

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**PERFIL DE FUERZA ISOCINETICA DE HOMBROS  
EN UN GRUPO DE ESCALADORES ELITE,  
RECREATIVOS Y NO ESCALADORES**

**Por**

**DRA. MARIA FERNANDA NOVOA VIGNAU**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL DEPORTE Y  
REHABILITACION**

**FEBRERO 2017**

**PERFIL DE FUERZA ISOCINÉTICA DE HOMBROS EN UN GRUPO DE  
ESCALADORES ELITE, RECREATIVOS Y NO ESCALADORES.**

**Aprobación de la tesis:**



---

**Dr. med. Oscar Salas Fraire  
Director de tesis  
Jefe del Departamento de  
Medicina del Deporte y Rehabilitación**



---

**Dra. Karina Salas Longoria  
Coordinadora de Enseñanza  
Medicina del Deporte y Rehabilitación**



---

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

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mis **padres** por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y su amor incondicional, son un verdadero ejemplo de vida y sin ustedes mis logros no hubieran sido posibles.

A **Pablo**, por creer siempre en mí, por todas las enseñanzas y el tiempo compartido, gracias por ser mi compañero en este recorrido por el mundo.

A mi hermano **Alejandro**, por ser tan paciente y generoso y por toda la ayuda que me ofreció sin esperar nada a cambio.

A mi hermana **Pilar**, por mantener siempre un entorno alegre y entusiasta, su buen humor y su alegría hacia la vida han sido para mí una fuente de inspiración y un ejemplo a seguir.

Al **Dr. Salas**, a la **Dra. Karina** y a mis **maestros** por compartir su experiencia y sabiduría y por impulsar el desarrollo de mi formación profesional.

A mis compañeros y amigos **Gisela, Minerva, Priscilla, Oscar, Zandy, y Gil** por toda su ayuda y contribución a la realización de esta tesis y por su agradable compañía durante la especialidad; a la **comunidad escaladora**, por el tiempo e interés que aportaron a este estudio, sin su apoyo no hubiera sido posible.

*"So it goes"* – Kurt Vonnegut.

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. RESÚMEN.....	1
<b>CAPÍTULO II</b>	
2. INTRODUCCIÓN.....	4
A. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESCALADA.....	4
B. SISTEMAS DE GRADUACIÓN DE LA DIFICULTAD.....	7
C. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA FUERZA ISOCINÉTICA.....	8
D. PERFIL DE FUERZA ISOCINÉTICA EN ESCALADORES.....	10
E. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS ESCALADORES.....	12
F. SOMATOTIPO DE HEATH Y CARTER.....	14
G. SOMATOTIPO EN ESCALADORES.....	17
H. JUSTIFICACIÓN.....	18

### CAPÍTULO III

3. OBJETIVOS.....	19
A. OBJETIVO GENERAL.....	19
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20

### CAPÍTULO IV

4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
A. DISEÑO DEL ESTUDIO.....	21
B. MUESTRA.....	21
C. CRITERIOS DEL ESTUDIO.....	22
i. Criterios de inclusión.....	22
ii. Criterios de exclusión.....	23
iii. Criterios de eliminación.....	23
D. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.....	23
i. Mediciones antropométricas.....	25
ii. Evaluación del somatotipo.....	27
iii. Evaluación de la fuerza isocinética.....	28
E. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30

### CAPÍTULO V

5. RESULTADOS.....	31
A. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS Y DEMOGRÁFICAS.....	31
i. Medias y desviación estándar.....	31
ii. Análisis comparativo.....	32

B. VARIABLES DE ENTRENAMIENTO.....	34
i. Medias y desviación estándar.....	34
ii. Análisis comparativo.....	35
C. RESULTADOS DEL SOMATOTIPO.....	37
i. Medias y desviación estándar.....	37
ii. Análisis comparativo.....	39
iii. Categorías del somatotipo.....	39
iv. Somatocarta.....	41
D. PERFIL DE FUERZA ISOCINÉTICA.....	42
i. Pico de torque en valores absolutos.....	42
ii. Análisis comparativo.....	45
iii. Pico de torque normalizado al peso corporal.....	45
iv. Análisis comparativo.....	49
v. Relación pico de torque RE/RI.....	50
vi. Análisis comparativo.....	53

## CAPÍTULO VI

6. DISCUSIÓN.....	54
A. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS.....	54
7. SOMATOTIPO.....	58
B. PERFIL DE FUERZA ISOCINÉTICA.....	59
C. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	62

## CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES.....	63
----------------------	----

## **CAPÍTULO VIII**

8. ANEXOS.....	65
A. ANEXO 1: FORMATO HISTORIA CLÍNICA.....	65
B. ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	69

## **CAPÍTULO IX**

9. BIBLIOGRAFÍA.....	82
----------------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
TABLA 1 . . . . .	33
Características antropométricas de la población	
TABLA 2 . . . . .	36
Variables de entrenamiento	
TABLA 3 . . . . .	37
Componentes del somatotipo en mujeres	
TABLA 4 . . . . .	38
Componentes del somatotipo en hombres	
TABLA 5 . . . . .	40
Categorías del somatotipo en los grupos de estudio	
TABLA 6 . . . . .	42
Pico de torque en valores absolutos en mujeres	
TABLA 7 . . . . .	43
Pico de torque en valores absolutos en hombres	



<b>TABLA 8</b> .....	44
Pico de torque en valores absolutos en los tres grupos mixtos	
<b>TABLA 9</b> .....	46
Pico de torque normalizado al peso corporal en mujeres	
<b>TABLA 10</b> .....	47
Pico de torque normalizado al peso corporal en hombres	
<b>TABLA 11</b> .....	48
Pico de torque normalizado al peso corporal en los tres grupos mixtos	
<b>TABLA 12</b> .....	50
Relación del pico de torque de RE/RI en mujeres	
<b>TABLA 13</b> .....	51
Relación del pico de torque de RE/RI en hombres	
<b>TABLA 14</b> .....	52
Relación del pico de torque de RE/RI en los tres grupos mixtos	

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
FIGURA 1 . . . . .	41
Somatocarta	

## NOMENCLATURA

IMC	Índice de masa corporal
%GC	Porcentaje de grasa corporal
RI	Músculos rotadores internos de hombro
RE	Músculos rotadores externos de hombro
D	Dominante
ND	No dominante
Nm	Newton-metro: unidad de medida de fuerza de torsión o torque
RE/RI	Relación de la fuerza de los músculos rotadores externos entre los rotadores internos de hombro
EE	Grupo de escaladores elite
NE	Grupo de no escaladores
ER	Grupo de escaladores recreativos
ICC	International Council for Competition Climbing
UIAA	Union Internationale des Associations d'Alpinisme
SDY	Sistema Decimal de Yosemite, sistema de graduación de la dificultad de las rutas en la escalada deportiva

ISAK	International Society for the Advancement of Kinanthropometry
SPSS	Software de analítica predictiva
kg	kilogramos
m	metros
kg/m	kilogramos sobre metros al cuadrado
PQTQ/PC	Pico de torque en valores relativos al peso corporal
DE	Desviación estándar
OMS	Organización mundial de la salud
vs	versus, indica oposición entre dos ideas u opciones

# **CAPÍTULO I**

## **1. RESUMEN**

La escalada deportiva se ha convertido en un deporte muy popular y competitivo. A pesar del creciente interés en la investigación dentro del deporte de la escalada, todavía existe muy escasa evidencia acerca de las adaptaciones que esta actividad produce en el perfil de fuerza y en las características antropométricas de los escaladores.

