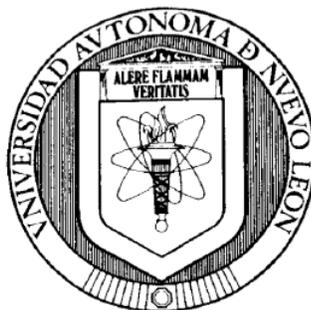


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTA DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**PRUEBAS ISOCINÉTICAS DE NADADORES SELECCIONADOS  
ESTATALES DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN “CATEGORÍA INFANTIL”**

Por

**MARIO ALBERTO TAPIA PASCUAL**

PRODUCTO INTEGRADOR

**TESINA**

Como requisito parcial para obtener el grado de

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

Nuevo León, junio 2020.

**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/Tesina titulado/a “Pruebas isocinéticas de nadadores seleccionados estatales del estado de Nuevo León “Categoría Infantil”” realizado por el Lic. Mario Alberto Tapia Pascual 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



Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed

Co asesor

Asesor Principal



Dra. Dulce Edith Morales Elizondo

Co asesor



Dra. Blanca R. Rangel Colmenero

Subdirección de Estudios de Posgrado e

Investigación de la FOD

Nuevo León, junio 2020.

## DEDICATORIA

A mi madre.

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia, mi madre por ser mi pilar, a mis hermanas por su apoyo infinito, a mi padre.

A mi novia Cristina, por escucharme, aconsejarme y apoyarme.

A mis amigos Angelly, Jorge, Mariela y Sarahí, por su apoyo y cariño.

A la UANL y la FOD, por darme la oportunidad de crecer en todos los ámbitos.

A mi asesor, el doctor Pedro Morales, y co-asesores.

Al laboratorio de rendimiento humano de la FOD.

A mis maestros, por su excelente labor.

Al coach Eduardo Nieto y sus increíbles atletas.

FICHA DESCRIPTIVA

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Organización Deportiva

Fecha de Graduación: julio 2020

**MARIO ALBERTO TAPIA PASCUAL**

**Título del Producto Integrador:** PRUEBAS ISOCINÉTICAS DE NADADORES SELECCIONADOS ESTATALES DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN CATEGORIA “INFANTIL”.

**Número de Páginas:** 62

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

**Resumen de la tesina:**

Se realizó una investigación descriptiva, en la cual, se estudió a once nadadores mexicanos, 6 mujeres y 5 hombres con edades de  $14.5 \pm 0.54$  y  $14.20 \pm 0.873$ , peso promedio  $55.26 \pm 6.13$  kg y  $62.10 \pm 11.09$  kg y talla promedio de  $160.17 \pm 5.38$  cm y  $163.00 \pm 12.72$  cm respectivamente, donde se caracterizó la fuerza isocinética absoluta (Nm) y relativa (Nm/kg) y el índice de desequilibrio de fuerza H/Q en los músculos flexores y extensores de la articulación de la rodilla a tres diferentes velocidades angulares ( $60^\circ/s$ ,  $180^\circ/s$  y  $300^\circ/s$ ) con un dinamómetro BIODEX System 3 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA ®) y BIODEX System 4 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA ®). Donde se concluyó que las mujeres poseen mayor homogeneidad en la fuerza relativa y absoluta que los hombres en los miembros evaluados, así como, comparados en fuerza relativa con otros grupos de nadadores de edades similares, los nadadores mexicanos poseen menos capacidad de fuerza máxima, también se encontraron desbalances musculares en todos los nadadores estudiados.

FIRMA

DEL

ASESOR

PRINCIPAL:



## Tabla de contenido

Introducción .....	1
Marco teórico .....	5
Natación .....	5
Origen y evolución .....	5
Características competitivas de la natación .....	6
Características morfológicas del nadador.....	7
Capacidades físicas.....	9
Fuerza .....	9
Velocidad.....	10
Resistencia .....	10
Elasticidad .....	11
Características de la fuerza.....	11
Manifestaciones de la fuerza .....	11
Tipos de contracción muscular .....	13
Valoración de la fuerza muscular .....	15
Test de fuerza máxima .....	15
Test de fuerza explosiva .....	15
Test de fuerza resistencia.....	16
Tipos de fibras musculares.....	17
Fibras tipo I o de contracción lenta (ST).....	17
Fibras tipo II o de contracción rápida (FT) .....	17
Tipos de acciones musculares .....	18
Agonistas .....	18

Antagonistas .....	18
Estabilizadores .....	19
Neutralizadores .....	19
Anatomía y biomecánica de la rodilla .....	19
Anatomía de la rodilla .....	19
Biomecánica de la rodilla .....	22
Valoración isocinética.....	24
Características generales .....	24
Dinamómetro isocinético.....	25
Parámetros isocinéticos más importantes.....	26
Ventajas e inconvenientes .....	30
Estudios relacionados .....	31
Metodología.....	35
Diseño .....	35
Población y muestra.....	35
Criterios de inclusión .....	35
Criterios de exclusión .....	35
Criterios de eliminación.....	36
Consideraciones éticas .....	36
Instrumentos.....	36
Procedimientos .....	37
Calibración y acomodo del equipo.....	37
Llegada del atleta .....	37
Mediciones antropométricas.....	37

Calentamiento .....	38
Protocolo de evaluación isocinético.....	38
Análisis estadístico .....	39
Resultados.....	40
Discusión .....	47
Conclusiones.....	51
Referencias .....	53
Anexos.....	62
Evaluación de la practica.....	63
RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO .....	65

## Índice de tablas

Tabla 1 Datos generales por sexo en edad, estatura y peso (media $\pm$ DE). .....	35
Tabla 2 Resultados generales del pico torque absoluto obtenido por nadador en Nm. ...	41
Tabla 3 Resultados generales del pico torque relativo obtenido por nadador en Nm/kg.	43
Tabla 4 Valores medios de pico torque de extensores y flexores de fuerza absoluta y relativa en hombres (media $\pm$ DE).....	44
Tabla 5 Pico torque de extensores y flexores de fuerza absoluta y relativa en mujeres (media $\pm$ DE). .....	45
Tabla 6 Índice de fuerza H/Q en hombres (media $\pm$ DE). .....	46
Tabla 7 Índice de fuerza H/Q en mujeres (media $\pm$ DE). .....	46

## Introducción

La natación es un deporte olímpico, de estructura cíclica, practicado generalmente de forma individual, catalogado como uno de los deportes que mayores beneficios otorga a la salud, pues ejerce efectos positivos en el organismo de forma global y mejora la fuerza, la resistencia y la flexibilidad (Palau & Moreno, 2015).

Generalmente, la edad en que se inicia la competencia en la natación es de 6 a 7 años de edad, aunque muchos de estos niños llevan practicando y/o aprendiendo esta modalidad deportiva desde la primera infancia. Siendo en la pubertad donde el trabajo físico se vuelve más intenso. (Bosch, 2017).

En la actualidad, el entrenamiento para nadadores competitivos es vigoroso, se dedica una gran cantidad de horas a la preparación física para alcanzar el estado óptimo del deportista con el objetivo de obtener el mejor resultado en la alta competición. Dentro de la planificación del entrenamiento de los nadadores inevitablemente se encuentra el desarrollo de la fuerza muscular. La distribución a lo largo del macrociclo de esta capacidad física dependerá de la edad del deportista, la especialización en alguna prueba y el periodo o mesociclo a trabajar, siempre intencionado a la individualización del entrenamiento (da Costa, Alves, Gomes, & Luiz, 2006).

Existen numerosos métodos y formas de medir las diferentes manifestaciones de la fuerza, una de ellas es el método isocinético, el cual Huesa, Garcia, & Vargas (2008) lo definen como “un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular”. En la actualidad, este es el mejor método para la evaluación de la fuerza muscular ya que mide de forma objetiva dicha variable, en términos de parámetros físicos (Huesa, García, & Vargas, 2005).

La finalidad del método isocinético es medir el movimiento realizado en expresiones de fuerza, potencia o trabajo en variables medibles lo que hace más sencillo el trabajo estadístico, así como su manipulación. Se basa en la ejecución del movimiento y velocidad angular constante durante todo el recorrido angular de una articulación. Esta

velocidad será programada y ejecutada en un dinamómetro isocinético, existen numerosos sistemas en el mercado, entre los más comunes se encuentran CES, BIODEX, CYBEX, HUMAC NORM, PRIMUS RS, cada uno de ellos con diferentes características (Huesa et al., 2005).

En esencia, todos los sistemas de evaluación isocinética están formados por tres elementos: un goniómetro, que facilita la valoración del arco de movimiento; un taquímetro, que proporciona la velocidad en la que se realiza el movimiento, y un dinamómetro, el cual brinda el valor del momento de fuerza ejecutado en cada instante. Dichos datos los analiza y los relaciona unos con otros el software del dinamómetro para dar un serie de datos resultantes (Huesa & Carabias, 2000).

El objetivo principal de un dinamómetro isocinético será medir la fuerza contráctil en un eje articular, permitiendo así medir cualitativamente en Newton-metro (N·M), rastreando un pico de momento o pico torque, dando así la fuerza de torsión en cada grupo muscular, observando así los desbalances musculares existentes de forma ipsilateral y contralateral (Rizo, 2018).

Los dinamómetros isocinéticos tienen dos principales usos, el primero como una máquina de musculación sofisticada y versátil que sirve de herramienta para fisioterapeutas para ayudar y mejorar la rehabilitación de lesiones. El segundo uso es el ser máquinas precisas para la evaluación de la fuerza muscular y la valoración articular, puesto que cuantifica la capacidad de un grupo muscular para generar una fuerza o momento torsional y esto podrá usarse como referencia para futuras mediciones así como comparativo con otro grupo poblacional con las mismas características (Martínez, 2010).

La caracterización de poblaciones deportistas tiene relevancia porque da una base sobre la cual futuras generaciones pueden compararse y así obtener conclusiones objetivas sobre su estado deportivo actual y con ello el entrenador podrá elaborar planes de entrenamiento que mejoren las carencias o eleven las virtudes de sus atletas. Así pues, la evaluación de la fuerza y la potencia muscular en deportistas es de suma importancia para poder planificar y adecuar los sistemas de entrenamiento (Badillo & Gorostiaga, 2002).

El éxito deportivo en natación depende del trabajo global, la progresión y el desarrollo de todas las capacidades físicas, funcionales y morfológicas del deportista, de acuerdo con lo anterior, las investigaciones que ocurren sobre estas resultan ser de gran utilidad para los entrenadores, ya que proporcionan información que ayudan al mejoramiento de los procesos deportivos.

Tal y como indica Mameletzi y Siatras (2003) existen muy pocos estudios en la valoración isocinética en pre púberes, en México, no se conocen estudios relacionados a ello, a pesar de que la caracterización de poblaciones en variables isocinéticas es de suma importancia en los ámbitos de educación, investigación y aplicación en campo ya que ayuda a destacar, diferenciar y distinguir igualdades. Esto, llevado a poblaciones deportivas tiene la misma cuantía, puesto que ofrece a los entrenadores, preparadores físicos, clubes, gestores y a los mismos deportistas parámetros reales, fiables y objetivos sobre el estado físico actual de los deportistas comparado con una población semejante o con ellos mismos con respecto a mediciones anteriores, y con ello poder hacer modificaciones a los procesos de entrenamiento. Así pues, la valoración de nadadores locales en fuerza isocinética permitirá hacer ajustes en la periodización del entrenamiento tanto como de detectar posibles desbalances y asimetrías musculares en los miembros evaluados, esto permite la detección temprana de posibles lesiones, así como poder servir como referencia bibliográfica para entrenadores e investigadores aportando una herramienta más para sus planificaciones e investigaciones. La valoración isocinética se realizó con apoyo de la UANL, la FOD y su laboratorio de rendimiento humano, dicho laboratorio absorbió todos los gastos de equipo, material y personal.

El objetivo general de este trabajo es determinar la fuerza isocinética y posibles desbalances en músculos extensores y flexores de la articulación de la rodilla a diferentes velocidades angulares en nadadores infantiles seleccionados del estado de Nuevo León, México

Teniendo como objetivos específicos:

Realizar una caracterización del momento máximo de fuerza absoluto y relativo en flexión y extensión de los músculos de la articulación de la rodilla en diferentes velocidades angulares (60°/s, 180°/s y 300°/s) en la población estudiada.

Realizar un análisis de los desbalances en los músculos extensores y flexores de la rodilla en las velocidades angulares  $60^{\circ}/s$ ,  $180^{\circ}/s$  y  $300^{\circ}/s$ .

## Marco teórico

### Natación

#### Origen y evolución.

La natación se considera como un deporte (actividad física reglada y regulada por organismos federativos nacionales e internacionales) desde el siglo XIX. No obstante, la relación del ser humano con el medio acuático, sin el uso de embarcaciones, podría ser tan vieja como la misma historia del hombre, puesto que desde siempre, el hombre se vio forzado a interactuar ríos, lagos o hasta mares para poder sobrevivir, hasta existe la posibilidad de que usara el medio acuático con fines lúdicos (Llana, Pérez, & Aparicio, 2011).

Los primeros registros históricos que hacen referencia a la natación aparecen en Egipto, en pinturas rupestres datadas hacia el año 4.500 a. C en “la Cueva de los Nadadores”, pero no es hasta la antigua Grecia cuando la natación dejará de tener una función de supervivencia y pasa a ser una parte importante de la educación de los griegos. Aunque no existen pruebas de su practica deportiva en los Juegos Olímpicos antiguos (Llana et al., 2011).

En el año de 1874 nace en Inglaterra la primera federación de clubes, llamada “Association Metropolitan Swimming Club” debido a la necesidad de reglar las primeras competiciones que se tienen en dicho país europeo. Así, se redacta el primer reglamento de natación y con ello, la posibilidad de establecer los primeros records del mundo. Debido al auge que tiene este deporte, en el año de 1875, Matthew Webb cruza a nado el Canal de la Mancha, en un tiempo de 21 horas y 45 minutos, hecho de suma importancia, ya que la noticia se extiende por toda Europa, logrando que la natación se popularice aún más (Llana, Pérez, Valle, & Sala, 2012).

En 1896 se celebran los primeros Juego Olímpicos de la era moderna en Atenas, Grecia, en ellos, ya se contempla la natación como deporte e incluye las pruebas de 100, 500 y 1200 metros. Todas las pruebas se celebraron en mar abierto y desarrolladas en el estilo libre. El primer campeón olímpico fue el húngaro Alfréd Hajós, ganado la prueba de los 1200 metros. En dichos JJ.OO no se permitió la participación de

mujeres, fue hasta la siguiente edición, en Escocia 1900 que tuvieron su primera competición oficial, en las pruebas de 100 y 500 metros (Llana et al., 2012).

La Federación Internacional de Natación (F.I.N.A) se fundó en Londres en el año de 1908, con el objetivo de regular y organizar las competiciones de natación, los reglamentos emitidos por dicho organismo han ido cambiando de acuerdo con la evolución del deporte y sus necesidades. En ese sentido, en 1900, se introducen los estilos libre y dorso, en 1904 en San Luis, se añade el estilo de pecho y en 1956 en Melbourne se introduce el estilo de mariposa. Las últimas innovaciones en el reglamento de la F.I.N.A tienen que ver más con cuestiones de material y equipamiento, tales como trajes de baño, implementos competitivos, dimensiones en la profundidad de la piscina, nuevos sistemas de desinfección, entre otros (Llana et al., 2012).

### **Características competitivas de la natación**

La natación es el cuarto deporte más practicados en México (Escamilla, 2019), esto debido a la incidencia que tiene en la salud y en el desarrollo físico, puesto que tiene características especiales, tales como mejora de la autoestima, estimula la circulación sanguínea, reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares, fortalece la mayor parte de los grupos musculares, entre otros (Dunman, Morris, Nevill, & Peyrebrune, 2006).

Por otro lado, en el ámbito del deporte de rendimiento, en la natación están implicados múltiples factores y el resultado deportivo no está sujeto únicamente a determinadas habilidades funcionales, otros factores como la fuerza, la flexibilidad, la velocidad y por supuesto, la técnica de nado también son pilares del éxito competitivo. Dentro de todas las capacidades físicas, sobresalen tres en particular: la resistencia (facultad de nadar a un ritmo bajo durante el mayor tiempo posible), resistencia a la fuerza (capacidad de nadar a una velocidad importante durante un tiempo determinado) y la velocidad (capacidad de desplazarse en el menor tiempo posible con una técnica adecuada) (Martínez-Sanz, Urdampilleta, & Mielgo-Ayuso, 2012).

