredores de larga distancia. Teniendo como población a 10 corredores de larga distancia, pertenecientes a grupos de corredores en Monterrey N.L (6 hombres y 4 mujeres) con una edad promedio de 37.2 ± 11.2 años peso promedio = 65.05 ± 13.9 Kg y una talla promedio = 166.6 ± 11.53 cm. La evaluación isocinética fue realizada a tres velocidades angulares distintas de manera bilateral $60^\circ/s$, $180^\circ/s$ y $300^\circ/s$ con dos sistemas de dinamometría marca BIODEX System 4 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA ®). Como resultado de la intervención, el grupo estudiado mostró

un promedio absoluto de torque máximo acorde a la disciplina deportiva, sin embargo, se observó un déficit de fuerza flexora considerable. Además, se vio reflejado en el índice de desequilibrio H/Q donde el valor promedio se encuentra por debajo de los valores normales, predisponiendo a la población estudiada a un posible riesgo de lesión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. Morales', with a horizontal line extending to the left from the start of the signature.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL:

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a dios. A mis padres que sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible ya que siempre han estado presentes en mi vida. A mi hermana Becky por siempre preocuparse por mi proceso académico, a mi hermana Miros y mis abuelos por alentarme a la distancia. A mi novia Valeria por ser mi soporte. Al Dr Pedro Morales por brindarme todas las facilidades para el proyecto y orientarme, así como el personal de laboratorio. A los participantes de este proyecto, a los coaches Erick y Edwin y mi amigo Armando que me apoyaron para poder realizar esta investigación.

Contenido

Introducción	1
Planteamiento del Problema	4
Justificación	5
ANTECEDENTES TEORICOS Y EMPIRICOS	6
Historia del maratón	6
Características antropométricas	8
Factores de rendimiento	9
Resistencia.....	11
Consumo máximo de oxígeno.....	11
Utilización fraccional del VO ₂ max y economía de carrera	12
Fuerza.....	12
Contracción muscular	13
Contracción isométrica.....	14
Contracción Isotónica.....	14
Contracción Isocinética.....	14
Contracción Auxotónica	15
Contracción Concéntrica:.....	15
Contracción Excéntrica:	15
Fatiga muscular	15
Lesiones deportivas	16
Tendinopatías	17
Lesiones musculares.....	18
Evaluación isocinética	19
¿Qué es un dinamómetro isocinético?	19
Parámetros isocinéticos importantes	20
Momento máximo o torque pico.....	20
Torsión máxima promedio	21
Torsión/BW máxima.....	21
Tiempo para la torsión máxima.....	21
Angulo de la torsión máxima	21
Torque a 30°	21
Torque a .2	22

Coeficiente de variante.....	22
Repeticiones máximas del trabajo total.....	22
Trabajo.....	22
Trabajo total.....	22
Trabajo primer tercio y último tercio	23
Fatiga de trabajo.....	23
Potencia promedio.....	23
Tiempo de aceleración	23
Tiempo de desaceleración.....	23
ROM.....	24
Relación antagonista/agonista.....	24
Índice H/Q.....	24
La dinamometría isocinética como instrumento de control de rendimiento en deportes de resistencia.....	24
Caracterización.....	28
Nivel de aplicación	29
Propósitos.....	30
Objetivo General.....	30
Objetivos Específicos	30
Tiempo de realización.....	31
Estrategias y actividades.....	32
Participantes:	32
Protocolo de la prueba	32
Recursos.....	34
Producto.....	35
Conclusiones.....	39
Referencias bibliográficas.....	40

Introducción

Correr se convirtió recientemente en el ejercicio más popular en todo el mundo (Lee, et al., 2009). Sin duda son muchos los beneficios que aporta a la salud, mejorando el sistema cardiovascular, musculoesquelético y el sistema inmune, previniendo enfermedades cardiovasculares, hipertensión e hiperlipidemia (Macera & Pate, 1991). Este tipo de carreras populares se celebran sobre diferentes distancias, que regularmente van desde los 5 km a los 42.195 km de la maratón, lo que la International Association of the Athletics Federations (IAAF, s. f.) denomina como carreras de fondo o larga distancia. Sin embargo, su misma accesibilidad predispone a quien lo practique a un riesgo de lesión. Principalmente debido a una mala técnica, tipo de pisada, sobrentrenamiento, características biomecánicas y el impacto que genera la actividad. La distensión de la musculatura isquiotibial, es la más común en muchos deportes incluidos los deportes de carrera (Orchard et al., 1997).

La dinamometría isocinética ha sido considerada ampliamente como el estándar de oro para las pruebas musculares objetivas, a la vez resulta ser un medio efectivo para el acondicionamiento y rehabilitación muscular. Los dinamómetros son equipos únicos y altamente útiles para la evaluación de la función dinámica muscular y articular en condiciones específicas. Sin embargo, es importante conocer la biomecánica y las complejidades fisiológicas que conlleva el sistema muscular, para poder usar correctamente un dinamómetro isocinético (Dvir & Muller, 2020).

El objetivo de la dinamometría, es hallar el momento máximo de fuerza, dentro de un movimiento isocinético, por medio de protocolos que involucran la ejecución de 3 a 6 a repeticiones máximas y obtener este valor de momento máximo medido durante las repeticiones ejecutadas. Para poder evaluar en condiciones dinámicas, los dinamómetros están asociados a un módulo electrónico y un sistema de cómputo programable a una velocidad constante

que permite registrar las magnitudes físicas de la fuerza resultante que se aplica en el dinamómetro (Baltzopoulos & Kellis, 1995).

Con respecto a lesiones de los miembros inferiores Según Gómez (2001), las lesiones musculares representan el 50% de afecciones en el deporte y que además estas resultan ser más frecuentes en la unión mio tendinosa, este último dato complementado por estudios realizados por Hasselman (1990). En un estudio retrospectivo realizado en corredores de la media maratón de San Javier. Las lesiones tendinosas fueron las más comunes representando un 35.4% y posteriormente las afecciones musculares con un 32.74% de aparición, en esa misma muestra, únicamente el 8% no presentó ninguna lesión. Por lo que conocer los valores de fuerza máxima mediante parámetros como el torque pico o también conocido como momento de fuerza, permitirá al atleta identificar situaciones de debilidad o desbalance muscular, para así poder modificarlos en su plan de entrenamiento. Ya que, mediante el entrenamiento de la fuerza muscular, podemos modificar la arquitectura muscular, pero además también es un factor importante para la prevención de lesiones en la musculación y en estructuras circundantes como el tendón (Fernandez, et al. 2018).

Los parámetros mayormente estudiados además del torque máximo son: el trabajo muscular, que es la fuerza ejercida por distancia de desplazamiento y se expresa en joule (J) (energía desarrollada) y la potencia: que es el trabajo producido durante el tiempo empleado y se expresa en watts (W). Una vez obtenidos esta serie de datos podemos obtener los niveles de fuerza y el porcentaje de déficit si valoramos bilateralmente. El balance muscular, involucra la relación de fuerza que existe entre los músculos agonistas y antagonistas, si hablamos de la articulación de la rodilla, se utiliza como referencia del 60% para determinar un balance muscular adecuado. El déficit o predominio excesivo de un grupo muscular, tendrá como efecto un desequilibrio muscular, que predispone a lesiones deportivas. Por el contrario, tener un adecuado balance, permitirá un mejor éxito deportivo (Hernández., et al 2014).

El presente trabajo se centrará en la evaluación isocinética de los miembros inferiores, específicamente del complejo articular de la rodilla y las acciones musculares de los principales músculos implicados, cuádriceps e isquiotibiales, para así obtener de manera objetiva los valores de fuerza máxima en corredores de larga distancia, así como con la variable H/Q para un posible riesgo de lesión.

Planteamiento del Problema

Actualmente las modalidades de maratón 42.125km y de medio maratón 21 km han causado mayor demanda e interés en los deportistas. Tanto corredores de elite y aficionados permanecen en la búsqueda constante de optimizar sus tiempos de rendimiento, lo cual los lleva a modificar sus entrenamientos, así como aumentar la carga y volumen de trabajo. Al suceder esto, el deportista aumenta su predisposición a lesionarse. Por lo que conocer su estado físico y el balance muscular disminuye la probabilidad de sufrir alguna afección de los miembros inferiores. Los sistemas isocinéticos mediante su aplicación diagnóstica, permiten evaluar los grupos musculares mayormente implicados de manera selectiva.

Justificación

La necesidad de conocer el estado físico del deportista, ya que las distancias recorridas al correr, no solo requieren de una excelente capacidad aeróbica, sino también una fuerza de base para tolerar las distancias prolongadas de esta actividad deportiva, además de una excelente fuerza resistencia para un mejor desempeño deportivo. La utilización de dinamometría isocinética permite medir la fuerza contráctil en un eje articular a través de (N.M) dando así la fuerza de torsión en cada grupo muscular, observando así desbalances musculares ipsilaterales o contralaterales (Rizo,2018). Por lo que, con la evaluación mediante la dinamometría isocinética, nos permitirá identificar cuáles son los parámetros de fuerza máxima en corredores de larga distancia en condiciones dinámicas y si presentan algún desequilibrio muscular o déficit en los principales grupos musculares que se implican al correr.