El objetivo de este estudio fue proporcionar datos descriptivos acerca del perfil de fuerza isocinética de los músculos rotadores de hombros, de las características antropométricas y el somatotipo de un grupo de escaladores elite y recreativos y compararlos con un grupo de sujetos sanos no escaladores. Se evaluaron a 12 escaladores elite (9 hombres y 3 mujeres), 10 escaladores recreativos (7 hombres y 3 mujeres) y un grupo de 10 sujetos sanos no escaladores (6 hombres y 3 mujeres). Se les realizó una breve historia clínica y

exploración física, se indagó acerca de los antecedentes deportivos en la escalada y posteriormente se les evaluó el peso corporal, la talla, el índice de masa corporal (IMC) y las medidas antropométricas necesarias para obtener el porcentaje de grasa corporal (%GC) y el somatotipo de acuerdo al protocolo de Heath y Carter. Además se les realizó una evaluación de la fuerza isocinética de los músculos rotadores internos (RI) y externos (RE) de los hombros dominante (D) y no dominante (ND) y se analizaron las variables de pico de torque en valores absolutos (Nm), pico de torque normalizado al peso corporal (%) y la relación del pico de torque de los músculos antagonistas/agonistas (RE/RI).

Se encontró que las mujeres y hombres escaladores elite (EE) tuvieron un %GC y un componente endomórfico significativamente menor ( $p < 0.05$ ) que el grupo de no escaladores (NE); los hombres EE además mostraron un IMC significativamente menor ( $p < 0.05$ ) que los NE. No se encontraron diferencias entre las características antropométricas de los grupos EE y escaladores recreativos (ER), sin embargo los EE tuvieron resultados promedio significativamente ( $p < 0.05$ ) mayores en el nivel de habilidad y en los años de experiencia en el deporte.

El componente mesomórfico fue el dominante en ambos grupos de escaladores. Las mujeres EE tuvieron un mayor pico de torque normalizado al peso corporal ( $p < 0.05$ ) que las ER y NE; Los hombres EE tuvieron un mayor pico

de torque normalizado al peso corporal ( $p < 0.05$ ) que los NE en todos los parámetros excepto en la RE del lado D. Las tasas de pico de torque de RE/RI demostraron que los grupos de EE tuvieron resultados significativamente menores ( $p < 0.05$ ) que los NE en los lados D y ND y los grupos de ER solamente en el lado ND.

Los EE, tanto hombres como mujeres, son sujetos delgados con predominio del desarrollo musculoesquelético, significativamente menos endomórficos, más ectomórficos, con un menor %GC que la población general y con mayor fuerza relativa al peso corporal de músculos rotadores de hombros que la población general.

## **CAPÍTULO II**

### **2. INTRODUCCIÓN**

La escalada deportiva se ha convertido en un deporte muy popular y competitivo desde su origen alrededor de los años setenta hasta la actualidad <sup>1,2</sup>. Wright y cols. (2001) describieron un aumento del 40% en el número de participantes desde 1989 hasta 1993 en Gran Bretaña <sup>3</sup>. A pesar de su gran popularidad es difícil cuantificar el número de personas involucradas en esta actividad a nivel mundial y existe muy poca literatura publicada que evalúe este aspecto epidemiológico del deporte, sin embargo de acuerdo con Sheel (2004), es razonable pensar que la cifra de participantes a nivel mundial se encuentre alrededor del millón <sup>4</sup>.

#### **A. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESCALADA**

Este deporte tiene sus orígenes en el alpinismo, se le llama propiamente escalada al ascenso realizado en paredes de roca natural o artificiales donde una



cuerda fijada por encima o por abajo del escalador lo protege contra cualquier caída, estando la cuerda fija a pernos u otras piezas de protección similares sujetas a la pared de la roca <sup>5</sup>.

La escalada deportiva es una variante de la escalada libre, donde la cuerda y los mosquetones no se utilizan como auxiliares para el ascenso sino que su uso es exclusivamente con el fin de asegurar al escalador contra la caída <sup>5</sup>.

Dentro de la escalada deportiva existen varios tipos de modalidades de competición: boulder, en punta, en top-rope, escalada de velocidad y escalada en hielo <sup>4</sup>.

En la modalidad de boulder los escaladores intentan rutas cortas, de aproximadamente hasta 4 metros sobre el suelo y no son asegurados a una cuerda, sin embargo el área del suelo cercana a la ruta debe ser cubierta con colchonetas para amortiguar cualquier caída. Este estilo de escalada permite al deportista practicar movimientos rápidos y repetirlos en múltiples ocasiones <sup>6</sup>.

La escalada en punta o “de primera” consiste en el ascenso en una pared de roca con pernos fijos colocados a intervalos de aproximadamente un metro. El escalador se encuentra atado a una cuerda y a medida que asciende la pared va colocando la cuerda a través de bandas consecutivas (dos mosquetones conectados por un lazo de cinta) que a su vez asegura a dichos pernos de modo que, en cualquier punto, él / ella sólo pueda caer una distancia relativamente corta <sup>6</sup>.

Cuando se realiza escalada “top-rope” o “en yoyo”, el escalador se ata a una cuerda que corre hasta el extremo superior de la ruta y pasa a través de un mosquetón de seguridad anclado a la pared y vuelve a bajar al compañero encargado de asegurar al escalador quien se encuentra a nivel del suelo. Como la cuerda está siempre por encima, el escalador puede descansar sin descender y puede practicar movimientos <sup>6</sup>.

Gran parte del avance que se ha visto en la evolución de la escalada deportiva en roca natural, además de las mejores herramientas de seguridad contra caídas, se debe al desarrollo del gimnasio de escalada artificial o también llamado rocódromo. Esta estructura ha sido diseñada en respuesta a la demanda por parte de deportistas que desean arduamente mejorar su nivel de desempeño pero se encuentran con ciertas dificultades de logística propias de la escalada natural. Ya sea porque carecen de tiempo, porque no tienen acceso fácil a una zona de escalada natural o debido a condiciones climatológicas como lluvia o nieve que impiden el entrenamiento, el rocódromo les ofrece una alternativa a todas esas dificultades para continuar el entrenamiento de una manera metódica y sistemática y, por tanto, mejorar su forma física y rendimiento <sup>6</sup>.

El rocódromo es una estructura artificial que contiene presas o agarres para simular la escalada en roca natural. Hoy en día es posible practicar la escalada en todos los niveles y hasta realizar competiciones de nivel internacional dentro de las instalaciones de un gimnasio de escalada artificial.

El organismo encargado de regular los aspectos competitivos de la escalada a nivel internacional es el Consejo Internacional para la Escalada Competitiva,

(ICC, por sus siglas en inglés), este consejo es parte de la Unión Internacional de Asociaciones de Alpinistas (UIAA, por sus siglas en francés) <sup>4</sup>.

## **B. SISTEMAS DE GRADUACIÓN DE LA DIFICULTAD**

Con el objetivo de cuantificar la dificultad de las rutas y el rendimiento del escalador se han creado diversos sistemas de graduación de la dificultad de ascenso en distintos países alrededor del mundo.

El sistema de clasificación más utilizado en los Estados Unidos es el Sistema Decimal de Yosemite; el cual se basa en una escala que va desde el nivel más fácil que corresponde al 5.0 ascendiendo en dificultad hasta el 5.9 y a partir del 5.10 las graduaciones adquieren subdivisiones a, b, c y d (a siendo el grado más fácil y d el más difícil) <sup>4</sup>. Actualmente el mayor nivel de dificultad en la escala decimal de Yosemite es el 5.15c.

El nivel específico de una ruta de escalada es determinado mediante el análisis de diversos factores, dentro de los cuales se incluyen la protección contra caídas presente en la ruta, el grado de inclinación de la pared, el tamaño y forma de los agarres, la fuerza y resistencia muscular necesarias para completar la ruta y la dificultad técnica de los movimientos.

A pesar de la intención de realizar un sistema de graduación de dificultad de escalada objetivo y práctico existen ciertos factores relacionados con la localidad donde se ubica la ruta que afectan directamente en la estratificación de la

dificultad de las rutas. Tanto las tradiciones de la comunidad escaladora de la localidad, las características físicas propias de los escaladores que ascendieron la ruta y que le otorgaron la graduación, el grado de protección contra caídas del ascenso y así como el tipo de roca influyen en distinta medida al momento de clasificar el nivel de la ruta <sup>4</sup>.

En Agosto del 2016 el Comité Olímpico Internacional aprobó la inclusión de este deporte en el programa deportivo de los Juegos Olímpicos de Tokio 2020. Muchos consideran que es un deporte que está evolucionando rápidamente y gracias al desarrollo de medidas de seguridad se ha visto un incremento en la dificultad de las rutas, por ende los atletas que practican este deporte están en riesgo de desarrollar lesiones por sobreuso <sup>5,7-9</sup>.