El alto rendimiento en natación está influenciado por varios factores, tales como: el perfil antropométrico, la composición corporal, los rasgos somáticos y la

fuerza, dentro de esto, también influye en gran medida la especialización en una prueba en específico, pues se adoptarán diferentes estrategias, técnicas y demandas fisiológicas (Lawsirirat & Chaisumrej, 2017). La fuerza muscular juega un papel muy importante en los nadadores de rendimiento, ya que es uno de los principales factores para mejorar la longitud y frecuencia de la brazada, así como la resistencia a la fatiga y por ende, el rendimiento de la natación (Keiner, Yaghobi, Sander, Wirth, & Hartmann, 2015).

Se tiene claro que la natación de rendimiento está influenciada tanto por la capacidad de general fuerza propulsora como por la disminución de la resistencia en el agua, así como el mejoramiento continuo de la técnica de nado. Otra característica del rendimiento en natación es la composición corporal y somatotipo ideal del nadador, en general en todos los deportes, cuando menor es el contenido de masa grasa mejor es el rendimiento, sin embargo, en natación esto puede ser una excepción, ya que un mayor contenido de masa grasa puede proporcionar ciertas ventajas, como una mayor flotabilidad y, por lo tanto, un menor gasto de energía. De esto, principalmente se beneficia el sexo femenino, ya que posee un mayor índice de grasa que el sexo masculino. En ese sentido, se tiene como un somatotipo ideal en natación al endomórfico (Martínez et al., 2011).

### **Características morfológicas del nadador**

Kjendlie & Stallman (2011) resaltan, dentro de las características morfológicas, la estatura de los nadadores infantiles y adolescentes, pues indican que varios estudios han encontrado que, por lo general, son más altos y grandes que los no deportistas, gimnastas, jugadores de fútbol o tenistas de su misma edad, generalmente tienen una estatura percentil superior al 50 de la población normal. Indican que una de las posibles razones de que esto suceda es el desarrollo biológico más temprano o una selección previa de sujetos altos. Además, se estima que hay una tendencia hacia esto, pues datos de más de 40 años de análisis de los equipos nacionales rusos muestran que, en edades de 11 a 19 años, los nadadores de los años 1960 eran más bajos que los nadadores de la década de 1990.

En un estudio realizado en Portugal descubrió que los nadadores olímpicos eran más altos que los nadadores sub-olímpicos, en la muestra, tanto hombres como mujeres,

la altura, la altura sentado, la circunferencia del torso, la relación de entre el torso y la cintura, la longitud del brazo, la longitud de la mano y la longitud del pie fueron mayores para los nadadores olímpicos. Estos datos respaldan la idea de que los nadadores élite son altos, con hombros anchos y caderas estrechas, en comparación con la población normal (Dunman et al., 2006).

Tendencias similares a las de altura suceden con la masa corporal, pues se ha encontrado que, hasta los 15 años, los nadadores de estas edades tenían una masa corporal en el percentil 50, pero por encima de esta edad, la masa corporal aumentó en relación con la población de referencia y así también por encima del percentil 50. Esto debido a la altura característica del nadador y a una mayor masa muscular (Kjendlie & Stallman, 2011).

Respecto al porcentaje de grasa corporal, la media en nadadoras jóvenes es de aproximadamente 16%. Para nadadores universitarios competitivos, se ha encontrado un porcentaje de 14 y 23%, hombres y mujeres respectivamente, y para nadadoras élite, el porcentaje de grasa aumentó con la edad, de tener 14% con 20-29 años de edad al 28% con 60-69 años. Varios estudios señalan que los nadadores, en general, tienen un porcentaje de grasa corporal más bajo en comparación con la población general, debido a las largas jornadas de entrenamiento (Kjendlie & Stallman, 2011).

El somatotipo de los nadadores varones es de rasgo mesomorfo equilibrado (2-5-3), por su parte, las mujeres son más del tipo central superior (3-4-3) (Kjendlie & Stallman, 2011).

Un estudio analizó las medidas antropométricas tales como: altura, masa corporal, extremidad superior total, longitud de manos y pies y circunferencia de pecho en 263 nadadores competitivos (178 hombres y 85 niñas) de 12 a 14 años de edad, teniendo como resultados, para hombres y mujeres respectivamente: Altura (cm)  $165.5 \pm 0.7$  y  $161.2 \pm 0.6$ , masa (kg)  $54.1 \pm 0.7$  y  $48.3 \pm 0.6$ , extremidad superior total (cm)  $74.0 \pm 0.3$  y  $71.7 \pm 0.4$ , medida de la mano (cm)  $19.4 \pm 0.1$  y  $18.6 \pm 0.1$ , medida del pie (cm)  $26.1 \pm 0.1$  y  $24.4 \pm 0.1$ , circunferencia del pecho (cm)  $82.5 \pm 0.5$  y  $80.6 \pm 0.5$  y porcentaje de grasa (%)  $16.5 \pm 0.3$  y  $20.8 \pm 0.5$  con un somatotipo de 2.4-4.1-3.6 y 3.5-3.0-3.6 (Geladas, Nassis, & Pavlicevic, 2005).

## **Capacidades físicas**

Se define a las capacidades físicas como las características individuales que se fundamentan en las acciones mecánicas y los procesos energéticos y metabólicos de rendimiento de la musculatura voluntaria. Tienen como característica que son medibles, fácilmente observables y se puede incrementar su desarrollo con un entrenamiento correcto, sistemático y organizado. Se distinguen cuatro capacidades físicas: la resistencia, la fuerza, la velocidad y la movilidad (Guío, 2010).

### **Fuerza**

La fuerza es una de las capacidades físicas más utilizadas en el entrenamiento deportivo. Desde el punto de vista de la física mecánica, Legaz-Arrese (2012) define a la fuerza como “la acción que produce cambios en el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo o bien que produce deformaciones, teniendo como formula  $F = \text{masa} \times \text{aceleración}$ ”.

Desde el punto de vista fisiológico la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o contraerse por estímulo neuromuscular voluntario o involuntario (Badillo & Aye, 2002). Existen dos principales fuentes de la fuerza en constante relación: las internas, las cuales se producen por los músculos esqueléticos y las externas, producidas por la resistencia que ejerce el cuerpo a modificar su inercia. En deporte, es muy importante saber en qué medida la fuerza interna de un deportista se transforma en fuerza aplicada sobre alguna resistencia externa (Kawamori & Haff, 2004).

Específicamente en natación, la fuerza tiene una gran importancia, puesto que debido a las características físicas propias del agua (principalmente su densidad), hacen que el desplazamiento sea totalmente diferente al del medio terrestre. Cuando un nadador se desplaza en el agua, se ve afectado por la fuerza de arrastre (fuerza igual y en sentido contrario a la que ejerce), así que para aumentar la velocidad es necesario que se ejerza una fuerza superior. Entonces, si el nadador ejerce siempre la misma fuerza, la velocidad tenderá a ser constante, si la fuerza aumenta, la velocidad aumentará, pero

deberá mantener la misma magnitud de fuerza para seguir con dicha velocidad adquirida (Bompa, 2006).

### **Velocidad**

El resultado deportivo en natación se da gracias al desarrollo de las capacidades físicas del nadador, así como de su preparación física, nutricional y psicológica. El desarrollo de la velocidad con el de la fuerza, así, el objetivo de la natación de rendimiento dependerá de aumentar cada vez más la velocidad a la cual el atleta puede desplazarse (Zacca et al., 2010).

Según Zacca et al. (2010), la velocidad en entrenamiento, se entiende como el conjunto de propiedades funcionales que permiten ejecutar una acción motora en la menor cantidad de tiempo posible. Se diferencian dos formas de manifestación de velocidad, simple y compleja. La simple se manifiesta en un tiempo determinado de las reacciones motores sencillas, mientras que la compleja por la capacidad de movilizar rápidamente la composición de la acción motriz. De esta forma, Maglischo (2009) sugiere que mejorar la velocidad en natación es posible si se acorta la longitud de la brazada pero se incrementa la frecuencia del ciclo.

### **Resistencia**

En las disciplinas deportivas que exigen una elevada técnica, como la natación, se puede definir a la resistencia como la capacidad para mantener durante un período de tiempo lo más largo posible un rendimiento en una técnica de movimiento especial. Así, se puede agregar a esta capacidad los niveles de entrenamiento como de carga genética para tener los máximos niveles alcanzables para determinado atleta, también, esta capacidad trabaja en conjunto con la capacidad de fuerza, la velocidad y la economía de movimiento. Con el desarrollo de la resistencia, se consigue soportar cargas de intensidad o entrenamiento permanente, resistencia al agotamiento, capacidad de regeneración, la capacidad de resistencia a la fatiga, así como asegurar que la pérdida del rendimiento con relación a la fatiga incremente durante un tiempo deseado (Marti, Nicolauls, Ostrowski, & Rost, 2004).

Para Legaz-Arrese (2012) la resistencia se define como la capacidad psicofísica para resistir la fatiga aguda, la capacidad de recuperación se encuentra estrechamente ligada a la de resistencia, ya sea en competencia o en entrenamiento. Dentro de los diferentes deportes existentes y/o gestos deportivos la resistencia juega un papel importantísimo, ya que el deportista la necesitará para ejecutar esfuerzos máximos intermitentes o continuos. Es por eso, que dicha capacidad es indispensable para realizar gestos deportivos con la máxima intensidad posible en un tiempo prolongado.

### **Elasticidad**

La elasticidad se ha definido como la capacidad para movilizar una articulación o varias de ellas a través de una amplitud de movimiento completa, sin que existan restricciones o dolor. O más simple, el grado de movimiento de una articulación (Legaz-Arrese, 2012).

La flexibilidad es necesaria en la natación, puesto que brinda una mejora en la utilización de la fuerza, así como en la economía de movimiento y mejora la utilización del potencial técnico, también ayuda al aumento de la amplitud de movimientos de los músculos y las articulaciones y con ellos, mejorar la eficacia de la brazada y la patada (Maglischo, 2009).

### **Características de la fuerza**

#### **Manifestaciones de la fuerza**

El entrenamiento de rendimiento involucra invariablemente distintos tipos de fuerza, cada uno de los cuales es más significativo para ciertos deportes y atletas. El efecto deseado de un método de entrenamiento de fuerza siempre incide en una de las siguientes tres categorías o cualidades: fuerza máxima, potencia o resistencia a la fuerza (Bompa & Buzzichelli, 2015).

#### ***Fuerza máxima***

La fuerza máxima es la mayor cantidad de fuerza que puede ejercer el sistema neuromuscular durante una contracción máxima voluntaria. Está asociada con la repetición máxima (1RM) la cual es la carga más pesada que un deportista puede

levantar en un intento. La fuerza máxima se subdivide en fuerza máxima estática y fuerza máxima dinámica. La primera, es la mayor cantidad de fuerza que el sistema neuromuscular es capaz de efectuar en contracciones voluntarios sobre una resistencia insuperable, mientras que la segunda, es la fuerza máxima que dicho sistema es capaz de ejercer en una contracción voluntaria en una secuencia motora. La fuerza máxima depende de la sección transversa del musculo, la coordinación intermuscular y la coordinación intramuscular. Desde el punto de vista energético, el principal sistema en el desarrollo de la fuerza máxima es el anaeróbico aláctico a través de los fosfatos ricos en energía (ATP, PC), pues el tiempo de ejecución se realiza en pocos o fracciones de segundo (Bompa & Buzzichelli, 2015) (Weineck, 2005).

### ***Potencia***

La potencia es la relación que existe entre la fuerza y la velocidad, es la capacidad de aplicar la mayor fuerza posible en el menor tiempo. Los movimientos de potencia están regulados mediante “programas”, esto significa que se ejecutan según un programa almacenado en el sistema nervioso central, una persona entrenada presenta un programa motor, denominado “corto” (impulso rápido y directo sobre los músculos), mientras que personas sedentarias tendrán un programa motor “largo” (no muestra una activación rápida). La potencia depende de la velocidad de contracción de las unidades motoras contraídas y de la fuerza de contracción de las fibras reclutadas, así como de los factores específicos de la modalidad deportiva y el entrenamiento. Esta capacidad se desarrolla utilizando métodos con movimientos técnicos a altas velocidades y cargas bajas, mejorando así la velocidad de reacción de las unidades motoras activas (Bompa & Buzzichelli, 2015) (Weineck, 2005).

### ***Resistencia a la fuerza***

Es la capacidad de un músculo para mantener el esfuerzo durante un período prolongado, también se define como la capacidad para soportar la fatiga con ejecuciones de fuerza prolongadas. La resistencia a la fuerza puede presentar, más componentes metabólicos aeróbicos, anaeróbicos o mixtos dependiendo de la intensidad de la fuerza de contracción desarrollada. La mayor parte de los deportes aplican un componente de resistencia, los métodos para desarrollar esta capacidad involucran los aspectos

neuronales y metabólicos específicos de cada deporte. En este sentido, esta capacidad resulta un factor determinante para el rendimiento en todas las modalidades de resistencia (Bompa & Buzzichelli, 2015) (Weineck, 2005).

### **Tipos de contracción muscular**

La fuerza física en los músculos esqueléticos se manifiesta a través de la contracción muscular voluntaria, en este sentido y en función de la relación existente entre la tensión desarrollada y la resistencia a vencer, Pérez & Llana (2015) y López-Chicharro & Fernández (2006) coinciden en la división de la contracción muscular en:

#### ***Contracción isométrica***

Es la resultante de una contracción estática, por lo que la energía producirá una tensión sin trabajo mecánico. No existe acortamiento ni alargamiento del musculo.

#### ***Contracción isotónica***

En esta contracción existe una modificación de la longitud de las fibras musculares y se realiza con una tensión constante, además de que la resistencia externa es constante. Este tipo de contracción se realiza principalmente en trabajo realizado con pesas. Cabe destacar que en el movimiento muscular normal no existe contracción en la cual la fuerza mantenga la misma magnitud durante todo el movimiento, debido a que la tensión que es generada en el musculo se modifica cada vez que cambie el brazo de palanca aplicado a lo largo del recorrido.

Hay una subdivisión en este tipo de contracción; contracción concéntrica y excéntrica. La primera sucede cuando el músculo ejerce una tensión suficiente para superar la resistencia a la cual está sometido, de tal forma que se acorta. El segundo sucede cuando la resistencia a la cual se ve sujeta el musculo supera la tensión ejercida, de tal forma que este se alarga aumentando su longitud.

#### ***Contracción auxotónica***

Aquí, se combinan las contracciones isotónicas e isométricas. Al principio, la contracción muscular es isotónica y al final del recorrido articular se mantiene la contracción isométrica.

### ***Contracción isocinética***

Esta contracción muscular se realiza a una velocidad angular constante. Esto se lleva a cabo en máquinas que brindan una resistencia que se adaptan a la fuerza a las que son sometidas, manteniendo así la misma velocidad programada.

Aquí, la resistencia se adapta a la fuerza que se le aplica, así el músculo siempre da el máximo rendimiento durante todo el arco de movimiento en una velocidad dada y una resistencia que varía (Huesa, García, & Vargas, 2008).

De acuerdo con la activación neural que se aplique, independientemente de las condiciones mecánicas, la contracción muscular se puede enumerar en:

### ***Contracción máxima***

Teóricamente, es cuando todas las unidades motoras del músculo se activan de forma máxima. Esto ocurre en condiciones externas de carga excéntrica o de excitación eléctrica tetanizante. Esta contracción se subdivide en:

- **Contracción voluntaria máxima:** Se produce cuando de forma voluntaria se aplica una fuerza máxima contra una resistencia sin tomar en cuenta las condiciones mecánicas.
- **Contracción voluntaria submáxima:** Es la aplicación voluntaria de cualquier nivel de contracción por debajo de la máxima posible.