ANTECEDENTES TEORICOS Y EMPIRICOS

Historia del maratón

Se le conoce como maratón a la prueba olímpica que consiste en correr una distancia estandarizada de 42,195 km, la cual se ha llevado a cabo desde Atenas en 1896 en hombres, y a partir de 1984 se incorporó de igual manera la categoría femenina en Los Ángeles. Sin embargo, su historia tiene origen en el año 490 a.C., con el mito de que el soldado griego Filípides murió de fatiga tras haber recorrido aproximadamente unos 37 kilómetros desde Maratón hasta Atenas, solo con el fin de anunciar la victoria sobre el ejército persa, es decir, el fin de la guerra, aunque existe otra versión de la realidad, se dice que la distancia fue más larga, el historiador Heródoto menciona que Filípides en realidad recorrió 240 kilómetros, porque se conoce que esa es la distancia que separa a Atenas de Esparta, sin embargo ambas versiones serán explicadas más a fondo a continuación.

Pero, ¿por qué Filípides realizó ese recorrido de manera inmediata? Según la leyenda del maratón, en la ciudad griega de Atenas las mujeres se encontraban esperando si sus maridos salían de la batalla en la llanura de Maratón, de manera victoriosa o con la derrota, ellas esperaban con ansias, ya que los enemigos persas juraron que posteriormente de vencer a los griegos, ellos irían a Atenas con el objetivo de saquear la ciudad y sacrificar a las niñas.

A partir de ésta amenaza, los griegos tomaron la decisión de decirle a las mujeres de Atenas que si nos recibían la noticia de la victoria antes de las 24 horas, coincidiendo con la puesta de sol, ellas mismas serían quienes matarían a sus hijos y se suicidarían posteriormente, pero los griegos resultaron vencedores, sin embargo, tardaron más de lo planeado en derrotar a los persas y corrían el riesgo de que las mujeres cumplieran con lo establecido y ejecutasen el plan de matar a los niños y a ellas mismas.

Así que el general ateniense Milcíades el Joven decidió enviar un mensajero a dar la noticia a la polis griega para evitar que las mujeres realizaran tal acto.

Aunque en este momento se dan dos versiones distintas; la primera es que Filípides, después de haber estado todo un día entero combatiendo, tuvo que recorrer una distancia de entre 30 y 35 kilómetros para dar la noticia, puesto que la ciudad de Maratón está al noroeste de Atenas y la distancia no es mucha. Pero Filípides puso todo su empeño en que el mensaje fuera recibido lo antes posible que al momento de llegar a Atenas su cuerpo no resistió más y su cuerpo cayó agotado, no sin antes de cumplir con su tarea, ya que antes de morir dijo la palabra “νίκη, que significa “victoria” en griego antiguo.

La otra versión dada conocer por el historiador Heródoto se menciona que en realidad Filípides fue enviado hacia Esparta para pedir asistencia militar y así poder repeler la invasión persa, ya que los persas se dirigían hacia Maratón, y por ello se dice que en realidad Filípides corrió en tan solo dos días 240km, desde Atenas hasta Esparta.

Cabe resaltar que el maratón no sólo recibe el nombre por Filípides, sino que, por todos los soldados griegos en general, ya que eran considerados excelentes corredores, y así como Filípides, todo el ejército ateniense tuvo que correr de Maratón hacia Atenas.

Sin embargo, el Comité Olímpico Internacional (C. O. I.) tomó en cuenta la primera versión y así fijar la distancia de 40 km para la carrera, que fue incluida en los primeros Juegos Olímpicos de 1896, en donde sólo 17 corredores fueron los que participaron.

Posteriormente la distancia definitiva se cambió a 42.195 km, la cual se determinó y estandarizó en maratón de Londres en los Juegos Olímpicos de 1908, ya que es la distancia recorrida desde Windsor hasta el White City Stadium y se fijó con el fin de que la carrera culminará justo por debajo de los balcones del palacio, y así, la familia real pudiera tener la mejor vista de la línea de meta.

Actualmente la carrera de Maratón es una de las más populares en el mundo en donde miles de corredores participan en esta prueba, por lo que tener una adecuada preparación y entrenamiento es indispensable para obtener los mejores resultados, y de igual manera, evitar posibles lesiones, ya que diversos estudios afirman que existen diversos factores que pueden influir en el rendimiento de los atletas.

Características antropométricas

Está comprobado que la antropometría de un corredor puede tener un impacto notable en el rendimiento del maratón, en donde un cuerpo ectomorfo predomina ante el endomorfo y mesomorfo.

El maratonista promedio mide 176,5 cm de altura y tiene una masa corporal de 65,8 kg. Sin embargo, acorde a los mejores corredores de maratón de Kenia con una marca personal de maratón de <02:07:16 y un volumen de entrenamiento de 180–220 km por semana tenían una altura de $171,2 \pm 6,1$ cm y una masa corporal de $57,7 \pm 4,0$ kg, además, este grupo de maratonistas contaban con un perfil antropométrico de densidad corporal a $1,13 \pm 0,02$, un porcentaje de grasa corporal de $8,87 \pm 0,07$ %; media de dispersión del somatotipo $4,58 \pm 3,62$; media actitudinal del somatotipo $0,51 \pm 0,09$; proporción de pliegues cutáneos de extremidades a tronco $0,36 \pm 0,11$; endomórfica $1,53 \pm 0,32$; mesomórfica $1,61 \pm 1,81$ y ectomorfa $3,86 \pm 0,78$. Asimismo, podemos observar que este grupo de corredores poseen una circunferencia más pequeña de la parte inferior sus piernas, por lo que sus piernas largas y esbeltas de los kenianos podrían ser ventajosas al momento de correr el maratón, ya que el costo de energía al correr es una función de la masa de las piernas (Bale, et al. 1986).

Otro aspecto que destaca en los maratonistas de elite, es un peso corporal bajo y de mismo modo, un bajo porcentaje de grasa corporal, dado a que favorecen a una carrera rápida con una fácil disipación de calor.

Dado a esto, muchos atletas pueden enfrentar efectos negativos para su salud por la deficiencia crónica de energía, incluidos la alteración de la función

reproductiva, la reducción de la fuerza y la calidad de los huesos y el deterioro de la salud cardiovascular.

No debemos olvidar que existen diferencias antropométricas, fisiológicas y hormonales entre los deportistas masculinos y femeninos. Esto significa que, de igual forma, se ha especulado que la termorregulación incluso puede llegar a diferir entre géneros.

En el caso de las mujeres, al contar con una masa corporal más pequeña y una mayor proporción de área de superficie a masa, así como un mayor contenido de grasa corporal en comparación con los hombres pueden tener una ventaja desde una perspectiva termorreguladora (Dennis y Noakes 1999). Los hombres producen más sudor que las mujeres en términos relativos y absolutos y, por lo tanto, se ha sugerido que la deshidratación y la necesidad de reposición de líquidos es menor en las mujeres. Aunado a eso, la temperatura rectal y el flujo sanguíneo de la piel se ven afectados por el ciclo menstrual con una temperatura rectal aproximadamente $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ más alta en la fase lútea en comparación con la fase folicular, por lo que esta diferencia también conduce a un umbral más alto para el inicio de la sudoración y la vasodilatación cutánea.

Factores de rendimiento

Los deportes de fondo, específicamente hablando de la carrera de resistencia. Es un rasgo biológico que se encuentra relacionado con la supervivencia de la especie humana. Al hablar de un deporte de resistencia, debemos de tomar en cuenta la injerencia que posee la respiración o la circulación en el desempeño personal, así como la intensidad, la duración y la cantidad de contracción estática y dinámica involucrada. Para poder cumplir estas demandas fisiológicas, el cuerpo requiere de energía (Midgley., et al. 2007).

Independientemente de la duración tan prolongada que involucran las ultra distancias, el sistema musculoesquelético tiene su complejidad ya que puede pasar de un estado de reposo a un estrés máximo. Por lo que, al permanecer por tiempos prolongados en constante reclutamiento de fibras musculares, a nivel

muscular se generan cambios hidrolíticos, el ph intramuscular disminuye, además sucede un aumento de agua en los depósitos intracelulares y extracelulares, lo cual de manera intrínseca modifica la concentración de iones, este aumento de la concentración de iones, lleva al cuerpo a un estado de acidosis (Fitts, 2017).

El permanecer en un estado de acidosis, nos lleva a un estado de fatiga muscular, donde disminuye la capacidad de contracción y por ende el rendimiento. Es importante mencionar que para que suceda la contracción muscular, la fuente de energía que finalmente se utiliza es el trifosfato de adenosina (ATP) De manera inicial estas demandas son cubiertas por la degradación de glucosa, sin embargo, durante este proceso hay una producción de ácido láctico, principalmente en los grupos musculares involucrados y posteriormente un descenso del PH. Esta misma fatiga de la musculatura, hablando particularmente de las carreras de larga distancia, los miembros inferiores son los protagonistas en el desplazamiento, la fatiga de estos músculos, también guarda relación con el aumento en la producción de ácidos metabólicos (Petro & Bonilla, 2015).