Desde que la escalada deportiva se ha vuelto un deporte común el interés en la investigación acerca de dicho deporte ha incrementado simultáneamente, sin embargo aún hay muy escasa evidencia científica acerca del perfil de fuerza de los atletas que practican escalada <sup>10</sup> y actualmente no se ha llegado a un consenso acerca de cuáles son los factores fisiológicos y antropométricos importantes que determinen el rendimiento y desempeño en la escalada <sup>11</sup>.

### **C. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE FUERZA ISOCINÉTICA.**

El desarrollo de los sistemas isocinéticos tuvo sus inicios en 1927 cuando Levyn y Gimán desarrollaron el primer ergómetro isocinético con el fin de

determinar las propiedades viscoelásticas del músculo normal <sup>12</sup>. Sin embargo fue hasta 1967 que James Perrin desarrolló el concepto de ejercicio isocinético y este mismo fue introducido a la literatura científica en 1967 por Hislop y Perrin además de Thistle, Hislop, Moffroid, y Lohman <sup>13,14</sup>.

Se puede definir el método isocinético como un sistema de evaluación objetivo que mide la fuerza y capacidad muscular utilizando la tecnología informática y robótica para cuantificar y expresar el movimiento articular en términos de momento de fuerza, de potencia, de trabajo, etc., con la finalidad de facilitar la manipulación de la información <sup>12</sup>.

La evaluación isocinética permite al individuo ejercer la mayor fuerza y movimiento angular que pueda realizar a una determinada velocidad previamente establecida. Durante la evaluación isocinética la extremidad que está siendo examinada se encuentra en movimiento constante. Si llegase a suceder que la tasa de movimiento angular de la extremidad iguala o supera a velocidad preestablecida el dinamómetro opera de tal forma que produce una resistencia o contrafuerza para asegurar que el movimiento siempre sea a una velocidad constante <sup>13</sup>.

De acuerdo con Ellenbecker (2000) la información objetiva que provee la evaluación isocinética acerca del equilibrio intrínseco entre la fuerza muscular agonista y antagonista que rodea a la articulación glenohumeral es un recurso

vital para la rehabilitación y para la evaluación preventiva del hombro en deportistas <sup>15</sup>

#### **D. PERFIL DE FUERZA ISOCINÉTICA EN ESCALADORES**

Los escaladores que realizan escalada en rutas de alto grado de dificultad por lo general someten a sus articulaciones, especialmente a los hombros, a un alto grado de estrés biomecánico y de acuerdo con varios autores el hombro es uno de los sitios más comunes de lesiones por sobreuso en estos atletas <sup>3,8,16</sup>.

La estabilidad de la articulación del hombro depende, dentro de otras cosas, del equilibrio entre la fuerza de los músculos agonistas y antagonistas. Se ha reportado que una diferencia extrema en la relación muscular agonista/antagonista está asociada a la aparición de lesiones en el hombro <sup>17</sup>. Al comparar dicha relación de fuerza isocinética es posible diseñar un programa de entrenamiento para corregir el desequilibrio muscular <sup>15</sup>.

La evaluación isocinética ha demostrado ser una herramienta fiable y válida<sup>18</sup> que provee los medios para realizar una evaluación objetiva del desempeño muscular de una manera segura <sup>19</sup>. El fundamento científico y clínico para el uso de la isocinética en la evaluación y rehabilitación de lesiones deportivas juega un papel importante en la facilitación del tratamiento y la mejora del rendimiento del atleta <sup>15</sup>.

Diversos investigadores han estudiado el perfil de fuerza muscular isocinética de atletas que realizan actividades con los brazos por encima de la cabeza <sup>20-22</sup>. Ellenbecker reportó que la relación del pico de torque de rotación externa/rotación interna (RE/RI) a velocidad angular de 210° por segundo en un grupo de lanzadores de béisbol sanos fue del 66.6% ( $\pm 12$ ) y 73.5% ( $\pm 12.3$ ) en los hombros del lado dominante y no dominante respectivamente<sup>20</sup>.

Alderinck y Kuck realizaron un estudio en un grupo de pitchers de bachillerato y de universidad y concluyeron que la tasa del pico de torque de RE/RI evaluada a distintas velocidades angulares (90, 120, 210 y 300° por segundo) estaba entre 66 y 71% en el hombro dominante y entre 70 y 76% en el hombro no dominante<sup>21</sup>.

Por otro lado Brown y colaboradores evaluaron a un grupo de jugadores de béisbol profesional y encontraron que la relación del pico de torque de RE/RI de hombro evaluada a 180, 240 y 300° por segundo se encontraba entre el 61-72%. Otros autores han informado que el pico de torque isocinético de la RE representa entre el 60- 80% del pico de torque de la RI <sup>23-25</sup>.

Wong y Ng midieron las tasas de trabajo de los rotadores internos y externos del hombro dominante en un grupo de escaladores deportivos experimentados e informaron que había una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de los escaladores y el grupo de no escaladores. Reportaron que las tasas de trabajo convencionales (RE/RI concéntrica y RE/RI excéntrica) fueron significativamente ( $p < 0.05$ ) menores en escaladores que en no escaladores<sup>26</sup>.

Varios autores recomiendan que se realice la valoración del rendimiento muscular mediante pruebas de fuerza isocinéticas y recomiendan la aplicación de los datos descriptivos del pico de torque para fines clínicos. Es importante estandarizar dichos valores para permitir a los evaluadores interpretar los datos de la fuerza isocinética correctamente <sup>20,27</sup>. El perfil de fuerza isocinética de hombros en atletas que realizan actividades por encima de la cabeza, como los escaladores, proporciona información útil para poder desarrollar programas de entrenamiento, evaluar y analizar el desempeño de los atletas y ayudar a guiar de la rehabilitación de las lesiones de hombros <sup>15</sup>.

## **E. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS ESCALADORES**

Otros estudios se han enfocado en examinar cuáles son las características físicas específicas que se asocian con el desempeño de alto nivel en el deporte <sup>9,11,28,29</sup>, ya que hay evidencia de que las características antropométricas juegan un papel importante en la determinación del alto desempeño deportivo <sup>30,31</sup>.

De acuerdo con Norton y colaboradores, las dimensiones antropométricas del deportista reflejan ciertas variables como la forma, proporcionalidad, y composición corporal que se consideran fundamentales en la determinación del triunfo en un deporte específico <sup>31</sup>.



Watts y colaboradores <sup>9</sup> estudiaron a un grupo de semifinalistas (21 hombres y 18 mujeres) en una competición internacional de escalada y reportaron que el porcentaje de grasa corporal (%GC) y la fuerza proporcional a la masa corporal predicen mejor el desempeño en la escalada deportiva. Ellos llegaron a la conclusión de que los escaladores de élite son atletas extremadamente delgados con un %GC estimado extremadamente bajo (4,7% y 10,7% para hombres y mujeres, respectivamente), con baja estatura y una alta relación fuerza/masa corporal.

Grant y colaboradores <sup>28</sup> estudiaron a un grupo de 10 escaladores elite, 10 escaladores recreativos y 10 sujetos activos no-escaladores y encontraron que los escaladores de élite difieren de los escaladores recreativos y de los sujetos activos no-escaladores en la resistencia de la cintura escapular, la fuerza de dedos y en la flexibilidad de la cadera, sin embargo no encontraron diferencias en la masa corporal, porcentaje de grasa corporal, altura, longitud de brazos y longitud de piernas. Reportaron un %GC para los escaladores masculinos de élite de 14% ( $\pm$  3.7), considerablemente mayor que aquel reportado por Watts y colaboradores <sup>9</sup>.

Por otro lado, Mermier y colaboradores <sup>11</sup> estudiaron a un grupo de escaladores (24 hombres y 20 mujeres) y reportaron un %GC de 9.8% ( $\pm$  3.5) y 20.7% ( $\pm$  4.9) para los hombres y mujeres respectivamente.