Existen otros factores que pueden influir en las resultantes de velocidad y fuerza de la contracción muscular, aparte de las condiciones mecánicas y de activación voluntaria de los músculos, por ejemplo, la longitud del músculo, ya que entre más grande sea dicha longitud más rápida será la contracción, ya que se posee mayor número de sarcómeros y por lo tanto se alcanzará un mayor acortamiento por unidad de tiempo o el tipo de fibra muscular y la respuesta neural, ya que son factores importantes en la velocidad de contracción y de tensión desarrollada (Bosch, 2017). El entrenamiento es otro factor que puede afectar las características de la fibra muscular, puesto que se ha comprobado que el porcentaje de fibras musculares lentas o tipo I es del 44-55% en personas sedentarias, sin diferencias entre hombre y mujeres. En sujetos que realizan deportes de resistencia, este porcentaje es mayor 56-60% y en aquellos que practican

deportes de fuerza, el porcentaje de fibras tipo II es superior al 65% (López Chicharro & Fernández Vaquero, 2006).

### **Valoración de la fuerza muscular**

Bosch (2017) indica que las valoraciones de la fuerza muscular se pueden realizar de acuerdo con sus diferentes manifestaciones, entonces se tendrá:

#### **Test de fuerza máxima**

Son test que tratan de valorar la mayor expresión de fuerza del sistema neuromuscular ante una resistencia dada, entre los más importantes se distinguen:

##### ***Test de fuerza máxima estática o activación isométrica***

Consiste en realizar una activación muscular voluntaria máxima con una resistencia constante. El valor que se obtiene de este tipo de prueba es un buen indicador de fuerza máxima, pero no se correlaciona bien el rendimiento dinámico. Una de las principales desventajas que tiene es que los valores de fuerza registrados son específicos del rango de movimiento en los que se ejecuta la contracción. Puede realizarse con dinamómetros, tensiómetros o aparatos de musculación.

##### ***Test de fuerza máxima dinámica o activación isoinercial (peso libre)***

Puede realizarse de tres formas, en función del material utilizado para su medición. Pueden utilizarse pesos libres sin instrumentos adicionales de medida, conocido como “repetición máxima” que corresponde con el valor máximo de peso que un sujeto puede llegar a levantar en una repetición. La 1RM sólo representa la medida del rendimiento concéntrico del musculo. Otra forma de realizar mediciones de pesos libre es con un medidor lineal de distancias y por último pueden utilizarse plataformas de fuerza.

##### ***Test de fuerza máxima con activación isocinética concéntrica y excéntrica a través de dinamómetros.***

Este tipo de prueba permite que la velocidad del movimiento sea constante en todo el recorrido, se describirá a profundidad en otro apartado.

#### **Test de fuerza explosiva**

Aquí, se valora la capacidad del sistema neuromuscular para poder contraer a una alta velocidad las fibras musculares bajo una resistencia dada, también se le puede nombrar test de fuerza-velocidad.

### ***Test de salto vertical o Squat Jump de Bosco***

Aporta información sobre la fuerza explosiva de los miembros inferiores con activación concéntrica y excéntrica muscular, sin elementos elásticos-reactivos. Esta prueba puede realizarse con plataformas de fuerza, encoder lineal y hasta con aplicaciones para celular que nos podrán arrojar datos sobre la velocidad vertical de despegue y la altura alcanzada en el salto.

### ***Test de salto en contra movimiento o Counter Movement Jump de Bosco***

Se trata de una variación a la prueba anterior, se realiza un movimiento rápido de flexo-extensión de piernas partiendo de la posición bípeda para posteriormente realizar el salto. Al añadir el componente dinámico elástico se pueden conseguir resultados 20% superiores que el Squat Jump.

### ***Test de lanzamiento de balón medicinal***

Test utilizado para la valoración de la fuerza explosiva en extremidades superiores, se utiliza un balón de 3 a 5 kg, dependiendo del sexo, para medir la distancia máxima de lanzamiento posible realizando una flexo-extensión de piernas sin rebasar una determinada línea de partida.

### **Test de fuerza resistencia**

Este tipo de pruebas se enfoca en medir la capacidad de fatiga muscular ante el esfuerzo, que puede ser de corta, mediana y larga duración. La relación que exista entre la intensidad de carga y la duración del esfuerzo determinará la preponderancia de la fuerza sobre la resistencia. Dependiendo de la duración del esfuerzo se puede clasificar la resistencia en tres categorías:

#### ***Fuerza resistencia de corta duración***

Se intenta superar la fatiga a intensidades superiores al 80% de 1RM donde el ejercicio anaeróbico es el más importante.

### ***Fuerza resistencia de mediana duración***

Se valora la fatiga ante intensidades entre 20-40% del 1RM.

### ***Fuerza resistencia de larga duración***

Se intenta superar la fatiga a intensidades por debajo de 20% del 1RM, analizando principalmente la resistencia aeróbica del deportista.

Las pruebas descritas para la valoración de la fatiga muscular son:

Test de flexo extensión de pierna: Se valora la realización de 10 flexo-extensiones de pierna completas con el tronco erguido.

Test de flexión de brazo en barra o dominadas: El sujeto realiza una flexión de brazos estando suspendido en una barra hasta tocarla con el mentón. Se registra el número máximo de repeticiones realizadas durante 30 segundos.

### **Tipos de fibras musculares**

Cada musculo contiene un gran cantidad y variedad de fibras musculares, investigaciones han descubierto que dichas fibras pueden clasificarse de acuerdo con variables como las propiedades contráctiles, el color, el contenido de mitocondrias o el contenido de mioglobina, Stiff y Verhoshansky (2004) y Arrese (2012) concuerdan en la siguiente clasificación:

#### **Fibras tipo I o de contracción lenta (ST)**

Se caracterizan por una elevada capacidad de resistencia, y una velocidad de contracción lenta. Los músculos que recubren el tronco y los músculos posturales se caracterizan por poseer más un alto porcentaje de este tipo de fibras. Poseen un color rojo debido a su mayor contenido de mioglobina y en general poseen una mayor capacidad oxidativa y una baja capacidad glucolítica.

#### **Fibras tipo II o de contracción rápida (FT)**

Generalmente, los músculos implicados en movimientos balísticos y rápidos, como las extremidades, tienen un porcentaje alto de fibras tipo II. Los deportistas con un

mayor porcentaje de este tipo de fibras son capaces de manifestar mayores niveles de fuerza, requiriendo además menos tiempo para su ejecución, las cuales se subdividen en:

### ***Fibras tipo IIA***

También llamadas de contracción rápida glucolíticas-oxidativas, debido que generan energía con dichos mecanismos. Usadas principalmente en movimiento repetitivos y rápidos, con poca intensidad. Son reclutadas después de las tipo I y poseen un gran número de mitocondrias, por lo que tienden a ser resistentes a la fatiga y recuperarse muy rápido después del ejercicio físico.

### ***Fibras tipo IIB***

Son menos resistentes y son capaces de realizar contracciones muy rápidas. De color blanquecino, tienen bajo contenido de mioglobina, poseen un diámetro grande, con elevada capacidad glucolítica, baja capacidad oxidativa y casi sin mitocondrias. Se activan regularmente solo cuando el esfuerzo es rápido o muy intenso. Tienden a fatigarse rápidamente y se recuperan al terminar el ejercicio.

Cada músculo cuenta con un número diferente en proporción de fibras I o IIB, esto depende principalmente de su función. El tipo de fibra que más posee un músculo determinará la resistencia a la fatiga, así como la velocidad de contracción. Cada deporte poseerá diferente proporción de tipo de fibras en los grupos musculares, esto será un factor determinante en el rendimiento.

## **Tipos de acciones musculares**

El movimiento de los diferentes gestos técnicos hace que cada grupo muscular tenga una función específica a llevar a cabo. La clasificación más común de este tipo de acciones musculares, descrita por Stiff y Verhoshansky (2004) es:

### **Agonistas**

Es la musculatura principal en la movilización de la acción. Su participación en el movimiento es la más significativa, dejando en un papel secundario a los músculos movilizados asistentes.

### **Antagonistas**

Actúan como opositores a los músculos agonistas. Cuando el antagonista se contraiga, los agonistas siempre se relajarán, excepto cuando el movimiento sea demasiado rápido, ya que algunos antagonistas entrarán en acción principalmente para evitar algún daño articular debido a la magnitud del movimiento.

### **Estabilizadores**

Estos músculos son los encargados de soportar o estabilizar un segmento corporal ya sea de forma dinámica o estática, mientras que otros grupos musculares realizan movimientos que involucra a otras articulaciones. Generalmente magnifican la acción de los ligamentos, que trabajan como estabilizadores pasivos (los músculos ejercen su función como estabilizadores activos).

### **Neutralizadores**

Son los músculos que contra actúan en las acciones involuntarias de otros músculos intentando realizar movimientos opuestos.

Resulta erróneo clasificar a un músculo en una sola categoría bajo cualquier circunstancia, ya que cada músculo desempeña un papel específico en un momento determinado (o durante una cierta fase del movimiento) bajo una situación específica.

### **Anatomía y biomecánica de la rodilla**

La rodilla es la articulación más grande y compleja del cuerpo humano, se encarga de unir el fémur con la tibia. Tiene dos funciones principales: resistencia y estabilidad del peso y la movilidad para trasladarlo. Estructuralmente, la rodilla está compuesta por dos articulaciones (femorotibial y femorrotuliana) unidas por una cápsula. Se trata de una articulación del tipo gínglimo, ya que su principal movimiento es tipo bisagra uniaxial (Doménech, Moreno, Fernández-Villacañas, Capel, & Doménech, 2011).

### **Anatomía de la rodilla**

Tortora & Derrickson (2013), Doménech et al. (2011) y Latarjet & Testut (2007) distinguen como principales elementos anatómicos de la articulación de la rodilla los siguientes:

1. Ligamento capsular: Se trata de una capsula independiente e incompleta que une los huesos de la articulación de la rodilla. La vaina ligamentosa que rodea la articulación consiste, en su mayor parte, en tendones de músculos o sus expansiones. Se inserta en la parte de arriba por su circunferencia superior, alrededor de la extremidad inferior del fémur y por debajo, por su circunferencia inferior, alrededor de la extremidad superior de la tibia del revestimiento cartilaginoso.

2. Retináculos rotulianos medial y lateral: Se trata de dos tendones fusionados en la inserción del músculo cuádriceps femoral y la fascia lata, los cuales refuerzan la superficie anterior de la articulación.

3. Ligamento rotuliano o anterior: Se trata de una cinta fibrosa de 5 a 6 cm de longitud por 2 o 3 de ancho, muy gruesa y resistente y es una continuación del tendón como de inserción del músculo cuádriceps femoral, va desde la rótula hasta la tibia. Este ligamento también refuerza la superficie anterior de la articulación.

4. Ligamento poplíteo oblicuo: Ligamento ancho y plano, se extiende desde la fosa intercondílea y el cóndilo lateral del fémur hasta la cabeza y el cóndilo medial de la tibia. Este ligamento se encarga de reforzar la superficie posterior de la articulación.

5. Ligamento poplíteo arqueado: Va desde el cóndilo lateral de fémur hasta la epífisis estiloides de la cabeza del peroné. Su función es fortalecer la región lateral inferior de la cara posterior de la articulación.

6. Ligamento colateral de la tibia: Es un ligamento plano y amplio sobre la superficie medial de la articulación y va desde el cóndilo medial del fémur hasta el cóndilo medial de la tibia. Los tendones del recto interno, sartorio y semitendinoso, que refuerzan la cara medial de la articulación, cruzan este ligamento. Se encuentra unido con firmeza al menisco medial.

7. Ligamento colateral del peroné: Se trata de un ligamento redondo sobre la superficie lateral de la articulación. Se extiende desde el cóndilo lateral del fémur hasta la cara lateral de la cabeza del peroné. Se encarga dar soporte a la cara lateral de la articulación. Se encuentra cubierto por el tendón del bíceps femoral.

8. Ligamentos intracapsulares: Dichos ligamentos se ubican dentro de la cápsula que conectan el fémur y la tibia. Los ligamentos cruzado anterior (LCA) y ligamento cruzado posterior (LCP) se denominan así debido a sus orígenes en relación con el de la región intercondílea de la tibia. El LCA va en dirección posterolateral, desde un punto anterior al área intercondílea de la tibia hasta la cara posterior de la superficie medial del cóndilo lateral del fémur. Este ligamento tiene como función limitar la hiperextensión de la rodilla y evitar el deslizamiento anterior de la tibia sobre el fémur. El LCA se distiende o desgarran en el 70% de las lesiones graves de rodilla, siendo mucho más frecuentes en mujeres que en hombre, entre 3 y 6 veces. Por su parte, el LCP evita el deslizamiento posterior de la tibia cuando la rodilla se flexiona. Esta acción resulta de suma importancia en la acción del descenso de escaleras o pendientes inclinadas.

9. Discos articulares (meniscos). Se trata de dos discos de fibrocartílago entre los cóndilos tibial y femoral que compensan las formas irregulares de los huesos, a la circulación del líquido sinovial y para que exista concordancia entre ambas superficies articulares. Se divide en menisco medial y lateral, los dos tienen forma de una lámina aplanada, de forma semilunar, cuyo grosor va disminuyendo de la periferia al centro. El primero es una pieza semicircular de fibrocartílago en forma de C. Su extremo anterior ese encuentra unido a la fosa intercondílea anterior de la tibia, por delante del LCA. Su extremo posterior está unido a la fosa intercondílea posterior de la tibia, entre las inserciones del LCP y el menisco lateral. El menisco lateral tiene una forma de O incompleta, se trata de una pieza circular de fibrocartílago. Su extremo anterior se une por delante con la eminencia intercondílea de la tibia y por fuerza y por detrás con el LCA, su extremo posterior se une por detrás con la eminencia intercondílea de la tibia y por delante, con el extremo posterior del menisco medial. Las superficies anteriores de estos dos meniscos están interrelacionados entre sí por el ligamento transversal de la rodilla y con los bordes de la cabeza de la tibia por los ligamentos coronarios.

10. Las bolsas más importantes de la rodilla son la pre rotuliana, ubicada entre la rótula y la piel, la bolsa infra rotuliana, entre la región superior de la tibia y el

ligamento rotuliano y la bolsa supra rotuliana, entre la zona inferior del fémur y la superficie profunda del músculo cuádriceps femoral.

### **Biomecánica de la rodilla**

La rodilla es una articulación que puede realizar movimientos en dos planos, en el plano sagital realiza la flexo-extensión y en el plano frontal el de rotación. Aunque también permite un escaso movimiento de amplitud en el plano frontal, este se desarrolla de forma pasiva debido a la plasticidad articular (Doménech et al., 2011).

Aunque, como ya se mencionó, el movimiento de la rodilla se efectúa en tres planos, el movimiento mas importante es el flexo-extensión. De este modo, aunque son varios los grupos musculares que intervienen sobre en la biomecánica de la rodilla, tiene mayor relevancia el grupo muscular del cuádriceps. En este sentido, los estudios biomecánicos se pueden limitar solamente al movimiento en el plano sagital y a la fuerza que se produce en un simple grupo muscular (Nordin & Frankel, 2012)

La flexo-extensión posee un rango normal de movilidad en flexión de 130 a 140° y se efectúa en el eje transversal en el plano sagital, visto desde el plano frontal pasa por los cóndilos femorales horizontalmente. La flexo-extensión se comprende de forma más sencilla asemejándolo con un modelos planar de dos grados de libertad el cual permite movimientos de rodamiento (rotación anteroposterior) y de deslizamiento (traslación anteroposterior) (Sanjuan, Jiménez, Gil, Sánchez, & Gómez, 2005).

La flexo-extensión son movimientos por lo cuales, la cara posterior de la pierna se acerca a la cara posterior del muslo en la flexión, y se separa de la misma en la extensión. Cuando el movimiento pasa por el eje transversal pasa por las inserciones femorales de los ligamentos laterales y de los ligamentos cruzados, es importante señalar que los cóndilos femorales no solamente ruedan sobre las cavidades glenoideas, sino que también se deslizan sobre las mismas. Al realizarse este movimiento, los ligamentos laterales se ponen tensos al realizase la extensión y limitan este movimiento (Latarjet & Testut, 2007)

La capacidad del cuádriceps para la extensión de la rodilla cambia según el ángulo de flexión, tiene el momento máximo extensor en el rango de 15 a 30°, producido

al mover posteriormente del punto de contacto femorotibial que aumenta el brazo de palanca del aparato extensor. Pasados los 30° de flexión, la rotula y la orientación de los ligamentos son los que más influyen para generar un momento extensor (Nordin & Frankel, 2012).