La tolerancia a este tipo de actividad será más fácil de realizar, si el individuo posee un organismo adaptado que le permita amortiguar la disminución del ph intracelular en el musculo y extracelular en la sangre. Ante una buena adaptación y tolerancia ante este desequilibrio acido-base en donde se hace frente a un estado de acidosis, se retrasa también de mejor manera el inicio de la fatiga muscular. Las demandas energéticas que requiere dicha actividad la clave para el éxito atlético es poder despejar el lactato del músculo donde es producido. El grado en el que la respiración o la circulación limitan el desempeño personal depende de muchos factores, la mayoría de los cuales son la intensidad, la duración y la cantidad de contracción dinámica y estática involucrada (Parodi, 2002).

Resistencia

Los deportes de carrera, principalmente de larga distancia son de predominancia aeróbica, por lo que el rendimiento en las carreras de fondo está condicionado por ciertos factores fisiológicos en esta capacidad: El consumo máximo de oxígeno (Vo_{2max}) es un claro ejemplo de ello, ya que permite tener una alta capacidad de producción de energía aeróbica. Otro factor importante es la capacidad en la cual el Vo_{2max} puede ser utilizado en altas fracciones por tiempos continuos y prolongados y finalmente la economía de carrera. (Larsen & Sheel, 2015). El entrenamiento de resistencia ocupa principalmente la mayor parte del volumen de trabajo, ya que guarda una fuerte relación con el rendimiento en desempeño de los corredores de fondo. Usualmente la frecuencia de entrenamiento de resistencia en corredores tanto de élite y sub-élite resulta ser bastante homogénea, entre 80-120 kilómetros de carrera por semana. La manera en la que se cuantifica el entrenamiento, con frecuencia se realiza dividiendo el trabajo en zonas de entrenamiento: Zona 1 (baja intensidad, por debajo del VT_2), Zona 2 (intensidad moderada, entre el VT_1 y VT_2) y Zona 3 (alta intensidad, por encima del VT_2) (Ogueta-Alday & López, 2016).

Consumo máximo de oxígeno

Es definido como la cantidad máxima de oxígeno absorbido y consumido por los tejidos durante el ejercicio exhaustivo (Basset & Howley, 2000). El Vo_{2max} Consiste principalmente en la capacidad de transporte de grandes cantidades de sangre, lo que supone un alto gasto cardiaco, también permite la distribución de la sangre mediante el flujo sanguíneo muscular y además extraer el oxígeno y lograr utilizarlo dentro de la célula muscular. (Zinner & Sperlich, 2016). Los corredores masculinos de elite usualmente poseen un Vo_{2max} entre 70-85ml/kg/min y las mujeres un 10% menos de este valor, debido a niveles más altos de grasa corporal y una concentración de hemoglobina más baja. Sin embargo, no es obligatorio tener un Vo_{2max} de 80ml/kg/min ya que en un

estudio con maratonistas Kenianos, contaban con tiempo promedio de rendimiento de 2:07:17 (h:min:s) y mostraron niveles de VO₂max de 63,1 ml/kg/min cuando los atletas fueron evaluados en Kenia con una altitud de (2000m) y cuando fueron estudiados en Italia (1300m) mostraron valores de VO₂max de 67,5 ml/kg/min. Lo cual representa un tiempo sobresaliente en la modalidad de maratón (Larsen & Sheel, 2015).

Utilización fraccional del VO₂max y economía de carrera

Un predictor para el rendimiento de la resistencia es la capacidad de mantener un alto porcentaje de VO₂max durante competencia. La economía de carrera representa el valor submáximo de oxígeno a una velocidad de carrera dada. Cuanto menor sea la demanda de VO₂ a una velocidad de carrera submáxima, mejor será la economía de carrera. Este valor es variable entre sujetos, incluso si corren a una misma velocidad. Se han encontrado diferencias menores en el costo de oxígeno al correr en fondistas de élite (Larsen & Sheel, 2015). Aunque expresa un valor de consumo máximo de oxígeno, comúnmente se expresa el valor en ml·kg⁻¹·km⁻¹ para evitar la influencia de la velocidad absoluta de la carrera, los valores para atletas altamente entrenados oscilan entre 175-220 ml·kg⁻¹·km⁻¹. Existe cierta controversia respecto a la distancia y su influencia con la economía de carrera. Sin embargo, todo parece indicar que es la velocidad específica de cada especialidad o modalidad de distancia la más económica para cada corredor (Ogueta-Alday & López, 2016).

Fuerza

Si bien las carreras de distancia requieren primordialmente de una buena resistencia, se requiere de tener una fuerza base que permita sostener el paso durante la competencia. Existen diferentes tipos de fuerza, sin embargo, la fuerza resistencia es la que permitirá repetir y mantener la intensidad del esfuerzo durante acciones de prolongada duración (Bompa, 1983). No solamente se requiere una fuerza resistencia de base para el rendimiento deportivo, sino que además hay estudios como el realizado por Hausswirth y Cols en 1999

donde demostraron que un entrenamiento entre esta capacidad y la resistencia aeróbica, puede retrasar notablemente la aparición de la fatiga, compitiendo al 80% del VO₂max.

Esta fuerza resistencia es directamente proporcional al peso del atleta e influye extrínsecamente de la topografía del terreno de competencia, principalmente influirá si el terreno presenta varios desniveles.

Un entrenamiento intenso de la fuerza produce no sólo cambios en la fuerza del músculo, a través de diferentes mecanismos morfológicos y coordinativos (v. infra), sino también un aumento de sus reservas de glucógeno y fosfocreatina (Saltin, 1973, 137s.; Jakovlev, 1975, 133). Al ser un deporte de predominancia aeróbica, debemos de tomar en cuenta los componentes que determinan dicha capacidad que según Laursen y Rhodes en el 2001 son el consumo máximo de oxígeno, el umbral de lactato y la economía de carrera. Por lo que cualquier modificación con el entrenamiento de fuerza podrá generar cambios en estas variables asociadas.

La potencia del tren inferior en el atletismo es de suma importancia ya que combina los factores de fuerza y velocidad (Herzog & Ait-Haddou, 2002) ambas capacidades determinantes en el rendimiento deportivo por lo que se necesita incluir ejercicios de fuerza ejecutados a una alta velocidad y que incluyan componentes de fuerza explosiva teniendo como base las fases del ciclo de estiramiento-acortamiento (López G, Herrero., & Fernandez 2003).

Contracción muscular.

Los miocitos son la unidad celular contráctil del músculo y poseen concentraciones altas de proteínas especializadas, que usan la energía química, para generar fuerza mecánica. Al generarse este estímulo, los músculos se contraen aproximando sus puntos de anclaje óseo (inserciones) para así finalmente producir movimiento o una tensión mecánica estática (Sweeney & Hammers, 2018). Durante la contracción los filamentos finos (actina) y gruesos (miosina), se deslizan uno sobre otro. Para poder generar este deslizamiento de

filamentos, se requiere de un aumento de la concentración de calcio y además de energía en forma de ATP (Adenosin trifosfato). Los músculos actúan según la acción muscular. Por lo que tanto agonistas, sinergistas y fijadores, generan una tensión mecánica adyacente en el eje articular. Este conjunto de funciones guardara relación al tipo de contracción muscular que se vaya a desarrollar (Tortora & Derrickson, 2002).

Los músculos actúan como estructuras amortiguadoras al absorber las cargas mecánicas excéntricas. Por ejemplo, al desacelerar durante un sprint o al descender pendientes, el sistema locomotor absorbe dichas cargas, en movimientos naturales como caminar o cambiar de dirección, los músculos de manera colectiva realizan cantidades de trabajo casi equitativa tanto de trabajo positivo y negativo (Sanz, 2015).

Contracción isométrica

En este tipo de contracción el músculo genera una tensión, pero éste no crea acortamiento ni alargamiento de fibras musculares, esto se refiere a que la longitud muscular no cambia durante su contracción, sin embargo, dentro del músculo los tendones se encuentran alargados y el vientre muscular acortado, haciendo que obtenga la misma longitud, pero mayor tensión.

Contracción Isotónica

La contracción isotónica es aquella en donde las fibras musculares cuentan con dos funciones principales, la de contraerse y modificar su longitud.

Contracción Isocinética

En el ámbito deportivo, es una contracción muscular máxima a una velocidad constante durante la ejecución de todo el movimiento. Así mismo, este tipo de contracción es concéntrica y excéntrica.

Contracción Auxotónica

Las contracciones auxotónicas son una combinación de las contracciones de tipo isotónica e isométricas.

Este se lleva a cabo empezando con una contracción muscular isotónica, pero conforme va llegando al final de la contracción, destacara la contracción isométrica.

Contracción Concéntrica:

Podemos definir a la contracción concéntrica cuando los músculos se acortan durante su contracción. En este tipo de contracciones, el músculo produce tensión, haciendo que éste se contraiga se produzca un movimiento. Asimismo, los tendones que se ubican en el origen y en la inserción se acercan, acortando el vientre muscular, lo que genera movimiento en los huesos, creando palancas óseas, lugar donde se originan e insertan los tendones.

Contracción Excéntrica:

Este tipo de contracción se da cuando el músculo crea una tensión, pero su fuerza es mayor que el de la tensión causada, por lo que el músculo se alarga y al mismo tiempo sigue generando tensión al realizar el movimiento, es decir, los músculos se alargan durante su contracción. En este caso, los tendones se acortan y de igual modo, el vientre muscular intenta acortarse, aunque cuando llega a su límite, éste se comienza a alargar y por efecto también se alargarán los tendones.