## F. SOMATOTIPO DE HEATH Y CARTER

El somatotipo de Heath-Carter se define como la cuantificación de la forma y composición del cuerpo humano a través de una escala numérica y grafica basándose en tres elementos esenciales: la endomorfia que se refiere a la adiposidad relativa; la mesomorfia que se refiere al desarrollo musculoesquelético relativo; y la ectomorfia o linealidad humana relativa. <sup>32,33</sup>.

La identificación del somatotipo dominante en un determinado deporte provee información útil para el desarrollo de programas de entrenamiento específicos enfocados en el desarrollo de las características físicas que predominan en dicho deporte y que difieren de otras disciplinas o de distintas posiciones de juego dentro del mismo deporte <sup>34</sup>.

Diversos estudios han demostrado que el cuerpo humano sufre una adaptación debido al entrenamiento y al esfuerzo físico constante al realizar un deporte determinado. Dicha adaptación resulta en una menor diversidad de somatotipos entre los atletas especializados en un deporte en comparación con otros grupos de población de la misma edad que realicen otra actividad deportiva o que sean sedentarios <sup>35</sup>.

El método de Heath y Carter cuantifica el endomorfismo utilizando las mediciones de tres pliegues (tríceps, subescapular y suprailíaco) para indicar la cantidad de grasa en relación con la altura; para el mesomorfismo utiliza las

medidas de los diámetros de huesos (húmero y fémur) y las circunferencias musculares (brazo flexionado y pantorrilla) comparados con la altura de la persona; y para determinar la ectomorfia se usa la talla y se divide entre la raíz cúbica del peso para determinar la linealidad corporal <sup>33</sup>.

El somatotipo se expresa en tres números (del uno al siete) que designan un valor numérico a cada uno de los componentes: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, los cuales siempre deben escribirse en el mismo orden.

La somatocarta es la representación gráfica del somatotipo que sirve como un método visual de para comparar el somatotipo de distintos individuos, el promedio de distintos grupos, de los miembros de un mismo equipo o simplemente para rastrear a un atleta a través del tiempo.

Para graficar la somatocarta se utilizan las coordenadas X y Y que derivan de un cálculo donde:

$$X = \text{ectomorfia} - \text{endomorfia}$$

$$Y = 2 \times \text{mesomorfia} - (\text{endomorfia} + \text{ectomorfia})^{33}.$$

Los distintos somatotipos que guardan relaciones similares entre la dominancia de los tres componentes (endomorfia, mesomorfia y ectomorfia) se agrupan dentro de 13 categorías que designan dicha dominancia.

Las 13 categorías están basadas en las distintas áreas de la somatocarta 2-D y se definen con las siguientes características:

- Central: ningún componente difiere en más de una unidad de los otros dos.
- Endomorfo balanceado: endomorfia es dominante y mesomorfia y ectomorfia son iguales (o no difieren en más de media unidad).
- Endomorfo mesomórfico: la endomorfia es dominante y la mesomorfia mayor que la ectomorfia.
- Mesomorfo-endomorfo: endomorfia y mesomorfia son iguales (o no difieren en más de media unidad), y la ectomorfia es menor.
- Mesomorfo endomórfico: la mesomorfia es dominante y la endomorfia es mayor que la ectomorfia.
- Mesomorfo balanceado: mesomorfia es dominante y endomorfia y ectomorfia son iguales (o no difieren en más de media unidad).
- Mesomorfo ectomórfico: la mesomorfia es dominante y la ectomorfia es mayor que la endomorfia.
- Mesomorfo-ectomorfo: mesomorfia y ectomorfia son iguales (o no difieren en más de media unidad) y la endomorfia es menor.
- Ectomorfo mesomórfico: la ectomorfia es dominante y la mesomorfia mayor que la endomorfia.

- Ectomorfo balanceado: ectomorfia es dominante y endomorfia y mesomorfia son iguales (o no difieren en más de media unidad).
- Ectomorfo endomórfico: la ectomorfia es dominante y la endomorfia es mayor que la mesomorfia.
- Endomorfo-ectomorfo: endomorfia y ectomorfia son iguales (o no difieren en más de media unidad), y la mesomorfia es menor.
- Endomorfo ectomórfico: endomorfia es dominante y ectomorfia es mayor que mesomorfia <sup>33</sup>.

## **G. SOMATOTIPO EN ESCALADORES**

Viviani y Calderan <sup>30</sup> analizaron un grupo de 31 escaladores europeos de alto nivel y reportaron un promedio de %GC muy bajo (8.3%) y un somatotipo promedio mesomorfo-ectomorfo.

Barbieri y colaboradores <sup>36</sup> evaluaron a 10 escaladores italianos con experiencia y encontraron predominante el somatotipo mesomórfico y reportaron un %GC de  $11.76\% \pm 2.93$  promedio.

## **H. JUSTIFICACIÓN**

A pesar de la creciente popularidad de la escalada deportiva todavía existe poca información científica sobre la adaptación que esta actividad produce en el perfil de fuerza, en las características antropométricas y en el somatotipo de los escaladores. Es importante entender estas adaptaciones desde un punto de vista científico para crear mejores programas de entrenamiento basados en la evidencia, mejorar y monitorear el desempeño atlético, prevenir lesiones por sobreuso del hombro y mejorar las estrategias de rehabilitación.

## **CAPÍTULO III**

### **3. OBJETIVOS**

El objetivo de este estudio fue proporcionar datos descriptivos sobre el somatotipo, las características antropométricas y el perfil de fuerza isocinética de los músculos rotadores de hombros de un grupo de escaladores elite (EE) y compararlos con un grupo de escaladores recreativos (ER) y un grupo control de sujetos sanos no escaladores (NE).

#### **A. OBJETIVO GENERAL:**

- Conocer el perfil de fuerza isocinética de hombros y el somatotipo en escaladores elite y compararlo con un grupo de escaladores recreativos y de no escaladores.

## B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el pico de torque en valores absolutos (Nm) de los músculos rotadores de ambos hombros en un grupo de escaladores elite y compararlo con un grupo de escaladores recreativos y de no escaladores.
- Conocer el pico de torque representado como un porcentaje normalizado al peso corporal de los músculos rotadores de ambos hombros en un grupo de escaladores elite y compararlo con un grupo de escaladores recreativos y de no escaladores.
- Conocer la diferencia en el pico de torque entre el lado Dominante (D) y No dominante (ND) de ambos hombros en un grupo de escaladores elite y compararlo con un grupo de escaladores recreativos y de no escaladores.
- Conocer la relación del pico de torque de Rotadores Externos / Rotadores Internos (RE/RI) de ambos hombros en un grupo de escaladores elite y compararlo con un grupo de escaladores recreativos y de no escaladores.
- Determinar las características antropométricas: peso, talla, índice de masa corporal (IMC), porcentaje de grasa corporal (%GC) y somatotipo en un grupo de escaladores elite y compararlo con un grupo de escaladores recreativos y de no escaladores.



## **CAPÍTULO IV**

### **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **A. DISEÑO DEL ESTUDIO:**

Se realizó un estudio observacional, de corte transversal y analítico comparativo.

#### **B. MUESTRA**

Se calculó la muestra utilizando una fórmula para prueba de hipótesis y diferencia de dos medias, con un valor  $z\alpha$  de 1.96 con nivel de significancia del 95% para dos colas, y un valor  $z\beta$  de 0.84 con una potencia de 80% y se obtuvo un resultado de 10 participantes por cada uno de los tres grupos.

valor K	8,9
Sigma 1	0,3
Sigma 2	0,53
Valor $\mu_1$	1,48
Valor $\mu_2$	0,88

$$n = \frac{K(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

La muestra fue seleccionada de manera no probabilística por conveniencia.

### C. CRITERIOS DEL ESTUDIO

Para la selección de la muestra se utilizaron los siguientes criterios de inclusión, exclusión y eliminación:

#### i. Criterios de inclusión:

- Personas mayores de 18 años.
- Realizar entrenamiento de escalada deportiva en roca en cualquiera de los dos gimnasios de escalada más concurridos de la zona metropolitana de Monterrey.
- Tener al menos 2 años de experiencia practicando escalada y haber entrenado en los 2 años previos al estudio al menos 2 horas por sesión de entrenamiento, 3 días por semana.
- Firmar el consentimiento informado.