Los ligamentos cruzados tienen dos funciones aparentemente opuestas en el movimiento de flexo-extensión, conducen la movilidad de las superficies articulares y restringen su rango de movilidad limitando la acción de algunas fuerzas. Esta función se determina por la acción anatómica de las inserciones tibial y femoral de los ligamentos y por las propiedades mecánicas intrínsecas de los mismos. El LCA se encarga de dirigir el deslizamiento del cóndilo femoral en dirección anterior durante la flexión de la rodilla. Se considera el mayor limitador de la traslación anterior de la tibia respecto al fémur, llevando su mayor actividad en resistencia entre los 15° y los 30° de flexión. A su vez, el LCP previene el movimiento posterior de los cóndilos femorales sobre la tibia. La mayor parte del ligamento se encuentra en tensión durante la flexión, que es cuando tiene mayor capacidad de resistencia. Durante la completa extensión, el LCP únicamente es capaz de resistir fuerzas de poca magnitud (Nordin & Frankel, 2012) (Doménech et al., 2011).

La rotación solamente es posible cuando el miembro está en flexión y se ejecuta en el eje longitudinal de la rodilla. La amplitud máxima de movimiento en la rotación interna es de 30 a 35° y la externa es de 40 a 50°. Cuando la rodilla se flexiona en cadena abierta, la tibia hace un rotación automática a 20°, esto por el máximo retroceso del cóndilo externo en comparación con el interno. Es en la extensión de la pierna cuando el fémur se sitúa de forma estable sobre la tibia, reforzado por la acción estabilizadora de los meniscos (Hernández & Monllau, 2012).

Al hacer el movimiento de rotación de la rodilla se distienden los ligamentos cruzados, limitando así dicho movimiento. La inclinación lateral, hacia adentro o hacia fuera, puede verificarse cuando la pierna está en semiflexión, pero es muy limitada, ya que no exceden los 2 a 2.5 cm las oscilaciones de la extremidad inferior de la tibia. Los movimientos de lateralidad resultan igualmente limitados a causa de los ligamentos

laterales y por los ligamentos cruzados, estos tienen su mayor amplitud de movimiento en la semiflexión (Latarjet & Testut, 2007).

## **Valoración isocinética**

### **Características generales**

La evaluación de la fuerza pudo ser posible hasta que se logró cuantificar la resistencia ejercida sobre los músculos evaluados. El aparato específico para esta tarea se le llamó dinamómetro, desarrollado principalmente por los investigadores García Fraguas y Zander que, a finales del siglo XIX y principios del XX empezaron a estudiar la fuerza y la potencia muscular con estos instrumentos. A principios del siglo XX, en Londres, se llevó a cabo la primera gran evaluación clínica de fuerza, donde Martin y Lowett, después de una gran epidemia de poliomielitis comprendieron la importancia de cuantificar la pérdida de fuerza que sufrían las personas, aunque lo realizaron mediante una evaluación cualitativa. Fue hasta la mitad del siglo XX cuando empezó a comercializarse un dinamómetro manual, lo que permitió a médicos cuantificar la fuerza ejercida por la mano (Huesa et al., 2005).

A finales de la década de 1960, Hislop y Perrine (1967) crearon el concepto de “ejercicio isocinético”. En su estudio describieron un sistema pasivo que era capaz de medir la fuerza concéntrica e isométrica con una resistencia adaptada a la fuerza, derivada de un sistema hidráulico. Con dicho instrumento pudieron estudiar los músculos del cuádriceps consiguiendo así registros que les permitió identificar el momento máximo de fuerza.

Las bases fundamentales de la evaluación isocinética se desarrollaron en Suiza, en el año de 1984 en el 1er Seminario Internacional sobre la revolución isocinética europea (Huesa et al., 2008), desde entonces, numerosas investigaciones han validado el uso de aparatos isocinéticos, tales como: Moffroid, Whipple, Hofkosh, Lowman, & Thistle (1969), Kerkour, Barthe, Meier, & Gobelet (1987), Kannus (1994), Dvir (2004), Ayala, Sainz, de Ste Croix, & Santonja (2012), Pascal et al. (2013) entre muchas otras, las cuales han contribuido a que al estudio de la dinamometría isocinética sea reconocida ampliamente con la herramienta estándar y básica para la evaluación de la fuerza

muscular. Tanto es así, que la versatilidad que posee permite que se use en varias áreas, como por ejemplo, el ámbito deportivo, ya sea como método de evaluación o entrenamiento, en el ámbito de la medicina deportiva, rehabilitación o medicina laboral, así como en la valoración funcional de las personas o hasta en la investigación científica (Huesa et al., 2005).

### **Dinamómetro isocinético**

En la actualidad, existe gran variedad de sistemas isocinéticos, cada uno con sus propias características, a pesar de esto, es posible clasificar los dinamómetros en dos categorías: sistemas pasivos y activos. Los primeros utilizan un sistema de freno mecánico, hidráulico, o magnético para contrarrestar las fuerzas y están diseñados para utilizarse en ejercicios isocinético concéntrico, isotónico o isométrico; por otro lado, los activos contrarrestan la fuerza que se produce o generan fuerza para mover sobre la persona. Además de tener todas las funciones de un sistema pasivo, pueden ejecutar ejercicios isocinéticos excéntricos. Como fuente generadora del trabajo en positivo, utiliza un impulsor hidráulico o un servomotor electromecánico. Los actuales sistemas isocinéticos permiten evaluar gran cantidad de modalidades de ejercicio, tales como: el movimiento continuo pasivo, isométrico, isotónico e isocinético, tanto en ejercicio excéntrico como concéntrico (Huesa et al., 2008).

En general, cada sistema isocinético se compone de los siguientes elementos (Bosch & Spottorno, 2017):

1. Cabezal del sistema isocinético: Lo conforma un dinamómetro (encargado de mostrar el valor del momento de fuerza en cada punto del rango articular), un goniómetro (brinda las medidas del arco de movimiento) y un taquímetro (controla la velocidad fijada para la realización del movimiento)

2. Panel de accesorios rígidos y sillón regulable: Los accesorios rígidos son los que se adaptan a los miembros evaluados para analizar los distintos grupos musculares que forman parte de un movimiento articular. El sillón posee un sistema de control de altura, un conjunto de correas ajustables para sujetar al atleta en una posición óptima y así evitar intromisión de grupos musculares no estudiados.

3. Panel de control y/o sistema informático: mediante el panel de control se comprueba el protocolo de la evaluación, los rangos del movimiento, las velocidades angulares y los tiempos de descanso, el sistema informático se encarga de la recogida de los datos obtenidos por el dinamómetro, los cuales serán analizados y relacionados entre sí para para crear el informe final de la evaluación.

### **Parámetros isocinéticos más importantes**

Los datos que arroja una evaluación isocinética, ya sea en una grafica y en tablas numéricas, sirven para comparar con valores ya sean previos o en referencia con un grupo similar, verificar si existe algún desequilibrio entre lado dominante y no dominante, evaluar a largo plazo los cambios producidos por el entrenamiento en atletas o la rehabilitación en pacientes. Siempre que se alcancen las velocidades fijadas, la dinamometría permite medir con un alto grado de fiabilidad, diversas variables o características del musculo evaluado (Segovia, López-Silvarrey, & Legido, 2007; Huesa et al., 2008).

#### ***Momento máximo de fuerza (MMF).***

Esta variable representa una medida de la tendencia que tiene una fuerza para producir una rotación alrededor de un eje. La fuerza humana se desarrolla sobre sistemas de palancas que genera el esqueleto, los músculos y un eje de una articulación para crear un momento de fuerza. Se puede definir el momento máximo como la fuerza desarrollada por un grupo muscular multiplicado por la distancia desde el centro de rotación del eje al punto de aplicación de la fuerza (Bosch & Spottorno, 2017).

Este dato representa la medida más importante de la evaluación isocinética debido a su gran fiabilidad y validez, por ello se toma como punto de referencia estándar de todas las medidas isocinéticas. La magnitud de medida es Newton x metro (N.m) (Dvir, 2014).

#### ***Pico del momento máximo de fuerza (Peak torque - PT).***

El pico del momento máximo de fuerza, también llamado pico MMF, pico del par o peak torque, es el punto más alto del MMF que se obtiene en algún instante en la

evaluación isocinética y representa la máxima fuerza que un grupo muscular puede desarrollar en una determinada velocidad angular (Bosch & Spottorno, 2017).

Generalmente, en una evaluación isocinética, se realizan varias repeticiones con la misma velocidad angular, lo cual da pie a obtener la media del pico MMF, denominado media del pico par o average peak torque (en inglés), el uso de esta variable se ha desestimado, a pesar de tener una alta correlación con el PT, pues se ha encontrado que pueden existir diferencias según se tomen en cuanto los esfuerzos máximos o submáximos (Dvir, 2014).

De este modo, se considera al PT como el principal parámetro de fuerza máxima isocinética, ya que es la variable que muestra una menor variabilidad, mayor validez y fiabilidad, así su uso puede ser recomendado en (Dvir, 2004; Dvir, 2014):

- Caracterización de la fuerza de grupos musculares específicos en diferentes poblaciones (niños, adolescentes, adultos, personas de la 3era edad, deportistas amateurs o profesionales, personas con patologías).
- Utilización de los valores de referencia para realizar una selección en los diferentes grupos de deportistas.
- Evaluación unilateral de un miembro lesionado y compararlo con la fuerza de la extremidad contralateral.
- Evaluación del alcance o repercusión de una enfermedad o patología con base en la comparación de valores de referencia de sujetos sanos.
- Evaluación del desequilibrio de fuerza que pueda existir en grupos musculares que actúan en la misma articulación para predecir posibles lesiones.

#### ***Relación momento máximo corregido por el peso corporal.***

El pico del momento máximo corregido o normalizado por el peso corporal (peak torque/body weight o PT/BW) se calcula dividiendo el pico del MMF entre el peso corporal del sujeto, se expresa en porcentaje (%) al ser una relación. Tiene la misma validez, fiabilidad y variabilidad que el MMF. Esta variable permite establecer comparaciones de los valores de fuerza obtenidos en la evaluación entre sujetos con diferentes pesos (Bosch & Spottorno, 2017)

### ***Índice H/Q de equilibrio de fuerza***

Este índice evalúa el equilibrio de fuerza que existe entre los músculos isquiotibiales (H) y los cuádriceps (Q) en la articulación de la rodilla. Se calcula dividiendo el momento máximo de fuerza de la flexión sobre el momento máximo de fuerza en la extensión evaluados en la misma velocidad angular y modo de contracción (isométrica, concéntrica o excéntrica). La proporción ideal de este índice debe ser de 1.0, lo cual indica que los músculos isquiotibiales tienen la capacidad de resistir la fuerza que pueda generar el cuádriceps (Tlatoa-Ramírez, 2014). Aunque una proporción arriba de 0.6 también parece ser muy aceptada (Ekstrand & Gillquist, 1983).

### ***Tiempo del pico máximo de fuerza (TMMF) y ángulo del pico máximo de fuerza (AMMF).***

El primero hace referencia al tiempo transcurrido desde el inicio del movimiento hasta que se alcanza el PT o pico del MMF y se expresa en milisegundos (ms) (Bosch & Spottorno, 2017). Algunos autores mencionan escasa relevancia clínica de esta variable (Dvir, 2014), otros tantos manifiestan que es un buen indicador de la fuerza explosiva, pues cuanto menor sea el tiempo para llegar al MMF, el atleta estará más cerca de tener mayor rendimiento en ese determinado tiempo (Bernard et al., 2012).

Por su parte, el ángulo del momento máximo de fuerza (AMMF) se expresa en grados (°) e indica la posición angular donde se alcanza el punto máximo del MMF. Ambas variables son buenos indicadores de la función articular (Slocker, Carrascosa, Fernández, Clemente, & Gómez, 2002).

### ***Trabajo total.***

Se define como el producto de la fuerza por el desplazamiento producido, en otras palabras, el producto del momento de fuerza por la distancia angular recorrida o arco de movimiento a lo largo del movimiento en la evaluación isocinética. Se considera el mejor indicador de la capacidad funcional de una articulación y se expresa en Jules (J)( kg·m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>) (Bosch & Spottorno, 2017).

### ***Potencia media o impulso angular.***

Se obtiene dividiendo el trabajo total entre el tiempo empleado en la ejecución del movimiento. Esta variable representa la capacidad del sujeto para producir un esfuerzo sobre la amplitud de una articulación. Posee gran correlación con el pico torque y presenta gran fiabilidad y reproductibilidad. Se expresa en watts (W) (Bosch & Spottorno, 2017).

#### ***Parámetros de relación agonista-antagonista.***

La relación entre los grupos musculares agonistas y antagonistas que actúan sobre una misma articulación es una de las variables más utilizadas en la literatura. Dicha relación se expresa en porcentaje (%) y expresa la división entre los MMF de los músculos más débiles en el par de fuerzas estudiados y los MMF de los grupos musculares más fuertes de dicho par. Este parámetro da una visión amplia en el equilibrio que existe en los grupos musculares antagonistas que actúan sobre una determinada articulación, pues una desviación respecto de los valores normales puede sugerir un desequilibrio muscular latente y por entendido, una lesión (Bosch & Spottorno, 2017; Ayala, Sainz, de Ste Croix, & Santonja, 2012).

Un parámetro más en relación con esta variable es el de las bilateralidades, esto es el índice izquierda-derecha de los grupos musculares, agonistas o antagonistas, de una articulación analizada. Este índice se basa tomando como referencia los MMF, siempre tomando en cuenta que para hacer dicha comparación, el protocolo debe ser completamente idéntico en las dos extremidades (Edouard et al., 2013). Un posible desequilibrio en este índice puede incrementar el riesgo a sufrir una lesión, en especial en deportes simétricos (Segovia et al., 2007).

#### ***Coefficiente de variación.***

Esta variable representa una medida de dispersión de datos que puede utilizarse para medir la verdadera participación del sujeto en la ejecución de un esfuerzo máximo (Bosch & Spottorno, 2017). Aunque, esta variable puede verse afectada por otros motivos como lo son: la presencia de dolor, miedo a ejecutar la prueba, no comprender bien la instrucción u objetivo de la prueba o por algún beneficio propio (Huesa et al., 2008; Ridao, Sánchez, Chaler, & Müller, 2009).

### ***Índice de fatiga.***

Indica la medida de fatiga que se produce durante la evaluación muscular isocinética y se manifiesta por el descenso del trabajo que realiza el musculo durante una serie de contracciones máximas en un periodo de tiempo determinado (Bosch & Spottorno, 2017).

### **Ventajas e inconvenientes**

La evaluación isocinética posee muchas ventajas, Zapardiel (2014) enuncia tres de manera general:

1. Los músculos pueden ejercitarse con todo su potencial máximo a lo largo del alcance cinético de la articulación evaluada. En el arco cinético dado, no existe una resistencia fija que alcance el punto más débil, la evaluación isocinética permite que se efectúe una fuerza máxima voluntaria en todo el recorrido de movimiento.

2. La evaluación isocinética, en el ámbito de la rehabilitación, ofrece la alternativa más segura a las demás modalidades de ejercicio, ya que es más seguro que el ejercicio isotónico debido a que el mismo dinamómetro se detiene justo cuando el paciente empieza a sentir malestar. Un dinamómetro isocinético puede, además, adaptarse a cualquier programa de rehabilitación.

3. La evaluación isocinética puede ser utilizada para cuantificar la capacidad de fuerza de un grupo muscular de manera objetiva, así como modalidad de ejercicio para reestablecer niveles de fuerza prelesión.

La velocidad a la que se realiza la ejecución de los movimientos durante los entrenamientos de fuerza tiene gran importancia, ya que ayuda a una mejoría en la fuerza máxima, esta manifestación de la fuerza es muy importante, ya que tanto la velocidad como la potencia a la cual se realizan los movimientos, dependerán en gran medida de la cantidad de fuerza relativa que es requerida para realizar la acción, de este modo, el método isocinético ofrece mayores ventajas que el resto de los métodos, pues tanto la velocidad como la fuerza que se debe ejercer a lo largo del rango de movimiento será la misma (Zapardiel, 2014; Naclerio, 2011).