Fatiga muscular

Los ejercicios que involucran componentes excéntricos, como lo es la carrera pedestre, principalmente en descensos, se producen mayores rupturas de miofibrillas musculares, en comparativa con otros deportes (Urdampilleta, 2015). Este daño se presenta mayormente si se realiza el ejercicio con mayor intensidad. Al suscitarse esta situación, nos lleva a un estado de fatiga

muscular, que a la vez limita el rendimiento muscular, disminuyendo la fuerza, los picos de potencia y la velocidad de ejecución. La fatiga muscular dependerá del tipo de ejercicio e intensidad realizada, así como el tipo de contracción muscular (Tee, Bosch & Lambert, 2012).

Según Gandevia en el (2001), la fatiga neuromuscular, es definida como una disminución reversible en la capacidad máxima de generar fuerza en un musculo de manera voluntaria, además no se asocia únicamente a los cambios periféricos en el musculo, sino que además el sistema nervioso central no produce adecuadamente los impulsos hacia las motoneuronas.

Además, el ph muscular sufre de modificaciones, afectando a la bomba de sodio-potasio, la cual permite el intercambio de iones entre el medio extracelular y el citoplasma, de manera a que sucede un acumulo de iones hidrogeno teniendo como resultado una disminución del Ph muscular, lo cual repercute en el rendimiento deportivo.

La fatiga muscular, como ya lo he mencionado previamente está directamente relacionada con la intensidad y duración del esfuerzo, ya que coincide con el descenso de la glucemia, el agotamiento de los depósitos energéticos en el musculo y la aparición de acidosis metabólica, la cual altera la actividad enzimática muscular y que coincide con el incremento de los niveles de ácido láctico en sangre (Fitts, Hollosky 1976).

Es importante mencionar que sin la preparación adecuada y el acumulo de horas de entrenamiento, sin un adecuado tiempo de recuperación, predisponen al deportista a caer en un estado de lesión.

Lesiones deportivas

Los programas de entrenamiento en las carreras de distancia involucran recorrer distancias con la finalidad de generar adaptaciones en el organismo. Sin embargo, el aumento repentino de las cargas predispone al corredor a caer en lesión, un factor de riesgo importante es una vez que se sobrepasan las 40 millas recorridas por semana (Fredericson, 2007).

La carrera es un deporte que involucra los miembros inferiores en todo momento, por lo que las principales afecciones estarán presentes en las estructuras que la conforman. Además, las fuerzas aplicadas constantes con la superficie se ven traducidas en pequeños microtraumatismos que suelen resultar en lesiones por sobreuso.

En una revisión sistemática realizada por Lopes en el (2012). Se determinó que la mayoría de las lesiones observadas en el estudio, están relacionadas con el uso excesivo de la sobrecarga a las estructuras musculoesqueléticas del corredor. Las lesiones con mayor prevalencia mostradas en el mismo estudio resultan ser las tendinopatías, lesiones musculares, el síndrome de estrés medial de la tibia y la fascitis plantar.

Tendinopatías

Las tendinopatías son una afección latente en los corredores. La tendinopatía se caracteriza por anomalías microestructurales, de composición y celularidad del tendón. Además, ocurren un espectro de cambios que ocurren en el tendón dañado y enfermo provocando dolor y una función reducida (Millar, et al. 2021). Histológicamente a diferencia de un tendón sano, en esta afección se presentan fibras de colágeno fragmentadas, haces de colágeno desorganizados y un aumento en la microvasculatura del tendón, provocando los mismos cambios.

Las lesiones tendinosas se producen principalmente por fuerzas de compresión, fuerzas de rozamiento, de tracción o por una serie de estímulos repetitivos de leve intensidad, es por eso que podemos encontrar tanto factores intrínsecos o extrínsecos como la superficie de entrenamiento o el calzado del deportista.

Por otro lado, en la tendinopatía rotuliana, como su mismo nombre lo dice, el tendón de la rótula se expone a cargas excéntricas elevadas y constantes del cuádriceps durante la carrera, se ha informado con frecuencia en corredores amateur con un kilometraje de entrenamiento oscilante entre 20 y 50km por

semana (McKean, 2006). Esta lesión se presenta con menos frecuencia en los maratonistas más experimentados, sin embargo, un factor que predispone a esta lesión, es en aquellos deportistas que son sometidos a carreras consecutivas de 5 a 8,5 días (Hutson 1984). En resumen, es una lesión por sobreuso que afecta al tendón, causando dolor, inflamación y limitación de la función del mismo.

Se ha hallado que en la evaluación concéntrica de rodilla a una velocidad de 60°/s en deportistas con tendinopatía rotuliana crónica, muestra diferencias considerables entre la extremidad patológica y el lado contralateral, por lo que el programa de recuperación deberá considerar el fortalecimiento de la extremidad involucrada, son recomendables las evaluaciones isocinéticas como parte del retorno a la actividad deportiva (Kaux., et al. 2019).

Lesiones musculares

Las lesiones musculares representan la principal causa de lesión dentro de las actividades deportivas, suponiendo las lesiones musculares agudas un porcentaje oscilante entre 23 y 46% de todas las lesiones deportivas (Feeley, 2007).

En un estudio prospectivo durante 12 años en las ligas europeas de fútbol profesional, se determinó que el 95% de las lesiones musculares sucedieron mayormente en 4 grupos musculares: isquiotibiales, cuádriceps, pantorrilla y aductores (Hallen, Ekstrand 2014). De estos, fueron los isquiotibiales con mayor incidencia, si bien son cifras de un deporte intermitente, no exenta que un corredor las pueda presentar, ya que el mismo deporte demanda realizar aceleraciones, descensos o cambios de dirección, que, si bien son movimientos cinéticos normales, en ocasiones resultan ser mecanismos de lesión muscular. Una revisión de la literatura indica que las lesiones de los isquiotibiales representan el 11% de las lesiones al correr (Lysholm y Wiklander, 1987).

Regularmente las lesiones musculares, suelen ser sin contacto. El mecanismo de lesión implica un movimiento rápido de flexión de cadera con una extensión ipsilateral de la rodilla hablando propiamente de los isquiotibiales. Mediante

este mecanismo se pudiera exceder la capacidad de contracción y dar como resultado una lesión fibrilar o desgarro. Un desgarro sucede cuando la tensión excede la fuerza del elemento estructural más débil, además se ha comprobado que el musculo elongado hasta la falla, se rompe cercanamente a la zona distal de la unión miotendinosa, por lo que según el grado de equimosis, dolor o hallazgos radiológicos requerirá de una intervención específica y además los tiempos biológicos de recuperación serán diferentes.

Evaluación isocinética

La valoración instrumentada y cuantitativa de la fuerza fueron posibles por primera vez en el año de 1897 por el dinamómetro desarrollado por García Fraguas y por Zander en 1907, quienes planteaban de manera grafica la fuerza y potencia por grupo muscular. Durante el siglo XX fueron desarrollándose con mayor precisión los sistemas isocinéticos, un ejemplo claro de esta evolución fue en 1938, cuando Hill describió la curva fuerza/velocidad en la cual define como las fibras musculares disminuyen su fuerza conforme va aumentando su capacidad de contracción, esto sirvió de base para que Hettinger pudiera desarrollar un sistema de medidas y posteriormente implementarse como sistema de potenciación muscular gracias a J.David en 1970 permitiendo implementarse dentro de la medicina deportiva como instrumento de evaluación y de fortalecimiento muscular (Jimenez, et al., 2005).

¿Qué es un dinamómetro isocinético?

La dinamometría isocinética es la evaluación de la fuerza muscular en condiciones dinámicas, y función en general, midiendo el momento articular ejercido durante desplazamientos de velocidad angular constantes de la articulación. Tiene diversas aplicaciones en el deporte, ejercicio y condiciones patológicas para la medición de la fuerza muscular, evaluación de programas de entrenamiento, rehabilitación, predicción de rendimiento, prevención de lesiones y en investigación básica sobre la mecánica muscular, tendones y articulaciones (Baltzopoulos & Kellis, 1995).

Los sistemas isocinéticos habitualmente se componen principalmente por tres elementos los cuales son: un goniómetro el cual permitirá medir el arco de movimiento; un taquímetro, el cual nos muestra la velocidad en la que se realiza el movimiento, y un dinamómetro que aporta los valores de fuerza desarrollados en cada momento, estos datos mediante software o sistemas informáticos se analizan y se relacionan entre sí, obteniendo de esta forma un conjunto de datos (Huesa & García, 2005).

La dinamometría isocinética es una forma segura para realizar ejercicio y evaluación. Una vez alcanzada la velocidad angular preestablecida, el momento resistivo es igual al momento neto aplicado, de modo que la articulación y los músculos se cargan a su capacidad máxima en el rango de movimiento constante (isocinético). Es decir que el movimiento de giro producido por el dinamómetro normalmente no excede el movimiento aplicado por lo que no se producen sobrecargas articulares ni musculares que desencadenen en lesión. (Baltzopoulos, 1995). Este sistema de evaluación involucra de manera conjunta la tecnología informática y robótica para así obtener y procesar de manera cuantitativa la fuerza muscular (Huesa & Garcia 2005).