**ii. Criterios de exclusión:**

- Historia o presencia de subluxación o luxación de hombro
- Presentar condiciones inflamatorias y/o dolorosas con rangos de movilidad de hombro limitados o espasmo muscular
- Fracturas en el miembro evaluado u osteoporosis
- Malignidad en el hueso o articulación
- Historial de previos procedimientos quirúrgicos en el miembro evaluado
- Cualquier condición cardiovascular o sistémica que pudiera impedir la evaluación
- No firmar el consentimiento informado

**iii. Criterios de eliminación:**

- Cualquier sujeto que por algún motivo no completara la prueba de isocinecia o la antropometría o que durante el curso del estudio cumpliera los criterios de exclusión.

**D. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO**

Previo a cualquier procedimiento se obtuvo la aprobación del estudio por parte del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Se acudió a dos centros de escalada del área metropolitana de Monterrey en donde se les ofreció a los escaladores la participación en el estudio. Veintitrés escaladores experimentados se ofrecieron de manera voluntaria para este estudio (17 hombres y 6 mujeres). Los sujetos sanos no escaladores fueron reclutados de manera voluntaria dentro del Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

Los escaladores fueron separados en dos grupos basados en su habilidad de escalada auto-reportada. Definimos la habilidad de escalar auto-reportada como el ascenso más difícil dentro de la clasificación en el Sistema Decimal de Yosemite (SDY) realizado en punta dentro de los dos años anteriores al estudio.

Para facilitar el cálculo de medias se utilizó la escala del SDY modificada descrita por Watts y colaboradores <sup>29</sup>, la cual asigna un valor numérico para reemplazar los grados de letras. Se asignaron a las subdivisiones de letras los siguientes valores:

$$a = 0,00, b = 0,25, c = 0,50 \text{ y } d = 0,75.$$

Los escaladores que habían completado una ruta de un grado de dificultad mayor o igual a 13a en la escala del SDY fueron categorizados como Escaladores de Élite (EE) y el resto fueron categorizados como Escaladores Recreativos (ER). Los sujetos sanos no escaladores se categorizaron dentro del grupo de No Escaladores (NE).

Con base a estos criterios, 12 escaladores fueron seleccionados dentro del grupo de EE (9 hombres y 3 mujeres); Y 10 fueron seleccionados dentro del grupo

de ER (7 hombres y 3 mujeres); Dentro del grupo de NE fueron seleccionados 10 sujetos (6 hombres y 4 mujeres).

Antes del estudio, cada voluntario proporcionó su consentimiento informado por escrito después de recibir una descripción oral y escrita de los procedimientos a seguir.

Los participantes fueron programados para la prueba individualmente. Antes de la prueba, todos los participantes fueron evaluados con una breve entrevista y exploración física, realizada por el mismo médico, para determinar la historia o presencia de dolor en el hombro, pinzamiento, limitación de los rangos de movimiento, inestabilidad, fracturas, procedimientos quirúrgicos o lesiones que requirieron suspensión de la práctica de escalada en el año anterior. Los participantes con cualquiera de las condiciones anteriores serían excluidos del estudio, sin embargo ningún participante cumplió los criterios de exclusión.

Todos los participantes fueron evaluados en un estado de reposo y se les instruyó previamente para no realizar ejercicio vigoroso al menos un día antes del estudio. Todas las mediciones fueron realizadas por un solo investigador.

#### **i. Mediciones antropométricas:**

Se les pidió a los participantes que se descubrieran el hemicuerpo derecho para realizar la antropometría siguiendo el perfil restringido de acuerdo a lo establecido por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés).

Se les registró la estatura en bipedestación y se registró utilizando como estadiómetro una cinta métrica de pared SECA (SECA modelo 206, Seca GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemania). Se realizó la medición con el participante descalzo y con la espalda contra una pared vertical registrándose al 0.1 cm más cercano.

La masa corporal se midió con un analizador de composición corporal (InBody 3,0 SN, InBody Co., Seúl, Corea) con los participantes descalzos, con ropa ligera y sin ningún objeto metálico ornamental.

El índice de masa corporal (IMC) se calculó dividiendo la masa por la altura al cuadrado.

Se realizó la medición de los pliegues cutáneos en ocho sitios (bíceps, tríceps, subescapular, cresta ilíaca, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pantorrilla medial) con un Plicómetro Slim Guide (Creative Health Products, Inc. Ann Arbor, MI) el cual ejerce una presión constante de 10 g / mm<sup>2</sup>. Todas las medidas se realizaron en el lado derecho del participante.

Se midieron las circunferencias (brazo relajado, brazo flexionado, cintura, caderas y pantorrillas) con una cinta metálica Lufkin (modelo W696PM, Apex Tool Group, Sparks, MD) y dos diámetros óseos (biepicondilar del húmero y del fémur) con un segmómetro deslizante CESCORF Calibre (INNOVARE 16 cm).

Para calcular el porcentaje de grasa corporal se utilizó la fórmula de Durnin y Womersley <sup>37</sup>:

$$\text{Densidad} = c - m \times \log (\text{pliegues})$$

Donde c y m son constantes determinadas por sexo y edad que fueron previamente calculadas por los autores. El logaritmo se calcula a partir de la suma del grosor de los cuatro pliegues cutáneos (bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco).

## **ii. Evaluación del somatotipo:**

Una vez que se tomaron las mediciones antropométricas, se calcularon los componentes del somatotipo de acuerdo con el método de Heath y Carter <sup>33</sup>.

Se realizaron las siguientes ecuaciones matemáticas para obtener los tres componentes del somatotipo:

- ENDOMORFIA:  $-0.7182 + 0.1451 (x) - 0.00068 (x^2) + 0.0000014 (x^3)$  en donde x es la suma de los pliegues del tríceps, subscapular, y supraespinal, multiplicado por (70.18 / altura en cm).

- MESOMORFIA:  $(0.858 \times H) + (0.601 \times F) + (0.188 \times B) + (0.161 \times P) - (0.131 \times E) + 4.5$ , donde H es el diámetro biepicondilar del húmero, F es el diámetro biepicondilar del fémur, B es el perímetro del brazo flexionado, P es el perímetro de la pantorrilla medial y E es la estatura.

- ECTOMORFIA: para obtener este parámetro existen tres fórmulas basadas en el índice ponderal (IP), el cual se obtiene al dividir la estatura en centímetros entre la raíz cubica de la masa corporal en kilos
- Si  $IP \geq 40.75$ , la fórmula a usar es:  $0.732 \times IP - 28.58$ ;
- Si  $IP < 40.75$  pero  $> 38.25$ , la fórmula a usar es:  $0.463 \times IP - 17.63$ ;
- Y si  $IP \leq 38.25$ , se asigna el valor de 0.1.

### **iii. Evaluación de fuerza isocinética**

Se realizó la evaluación de fuerza isocinética después de realizar las mediciones antropométricas utilizando el aparato Biodex Multi-Joint System Pro, el cual fue calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante previo al inicio del estudio.

A cada participante se le indicó realizar un calentamiento estándar de 10 minutos antes de la prueba.

Los sujetos fueron colocados en el dinamómetro isocinético para evaluar la fuerza concéntrica de ambos hombros, dominante (D) y no dominante (ND). Durante la prueba, los sujetos asumieron una posición de sedestación y se les estabilizó el torso colocando dos correas a sobre su pecho y una sobre la pelvis.

La extremidad superior se colocó con el hombro abducido a  $90^\circ$  en el plano escapular y el codo flexionado a  $90^\circ$ , se estableció la rotación neutra ( $0^\circ$ ) con el antebrazo paralelo al plano horizontal. Se realizó la evaluación de fuerza dentro de  $110^\circ$  de rango de movimiento, desde los  $90^\circ$  de rotación externa (RE), hasta



los 20° de rotación interna (RI). La velocidad angular de la prueba se estableció a 60° por segundo

Se les dieron instrucciones verbales a los participantes durante toda la prueba y se les permitió realizar tres ensayos submáximos para que lograran familiarizarse con el movimiento isocinético antes de comenzar la medición.