La valoración isocinética también permite evaluar correctamente tanto la fase concéntrica como la fase excéntrica durante todo el rango de movimiento, esto permite observar si existen diferencias ya sean ipsolateral o contralateral de los músculos evaluados y de este modo, predecir futuras lesiones (Ayala et al., 2012; Segovia et al., 2007).

Otra ventaja del uso de la evaluación isocinética es el alto índice de confiabilidad y reproductibilidad que muestran los estudios en diferentes poblaciones, puesto que se han encontrado valores de buenos a excelentes de acuerdo a los coeficientes de correlación mostrados en los resultados estadísticos (Feiring, Ellenbecker, & Derscheid, 1990; Van Meeteren, Roebroek, & Stam, 2002; Anderson, Bialocerkowski, & Bennell, 2006; Sole, Hamrén, Milosavljevic, Nicholson, & Sullivan, 2007; Caruso, Brown, & Tufano, 2012; Ayala, Sainz, De Ste Croix, & Santonja, 2013; Pascal et al., 2013; Fagher, Fritzson, & Drake, 2016).

Dentro de los inconvenientes mas importantes que tiene el método de valoración muscular isocinética se tienen: el costo elevado de los aparatos. Se corre el riesgo de que se puedan obtener mediciones diferentes para un mismo grupo muscular evaluado si no se aplica exactamente la misma metodología para la toma de la prueba, es por ello por lo que la aplicación de estos siempre debe realizarse bajo la supervisión de un técnico o especialista. Los sistemas isocinéticos sólo pueden trabajar sobre una articulación y en un solo plano. Y, debido a que existen diversas marcas de aparatos en el mercado, no existe una homologación de términos y expresiones para su operación e interpretación de los resultados (Dvir, 2014; Rizo, 2018).

### **Estudios relacionados**

Un estudio llevado a cabo en 18 nadadores (9 hombres y 9 mujeres) tuvo como objetivo comparar la valoración isocinética de la articulación del hombro, según género y mediante el patrón diagonal D2. Se utilizó el dinamómetro Biodex System 3® a dos diferentes velocidades angulares, 180° y 60°/s. Las variables isocinéticas estudiadas fueron: pico torque, pico torque/peso corporal, potencia y trabajo. Teniendo como resultados que la magnitud de las variables fue mayor durante el movimiento de E/AD/RI, con diferencias significativas con el movimiento de F/AB/RE. Observando

esto en el lado dominante y no dominante, en ambas velocidades y en ambos géneros (Alonso-Cortés et al., 2006).

En 2015 se llevo a cabo un estudio para estudiar los efectos que tiene un período de entrenamiento de seis meses en las variables de torque máximo de la musculatura flexora y extensora de la rodilla, en el déficit de fuerza bilateral y el desequilibrio de fuerza unilateral en once nadadores competitivos de  $14.82 \pm 0.45$  años. Se les evaluó la extensión concéntrica de la rodilla y el par máximo de flexión a una velocidad angular de  $60^\circ/s$  en un dinamómetro isocinético Cyberx Norm (Lumex Corporation, Ronkonkoma, NY) antes y después de un período de entrenamiento que combinó natación y fuerza en tierra. Los resultados arrojaron que se observó una mejora en el extensor de la rodilla en comparación con el torque máximo de los músculos flexores, además, el déficit de fuerza bilateral se mantuvo casi sin cambios, no así en el desequilibrio de fuerza unilateral, el cuál aumentó, aunque en todos los casos de manera no significativa ( $p > 0.05$ ) (Dalamatros, Manou, Christoulas, & Kellis, 2015).

Se realizó un estudio a 20 niños y 20 niñas nadadores de 10 a 12 años de edad para evaluar su fuerza y potencia absoluta y relativa de los músculos de la rodilla, así como las relaciones flexor/extensor en pruebas isocinéticas concéntricas. Las variables se midieron con un dinamómetro de Cyberx Norm (Lumex Corporation, Ronkonkoma, NY) a tres diferentes velocidades angulares ( $60^\circ/s$ ,  $120^\circ/s$  y  $180^\circ/s$ ). Los valores relativos de fuerza y potencia fueron corregidos por el peso corporal. En los resultados, ambas variables no difirieron significativamente entre ambos sexos en los músculos extensores en las velocidades de  $60$  y  $120^\circ/s$ , no así en la velocidad de  $180^\circ/s$ , donde los niños obtuvieron mayores valores ( $p < 0.01$ ), dentro de flexores, los niños obtuvieron mayores valores respecto a las niñas en las velocidades de  $120$  y  $180^\circ/s$  ( $p < 0.01$ ). En la fuerza y potencia relativa, no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos y para ambos grupos musculares (Mameletzi & Siatras, 2003).

Se llevo a cabo un estudio realizado en el Instituto Nacional de Rehabilitación en México, donde se evaluó a 8 tawkwondoinos pertenecientes a la selección nacional juvenil de México de  $19.1 \pm 1.5$  años de edad y un grupo control de 8 personas sanas de la misma edad que los atletas. Mediante dinamometría isocinética (Cybex NORM) se

evaluó el torque máximo, el ángulo del torque máximo, el trabajo del torque máximo, la potencia promedio y el desbalance muscular de los músculos flexores y extensores de las rodillas en cinco repeticiones a 60 °/s. Se descubrieron valores significativamente altos en el grupo de atletas en las variables de torque máximo y trabajo total de la serie, esto en el grupo muscular extensor; mientras que el ángulo del torque máximo para extensores y flexores fue mayor en el grupo control. En ambos grupos se encontraron desbalances musculares por déficit de flexores (Martínez et al., 2014).

Se evaluó a 14 jugadores profesionales de fútbol pertenecientes a la liga Premier de Inglaterra (6 internacionales y 8 no internacionales) en la relación entre fuerza isocinética en la musculatura de miembros inferiores a 60, 180, 240 y 300°/s con un dinamómetro isocinético Cybex NORM y los tiempos que realizaron en un sprint de 10 y 30 m. Los jugadores internacionales fueron más bajos ( $179 \pm 7$  cm vs  $185 \pm 2.5$  cm,  $P < 0.01$ ), más livianos ( $78.6 \pm 4.8$  kg vs  $88.8 \pm 6$  kg,  $P < 0.01$ ) y más delgados ( $11.4 \pm 1\%$  versus  $14.3 \pm 2.2\%$ ,  $P < 0.02$ ) que los jugadores no internacionales. En valor absoluto, el pico torque fue significativamente más bajo en los jugadores internacionales que en los nacionales en todas las velocidades, mientras que el pico torque de flexores fue significativamente más bajo sólo en 180, 240 y 300°/s. Al obtener el valor relativo, no encontraron diferencias para el pico torque de extensores y flexores en los dos grupos. Así como tampoco se encontraron diferencias significativas en los tiempos de los sprints (Cotte & Chatard, 2011).

En este estudio se analizó la fuerza muscular isocinética de los músculos de la articulación de la rodilla y las variables antropométricas más importantes en 60 sujetos jóvenes sanos (30 hombres y 30 mujeres) de  $21.2 \pm 2.4$  años de edad. Se evaluó con un dinamómetro isocinético marca Biodex System 3 a una velocidad de 60°/s las variables de momento máximo de fuerza y momento máximo/peso corporal, en la parte antropométrica: perímetro del muslo, perímetro de pierna y longitud miembro inferior. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables en el miembro derecho, menos en las variables de longitud del miembro inferior. El sexo de los atletas determinó que existieran diferencias en todas las variables estudiadas, excepto del perímetro del muslo, siendo mayores en los hombres. Por último, el análisis de

correlación entre las distintas variables, permitió constatar algunas interdependencias entre las variables morfológicas y de actividad muscular que pueden ser aplicadas en el campo clínico (Slocker et al., 2002).

El propósito de este estudio fue establecer el perfil isocinético de la fuerza de los músculos rotadores del hombro en 26 jugadoras de balón mano, realizando pruebas de fuerza concéntricas y excéntricas, teniendo como variables el torque máximo de los músculos rotadores internos y externos a 60, 180 y 300°/s. La fuerza concéntrica para la rotación interna y externa fue significativamente mayor para el miembro dominante que para el miembro no dominante para todas las velocidades ( $P \leq 0.0001$ ). Para acciones excéntricas, los músculos rotadores internos fueron más fuertes en la extremidad dominante que en la no dominante ( $P \leq 0.0001$ ) a todas las velocidades. Aunque el lado dominante fue más fuerte que el lado no dominante, las relaciones concéntricas de equilibrio se mantuvieron iguales (Dos Santos, Fleury, Barbosia, Dubas, & Da Silva, 2010).

## Metodología

### Diseño

Esta investigación se trata de un análisis retrospectivo y descriptivo donde se analizan distintos parámetros de fuerza isocinética, en la cuál se utilizó una base de datos del laboratorio de rendimiento humano de la Facultad de Organización Deportivo del año 2018.

### Población y muestra

La población analizada se compone de nadadores pertenecientes a la selección estatal del estado de Nuevo León en el año de 2018.

La muestra se trata de 11 nadadores (6 mujeres y 5 hombres) con una edad de 14.36 años  $\pm$ .67; estatura (cm) 161.45 $\pm$ 9.02 y un peso de (kg) 58.37 $\pm$ 8.98, en la tabla 1 se muestran los datos segmentados por sexo:

*Tabla 1 Datos generales por sexo en edad, estatura y peso (media  $\pm$  DE).*

Sexo	Numero	Edad (años)	Estatura (cm)	Peso (kg)
Femenino	6	14.5 $\pm$ . 548	160.17 $\pm$ 5.38	55.26 $\pm$ 6.13
Masculino	5	14.20 $\pm$ .837	163.00 $\pm$ 12.72	62.10 $\pm$ 11.09

DE: desviación estándar; cm: centímetros; kg: kilogramos

### Criterios de inclusión

- Pertenecer, en el momento de la prueba, a la selección estatales del estado de Nuevo León.
- Tener edades comprendidas entre 13 a 15 años de edad incluyendo los límites.

### Criterios de exclusión

- Presentar alguna lesión que impida la realización de la evaluación.
- No firmar el consentimiento informado.

- Haber realizado un entrenamiento de fuerza o intenso en la alberca 24 horas antes de la prueba.

### **Criterios de eliminación**

- No conseguir los criterios de esfuerzo máximo durante la evaluación isocinética.
- No haber realizado los rangos de movimiento suficientes en la articulación de la rodilla tanto en flexión como en la extensión.
- No haber realizado la evaluación en alguna de las velocidades angulares ( $60^\circ/s$ ,  $180^\circ/s$  o  $300^\circ/s$ ).
- Obtener resultados de las valoraciones dentro de rangos lógicos.

### **Consideraciones éticas**

Los sujetos fueron previamente informados del procedimiento y dieron su consentimiento por escrito para participar en la evaluación.

A los sujetos se les proporciono un consentimiento informado para asegurar que no estaban recibiendo tratamientos farmacológicos o que no padecían ninguna enfermedad que les impidiera realizar la evaluación.

Todos los procedimientos fueron realizados por los principios éticos para investigaciones médicas en humanos contenidos en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (World Medical Association, 2013).

### **Instrumentos**

- Consentimiento informado (ver Anexo 1 y 2).
- Báscula marca SECA 700 (Medical Scales and Measuring Systems, seca gmbh & co. Hammer Steidamm, Hamburg, Germany ®).
- Cicloergómetro de miembros inferiores marca COSMED (Ergoselec 100, COSMED Srl, Roma, Italia ®).
- Dinamómetro isocinético marca BIODEX System 3 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA ®) y BIODEX System 4 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA ®).

- Software IBM® SPSS® Statistics versión 23.0.0.0
- Software Microsoft® Word para Mac versión 16.16.20
- MacBook Air con macOS High Sierra versión 10.13.6

## **Procedimientos**

Las mediciones isocinéticas que se utilizaron para la realización de esta investigación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Rendimiento Humano de la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

A los atletas que participaron, se les pidió que previo al estudio no realizaran actividad física vigorosa 24 horas antes, así como un ayuno de 2 horas previo a las evaluaciones. Así como acudir con ropa y calzado deportivo y acompañado de padre, madre, tutor responsable o entrenador.

### **Calibración y acomodo del equipo**

Previo a la llegada del deportista, se realizó la calibración del dinamómetro isocinético marca BIODEX System 3 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA®) o BIODEX System 4 (Biodex Medical Systems, Shirley, NY, USA®), la cuál se realizó de forma automática.

Posterior a esto, se colocó y ajustó la extensión mecánica del dinamómetro para ejecutar la evaluación de los miembros inferiores y se configuro el software del equipo para un protocolo bilateral de tres velocidades angulares (60, 180 y 300°/s).

### **Llegada del atleta**

Una vez el nadador llegó, se le informó de manera general a el y a su padre, madre o tutor responsable el procedimiento, así como de su objetivo. Se le dio el consentimiento informado el cual fue leído y firmado por el tutor responsable.

Se le indicó al atleta que podía detenerse en cualquier momento de la prueba si sentía dolor o molestia en los grupos musculares evaluados o en la articulación implicada en el movimiento.

### **Mediciones antropométricas**

Las mediciones fueron correspondientes a la talla y el peso del atleta, esto se realizó con la báscula marca SECA 700 (Medical Scales and Measuring Systems, seca gmbh & co. Hammer Steidamm, Hamburg, Germany ®).

### **Calentamiento**

El calentamiento cardiovascular consistió en realizar 10 minutos de ejercicio en un cicloergómetro de miembros inferiores marca COSMED (Ergoselec 100, COSMED Srl, Roma, Italia ®) a una cadencia de 60 rpm y una potencia constante de 50 Watts.

### **Protocolo de evaluación isocinético**

Una vez realizado el calentamiento, se procedió a la evaluación isocinética con el protocolo estandarizado. Se le pidió al atleta que se sentara en el asiento del dinamómetro, colocando su espalda baja en una postura totalmente recta, con las piernas paralelas, se identificó el psoas poplíteo para posicionarlo a un espacio de 5 cm del asiento. Posterior a esto, se le colocaron los sujetadores del tronco, cadera y pierna a una tensión lo suficientemente apta para inhibir cualquier otro movimiento que afectara los resultados de la prueba, pero sin llegar a lastimar o ser incomodo para el atleta.

Se alineó la rodilla con el eje rotacional del dinamómetro isocinético, colocando lo más cerca posible el cóndilo lateral de la rodilla a este. En seguida, se colocó el ultimo sujetador en la parte tibial de la pierna no evaluada a 3 cm de los gastrocnemios en forma contraída.

Se estableció un rango de movimiento (RDM) de 135° en la extensión y flexión de la rodilla respecto a la posición horizontal (0°), posterior, se calibró el dinamómetro mediante un goniómetro integrado a 90° y se realizó el pesaje de la pierna a evaluar a 34°, esto para corregir el efecto de la gravedad, eliminando el peso del miembro en ventaja de la fuerza que se genera durante la prueba.

Una vez hecho lo anterior, se procedió a iniciar el protocolo de evaluación, el atleta ejecutó un máximo de 5 repeticiones de adaptación con una intensidad moderada, una vez listo, el atleta realizó una flexión hasta el RDM mínimo en la flexión para iniciar la prueba, teniendo como señal un pitido emitido por el propio sistema. El protocolo inició con una velocidad angular de 60°/s con 5 repeticiones, un descanso de 30

segundos, posteriormente, 180°/s con 10 repeticiones para finalizar con 300°/s con 15 repeticiones y 30 segundos de descanso. Durante toda la prueba, el atleta fue alentado verbalmente para que realizara su máximo esfuerzo, y entre cada descanso se le cuestionó si sintió algún malestar o dolor.

Una vez realizado el protocolo con la extremidad inicial, se procedió a hacer el cambio a la otra pierna, utilizando el mismo procedimiento, protocolo y acomodo que el miembro inicial.

### **Análisis estadístico**

Todos los datos fueron tratados estadísticamente por el software IBM® SPSS® Statisticss versión 23.0.0.0.