Parámetros isocinéticos importantes

Los parámetros más estudiados en la dinamometría son: a) el torque máximo: el cual es el resultado del esfuerzo multiplicado por la distancia, expresado en newton-metro (Nm); b) el trabajo muscular: fuerza ejercida por distancia de desplazamiento, se expresa en joule (J) (energía desarrollada), gráficamente es el área bajo la curva del torque realizado y, c) la potencia: trabajo producido por tiempo empleado, expresado en watt (W) (Hernandez., et al. 2014).

Momento máximo o torque pico

Es un indicador de la fuerza muscular máxima, aplicada en condiciones dinámicas, suele evaluarse de 3 a 6 repeticiones máximas y se define como el valor único máximo medido dentro de estas repeticiones

Torsión máxima promedio

Representa el torque pico promedio en cada repetición y de fuerza de salida de un conjunto dado.

Torsión/BW máxima

Es la producción más alta de fuerza, normalizada respecto al peso corporal. Comparada con el objetivo.

Tiempo para la torsión máxima

Una medición de tiempo desde el inicio de la contracción muscular, hasta el punto de mayor desarrollo de torque. Es un indicador de la capacidad funcional para producir par de torsión rápidamente. El valor se toma de la repetición donde se alcanza el torque máximo.

Angulo de la torsión máxima

La posición angular de la articulación es importante en la evaluación de la función muscular, ya que proporciona información sobre las propiedades mecánicas del musculo, además es una prueba de capacidad funcional articular, que muestra donde se alcanza el punto máximo de torsión en el rango de movimiento. Generalmente ocurre sucede a mitad del ROM, donde la relación tensión-longitud del músculo es máxima.

Torque a 30°

Muestra la torsión producida en cada dirección en la posición preestablecida. Este ángulo de posición a 30^a es importante debido a que, durante la deambulación normal, la rodilla se flexiona cercanamente a este rango y además es un punto clave de estabilización de esta articulación. Este valor debe compararse bilateralmente y mantener valores de torque relativamente cercanos.

Torque a .2

Muestra el tiempo de desarrollo de la tensión, representando la tensión desarrollada en ese tiempo. Además, es uno de los mejores indicadores de una articulación rehabilitada, ya que se ha documentado que, durante la deambulación al golpear la superficie con los talones, los extensores de rodilla tardan 0.2 para desarrollar fuerza suficiente para sostener el cuerpo en la deambulación normal.

Coefficiente de variante

Es un indicativo de la reproducibilidad de la prueba. Valores bajos en la prueba demuestran una mayor replicabilidad.

Repeticiones máximas del trabajo total

Al hablar de trabajo involucramos la siguiente fórmula $W = f \cdot d$. Este valor debe producirse en las primeras repeticiones. Se le nombra así a la repetición con mayor cantidad de trabajo total. Por lo que representa la mayor fuerza muscular total de salida y con la mayor cantidad de trabajo. Este valor es un excelente indicador de la función de un grupo muscular y es representado con la unidad de medida Julios (Pies-libras)

Trabajo

Muestra la relación del porcentaje de la repetición de trabajo máxima respecto al peso corporal del sujeto. Este deberá de ser alto, ya que representa un valor de trabajo aumentado.

Trabajo total

Representa a la cantidad de trabajo total realizada durante la prueba. Es un indicador de la capacidad muscular para poder mantener el torque durante la prueba. Es principalmente útil en el campo de la rehabilitación. Ya que en las actividades de la vida diaria se requiere que los movimientos puedan

mantenerse a lo largo de la distancia. Así que podremos identificar alteraciones del torque máximo o si hay variantes en el ROM podremos encontrar un trabajo total disminuido a pesar de que los valores de torsión máxima sean los mismos.

Trabajo primer tercio y último tercio

Son medidas útiles para determinar la fatiga. Usualmente el trabajo en el primer tercio deberá de ser mayor, por lo que es esperado que disminuya en el último tercio. Sirve también para medir la progresión del paciente. Una vez que el atleta mejore su resistencia, los valores serán más equitativos en el último tercio, produciendo cada vez menos fatiga.

Fatiga de trabajo

Es un parámetro valioso para el entrenamiento de resistencia, ya que se puede evaluar el progreso del sujeto en un programa de entrenamiento de resistencia. A medida que vaya mejorando, los niveles serán menores.

Potencia promedio

La potencia es equivalente al trabajo total dividida por el tiempo para completar la tarea, se representa en Watts y es equivalente a 1 Julio por segundo. Este valor representa una medida más real de la intensidad de trabajo. La potencia representa la rapidez con la que los músculos pueden producir fuerza. Es un valor importante ya que el desarrollo de la potencia ayuda a prevenir lesiones.

Tiempo de aceleración

Tiempo total empleado para alcanzar la velocidad isocinética durante la parte inicial del movimiento, principalmente útil para el análisis de la función muscular concéntrica.

Tiempo de desaceleración

Indica el tiempo total utilizado en pasar de la velocidad isocinética a velocidad cero. Indica la capacidad neuromuscular del musculo para controlar las acciones excéntricas hasta el final del rango del movimiento.

ROM

Se trata de la mayor amplitud de movimiento que alcanza la articulación durante una acción. Este valor permite analizar gráficamente la relación de la curva con el ROM.

Relación antagonista/agonista

Como su mismo nombre lo menciona, supone la reciprocidad entre dos músculos, en este caso supondrá la relación entre isquiotibiales y cuádriceps. Es importante ya que el desbalance muscular puede predisponer a una situación de lesión articular. Un equilibrio entre músculos supone una estabilidad dinámica articular.

Índice H/Q

Comprende la ratio isquiosurales-cuádriceps y hace referencia a la relación entre el torque pico de ambos grupos musculares, se ha correlacionado un desequilibrio entre ambos, como un importante riesgo de lesión de la musculatura posterior de la pierna. Tradicionalmente se ha calculado mediante la fuerza máxima concéntrica de los isquiotibiales dividida entre la de los cuádriceps en una misma velocidad angular (Grygorowiks et al.. 2017).

La dinamometría isocinética como instrumento de control de rendimiento en deportes de resistencia.

Desde la década de los 60, fue reportado por primera vez un estudio mediante dinamometría isocinética, donde se encontraron valores de fuerza excéntrica superiores en un 40% a las acciones concéntricas (Doss y Karpovich 1965).

En un estudio realizado con corredores Kenyatas con el objetivo de contribuir a la comprensión del éxito deportivo de esta población en las carreras de larga distancia. Se analizaron las características isocinéticas de los miembros inferiores de 6 fondistas kenianos de elite todos ellos pertenecientes a la tribu de los Kalenjin. Donde se encontraron valores mayores de índice H/Q (1.03+0.51 a 60°/s 1.44+04 a 120°/s y 1.59+06 a 180°/s). Es considerado como un H/Q funcional de 1.0 y se propone como meta de entrenamiento, para reducir al mínimo una lesión del ligamento cruzado anterior (Holcomb., et al 2007). Sin embargo, otros autores como Dauty (2003) sugiere un rango funcional a partir de 0.6 con predominancia extensora. En este mismo estudio, se encontraron valores menores de fuerza absoluta en un rango de (1.4-2.6Nm/Kg) en comparación con fondistas Alemanes (1.5-3.8Nm/Kg) (Ullrich & Brueggeman, 2008) y Neerlandeses (2.7Nm/Kg) (Savelberg & Meijer, 2003) Lo que sugiere que la fuerza en las piernas probablemente no sea un factor del éxito en las carreras de distancia (Kong & De Heer., 2008).

Un estudio realizado con 48 corredores de larga distancia (26 hombres y 22 mujeres). En el cual se dividieron por dos grupos, un grupo con antecedente de dolor de rodilla y otro grupo y otro sin antecedentes de dolor en la misma región corporal. El objetivo del estudio fue comparar los parámetros isocinéticos bilaterales entre ambos grupos mediante tres velocidades 60°, 120° y 180°/s. Donde las principales variables estudiadas fueron el torque pico de cuádriceps e isquiotibiales y el trabajo total de la misma musculatura, mediante el sistema Biodex system 4 pro. En el cual encontraron diferencias significativas en los valores de fuerza y de trabajo entre ambos grupos, siendo el grupo con antecedentes de dolor de rodilla el que presentaba deficiencias en dichos valores estudiados, además de presentar desbalances neuromusculares entre cada pierna (Sakunkaruna., et al 2020).

En otro estudio comparativo donde se examinaron 20 sujetos, de los cuales 10 de ellos eran corredores de maratón y pertenecían a un club de corredores, mientras que el otro grupo eran sujetos sin antecedentes de carreras de

distancia, uno de los criterios de inclusión dentro del grupo de maratón, fue el haber culminado al menos dos maratones previamente, mediante un dinamómetro isocinético Biodex system 2 a una velocidad de $180^{\circ}/s$ para determinar los valores aislados concéntricos y excéntricos de rodilla. Se realizaron 3 contracciones máximas entre cada acción muscular. Los resultados fueron registrados informáticamente por el dinamómetro, en el cual tras el análisis de datos determinaron que no existía diferencia significativa entre ambos grupos (Urrialde & Torres, 1995).