Posteriormente los participantes realizaron cinco repeticiones máximas, comenzando con el brazo en 90° de RE y realizando un movimiento de RI concéntrica desde esa posición hasta alcanzar los 20° de RI seguido de un movimiento de RE concéntrica a partir de los 20° de RI hasta alcanzar los 90° de RE. El brazo dominante fue evaluado previamente al brazo no dominante. Se les dio estimulación verbal en todo momento durante la prueba.

Las variables analizadas para ambos miembros (dominante y no dominante) fueron las siguientes:

- El pico de torque en valores absolutos (Nm) que representa la mayor fuerza muscular producida en cualquier momento durante una repetición.
- El pico de torque representado como un porcentaje normalizado al peso corporal.
- La relación del pico de torque de la RE sobre la RI.

Todos estos valores fueron calculados por el software del equipo.

## E. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los resultados obtenidos se elaboró una base de datos con Microsoft Excel 2013. Esta base de datos fue importada al programa SPSS versión 20. Se realizó estadística descriptiva de todas las variables. Para la estadística inferencial se realizó primero comprobación de normalidad de los datos mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov. Dependiendo de los resultados se realizaron comparaciones mediante las pruebas t-student de dos colas y ANOVA para los datos paramétricos y U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis para los datos no paramétricos. La corrección secuencial de Bonferroni con un nivel de significancia de .05 fue utilizada para las comparaciones múltiples. Un valor de  $p \leq 0.05$  fue tomado como estadísticamente significativo. Se utilizó SPSS statistics versión 20 (IBM, Armonk, NY, USA) para Windows 7.

## CAPÍTULO V

### 5. RESULTADOS

#### A. CARÁCTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS Y DEMOGRÁFICAS

##### i. Medias y desviación estándar.

Dentro de los 12 participantes incluidos en el grupo de EE 9 fueron hombres y 3 mujeres, presentaron una edad media de  $27.44 \pm 5.88$  y  $26.33 \pm 2.08$  años respectivamente. Los hombres tuvieron un peso promedio de  $63.81 \pm 7.9$  (kg), estatura de  $1.75 \pm 6.07$  (m), un IMC de  $20.86 \pm 2.04$  (kg/m<sup>2</sup>) y un %GC de  $9.16 \pm 3.03$  (%). Las mujeres tuvieron un peso promedio de  $52.17 \pm 9.26$  (kg), estatura de  $1.61 \pm 0.06$  (m), un IMC de  $20.13 \pm 2.27$  (kg/m<sup>2</sup>) y un %GC de  $13.60 \pm 8.01$  (%).

En el grupo de ER hubo un total de 10 escaladores, 7 fueron hombres y 3 mujeres, con una edad media de  $31.14 \pm 6.77$  años y  $25.67 \pm 2.52$  años respectivamente. Los hombres tuvieron un peso promedio de  $70.90 \pm 5.33$  (kg),

estatura de  $1.76 \pm 6.06$  (m), un IMC de  $22.98 \pm 1.57$  (kg/m<sup>2</sup>) y un %GC de  $10.7 \pm 4.04$  (%). Las mujeres tuvieron un peso promedio de  $48.93 \pm 2.78$  (kg), estatura de  $1.53 \pm 0.02$  (m), un IMC de  $21.32 \pm 0.76$  (kg/m<sup>2</sup>) y un %GC de  $21.77 \pm 0.93$  (%).

El grupo de NE presentó un total de 10 participantes, 6 hombres y 4 mujeres con una edad media de  $26.83 \pm 4.62$  y  $24.25 \pm 2.22$  años respectivamente. Los hombres tuvieron un peso promedio de  $74.67 \pm 4.46$  (kg), estatura de  $1.74 \pm 0.0$  (m), un IMC de  $24.84 \pm 2.76$  (kg/m<sup>2</sup>) y un %GC de  $20.9 \pm 6.41$  (%). Las mujeres tuvieron un peso promedio de  $66.28 \pm 10.92$  (kg), estatura de  $1.61 \pm 0.04$  (m), un IMC de  $25.4 \pm 3.29$  (kg/m<sup>2</sup>) y un %GC de  $30.7 \pm 6.67$  (%)

## **ii. Análisis comparativo**

No encontramos diferencias significativas en la distribución de género ni en la edad al comparar a los tres grupos divididos por género ni mixtos.

Al comparar las demás variables encontramos que las mujeres EE tuvieron significativamente menor %GC que las mujeres NE ( $p < 0.05$ ). Los hombres EE tuvieron significativamente menor %GC, menor IMC y menor peso que los hombres NE ( $p < 0.05$ ). Los hombres ER tuvieron significativamente menor %GC que los hombres NE ( $p < 0.05$ ).

No hubo diferencias al comparar al grupo de EE vs ER tanto hombres como mujeres (ver tabla 1).

**TABLA 1. Características antropométricas de la población. (Media ± DE).**

	EE (n=12)		ER (n=10)		NE (n=10)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
<b>Peso (kg)</b>	52.17 ± 9.2	63.81* ± 7.9	48.93 ± 2.7	70.90 ± 5.3	66.28 ± 10.9	74.67 ± 4.4
<b>Talla (m)</b>	1.61 ± 0.0	1.75 ± 6.0	1.53 ± 0.0	1.76 ± 6.0	1.61 ± 0.0	1.74 ± 0.0
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	20.13 ±2.2	20.86* ± 2.0	21.32 ± 0.7	22.98 ± 1.5	25.4 ± 3.2	24.84 ± 2.7
<b>%GC (%)</b>	13.60* ±8.0	9.16* ± 3.0	21.77 ± 0.9	10.7* ± 4.0	30.7 ± 6.6	20.9 ± 6.4

\* Significativamente diferente del grupo No Escaladores (P <0.05)

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores ♀,

Mujeres; ♂ Hombres; IMC, índice de masa corporal.

## B. VARIABLES DE ENTRENAMIENTO

### i. Medias y desviación estándar

La habilidad media de escalada auto-reportada en el Sistema Decimal de Yosemite modificado para el grupo de EE mujeres fue de  $13.5 \pm 0.5$ , con un rango de 13a - 14a en el SDY convencional, por otro lado el grupo de EE hombres tuvieron una habilidad media en el SDY modificado de  $13.72 \pm 0.3$  y un rango de 13a – 14b en el SDY convencional. En el grupo de mujeres ER observamos una habilidad media en el SDY modificado de  $11.6 \pm 0.7$  con un rango de 11a – 12c en el SDY convencional, por otro lado el grupo de ER hombres tuvieron una habilidad media en el SDY modificado de  $12.42 \pm 0.8$  y un rango de 10c – 12d en el SDY convencional.

En cuanto a años de experiencia practicando el deporte de escalada el grupo de EE mujeres tuvieron un promedio de  $13.3 \pm 3.2$  años y un rango de 11 – 17 años, el grupo de EE hombres tuvieron un promedio de  $6.8 \pm 4.5$  años y un rango de 2 – 14 años de experiencia. Por otro lado el grupo de ER mujeres mostraron un promedio de  $3 \pm 1$  años y un rango de 2 – 4 años en tanto que los hombres ER tuvieron en promedio de  $3.1 \pm 1.2$  años con un rango de 2 – 5 años de experiencia practicando el deporte.

Los EE mujeres y hombres reportaron un promedio de  $4 \pm 1$  y  $4.8 \pm 0.9$  días por semana y un total de  $2.6 \pm 0.5$  y  $2.7 \pm 0.4$  horas por sesión de entrenamiento de escalada respectivamente. Por otro lado los ER mujeres y hombres reportaron un promedio de  $3.6 \pm 0.5$  y  $4.0 \pm 0.5$  días por semana y un total de  $2.6 \pm 0.5$  y  $2.6 \pm 0.3$  horas por sesión de entrenamiento de escalada respectivamente.