## Resultados

En la variable de pico torque de fuerza absoluta, en hombres, se observa que el sujeto 5 desarrollo la mayor fuerza pico en la extensión de la pierna derecha en las tres velocidades evaluadas (60, 180 y 300°/s) con valores de 163.90, 108.50 y 81.80 Nm respectivamente, así también obtuvo los valores más elevados en la flexión de la misma pierna, a excepción de la velocidad de 300°/s, que fue obtenida por el sujeto 1 con 83.60 Nm. En el caso de la extensión de la pierna izquierda el sujeto 1 desarrollo la mayor fuerza en las tres velocidades, 113.80, 93.00 y 74.40 Nm en 60, 180 y 300°/s respectivamente, en el caso de la flexión, los mejores valores los obtuvo el sujeto 4 con 78.00, 59.80, 50.80 en las mismas velocidades angulares (tabla 2).

En cuanto a las mujeres, el grupo resulto ser más disperso en cuanto la obtención de valores máximos absolutos, se puede mencionar solo al sujeto 8, que realizó los valores más altos en la extensión de la pierna izquierda en las 3 velocidades evaluadas, 60, 80 y 300°/s (111.00, 81.10, 65.70 Nm), dos en la flexión de la pierna derecha en 180 y 300<sup>a</sup>, dos en la flexión de la pierna izquierda a 60 y 300°/s y a 300<sup>a</sup> en la extensión de la pierna izquierda con 66.30 Nm (tabla 2).

En esta evaluación de pico toque absoluto, el sujeto masculino que desarrollo la menor fuerza en todas las velocidades tanto en flexión como en extensión fue el sujeto 2. Por su parte, en el grupo de las mujeres el sujeto de estudio más débil en la variable estudiada en la pierna derecha, en términos absolutos, fue el sujeto 10, mostrando los valores más bajos en todas las velocidades tanto en flexión como en extensión. Y, en la pierna izquierda, el sujeto 6 obtuvo los resultados más bajos en las tres velocidades en extensión con 90.40, 68.20 y 49.90 Nm en 60, 180 y 300°/s respectivamente (tabla 2).

En el caso del pico torque corregido por el peso corporal (relativo) se encontraron valores mas dispersos en los resultados, en el caso de los más altos, sólo el sujeto 4 conservó los mejores valores en la flexión de la pierna izquierda con 1.20, 0.92 y 0.78 Nm/kg en 60, 180 y 300°/s respectivamente. En todas las pruebas se compartieron más los valores máximos. En cuanto a los valores mínimos, en hombres, los sujetos 2 y 3 fueron los que peores evaluaciones obtuvieron, destacando los valores del sujeto 3, ya

que obtuvo los valores más bajos en todas las pruebas a la velocidad de 60°/s tanto en extensión como en flexión (tabla 3).

En el grupo de mujeres, en el pico torque relativo, el sujeto 8 fue quien obtuvo los mejores resultados en todas las velocidades y en ambas piernas tanto en flexión como en extensión a excepción de los valores de extensión de pierna izquierda y derecha en la velocidad de 300°/s, valor superado por el sujeto 9. Siendo más dispersos los valores bajos, resaltando al sujeto 10 quien obtuvo los resultados más deficientes en las tres velocidades medidas en la pierna derecha tanto en flexión como en extensión (tabla 3).

En promedio, en hombres, la pierna derecha fue la más fuerte en comparación con la izquierda en la extensión en todas las velocidades angulares (60, 180 y 300°/s) tanto en valores absolutos como en relativos, caso contrario en la flexión, ya que fue la pierna izquierda la cual desarrolló la mayor fuerza relativa y absoluta en dichas velocidades (tabla 4). En el caso de las mujeres, la pierna derecha desarrolló la mayor cantidad de fuerza, absoluta y relativa, en extensión y flexión en la velocidad de 60°/s, en contra parte, la pierna izquierda fue la que obtuvo los mejores resultados absolutos y relativos en las demás velocidades estudiadas tanto en flexión, como en extensión (tabla 5).

En el índice H/Q, en hombres, la pierna izquierda fue la que mayor resultado en promedio obtuvo en las tres velocidades angulares, con valores de  $0.55 \pm 0.05$ ,  $0.58 \pm 0.09$  y  $0.61 \pm 0.10$  en 60, 180 y 300°/s (tabla 6). Las mujeres obtuvieron iguales valores en ambas piernas en las velocidades de 60 y 180°, con 0.53 y 0.55 respectivamente. En la velocidad de 300°/s la pierna izquierda desarrolló el mejor índice con  $0.61 \pm 0.11$  (tabla 7).

*Tabla 2 Resultados generales del pico torque absoluto obtenido por nadador en Nm.*

Sujeto	Sexo	Velocidad	Ext Der	Flex Der	Ext Izq.	Flex Izq.
1	M	60°/s	119.40	57.60	113.80	64.10
		180°/s	104.30	44.40	93.00	53.30

		300°/s	83.60	43.10	74.40	41.10
2	M	60°/s	69.00	39.20	67.50	34.50
		180°/s	45.70	27.50	45.60	25.40
		300°/s	36.60	24.70	35.70	21.40
3	M	60°/s	93.60	49.00	98.70	51.60
		180°/s	90.40	33.80	83.30	41.60
		300°/s	71.90	36.80	67.10	38.80
4	M	60°/s	130.80	61.80	125.40	78.00
		180°/s	92.80	47.30	81.30	59.80
		300°/s	72.60	40.40	64.70	50.80
5	M	60°/s	163.90	69.20	132.00	66.80
		180°/s	108.50	49.90	106.40	55.90
		300°/s	81.80	38.20	77.60	41.60
6	F	60°/s	101.20	55.80	90.40	53.80
		180°/s	83.10	41.50	68.20	37.90
		300°/s	60.40	31.60	49.90	27.60
7	F	60°/s	106.40	58.40	95.50	49.70
		180°/s	68.00	38.20	70.60	37.80
		300°/s	54.00	32.00	58.50	35.00
8	F	60°/s	105.60	56.00	111.00	55.00
		180°/s	79.50	45.20	81.10	44.90
		300°/s	66.30	39.00	65.70	44.50
9	F	60°/s	99.70	53.70	103.10	54.30
		180°/s	67.50	37.00	67.10	35.70
		300°/s	49.40	33.30	53.20	29.50
10	F	60°/s	94.40	45.00	92.40	47.60
		180°/s	60.70	33.40	73.10	41.40
		300°/s	44.70	25.00	59.30	29.90

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

*Tabla 3 Resultados generales del pico torque relativo obtenido por nadador en Nm/kg.*

<b>Sujeto</b>	<b>Sexo</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Ext Der</b>	<b>Flex Der</b>	<b>Ext Izq.</b>	<b>Flex Izq.</b>
1	M	60°/s	1.92	0.92	1.83	1.03
		180°/s	1.67	0.71	1.49	0.86
		300°/s	1.34	0.69	1.19	0.66
2	M	60°/s	1.59	0.90	1.55	0.79
		180°/s	1.05	0.63	1.05	0.58
		300°/s	0.84	0.57	0.82	0.49
3	M	60°/s	1.31	0.69	1.38	0.72
		180°/s	1.26	0.47	1.17	0.58
		300°/s	1.01	0.51	0.94	0.54
4	M	60°/s	2.02	0.95	1.93	1.20
		180°/s	1.43	0.73	1.25	0.92
		300°/s	1.12	0.62	1.00	0.78
5	M	60°/s	2.38	1.01	1.92	0.97
		180°/s	1.58	0.72	1.55	0.81
		300°/s	1.19	0.55	1.13	0.60
6	F	60°/s	1.74	0.96	1.56	0.93
		180°/s	1.43	0.72	1.18	0.65
		300°/s	1.04	0.54	0.86	0.48
7	F	60°/s	1.67	0.91	1.49	0.78
		180°/s	1.06	0.60	1.10	0.59
		300°/s	0.85	0.50	0.92	0.70
8	F	60°/s	1.97	1.05	2.07	1.03
		180°/s	1.48	0.84	1.51	0.84

		300°/s	1.24	0.74	1.23	0.83
9	F	60°/s	1.86	1.00	1.92	1.01
		180°/s	1.26	0.69	1.25	0.67
		300°/s	0.92	0.62	0.99	0.55
10	F	60°/s	1.64	0.78	1.61	0.83
		180°/s	1.06	0.58	1.27	0.72
		300°/s	0.78	0.44	1.03	0.53

Nm: Newton por metro, Kg: Kilogramos, M: Masculino, F: Femenino.

*Tabla 4 Valores medios de pico torque de extensores y flexores de fuerza absoluta y relativa en hombres (media  $\pm$  DE).*

Velocidad	Variable	Promedio $\pm$ DE
60°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	115.34 $\pm$ 36.17
	(Nm/kg)	1.84 $\pm$ 0.41
	Flexión pierna derecha (Nm)	55.36 $\pm$ 11.61
	(Nm/kg)	0.89 $\pm$ 0.12
	Extensión pierna izquierda (Nm)	107.48 $\pm$ 25.6
	(Nm/kg)	1.72 $\pm$ 0.24
180°/s	Flexión pierna izquierda (Nm)	59.00 $\pm$ 16.6
	(Nm/kg)	0.94 $\pm$ 0.19
	Extensión pierna derecha (Nm)	88.34 $\pm$ 25.02
	(Nm/kg)	1.40 $\pm$ 0.25
	Flexión pierna derecha (Nm)	40.58 $\pm$ 9.54
	(Nm/kg)	0.65 $\pm$ 0.11
300°/s	Extensión pierna izquierda (Nm)	81.92 $\pm$ 22.60
	(Nm/kg)	1.30 $\pm$ 0.21
	Flexión pierna izquierda (Nm)	47.20 $\pm$ 13.95
	(Nm/kg)	0.75 $\pm$ 0.16
300°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	69.30 $\pm$ 19.02

(Nm/kg)	1.10±0.19
Flexión pierna derecha (Nm)	36.64±7.09
(Nm/kg)	0.59±0.07
Extensión pierna izquierda (Nm)	63.90±16.61
(Nm/kg)	1.02±0.15
Flexión pierna izquierda (Nm)	38.74±10.72
(Nm/kg)	0.62±0.11

DE: desviación estándar, Nm: Newton por metro, kg: kilogramos.

*Tabla 5 Pico torque de extensores y flexores de fuerza absoluta y relativa en mujeres (media ± DE).*

Velocidad	Variable	Promedio ± DE
60°/s	Extensión pierna derecha (Nm)	101.46±4.86
	(Nm/kg)	1.78±0.14
	Flexión pierna derecha (Nm)	53.78±5.18
	(Nm/kg)	0.94±0.10
	Extensión pierna izquierda (Nm)	98.48±8.50
	(Nm/kg)	1.73±0.25
180°/s	Flexión pierna izquierda (Nm)	52.08±3.25
	(Nm/kg)	0.91±0.10
	Extensión pierna derecha (Nm)	71.76±9.26
	(Nm/kg)	1.26±0.20
	Flexión pierna derecha (Nm)	39.06±4.49
	(Nm/kg)	0.69±0.11
300°/s	Extensión pierna izquierda (Nm)	72.02±5.58
	(Nm/kg)	1.26±0.15
	Flexión pierna izquierda (Nm)	39.54±3.63
	(Nm/kg)	0.69±0.09
	Extensión pierna derecha (Nm)	54.96±8.59
	(Nm/kg)	0.96±0.18

Flexión pierna derecha (Nm)	32.36±5.31
(Nm/kg)	0.57±0.12
Extensión pierna izquierda (Nm)	57.32±6.07
(Nm/kg)	1.01±0.14
Flexión pierna izquierda (Nm)	35.30±8.67
(Nm/kg)	0.62±0.15

DE: desviación estándar, Nm: Newton por metro, kg: kilogramos.

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

Velocidad	Segmento	Promedio ± DE
60°/s	Pierna derecha	0.49±0.06
	Pierna izquierda	0.55±0.05
180°/s	Pierna derecha	0.47±0.09
	Pierna izquierda	0.58±0.09
300°/s	Pierna derecha	0.55±0.08
	Pierna izquierda	0.61±0.10

DE: desviación estándar; cm: centímetros; kg: kilogramos

*Tabla 7 Índice de fuerza H/Q en mujeres (media ± DE).*

Velocidad	Segmento	Promedio ± DE
60°/s	Pierna derecha	0.53±0.03
	Pierna izquierda	0.53±0.04
180°/s	Pierna derecha	0.55±0.03
	Pierna izquierda	0.55±0.01
300°/s	Pierna derecha	0.59±0.06
	Pierna izquierda	0.61±0.11

DE: desviación estándar; cm: centímetros; kg: kilogramos

## Discusión

De Ste Croix, Deighan, Ratel, & Armstrong (2009) indica que la valoración isocinética resulta ser una buena herramienta para realizar valoraciones de fuerza en niños, puesto que es un método reproducible, objetivo y fiable en investigaciones en sujetos de 10 a 14 años de edad, edades similares a las que comprende este trabajo. También dice que, aunque la dinamometría isocinética no puede medir los gestos técnicos de una actividad deportiva, sí da una perspectiva objetiva sobre los valores de fuerza dinámica. Por su parte, Schneider y Meyer (2005) comentan que, en natación, la valoración isocinética es la más adecuada, ya que es la que más se acerca a la fuerza real que se aplica en el gesto deportivo, debido a la naturaleza del medio en el que se desarrolla este deporte.

Mameletzi y Siatras (2003) realizaron un estudio en 40 nadadores griegos, 20 hombres y 20 mujeres, de 10 a 12 años de edad que cumplían con 9 horas de entrenamiento semanales, para obtener los valores isocinéticos de pico torque absoluto y relativo en velocidades angulares de 60, 120 y 180°/s. A pesar de que la edad de nuestra población es mayor ( $14.5 \pm 0.548$  años en hombres y  $14.20 \pm 0.837$  años en mujeres) la comparación resulta interesante, ya que en valores de pico torque absoluto en extensión, en las velocidades de 60 y 180°/s, los resultados son mayores en nuestra población ( $86.5 \pm 18.1$  Nm vs  $111.41 \pm 30.56$  Nm en 60°/s y  $61.6 \pm 10.4$  Nm vs  $85.13 \pm 23.70$  Nm en 180°/s en hombres y  $80.2 \pm 16.2$  Nm vs  $99.97 \pm 5.77$  Nm en 60°/s y  $51.2 \pm 12.4$  Nm vs  $71.89 \pm 5.86$  Nm en 180°/s en mujeres) mismo caso en flexión, en donde nuestro grupo de nadadores obtuvo mejores resultados ( $57.1 \pm 13.1$  Nm vs  $57.18 \pm 13.72$  Nm a 60°/s y  $42.2 \pm 8.6$  Nm vs  $43.89 \pm 11.64$  en 180°/s en hombres y  $48.8 \pm 10.6$  Nm vs  $52.93 \pm 10.6$  Nm en 60°/s y  $34.2 \pm 7.7$  vs  $39.30 \pm 3.44$ ), en cuanto a la fuerza relativa, y teniendo en consideración lo planteado por Tlatoa-Ramírez (2014), que, para poder comparar poblaciones de manera más objetiva, los datos deben expresarse en función del peso corporal total, los nadadores del estudio de Mameletzi y Siatras (2003) obtuvieron mejores valoraciones tanto en flexión como en extensión en ambas velocidades:  $2.7 \pm 0.5$  Nm/kg vs  $1.78 \pm 0.32$  Nm/kg a 60°/s en extensión y  $1.9 \pm 0.2$  Nm/kg vs  $0.92 \pm 0.15$  Nm/kg a 180°/s en extensión en hombres, en el caso de las mujeres, en extensión a 60°/s

$2.8 \pm 0.3$  Nm/kg vs  $1.75 \pm 0.19$  Nm/kg y en  $180^\circ/s$   $1.8 \pm 0.3$  Nm/kg vs  $0.93 \pm 0.10$  Nm/kg y caso similar en la flexión. Los valores relativos de los nadadores mexicanos están muy por debajo de los nadadores griegos, a pesar de la diferencia de edad.