Se llevo a cabo un estudio previo comparativo, sobre los valores de fuerza máxima con dinamometría isocinética entre corredores de fondo y velocistas, ambos con características de alto rendimiento, fueron examinados empleando un sistema “LIDO Active Multi-joint II dynamometer”. El complejo articular de la rodilla, fue evaluado tanto en flexión y extensión mediante 3 repeticiones máximas a $60^{\circ}/s$ y 15 repeticiones a $300^{\circ}/s$ en un rango constante de 0 a 90° . La muestra fue compuesta por 41 corredores de larga distancia (17 mujeres y 24 hombres) y 65 atletas en el grupo de velocistas (22 mujeres y 43 hombres) dando un total de 106 atletas de alto rendimiento. Las pruebas fueron realizadas en la extremidad dominante, donde determinaron que los valores de torque pico a $60^{\circ}/s$ son mayores de manera significativa en actividades atléticas de alta velocidad, especialmente en carreras de velocidad o en deportes que involucren saltos verticales. Otro de los hallazgos encontrados en el estudio fueron que los valores de fuerza entre los $300^{\circ}/s$ y $60^{\circ}/s$ indicaron información similar sobre los parámetros de fuerza muscular. Los parámetros de fuerza explosiva resultaron mayores en los atletas masculinos en ambas velocidades, con mayor predominancia en los velocistas sobre los corredores de fondo (Olmo & Castilla, 2005).

Es importante evaluar bilateralmente y los principales grupos musculares implicados, tanto agonistas como antagonistas. Zifchock en el (2006) Sugiere que las asimetrías en las extremidades inferiores son un factor de riesgo en los corredores y que las posibles causas de las asimetrías son la debilidad muscular,

exposiciones constantes de las cargas y alteraciones en la coordinación muscular. Las asimetrías influyen en el plano frontal, repercuten en la aceptación del peso corporal al correr, por lo que aumenta la carga en la rodilla. (Vanegas & Hoshizaki., 1992). Respecto a la evaluación isocinética para hallar desbalances musculares o asimetrías entre extremidades, se realizó un estudio para determinar el nivel de evidencia científica. En el cual 23 sujetos sanos y altamente entrenados en carreras de distancia, fueron sometidos a una evaluación isocinética mediante 2 velocidades, a $60^{\circ}/s$ y $240^{\circ}/s$ en el encontraron que el torque máximo y el trabajo total fueron similares entre extremidades, sin embargo, se encontró cierta asimetría entre la musculatura flexora de rodilla, principalmente a mayor velocidad $240^{\circ}/s$ y en los índices de relación de par máximo entre cuádriceps e isquiotibiales (H/Q). Lo cual podría tener implicaciones importantes para corredores de larga distancia, este estudio presento un nivel de evidencia grado 3 (Dellagrana., et al. 2015).

Caracterización

San Nicolas de los Garza, Monterrey. Nuevo León. El estudio fue realizado específicamente en el laboratorio de rendimiento humano en la facultad de organización deportiva, perteneciente a la Universidad Autónoma de Nuevo León. La cual se encuentra en Cd. Universitaria. La facultad fue fundada en septiembre del año 1974, a cargo del Ingeniero Cayetano Garza Garza, se encontraba ubicada en el décimo piso de la rectoría de la UANL y fue hasta el año de 1978 cuando se trasladó a donde se ubicaba la alberca olímpica universitaria, según las cifras del manual organizacional cuenta actualmente con un numero de 1652 estudiantes. Se considera una dependencia con gran dinamismo y su objetivo principal es la formación de recursos humanos altamente calificados en las áreas de la cultura física, deporte y recreación, mediante la integración de disciplinas científicas y diversas técnicas que conforman los planes enfocados al área de ciencias del ejercicio, así como ofertar planes de licenciatura, maestría y doctorado.

Nivel de aplicación

Se llevó a cabo el proyecto de evaluación de la musculatura flexo-extensora de rodilla, a tres velocidades angulares $60^{\circ}/s$, $180^{\circ}/s$ y $300^{\circ}/s$ mediante dinamometría isocinética en el laboratorio de rendimiento humano de la facultad de organización deportiva. A corredores de larga distancia, pertenecientes a grupos de corredores del área metropolitana. Con el fin de obtener los valores de torque máximo de los músculos implicados al correr.

Propósitos

Objetivo General: Determinar de manera objetiva los valores de fuerza máxima o torque pico en los músculos flexo-extensores de rodilla a 3 velocidades angulares distintas en corredores amateur de larga distancia.

Objetivos Específicos: Conocer los valores de torque pico en los músculos Flexo-extensores de rodilla en relación a la acción muscular concéntrica mediante 3 velocidades angulares establecidas 60°s 180°s y 300°s.

Conocer la fuerza isocinética por sexo de los músculos extensores/flexores de rodilla en las velocidades angulares previamente mencionadas.

Conocer el índice H/Q de la población estudiada.

Estrategias y actividades

Participantes: Participaron 10 corredores de fondo (6 hombres y 4 mujeres) pertenecientes a equipos de corredores en el área metropolitana de Monterrey N.L. con una edad de 37.2 ± 11.2 años peso= 65.05 ± 13.9 Kg; talla= 166.6 ± 11.53 cm), utilizando para su selección el criterio de haber culminado con éxito 2 carreras de larga distancia, superiores a 21km, (Medio maratón) Se solicitó su consentimiento (ver anexo A) para participar en este estudio siguiendo las directrices del laboratorio de rendimiento humano en la facultad de organización deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Tabla 1

Sexo	Numero	Peso (Kg)	Edad (años)	Estatura (cm)
Masculino	6	73.7+8.6	40.3+11.69	173.6+4.2
Femenino	4	52.2+9.7	32.5+8.5	156+10.8

Material y procedimientos: Se han utilizado dos Dinamómetros isocinéticos de la marca BIODEX System 4 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA ®) los cuales fueron calibrados automáticamente previo a la aplicación de las pruebas. La evaluación del peso y de la talla, fue realizada con la báscula marca SECA 700 (Medical Scales and Measuring Systems, seca gmbh & co. Hammer Steidamm, Hamburg, Germany ®).

Calentamiento: Se realizó un calentamiento cardiovascular de 10 minutos en un cicloergómetro para miembros pélvicos de la marca COSMED (Ergoselec 100, Cosmed Srl, Roma, Italia ®) a una cadencia de 40W.

Protocolo de la prueba

Al terminar el calentamiento, se colocó al atleta en sedestación en dinamómetro con la zona lumbar en una posición recta, dejando el hueco poplíteo a una distancia de 2 cm del asiento. Se sujeto el tronco del sujeto, la cadera y finalmente el muslo que realizara la acción muscular, se realizó una sujeción adecuada para inhibir una posible compensación de algún otro grupo muscular y que fuera una contracción analítica de cuádriceps e isquiotibiales, sin llegar a friccionar o lesionar al atleta. Se alinee el cóndilo lateral de la tibia con el eje de rotación del brazo dinamométrico. Finalmente se sujetó el tobillo por debajo de

los gastrocnemios a una distancia de 3cm. Para la precisión de la prueba, se determinaron rangos de movimiento tanto en flexión y extensión de rodilla conforme a la posición inicial de 90°. Se realizó un pesaje de la extremidad a 34° con la finalidad de corregir el efecto gravitatorio y de la contracción involuntaria del deportista. Se realizó la evaluación isocinética a 3 velocidades angulares distintas, mediante el protocolo establecido iniciando con la extremidad inferior derecha. Se indicó realizar la prueba de manera máxima. Se realizaron 5 repeticiones a 60°/s, 10 repeticiones a 180°/s y 15 repeticiones a 300°/s) de manera bilateral, con 30 segundos de descanso entre series. Simultáneamente se estimuló verbalmente a cada atleta, siendo el mismo evaluador quien los incentivara durante todas las pruebas.

Recursos

Se utilizaron dos Dinamómetros isocinéticos marca BIODEX System 4 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA ®). Un cicloergómetro para miembros pélvicos de la marca COSMED (Ergoselec 100, Cosmed Srl, Roma, Italia ®). Para el análisis estadístico se realizaron con el paquete de software SPSS (IBM SPSS versión 25.0; Chicago, IL, EE. UU). Una báscula para la medición de peso y talla, marca SECA 700 (Medical Scales and Measuring Systems, seca gmbh & co. Hammer Steidamm, Hamburg, Germany ®). Y un consentimiento informado.

Producto

El torque máximo en hombres, se observa que el sujeto número 4, desarrolló el momento máximo de fuerza, tanto en extensión y flexión de rodilla de manera bilateral, teniendo valores absolutos de extensión de la pierna derecha de 224.1 N.m y de 228.5 N.m en la izquierda, a una velocidad de 60°/s, siendo el único en sobrepasar niveles por arriba de los 220 N.m. Respecto a la flexión de rodilla tanto el sujeto número 4 y 3 lograron sobrepasar niveles superiores a los 100 N.m en ambas extremidades. El sujeto masculino en desarrollar el menor torque pico fue el sujeto número 8 en todas las velocidades angulares establecidas.

En el grupo de mujeres el momento máximo de fuerza en la pierna derecha, fue realizado por el sujeto número 9, quien obtuvo valores de 132, 78.1 y 54.2 N.m. Sin embargo, para la extensión de rodilla de la pierna izquierda, fue desarrollada por el sujeto número 5 en 2 velocidades angulares con valores de 123.4 N.m a 60°/s y de 57.5 N.m a 300°/s, siendo sobrepasada únicamente a la velocidad angular de 180°/s donde fueron mayores los valores presentados por el sujeto número 9, con un torque máximo de 83 N.m. En el grupo femenino fue el sujeto número 5 en presentar mayor debilidad en la flexión de la pierna derecha presentando valores de 40.5, 19.8 y 14.4 N.m en las 3 velocidades evaluadas. En la extensión de la pierna derecha fue el sujeto número 6 en presentar el valor mas bajo de fuerza máxima con 123.5 N.m a menor velocidad (60°/s).