## **ii. Análisis comparativo**

Al comparar ambos grupos encontramos que los EE tanto hombres como mujeres tuvieron un promedio de habilidad y de años de experiencia en la escalada significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) que sus contrapartes masculinos y femeninos en el grupo de ER. Observamos que los EE masculinos tuvieron un promedio de días de entrenamiento por semana significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) que los ER masculinos.

En la siguiente tabla se muestran los valores promedio de las variables de entrenamiento (habilidad media en el SDY modificado, años de experiencia escalando, sesiones de entrenamiento por semana y duración de las mismas (ver tabla 2).

**TABLA 2. Variables de entrenamiento. (Media  $\pm$  DE).**

	EE (n=12)		ER (n=10)	
	♀	♂	♀	♂
<b>Habilidad en SDY modificado</b>	13.5* $\pm$ 0.5	13.72* $\pm$ 0.3	11.6 $\pm$ 0.7	12.42 $\pm$ 0.8
<b>Experiencia escalando (años)</b>	13.3* $\pm$ 3.2	6.8* $\pm$ 4.5	3 $\pm$ 1	3.1 $\pm$ 1.2
<b>Sesiones de escalada (días/semana)</b>	4 $\pm$ 1	4.8* $\pm$ 0.9	3.6 $\pm$ 0.5	4.0 $\pm$ 0.5
<b>Duración de sesiones (horas)</b>	2.6 $\pm$ 0.5	2.7 $\pm$ 0.4	2.6 $\pm$ 0.5	2.6 $\pm$ 0.3

\* Diferente significativamente diferente del grupo ER (P <0.05)

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; ♀, Mujeres; ♂ Hombres;

SDY, Sistema Decimal de Yosemite.



## C. RESULTADOS DEL SOMATOTIPO

### i. Medias y desviación estándar

En la siguiente tabla se muestran los valores promedio de los tres componentes del somatotipo (endomorfia, mesomorfia y ectomorfia) para los grupos de EE, ER y NE femeninos (ver Tabla 3).

**TABLA 3. Componentes del somatotipo en mujeres. (Media  $\pm$  DE).**

	<b>EE (n=3)</b>	<b>ER (n=3)</b>	<b>NE (n=4)</b>
<b>Endomorfia</b>	2.06 $\pm$ 1.12*	3.9 $\pm$ 0.6	5.8 $\pm$ 1.83
<b>Mesomorfia</b>	3.6 $\pm$ 0.36	4.13 $\pm$ 0.15	4.55 $\pm$ 0.85
<b>Ectomorfia</b>	3.0 $\pm$ 0.87*	1.86 $\pm$ 0.28	1.0 $\pm$ 0.62

\* Diferente significativamente diferente del grupo NE (P <0.05)

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores.

Los valores promedio de los tres componentes del somatotipo (endomorfia, mesomorfia y ectomorfia) para los grupos de EE, ER y NE masculinos se muestran en la siguiente tabla (ver Tabla 4).

**TABLA 4. Componentes del somatotipo en hombres. (Media  $\pm$  DE).**

	<b>EE (n=9)</b>	<b>ER (n=7)</b>	<b>NE (n=6)</b>
<b>Endomorfia</b>	1.57 $\pm$ 0.45*	2.37 $\pm$ 0.91*	5.06 $\pm$ 1.76
<b>Mesomorfia</b>	4.34 $\pm$ 0.94	5.08 $\pm$ 0.87	5.10 $\pm$ 1.19
<b>Ectomorfia</b>	3.54 $\pm$ 1.11*	2.51 $\pm$ 0.93	1.83 $\pm$ 1.4

\* Diferente significativamente diferente del grupo NE (P <0.05)

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores.

## **ii. Análisis comparativo**

Al comparar los resultados de los tres grupos femeninos encontramos que el componente endomórfico fue significativamente ( $p < 0.05$ ) menor en las EE en comparación con el grupo de NE y el componente ectomórfico fue significativamente ( $p < 0.05$ ) mayor en el grupo de EE comparándolo con el grupo de NE. No encontramos diferencias en el componente mesomórfico.

En cuanto a los grupos masculinos, observamos que el componente endomórfico fue significativamente ( $p < 0.05$ ) menor en los grupos de EE y ER en comparación con los NE, el componente ectomórfico fue significativamente ( $p < 0.05$ ) mayor en los EE comparándolo con el de NE. No hubo diferencias significativas al comparar el componente mesomórfico.

## **iii. Categorías del somatotipo**

En la siguiente tabla se muestran las diferentes categorías del somatotipo de cada uno de los grupos de estudio (ver tabla 5).

**TABLA 5. Categorías del somatotipo en los grupos de estudio**

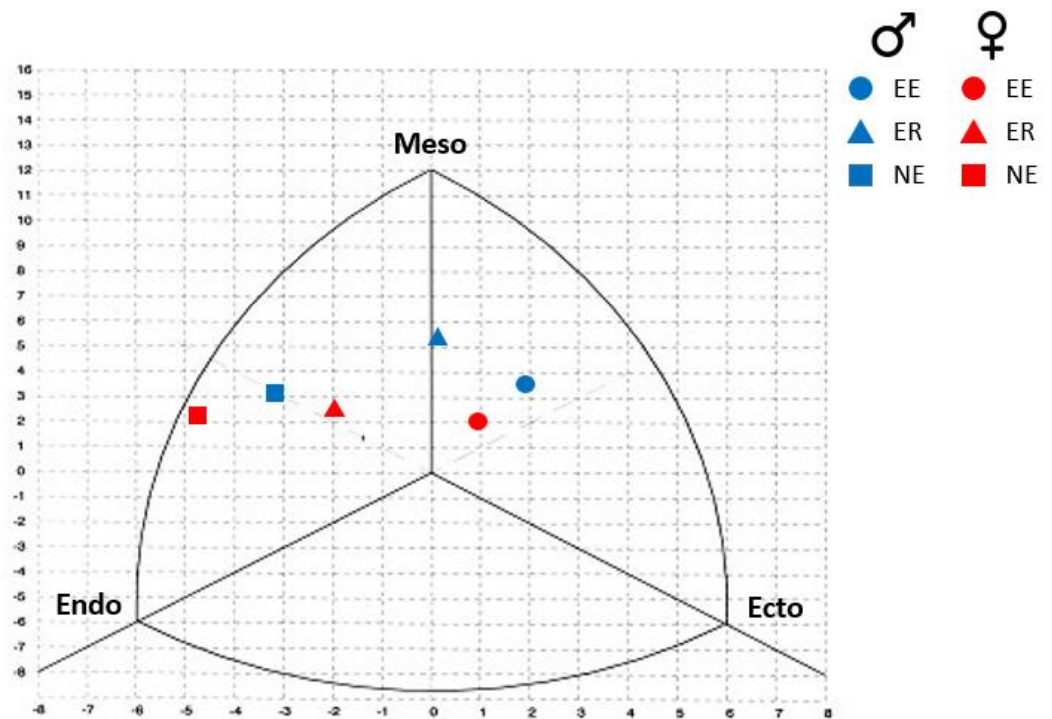
<b>Grupo</b>	<b>Categoría del somatotipo</b>
<b>EE mujeres</b>	Mesomorfo ectomórfico
<b>ER mujeres</b>	Mesomorfo endomorfo
<b>NE mujeres</b>	Endomorfo mesomórfico
<b>EE hombres</b>	Mesomorfo ectomórfico
<b>ER hombres</b>	Mesomorfo balanceado
<b>NE hombres</b>	Mesomorfo endomorfo

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores.

#### iv. Somatocarta

Los resultados del somatotipo se pudieron representar en el esquema gráfico, la somatocarta. En ella podemos observar que los grupos de NE son los más distantes de los tres grupos, acercándose más al componente endomórfico en los hombres. En cuanto a los tres grupos de mujeres se observa que están más equidistantes, sin embargo las NE son las que más se acercan al componente endomórfico (ver figura 1).

Figura 1. Somatocarta



EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; ♀, Mujeres; ♂ Hombres

## D. PERFIL DE FUERZA ISOCINÉTICA

### i. Pico de torque en valores absolutos.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del pico de torque en valores absolutos (Nm) para la rotación interna y rotación externa de ambos hombros (dominante y no dominante) en los grupos de EE, ER y NE femeninos (ver tabla 6).