Schneider y Meyer (2005) realizaron un estudio en donde comparan la fuerza máxima relativa del pico torque en extensión a dos velocidades angulares,  $60$  y  $90^\circ/s$ , en 48 nadadores brasileños, divididos en 4 grupos: dos grupos de hombres con edades de  $9.0 \pm 0.7$  (PP) y  $13.6 \pm 1.2$  (PU) y dos de mujeres con edades de  $9.6 \pm 1.0$  (PP) y  $12.7 \pm 1.7$  (PU), todos con un promedio de 12.8 horas de entrenamiento por semana, los valores de pico torque relativo obtenidos para el grupo PU en  $60^\circ/s$  fueron de  $2.54 \pm 0.38$  Nm/kg en hombres y  $2.16 \pm 0.35$  Nm/kg en mujeres, mientras que en el grupo PP a la velocidad de  $60^\circ/s$  fueron:  $1.62 \pm 0.23$  Nm/kg en hombres y  $1.54 \pm 0.61$  Nm/kg en mujeres. Por otro lado, los valores resultantes de nuestra población fueron de  $1.78 \pm 0.32$  Nm/kg en hombres y  $1.75 \pm 0.19$  Nm/kg mujeres en la variable de pico torque relativo en extensión  $60^\circ/s$ , comparando los resultados, los valores de los nadadores mexicanos superan a la población PP del estudio en ambos sexos, no así a los de la población PU, en dicha población los nadadores brasileños superan a nuestra población en ambos sexos.

Como se mencionó en el apartado de marco teórico, la proporción funcional ideal del índice H/Q según Graham-Smith y Lees (2002) debe ser 1.0, lo cual indica que los músculos isquiotibiales tienen la fuerza necesaria para resistir la que genera el grupo cuádriceps. Aunque, debido a la complejidad de lograr tal índice, otros autores han sugerido una proporción aceptable de 3:2 de la fuerza de los cuádriceps sobre los isquiotibiales, lo que da un índice H/Q de .60 a .66 y sugieren que este valor sea a velocidades bajas ( $<60^\circ/s$ ) (Ekstrand & Gillquist, 1983; Heiser, Weber, Sullivan, Clare, & Jacobs, 1984; Dokumaci, Aygün, & Çakir-Atabek, 2017), aunque esto dependerá también de la población estudiada, el uso de la compensación gravitacional y el protocolo con el cual se evalúa (Kannus & Jarvinnen, 1990). Aun así, no existe una homologación de un “valor normal” para la proporción del índice H/Q (Tlatoa-Ramírez, 2014).

Tomando como referencia lo anterior, los valores que muestra nuestra población ninguno cumple con dicho criterio, a excepción de la medición en la pierna

izquierda a 300°/s en ambos sexos, el cual es de  $0.61 \pm 0.11$  para las mujeres y de  $0.61 \pm 0.10$  para los hombres, los demás valores obtenidos están por debajo del 0.60 sugerido (tabla 6 y 7). Lo cual advierte de un posible riesgo de lesión, aunque, si se toma en consideración lo propuesto por Tlatoa-Ramírez (2014), que indica que un resultado más acertado en el índice H/Q es a una velocidad angular que se aproxime al gesto deportivo, en nuestro estudio, esta velocidad será la de 300°/s, aun así, los valores no dejan de ser preocupantes.

Tal y como indican Dokumaci, Aygün, y Çakir-Atabek (2017) los únicos estudios conocidos en nadadores que involucren el índice H/Q son: el que ellos mismos desarrollaron, en 17 nadadores turcos amateurs todos del sexo masculino de 18 a 24 años de edad a una velocidad de 60 y 180°/s, y el estudio antes analizado en pico torque, de Mameletzi y Siatras (2003) en 40 nadadores griegos, 20 hombres y 20 mujeres, de 10 a 12 años de edad. En el primer estudio, se encontraron los siguientes índices: en 60°/s en la rodilla derecha  $0.84 \pm 0.08$ , en la rodilla izquierda  $0.81 \pm 0.6$ , en 180°/s, en la rodilla derecha  $0.83 \pm 0.14$  y en la rodilla izquierda  $0.86 \pm 0.17$ , mientras que en nuestro grupo de estudio, los hombres obtuvieron los siguientes valores: en 60°/s en la rodilla derecha  $0.49 \pm 0.06$ , en la rodilla izquierda  $0.55 \pm 0.5$ , en 180°/s, en la rodilla derecha  $0.47 \pm 0.09$  y en la rodilla izquierda  $0.58 \pm 0.09$ . Los valores registrados en el estudio de Mameletzi y Siatras (2003), los valores del índice H/Q que obtuvieron son:  $0.66 \pm 0.10$  en 60°/s y  $0.69 \pm 0.10$  en 180°/s para hombres y  $0.62 \pm 0.06$  en 60°/s y  $0.67 \pm 0.10$  en 180°/s para mujeres, mientras que en nuestra población los resultados fueron:  $0.52 \pm 0.05$  en 60°/s y  $0.53 \pm 0.09$  en 180°/s en hombres y  $0.53 \pm 0.03$  en 60°/s y  $0.55 \pm 0.02$  en 180°/s en mujeres, en ambos estudios, nuestro grupo obtuvo resultados más bajos, lo cual sugiere que existe un mayor desbalance muscular.

Cabe mencionar que, según los resultados de este estudio, los hombres presentaron mayor desbalance en la pierna derecha que en la izquierda en las 3 velocidades angulares medidas, según el índice H/Q, mientras que las mujeres obtuvieron valores casi semejantes en dichas velocidades evaluadas.

Se destaca también que, en la revisión bibliográfica hecha, no se encontraron estudios en nadadores ni en otro deporte en la edad comprendida de la población de este

estudio a la velocidad de 300°/s, esto debido tal vez a que dicha velocidad es más usada en sujetos en rehabilitación muscular, al ser una velocidad que exige poca aplicación de fuerza.

Coincidiendo con la observación de Tlatoa-Ramírez (2014), la estatura puede llegar a ser un factor intrínseco para obtener mejores valores en la variable isocinetica de torque máximo absoluto, ya que los nadadores más altos, evaluados en este estudio, presentaron mayores valores en dicha variable.

Según la revisión bibliográfica hecha, en México no se ha elaborado ningún otro estudio en el cual se caracterice a nadadores en las variables isocinéticas de torque máximo absoluto, torque máximo relativo ni índice H/Q a las velocidades de 60, 180 y 300°/s.

## Conclusiones

La valoración isocinética es una herramienta muy útil en la valoración de los atletas en cualquier etapa de preparación, ya que como se ha mencionado es una herramienta objetiva y fiable, además de que se pueden hacer comparaciones poblacionales de igual o mayor características deportivas. Tener estas caracterizaciones en poblaciones de todas las edades y niveles deportivos en la disciplina de natación en la UANL y el estado de Nuevo León será de suma importancia si se quiere un mejor desempeño en la capacidad deportiva, sobre todo si se tiene la gran ventaja, sobre otros estados, de que el Laboratorio de Rendimiento Humano de la FOD cuenta con todo lo necesario para realizar dichas evaluaciones y así también, poder ampliar investigaciones en este rubro.

En general, los valores arrojados en la evaluación isocinética del grupo analizado fueron bajos en comparación con los grupos de similar edad y horas de entrenamiento, eso indica que, hablando en términos de fuerza isocinética, nuestra población tiene un nivel deportivo más bajo, por lo que se sugiere analizar con detenimiento los métodos y tipos de entrenamiento que se utilizan para revertir dicha situación y con ello lograr un mejor desempeño no sólo en futuras evaluaciones, si no en el propio rendimiento de la disciplina deportiva.

Sabemos que un buen índice H/Q en los músculos extensores y flexores de la articulación de la rodilla es importante en la prevención de lesiones. Es por ello que dichos músculos deberán ser fortalecidos de la forma correcta para evitar movimientos desproporcionados que concluirán en lesiones de diversas magnitudes. De acuerdo con los datos obtenidos, el índice H/Q está por debajo de la bibliografía revisada, lo cuál indica que el grupo isquiotibial no es lo bastante fuerte para soportar la carga que el grupo cuádriceps pueda generar y esto podría conllevar a una lesión, se sugiere un entrenamiento enfocado en aumentar la fuerza de todo el tren inferior, con especial atención en el grupo isquiotibial.

Según toda la bibliografía revisada, la valoración muscular isocinética en nadadores se centra más en el tren superior, aunque, como se ha revisado, la fuerza de la musculatura del tren inferior es igual de importante en este deporte, ya que la

combinación de ambas fuerzas musculares de extremidades superior e inferior, más las variables antropométricas, son importantes en el rendimiento de la natación competitiva. Es por ello por lo que se recomienda analizar a los atletas de esta disciplina en ambos trenes, para tener un panorama más amplio de perfiles.

## Referencias

- Alonso-Cortés, B., Alvear-Órdenes, I., Ramírez-García, C., García-Isla, F. J., González-Gallego, J., & Seco, J. (2006). Valoración isocinética del hombro en jóvenes nadadores mediante un patrón diagonal. *Fisioterapia*, 28(6), 298–307. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(06\)74064-0](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(06)74064-0)
- Anderson, V., Bialocerkowski, A., & Bennell, K. (2006). Test-retest reliability of glenohumeral internal and external rotation strength in chronic rotator cuff pathology. *Physical Therapy in Sport*, 7(3), 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2006.04.002>
- Ayala, F., Sainz, P., de Ste Croix, M., & Santonja, F. (2012). Validez y fiabilidad de los ratios de fuerza isocinética para la estimación de desequilibrios musculares. *Apunts Medicina de l'Esport*, 47(176), 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2011.11.003>
- Ayala, F., Sainz, P., De Ste Croix, M., & Santonja, F. (2013). Fiabilidad absoluta de las medidas isocinéticas para estimar la función muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 13(52), 799–830.
- Badillo, J., & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo* (3era ed.). Barcelona: INDE.
- Bernard, P., Amato, M., Degache, F., Edouard, P., Ramdani, S., Blain, H., ... Codine, P. (2012). Reproducibility of the time to peak torque and the joint angle at peak torque on knee of young sportsmen on the isokinetic dynamometer. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(4), 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2012.01.005>
- Bompa, T. (2006). *Periodización del entrenamiento deportivo: programas para obtener el máximo rendimiento en 35 deportes*.
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization Training For Sports* (3rd ed.). Human Kinetics.

- Bosch, M. (2017). *Valoración de la fuerza muscular de tronco y hombro, mediante estudio isocinético, en deportistas tecnificados de natación, waterpolo y natación sincronizada*. (Tesis doctoral). Universidad de Alcalá. Alcalá España.
- Bosch, M., & Spottorno, M. (2017). Valoración de la fuerza isocinética. In del C. M., J. Ramos-Álvarez, & C. Polo (Eds.), *Lesiones músculo tendinosas en el medio deportivo* (pp. 83–95). Madrid: Dirección General de Juventud y Deporte.
- Caruso, J., Brown, L., & Tufano, J. (2012). The reproducibility of isokinetic dynamometry data. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(4), 239–253. <https://doi.org/10.3233/IES-2012-0477>
- Cotte, T., & Chatard, J. (2011). Isokinetic strength and sprint times in English Premier League football players. *Biology of Sport*, 28(2), 89–94. <https://doi.org/10.5604/942736>
- da Costa, X., Alves, R., Gomes, M., & Luiz, A. (2006). Estudio comparativo entre o estágio maturacional e a força e atletas de natação na categoria infantil feminino. *Fitness & Performance Journal*, 5(1), 31–38. <https://doi.org/10.3900/fpj.5.1.31.p>
- Dalamitros, A., Manou, V., Christoulas, K., & Kellis, S. (2015). Knee muscles isokinetic evaluation after a six-month regular combined swim and dry-land strength training period in adolescent competitive swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 49(1), 195–200. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0121>
- De Ste Croix, M., Deighan, M., Ratel, S., & Armstrong, N. (2009). Age- and sex-associated differences in isokinetic knee muscle endurance between young children and adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(4), 735–731. <https://doi.org/10.1139/h09-064>
- Dokumaci, B., Aygün, C., & Çakir-Atabek, H. (2017). Relation of 25-meter Swimming Performance with Physical Properties and Isokinetic Knee Strength in Amateur Young Swimmers. *International Journal of Science Culture and Sport*, 5(23), 68–75. <https://doi.org/10.14486/intjscs648>
- Doménech, G., Moreno, M., Fernández-Villacañas, M. A., Capel, A., & Doménech, P.

- (2011). Anatomía y biomecánica de la articulación de la rodilla. In *Patología degenerativa de la Rodilla* (Vol. 60, pp. 32–46). Jano.
- Dos Santos, M., Fleury, A., Barbosia, C., Dubas, J., & Da Silva, A. (2010). Profile of isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of shoulder rotator muscles in elite female team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 28(7), 743–749. Retrieved from <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed9&NEWS=N&AN=20496224>
- Dunman, N., Morris, J., Nevill, M., & Peyrebrune, M. (2006). Characteristics for Success in Elite Junior and Senior Swimmers. In *Biomechanics and Medicine in Swimming X* (Vol. 6, pp. 126–128). Porto: Portugese Journal of Sport Sciences. Retrieved from <http://articles.sirc.ca/search.cfm?id=S-1051408%5Cnhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=SPHS-1051408&site=ehost-live%5Cnhttp://www.fcdef.up.pt>
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications* (2nd ed.). Churchill Livingstone.
- Dvir, Z. (2014). Relevant, less relevant and irrelevant isokinetic strength test parameters: Some critical comments. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*, (85), 15–21. <https://doi.org/10.1051/sm/2013088>
- Edouard, P., Codine, P., Samozino, P., Bernard, P., Hérisson, C., & Gremeaux, V. (2013). Reliability of shoulder rotators isokinetic strength imbalance measured using the Biodex dynamometer. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 162–165. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.01.007>
- Ekstrand, J., & Gillquist, J. (1983). The avoidability of soccer injuries. *International Journal of Sports Medicine*, 4(2), 124–128. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1026025>
- Escamilla, O. (2019). ¿Cuáles son los deportes más practicados por los mexicanos? Retrieved March 9, 2020, from <https://www.merca20.com/los-deportes-mas-practicados-mexicanos/>

- Fagher, K., Fritzon, A., & Drake, A. (2016). Test-Retest Reliability of Isokinetic Knee Strength Measurements in Children Aged 8 to 10 Years. *Sports Health*, 8(3), 255–259. <https://doi.org/10.1177/1941738116632506>
- Feiring, D., Ellenbecker, T., & Derscheid, G. (1990). Test-retest reliability of the Biodex isokinetic dynamometer. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 11(7), 298–300. <https://doi.org/10.2519/jospt.1990.11.7.298>
- Geladas, N., Nassis, G., & Pavlicevic, S. (2005). Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 26(2), 139–144. <https://doi.org/10.1055/s-2004-817862>
- Graham-Smith, P., & Lees, A. (2002). Risk assessment of hamstring injury in rugby union place kicking. In W. Spinks, T. Reilly, & A. Murphy (Eds.), *Science and Football IV* (pp. 183–189). Londres: Routledge.
- Guío, F. (2010). Conceptos y clasificación de las capacidades físicas. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, 1(1), 77–86. <https://doi.org/https://doi.org/10.15332/2422474X>
- Heiser, T., Weber, J., Sullivan, G., Clare, P., & Jacobs, R. (1984). Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *The American Journal of Sports Medicine*, 12(5), 368–370. <https://doi.org/10.1177/036354658401200506>
- Hernández, J., & Monllau, J. (2012). Biomecánica y propiocepción después de la reconstrucción de una lesión ligamentosa. In *Lesiones ligamentosas de la rodilla* (1st ed., pp. 29–45). Valencia: Marge.
- Hislop, H., & Perrine, J. (1967). The Isokinetic Concept of Exercise. *Physical Therapy*, 47(2), 114–117. <https://doi.org/10.1093/ptj/47.2.114>
- Huesa, F., & Carabias, A. (2000). *Isocinéticos: metodología y utilización*. Madrid: Mapfre.
- Huesa, F., Garcia, J., & Vargas, J. (2008). Dinamometría isocinética. In I. Sánchez, A. Ferrero, J. Aguilar, J. Climent, J. Conejero, M. Flórez, ... R. Zamudio (Eds.),