En promedio los hombres presentaron mayor fuerza de extensión en el miembro inferior derecho a todas las velocidades angulares (60°/s, 180°/s y 300°/s). Sin embargo, se hallaron valores mayores de fuerza flexora en la pierna izquierda, en todas las velocidades predeterminadas. En el grupo de mujeres, fue la pierna derecha en presentar los mayores valores de fuerza tanto en flexión y extensión de rodilla, a excepción de la segunda velocidad establecida (180°/s) donde se observan valores mayores de flexión de la pierna izquierda con 37.62 N.m.

El índice H/Q en la población masculina fue mayor en la pierna izquierda con un promedio de 0.49 ± 11.81 y 0.62 ± 13.11 estos valores correspondientes a las velocidades ya mencionadas, de manera incremental. En mujeres fue también la pierna izquierda la que presentó mayores valores de este índice, obteniendo un promedio de 0.46 ± 4.61 , 0.48 ± 10.29 y 0.48 ± 15.19 , siendo este grupo el que presentó niveles más bajos respecto a esta variable.

Tabla 2 Resultados generales de torque máximo obtenido por corredor en Nm.

Sujeto	Sexo	Velocidad	Ext der	Flex der	Ext izq	Flex izq
1	M	60°/s	199.4	75.1	193.7	99.2
		180°/s	121.5	71.5	134	88.1
		300°/s	93.4	56.7	111.7	83.4
2	F	60°/s	119.6	56.7	112.5	53.6

		180°/s	78.2	39.3	69.7	41.8
		300°/s	61.1	34.4	56.8	35.3
3	M	60°/s	193.1	105.6	186.7	101.8
		180°/s	110.5	66.8	120.9	69.1
		300°/s	90.6	46.4	91.9	49.4
4	M	60°/s	224.1	124.5	228.5	117
		180°/s	137.6	82.7	142	84.5
		300°/s	102	71.3	97.8	59.4
5	F	60°/s	123.5	40.5	123.4	50.2
		180°/s	70.9	19.8	74.3	25.9
		300°/s	61.1	14.4	57.5	14.1
6	F	60°/s	115.9	50.6	115.5	46
		180°/s	81.6	34.3	80.1	35.8
		300°/s	64.1	28.9	62.2	27.3
7	M	60°/s	194.8	92.5	164.1	86.1
		180°/s	131	72.3	119.2	76.7
		300°/s	105.8	64.3	103.6	69.4
8	M	60°/s	140.7	59.8	110	54.5
		180°/s	76.2	39.2	56.8	44.9
		300°/s	64.1	27.4	42	33.5
9	F	60°/s	132.5	69.7	123	65.2
		180°/s	78.1	43.1	83	47
		300°/s	54.2	35.5	56.7	35.8
10	M	60°/s	189.3	72.3	203.9	79.2
		180°/s	132.2	56.7	132.6	52.3
		300°/s	90.6	43.9	98.6	39.9

Nm: Newton por metro, M: Masculino, F: Femenino

Tabla 3 Valores medios de torque máximo en músculos flexo-extensores de rodilla en hombres (media \pm DE).

Velocidad	Variable	Promedio \pm DE
------------------	-----------------	-------------------------------------

60°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	190.23±24.88
	Extensión pierna izquierda (Nm)	181.15±37.19
	Flexión pierna derecha (Nm)	88.3±21.87
	Flexión pierna izquierda (Nm)	89.63±19.76
180°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	118.16±20.69
	Extensión pierna izquierda (Nm)	117.58±28.28
	Flexión pierna derecha (Nm)	64.86±13.82
	Flexión pierna izquierda (Nm)	69.26±15.93
300°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	91.08±13.35
	Extensión pierna izquierda (Nm)	90.93±22.70
	Flexión pierna derecha (Nm)	51.66±14.41
	Flexión pierna izquierda (Nm)	55.83±17.08

Tabla 4 Valores medios de torque máximo en músculos flexo-extensores de rodilla en mujeres (media ± DE).

Velocidad	Variable	Promedio ± DE
60°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	122.87±6.17
	Extensión pierna izquierda (Nm)	118.6±4.72
	Flexión pierna derecha (Nm)	54.37±10.57
	Flexión pierna izquierda (Nm)	53.75±7.13
180°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	77.2±3.90
	Extensión pierna izquierda (Nm)	76.77±5.14
	Flexión pierna derecha (Nm)	34.12±8.83
	Flexión pierna izquierda (Nm)	37.62±7.84
300°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	60.12±6.63
	Extensión pierna izquierda (Nm)	58.3±2.72
	Flexión pierna derecha (Nm)	28.3±8.40
	Flexión pierna izquierda (Nm)	28.12±8.77

Tabla 5 Índice de fuerza H/Q en hombres (media ± DE).

Población	Extremidad	Promedio ± DE
------------------	-------------------	----------------------

60°/s	Miembro inferior derecho	0.46±7.18
	Miembro inferior izquierdo	0.49±5.06
180°/s	Miembro inferior derecho	0.54±6.19
	Miembro inferior izquierdo	0.60±11.81
300°/s	Miembro inferior derecho	0.55±9.07
	Miembro inferior izquierdo	0.62±13.11

Tabla 6 Índice de fuerza H/Q en mujeres (media ±DE).

Población	Extremidad	Promedio ± DE
60°/s	Miembro inferior derecho	0.43±7.51
	Miembro inferior izquierdo	0.46±4.61
180°/s	Miembro inferior derecho	0.44±10.29
	Miembro inferior izquierdo	0.48±10.29
300°/s	Miembro inferior derecho	0.47±15.73
	Miembro inferior izquierdo	0.48±15.19

Conclusiones

La evaluación de la fuerza muscular mediante dinamometría isocinética, es una excelente herramienta para el control de los atletas que se desempeñan en las carreras de larga distancia, sin embargo, su poca accesibilidad en la población dificulta integrarla y replicarla a mayor escala. A pesar de que el atletismo de fondo sea de predominancia aeróbica, las demandas fisiológicas básicas en cuestión de fuerza, involucran poseer una fuerza de base para tolerar las distancias recorridas, principalmente del complejo articular de la rodilla, ya que son los protagonistas del ciclo de estiramiento-acortamiento. Si bien la bibliografía analizada no sugiere que la fuerza máxima sea un posible factor de éxito a nivel competitivo, si pudiera serlo en un nivel amateur, donde cualquier modificación en la capacidad condicionante de la fuerza, tendrá cambios colaterales en el consumo máximo de oxígeno y economía de carrera, si se realiza de buena manera. Por lo que pudiera ser objeto de estudio en futuras investigaciones.

En general los valores de torque máximo arrojados en la evaluación isocinética del grupo estudiado están en concordancia a la modalidad deportiva ya que los valores absolutos de la extensión de rodilla a menor velocidad ($60^\circ/\text{s}$) en evaluación concéntrica fueron de 2.37 ± 0.38 (Nm/Kg) en mujeres y 2.54 ± 0.3 (Nm/Kg), los cuales se asemejan a las variables encontradas en la literatura. Sin embargo, el déficit en una acción muscular como la extensión de rodilla comparada bilateralmente, es mayor en comparación con los fondistas más experimentados, sin embargo, no resulta ser significativa para posible riesgo de lesión. Los valores de torque máximo en flexores de rodilla muestran deficiencias considerables, por lo que un adecuado programa de fortalecimiento pudiera llevarlos a un estado óptimo.

Uno de los valores más importantes para la prevención de lesiones es el índice H/Q por lo que ambos grupos musculares, deberán de poseer un equilibrio o una predominancia funcional hacia la musculatura extensora. Según los datos obtenidos, la población muestra valores por debajo de lo que se considera funcional, según la bibliografía revisada. Por lo que se sugiere potenciar principalmente a los isquiotibiales, para que así puedan soportar cargas excéntricas y disminuir el posible riesgo de lesión.

Referencias bibliográficas.

- Huesa Jiménez, F. (2000). Método isocinético. Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A, editores. Isocinéticos: metodología y utilización. Madrid: Mapfre, 43-7.
- Guerra, V., Flórez, G., & Bustamante, S. (2019). Ejercicio excéntrico para profilaxis de lesiones del musculo Isquiotibial en deportes que impliquen aceleración y desaceleración. *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*, 1(2), 76-86.
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*, 91(1), 22-29.
- Alvares, J. B. D. A. R., Rodrigues, R., de Azevedo Franke, R., da Silva, B. G. C., Pinto, R. S., Vaz, M. A., & Baroni, B. M. (2015). Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. *Physical Therapy in Sport*, 16(1), 59-65.
- Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2010). Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *The American journal of sports medicine*, 38(6), 1147-1153.
- LaStayo, P. C., Woolf, J. M., Lewek, M. D., Snyder-Mackler, L., Reich, T., & Lindstedt, S. L. (2003). Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(10), 557-571.
- Fredericson, M., & Misra, A. K. (2007). Epidemiology and aetiology of marathon running injuries. *Sports Medicine*, 37(4), 437-439.
- Fitts, R. H., & Holloszy, J. O. (1976). Lactate and contractile force in frog muscle during development of fatigue and recovery. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 231(2), 430-433.
- Millar, N. L., Silbernagel, K. G., Thorborg, K., Kirwan, P. D., Galatz, L. M., Abrams, G. D., ... & Rodeo, S. A. (2021). Tendinopathy. *Nature Reviews Disease Primers*, 7(1), 1-21.
- Knobloch, K., Yoon, U., & Vogt, P. M. (2008). Acute and overuse injuries correlated to hours of training in master running athletes. *Foot & ankle international*, 29(7), 671-676.

McKean KA, Manson NA, Stanish WD. Musculoskeletal injury in the masters runners. *Clin J Sport Med* 2006 Mar; 16 (2): 149-54

Hutson, M. A. (1984). Medical implications of ultra marathon running: observations on a six day track race. *British journal of sports medicine*, 18(1), 44-45.

Feeley, B. T., Kennelly, S., Barnes, R. P., Muller, M. S., Kelly, B. T., Rodeo, S. A., & Warren, R. F. (2008). Epidemiology of National Football League training camp injuries from 1998 to 2007. *The American journal of sports medicine*, 36(8), 1597-1603.

Hallén, A., & Ekstrand, J. (2014). Return to play following muscle injuries in professional footballers. *Journal of sports sciences*, 32(13), 1229-1236.

Mike, J. N., Cole, N., Herrera, C., VanDusseldorp, T., Kravitz, L., & Kerksick, C. M. (2017). The effects of eccentric contraction duration on muscle strength, power production, vertical jump, and soreness. *Journal of strength and conditioning research*, 31(3), 773-786.

O'Sullivan, K., McAuliffe, S., & DeBurca, N. (2012). The effects of eccentric training on lower limb flexibility: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 46(12), 838-845.

Huesa Jiménez, F. (2000). Método isocinético. Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A, editores. *Isocinéticos: metodología y utilización*. Madrid: Mapfre, 43-7.

Guerra, V., Flórez, G., & Bustamante, S. (2019). Ejercicio excéntrico para profilaxis de lesiones del musculo Isquiotibial en deportes que impliquen aceleración y desaceleración. *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*, 1(2), 76-86.

Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*, 91(1), 22-29.

Mjølsnes, R., Arnason, A., Østhaugen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 14(5), 311-317.

- Jiménez, F. H., Díaz, J. G., & Montes, J. V. (2005). Dinamometría isocinética. *Rehabilitación*, 39(6), 288-296.
- Sakunkaruna, Y., Sakunkaruna, S., Sakulsriprasert, P., & Praopritpirom, K. (2020). The comparison of bilateral strength of thigh muscles in long-distance runners with history of anterior knee pain.
- Martín Urrialde, J. A., & Torres, J. (1995). Estudio del ratio excéntrico concéntrico del cuádriceps femoral en corredores de marathon y sujetos normales.
- Olmo, J., & Castilla, N. (2005). Explosive strength-related isokinetic parameters in high-level sprinters and long-distance runners: The relative power index. *Isokinetics and exercise science*, 13(4), 243-249.
- Dellagrana, R. A., Diefenthaler, F., Carpes, F. P., Hernandez, S. G., & de Campos, W. (2015). Evidence for isokinetic knee torque asymmetries in male long distance-trained runners. *International journal of sports physical therapy*, 10(4), 514.
- Dellagrana, R. A., Guglielmo, L. G., Santos, B. V., Hernandez, S. G., da Silva, S. G., & de Campos, W. (2015). Physiological, anthropometric, strength, and muscle power characteristics correlates with running performance in young runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1584-1591.
- Kong, P. W., & De Heer, H. (2008). Anthropometric, gait and strength characteristics of Kenyan distance runners. *Journal of sports science & medicine*, 7(4), 499.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Jones, A. M. (2007). Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance. *Sports Medicine*, 37(10), 857-880.
- Larsen, H. B., & Sheel, A. (2015). The kenyan runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25, 110-118.
- Zinner, C., & Sperlich, B. (Eds.). (2016). *Marathon running: Physiology, psychology, nutrition and training aspects*. Cham: Springer.
- Fitts, R. H. (2017). Rol de la acidosis en la fatiga: argumentos a favor. *RED: Revista de entrenamiento deportivo= Journal of Sports Training*, 31(4), 33-38.
- Parodi, W. S. (2002). *Lactato en sangre dosificación y rendimiento* (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría), Universidad Abierta Interamericana, Rosario: Argentina).

Sanz-López, F. (2015). Prevención de la lesiones por sobreuso: relación del comportamiento del sistema musculotendinoso rotuliano y Aquileo en la carrera y el entrenamiento excéntrico.

Petro, J. L., & Bonilla, D. A. (2015). Metabolismo Energético durante el Esfuerzo Físico: hacia una Conceptualización Actual en las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. LIBRO DE MEMORIAS EN EXTENSO, 204.

Dvir, Z., & Müller, S. (2020). Multiple-joint isokinetic dynamometry: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(2), 587-601.

Sweeney, H. L., & Hammers, D. W. (2018). Muscle contraction. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 10(2), a023200.

Tortora, G. J., Derrickson, B., Tzal, K., de los Ángeles Gutiérrez, M., & Klajn, D. (2002). *Principios de anatomía y fisiología* (Vol. 7). OXFORD University press.

Grygorowicz, M., Michałowska, M., Walczak, T., Owen, A., Grabski, J. K., Pyda, A., ... & Kotwicki, T. (2017). Discussion about different cut-off values of conventional hamstring-to-quadriceps ratio used in hamstring injury prediction among professional male football players. *PloS One*, 12(12), e0188974.

Kaux, J. F., Croisier, J. L., & Libertiaux, V. (2019). Isokinetic strength profile of subjects with proximal patellar tendinopathy. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 9(2), 210-216.

PTE:163.25+38.4(nm) PTF:74.27+25.13(nm) H/Q:0.45

PTE(H):190.23+24.88 PTF(H):88.3+21.87 H/Q:0.46

PTE(F):122.87+6.17 PTF(F): 54.37+10.57 H/Q:0.44

Anexos

Evaluación de la práctica



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LA PRÁCTICA

Datos del alumno:

Matrícula:	2081519
Nombre del Alumno:	Carlos Alberto Mendoza Gomez
Programa educativo:	Maestría en actividad física y deporte
Orientación:	Aktivismo deportivo
Fecha del período de prácticas	23 de Agosto - 19 de Noviembre 2021

Datos de la Empresa:

Empresa/Institución:	Olympic Sport Medicine
Departamento/Área:	Medicina y Rehabilitación deportiva

Evaluación:

Criterio	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Asistencia	X			
Conducta	X			
Puntualidad		X		
Iniciativa	X			
Colaboración	X			
Comunicación		X		
Habilidad	X			
Resultados	X			
Conocimiento profesional de su carrera	X			

Observaciones:

SA

Nombre y firma del Tutor responsable de la práctica

Puesto del Tutor responsable de la práctica



Sello de la institución/dependencia

Av. Universidad s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66455
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México
 Tels.: (81) 1340 4450 • 1340 4451
 fod@uanl.mx | www.fod.uanl.mx

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LA PRÁCTICA
Datos del alumno:

Matrícula:	2081519
Nombre del Alumno:	Carlos Alberto Mendoza Gómez
Programa educativo:	Anestesia en actividad física y deporte.
Orientación:	Alta rendimiento deportivo
Fecha del período de prácticas	10 de febrero 2021 - 21 Marzo 2021

Datos de la Empresa:

Empresa/Institución:	Olympic Sport Medicine.
Departamento/Área:	Medicina y Rehabilitación Deportiva

Evaluación:

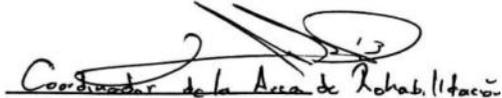
Criterio	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Asistencia	X			
Conducta	X			
Puntualidad	X			
Iniciativa	X			
Colaboración	X			
Comunicación		X		
Habilidad		X		
Resultados	X			
Conocimiento profesional de su carrera	X			

Observaciones:

El Alumno Carlos Alberto Mendoza tiene buena disposición es muy Profesional en sus actividades.



Nombre y firma del Tutor responsable de la práctica



Puesto del Tutor responsable de la práctica



Sello de la Institución/dependencia

Av. Universidad s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66455
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México
 Tels.: (81) 1340 4450 • 1340 4461
 fod@uanl.mx | www.fod.uanl.mx



RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

CARLOS ALBERTO MENDOZA GÓMEZ

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte
con Orientación en alto rendimiento deportivo

Reporte de Prácticas: “EVALUACIÓN ISOCINÉTICA DE LOS MÚSCULOS
EXTENSORES Y FLEXORES DE RODILLA EN CORREDORES DE
LARGA DISTANCIA”

Campo temático: Carreras larga distancia/Dinamometría isocinética.

Lugar y fecha de nacimiento: Atlacomulco, Estado de México, 16 de diciembre
1995.

Procedencia académica: Universidad del valle de México.

Experiencia Profesional: Fisioterapeuta en deporte, corredores de larga
distancia y seleccionados nacionales de gimnasia artística y trampolín, practicas
profesionales en Olympic Sport Medicine y CRIT Quintana Roo.

E-mail: FT.cmendoza@gmail.com