- Manual SERMF de Rehabilitación y Medicina Física* (1st ed., pp. 83–87). Madrid: Panamericana.
- Huesa, F., García, J., & Vargas, J. (2005). Dinamometría isocinética. *Rehabilitación*, 39(6), 288–296. [https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(05\)74362-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(05)74362-0)
- Kannus, P. (1994). Isokinetic Evaluation of Muscular Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15(1), 11–18. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021104>
- Kannus, P., & Jarvinnen, M. (1990). Knee flexor and extensor strength ratios in follow up of acute knee distortion injuries. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 71(1), 38–41.
- Kawamori, N., & Haff, G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2)
- Keiner, M., Yaghoobi, D., Sander, A., Wirth, K., & Hartmann, H. (2015). The influence of maximal strength performance of upper and lower extremities and trunk muscles on different sprint swim performances in adolescent swimmers. *Science and Sports*, 30(6), e147–e154. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2015.05.001>
- Kerkour, K., Barthe, M., Meier, J., & Gobelet, C. (1987). Force musculaire maximale isocinétique (FMMI) extenseurs et fléchisseurs sagittaux du genou. *Ann Kinesither*, 14(6), 281–283.
- Kjendlie, P., & Stallman, R. (2011). Morphology and swimming performance. In L. Seifer, D. Chollei, & I. Mujika (Eds.), *World Book of Swimming: From Science to Performance* (pp. 203–221). Londres: Nova Science.
- Latarjet, M., & Testut, L. (2007). Articulaciones de los miembros. In *Compendio de anatomía descriptiva* (1st ed., pp. 135–140). Elsevier.
- Lawsirirat, C., & Chaisumrej, P. (2017). Comparison of isokinetic strengths and energy systems between short and middle distance swimmers. *Journal of Physical Education and Sport*, 17, 960–963. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.s3147>

- Legaz-Arrese, A. (2012). Manual de entrenamiento deportivo. *Barcelona: Editorial Paidotribo*. Retrieved from <http://www.paidotribo.com/pdfs/1123/1123.0.pdf>
- Llana, S., Pérez, P., & Aparicio, I. (2011). Historia de la Natación I: desde la Prehistoria hasta la Edad Media. *Citius, Altius, Fortius: Humanismo, Sociedad y Deporte: Investigaciones y Ensayos*, 4(2), 51–84. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=3828885>
- Llana, S., Pérez, P., Valle, A., & Sala, P. (2012). Historia de la natación II: desde el Renacimiento hasta la aparición y consolidación de los actuales estilos de competición. *Citius, Altius, Fortius: Humanismo, Sociedad y Deporte: Investigaciones y Ensayos*, 5(1), 9–43.
- López-Chicharro, J., & Fernández, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Madrid: Panamericana.
- Maglisco, E. (2009). *Natación. Técnica, Entrenamiento y Competición*. Barcelona: Paidotribo. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=sMMxHQAACAAJ&pgis=1>
- Mameletzi, D., & Siatras, T. (2003). Sex differences in isokinetic strength and power of knee muscles in 10-12 year old swimmers. *Isokinetics and Exercise Science*, 11(4), 231–237. <https://doi.org/10.3233/ies-2003-0152>
- Marti, D., Nicolauls, J., Ostrowski, C., & Rost, K. (2004). *Metodología general del entrenamiento infantil y juvenil*. Barcelona: Paidotribo.
- Martínez-Sanz, J., Urdampilleta, A., & Mielgo-Ayuso, J. (2012). Body Composition and Somatotype in Adolescent Competition Swimmers. *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica*, 16(4), 130–136. [https://doi.org/10.1016/S2173-1292\(12\)70087-X](https://doi.org/10.1016/S2173-1292(12)70087-X)
- Martínez, I. (2010). *Generalidades Sobre La Dinamometría Isocinética*. Murcia.
- Martínez, L., Pegueros, A., Ortiz, A., Del Villar, A., Flores, V., & Pineda, C. (2014). Valoración isocinética de la fuerza y balance muscular del aparato extensor y flexor

de la rodilla en taekwondoines. *Gaceta Medica de Mexico*, 150, 272–278.

Martínez, S., Pasquarelli, B., Romaguera, D., Arasa, C., Tauler, P., & Aguiló, A. (2011). Anthropometric characteristics and nutritional profile of young amateur swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 1126–1133. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d4d3df>

Moffroid, M., Whipple, R., Hofkosh, J., Lowman, E., & Thistle, H. (1969). A study of isokinetic exercise. *Physical Therapy*, 49(7), 735–747. <https://doi.org/10.1093/ptj/49.7.735>

Naclerio, F. (2011). *Entrenamiento deportivo: Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Madrid: Panamericana.

Nordin, M., & Frankel, V. (2012). Biomechanics of the Knee. In *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System* (4th ed., pp. 341–387). Lippincott Williams & Wilkins. <https://doi.org/10.1136/bjism.26.1.69-a>

Palau, M., & Moreno, M. (2015). *Caracterización morfológica, motora y funcional de estudiantes nadadores pertenecientes a la selección de la Pontificia Universidad Javeriana Cali*. Tesis de pregrado. Universidad del Valle. Colombia.

Pascal, E., Codine, P., Samozino, P., Pierre-Louis, B., Hérrison, B., & Gremeaux, V. (2013). Reliability of shoulder rotators isokinetic strength imbalance measured using the Biodex dynamometer. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 162–165. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.01.007>

Pérez, P., & Llana, S. (2015). *Biomecánica básica: aplicada a la actividad física y el deporte*. Barcelona: Paidotribo.

Ridao, N., Sánchez, M., Chaler, J., & Müller, B. (2009). Aportación de la dinamometría isocinética de columna lumbar en una mutua laboral. *Trauma*, 20(4), 229–233. Retrieved from [https://app.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v20n4/pdf/02\\_04.pdf](https://app.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v20n4/pdf/02_04.pdf)

Rizo, E. (2018). *Caracterización isocinética en músculos extensores/flexores de rodilla*

- en atletas universitarios mexicanos en 3 diferentes velocidades angulares*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Sanjuan, R., Jiménez, P., Gil, E., Sánchez, R., & Gómez, J. (2005). Biomecánica de la rodilla. *Patología Del Aparato Locomotor*, 3(3), 189–200.
- Schneider, P., & Meyer, F. (2005). Anthropometric and muscle strength evaluation in prepubescent and pubescent swimmer boys and girls. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 11(4), 209–213. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922005000400001>
- Segovia, J., López-Silvarrey, F., & Legido, J. (2007). *Manual de Valoración Funcional: Aspectos clínicos y fisiológicos* (2nd ed.). Madrid: Elsevier.
- Sloker, A., Carrascosa, J., Fernández, F., Clemente, C., & Gómez, L. (2002). Análisis isocinético de la flexo-extensión de la rodilla y su relación con la antropometría del miembro inferior. *Rehabilitación*, 36(2), 86–92. [https://doi.org/10.1016/s0048-7120\(02\)73247-7](https://doi.org/10.1016/s0048-7120(02)73247-7)
- Sole, G., Hamrén, J., Milosavljevic, S., Nicholson, H., & Sullivan, S. (2007). Test-Retest Reliability of Isokinetic Knee Extension and Flexion. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(5), 626–631. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.02.006>
- Tlatoa-Ramírez, H. M. (2014). Torque máximo absoluto e índice convencional isocinético de rodilla en futbolistas profesionales del 2007 al 2012. *Medicina e Investigación*, 2(2), 154–162. [https://doi.org/10.1016/s2214-3106\(15\)30014-5](https://doi.org/10.1016/s2214-3106(15)30014-5)
- Tortora, G., & Derrickson, B. (2013). Articulaciones. In *Principios de anatomía y fisiología* (13th ed., pp. 316–317). México, D.F: Panamericana.
- Van Meeteren, J., Roebroek, M., & Stam, H. (2002). Test-retest reliability in isokinetic muscle strength measurements of the shoulder. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 34(2), 91–95. <https://doi.org/10.1080/165019702753557890>
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *Journal of the American Medical Association*, 284(23), 3043–3045.
- Zacca, R., Wenzel, B., Piccin, J., Marcilio, N., Lopes, A., & De Souza, F. (2010). Critical velocity, anaerobic distance capacity, maximal instantaneous velocity and aerobic inertia in sprint and endurance young swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 121–131. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1479-6>
- Zapardiel, J. (2014). *Valoración isocinética de los músculos rotadores del complejo articular del hombro en jugadores de balonmano playa*. (Tesis doctoral). Universidad de Alcalá. Alcalá España. Retrieved from <http://dspace.uah.es/dspace/handle/10017/22719>

## Anexos



**UANL**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**  
**LABORATORIO DE RENDIMIENTO HUMANO**



**FOD**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO DE**

Apellido paterno: \_\_\_\_\_ Apellido materno: \_\_\_\_\_ Nombre (s) \_\_\_\_\_  
 Genero: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Fecha de Nacimiento: D \_\_\_\_ M \_\_\_\_ A \_\_\_\_

**Este formato es un documento legal. Que explica los riesgos que asume al realizar las pruebas que se realizan en este recinto. Es de vital importancia que lea y comprenda completamente el documento. Al terminar por favor escriba su nombre completo y su edad con letra de molde y plasmelo también su firma en los espacios asignados en presencia de un testigo.**

Deporte : \_\_\_\_\_ Nombre del Estudio: \_\_\_\_\_

- OBJETIVO DE LAS DISTINTAS VALORACIONES FISICAS**  
 Con el fin de permitir que el personal del departamento de el LABORATORIO DE RENDIMIENTO HUMANO DE LA FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA DE LA U.A.N.L. pueda emitir un diagnóstico de mi actual nivel de competencia, por la presente autorizo, voluntariamente, a una evaluación de la condición. Entiendo que las pruebas que se administrarán son realizadas con el propósito de determinar mi estado de forma física, y puede incluir: la medición de mi composición corporal, la resistencia cardiorespiratoria, fuerza muscular, así como potencia muscular
- EXPLICACION DE LAS VALORACIONES**
  - Composición Corporal Por Antropometría, Densitometría y Pletismografía**  
 Es posible llevar a cabo una o mas pruebas para determinar su composición corporal.
    - Un método es la Antropometría se refiere al estudio de las medidas, dimensiones y proporciones del cuerpo humano utilizando circunferencias, diámetros y pliegues del cuerpo.
    - Otro método es el DEXA. El estudio utiliza un tipo de rayos X para medir la resistencia ósea. Durante esta prueba imágenes de rayos X de su cuerpo van a medir la cantidad de grasa y de músculo que están presentes. La persona se acuesta sobre una mesa y la maquina tomará imágenes de diferentes zonas del cuerpo. Esta prueba tiene una duración de 15 min.
    - Otro método es la Pletismografía por desplazamiento o "BodPod" Es un procedimiento que requiere tenga 2 horas de ayuno y sin realizar alguna actividad física. Se realiza sentándose en una cápsula de mayor tamaño que su cuerpo con sus manos en el Regazo. Durante la prueba debe relajarse, no moverse y respirar normalmente. El estudio toma aproximadamente 15 min.
    - Con el mismo fin es posible que se realicen también mediciones de estatura, peso. Los pliegues cutáneos y las circunferencias también se pueden tomar para determinar su porcentaje de grasa corporal.
  - Prueba de resistencia cardio-respiratoria**
    - Es una prueba con fines diagnósticos o pronósticos para conocer el rendimiento cardiovascular de los atletas. Se lleva a cabo mediante una prueba de esfuerzo máximo o sub máximo en una caminadora motorizada dependiendo de su nivel de condición física. La intensidad del ejercicio inicia en una nivel de baja intensidad y se incrementara en etapas hasta llegar a 1 máximo. La prueba se puede detener en cualquier momento debido a signos de fatiga o cuando usted haya alcanzado el 100% de su esfuerzo. La prueba puede ser detenida cuando tu lo indiques por alguna incomodidad física, signos de fatiga muscular o cualquier otra molestia.
  - Prueba de Fuerza**
    - Se realiza mediante pruebas de isocinecia la cual es un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular. Constituye un modo objetivo de medir la fuerza realizada tanto en un movimiento analítico sobre un eje articular como un movimiento complejo que implique varias articulaciones.
  - Pruebas de Laboratorio Clínico**
    - Estas pruebas requieren de pinchar el pulpejo de un dedo o el lóbulo de la oreja para extraer una mínima cantidad de sangre en varias ocasiones, antes durante y después de la prueba de esfuerzo (aprox. 10 veces) con el fin de medir niveles de sub productos orgánicos como Acido Láctico, Creatin Quinasa entre otros y otras pruebas requieren de evaluar una mayor cantidad de sangre periférica por lo cual se requerirá efectuar una veno-punción y recolectar sangre en una o varias ocasiones aproximadamente 6cc. Para evaluar BH, Química sanguínea, Evaluación inmunológica, enzimas, Radicales Oxidativos entre otros. También se incluyen las Pruebas de Orina.

## Anexo A Consentimiento Informado

## Evaluación de la practica


**UANL**  
 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

  
 FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

### Evaluación de Desempeño de la Práctica

**Datos del alumno:**

Matrícula:	1980945
Nombre del Alumno:	María Alberto Tapia Pascal
Programa educativo:	Maestría en Actividad Física y Deporte
Orientación:	Alto Rendimiento Deportivo

**Datos de la Empresa:**

Empresa/Institución:	Optimiza, desempeño deportivo
Departamento/Área:	

**Evaluación**

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

Observaciones:

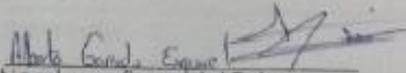
---



---



---

  
 Nombre y firma del Tutor responsable de la práctica

  
 Puesto del Tutor responsable de la práctica

Sello de la institución/dependencia


**Visión 2020 UANL**  
 "Educación de clase mundial, un compromiso social"

Avenida Universidad s/n, Ciudad Universitaria, CP 66455  
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México  
 Tels: (81) 55 40 44 50 - 55 40 44 51  
 fad@uanl.mx / www.fad.uanl.mx



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

## Dirección de Servicio Social y Prácticas Profesionales

 RC-07-072  
 Rev: 00-09/10  
 V-01-10-2010

### Evaluación de Desempeño de Prácticas Profesionales

#### Datos del alumno

Matrícula:	1980945
Nombre del Alumno:	Mario Alberto Tapia Pascual
Facultad:	Facultad de Organización Deportiva
Carrera:	MAFYD Alto Rendimiento

#### Datos de la Empresa:

Empresa/Institución:	Tritones Escuela de Natación S.A de C.V
Departamento/Área:	Alberca

#### Evaluación

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

#### Observaciones:

MARIO ALBERTO TAPIA PASCUAL. FUE UN INTEGRANTE TÉCNICO CON GRAN EFICIENCIA EN EL PUESTO TÉCNICO APOYANDO EN TODO MOMENTO AL EQUIPO REPRESENTATIVO.

José Martín Espinosa Róz.

Nombre y firma del jefe inmediato

DIRECTOR TÉCNICO EQ. TRITONES

Puesto del jefe inmediato



Señor. Inés Berrón de  
 Saltillo 729 Col. Chapultepec  
 San Nicolás de los Garza, N.L.  
 Tels. 8332-3278 y 74

Ciudad Universitaria, C.P. 66451  
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León México  
 Tels: (81) 13.40.44.50 13.40.44.51 / Fax: 7640  
 fod@uanl.mx / www.fod.uanl.mx

**RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO****MARIO ALBERTO TAPIA PASCUAL**

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

Reporte de Tesina: “PRUEBAS ISOCINÉTICAS DE NADADORES SELECCIONADOS ESTATALES DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN CATEGORIA “INFANTIL”.

Campo temático: Natación, evaluación isocinética

Lugar y fecha de nacimiento: Morelia, Michoacán, 17 de mayo de 1987

Lugar de residencia: San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Procedencia académica: Licenciatura en Cultura Física y Deporte, Universidad de Morelia.

Experiencia Propedéutica y/o Profesional: Preparador físico en natación y waterpolo, practicas profesionales en club Tritones, practicas profesionales en Casa de Raquetas (bádminton), estancia académica Universidad Miguel Hernández (Elche, España).

E-mail: [marioaltapia@gmail.com](mailto:marioaltapia@gmail.com)