**TABLA 6. Pico de torque en valores absolutos (Nm) en mujeres (Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
RE	22.86 $\pm$ 5.09	22.30 $\pm$ 4.86	14.70 $\pm$ 1.12	14.23 $\pm$ 0.55	16.74 $\pm$ 10.32	19.37 $\pm$ 3.39
RI	34.06 $\pm$ 7.96	35.2 $\pm$ 7.53	19.03 $\pm$ 1.78	22.06 $\pm$ 1.40	25.75 $\pm$ 4.76	24.52 $\pm$ 6.06

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna.

Los resultados del pico de torque en valores absolutos (Nm) para la rotación interna y rotación externa de ambos hombros (dominante y no dominante) en los grupos de EE, ER y NE masculinos se muestran en la siguiente tabla (ver tabla 7).

**TABLA 7. Pico de torque en valores absolutos (Nm) en hombres (Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
<b>RE</b>	33.71 $\pm$ 8.9	33.10 $\pm$ 7.5	36.01 $\pm$ 10.0	35.38 $\pm$ 9.6	32.18 $\pm$ 4.8	27.8 $\pm$ 2.2
<b>RI</b>	49.57 $\pm$ 11.7	48.74 $\pm$ 12.9	54.40 $\pm$ 17.1	52.94 $\pm$ 16.3	38.96 $\pm$ 6.7	38.48 $\pm$ 9.2

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del pico de torque en valores absolutos (Nm) de los tres grupos mixtos (ver tabla 8).

**TABLA 8. Pico de torque en valores absolutos (Nm) en los tres grupos mixtos (Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
<i>RE</i>	31 $\pm$ 9.36	30.33 $\pm$ 8.19	29.6 $\pm$ 13.18	29.1 $\pm$ 12.91	26 $\pm$ 10.37	24.6 $\pm$ 5.15
<i>RI</i>	45.6 $\pm$ 12.79	45.38 $\pm$ 12.99	43.9 $\pm$ 22.0	43.7 $\pm$ 19.33	33.8 $\pm$ 8.99	32.8 $\pm$ 10.55

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna.



## **ii. Análisis comparativo**

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los resultados del pico de torque en valores absolutos (Nm) de los tres grupos (EE, ER y NE) tanto en hombres como en mujeres ni mixtos. Tampoco se encontraron diferencias significativas en los resultados del pico de torque en valores absolutos (Nm) al comparar el lado dominante vs el no dominante de cada uno de los grupos de estudio.

## **iii. Pico de torque normalizado al peso corporal.**

En la siguiente tabla se muestran los resultados del pico de torque en valores relativos al peso corporal (PQTQ/PC) representado como porcentaje (%) para la rotación interna y rotación externa de ambos hombros (D y ND) en los grupos de EE, ER y NE femeninos (ver tabla 9).

**TABLA 9. Pico de torque normalizado al peso corporal (%) en mujeres.  
(Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
<b>RE</b>	43.9 $\pm$ 6.17	43.0 $\pm$ 7.51	29.6 * $\pm$ 2.96	28.6 * $\pm$ 1.37	30.9 * $\pm$ 4.12	29.4 * $\pm$ 3.39
<b>RI</b>	65.0 $\pm$ 7.41	67.6 $\pm$ 8.72	38.3 * $\pm$ 4.67	44.3 * $\pm$ 0.37	39.1 * $\pm$ 5.71	37.2 * $\pm$ 7.98

\* Diferente significativamente del grupo EE (P <0.05)

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna.

Los resultados del pico de torque en valores relativos al peso corporal (%) para la rotación interna y rotación externa de ambos hombros (D y ND) en los grupos de EE, ER y NE masculinos se muestran en la siguiente tabla (ver tabla 10).

**TABLA 10. Pico de torque normalizado al peso corporal (%) en hombres. (Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
RE	51.8 $\pm$ 8.5	52.6 $\pm$ 10.7	60.5 $\pm$ 11.1	49.68 $\pm$ 10.4	39.3 $\pm$ 14.4	37.43 * $\pm$ 3.9
RI	79.5 $\pm$ 17.0	74.17 $\pm$ $\pm$ 11.7	76.57 $\pm$ 21.5	74.5 * $\pm$ 19.7	52.6 * $\pm$ 10.7	52.0 * $\pm$ 13.7

\* Diferente significativamente del grupo EE (P <0.05)

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del pico de torque en valores relativos al peso corporal (%) de los tres grupos mixtos (ver tabla 11).

**TABLA 11. Pico de torque normalizado al peso corporal (%) en los tres grupos mixtos (Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
RE	50 * $\pm$ 8.5	50.1 * $\pm$ 10.7	44.2 $\pm$ 13.6	43.6 $\pm$ 13.4	36.1 $\pm$ 11.8	34.25 $\pm$ 5.3
RI	75.8 * $\pm$ 16.1	72.5 * $\dagger$ $\pm$ 10.9	65.1 $\pm$ 25.7	65.5 * $\pm$ 21.9	47.1 $\pm$ 11.0	46.2 $\dagger$ $\pm$ 13.6

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna.

\* Diferente significativamente del grupo NE (P <0.05)

$\dagger$  Diferente significativamente del lado D (P <0.05)

#### **iv. Análisis comparativo**

Al analizar los resultados del pico de torque normalizado al peso corporal de los grupos femeninos encontramos que todos los valores del grupo de EE (rotación interna y rotación externa) fueron significativamente ( $p < 0.05$ ) superiores a los de las ER y NE tanto en el lado dominante como no dominante. No hubo diferencias significativas al comparar los grupos de ER vs NE.

En los grupos masculinos también encontramos ciertas diferencias estadísticamente significativas. El grupo de EE tuvieron valores significativamente ( $p < 0.05$ ) superiores comparándolos contra el grupo de NE en la rotación interna y rotación externa de ambos hombros (dominante y no dominante). Observamos que los EE tuvieron valores significativamente ( $p < 0.05$ ) superiores a la RI del lado ND al compararlos contra el grupo de ER

En los grupos mixtos observamos que el grupo EE tuvo resultados estadísticamente superiores en todos los valores (RE y RI de ambos lados) en comparación con el grupo NE. El grupo ER también tuvo valores estadísticamente superiores a la RI del lado ND en comparación con el grupo NE.

Al analizar los resultados entre lados D y ND de los grupos femeninos y masculinos no encontramos diferencias significativas, sin embargo en los grupos mixtos encontramos que la RI del lado D fue significativamente ( $p < 0.05$ ) superior que el lado ND en los grupos EE y NE.

**v. Relación pico de torque de rotadores externos/rotadores internos.**

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la relación del pico de torque de RE/RI de los tres grupos femeninos (ver tabla 12).

**TABLA 12. Relación del pico de torque de RE/RI en mujeres. (Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
<b>RE/RI (%)</b>	67.40 * $\pm$ 3.6	63.5 * $\pm$ 4.0	77.23 $\pm$ 1.9	64.63 * $\pm$ 3.6	79.17 $\pm$ 4.7	80.30 $\pm$ 8.5

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna

\* Diferente significativamente del grupo NE (P <0.05)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la relación del pico de torque de RE/RI de los tres grupos masculinos (ver tabla 13).

**TABLA 13. Relación del pico de torque de RE/RI en hombres. (Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
<b>RE/RI (%)</b>	68.06* $\pm$ 11.5	69.87* $\pm$ 8.4	67.70 $\pm$ 17.9	69.31* $\pm$ 9.4	83.95 $\pm$ 14.7	75.28 $\pm$ 15.8

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna

\* Diferente significativamente del grupo NE (P <0.05)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la relación del pico de torque de RE/RI de los tres grupos mixtos (ver tabla 14).

**TABLA 14. Relación del pico de torque de RE/RI en los tres grupos mixtos. (Media  $\pm$  DE).**

	EE		ER		NE	
	D	ND	D	ND	D	ND
<b>RE/RI (%)</b>	67.83 * $\pm$ 10.0	68.33 $\pm$ 8.3	70.5 $\pm$ 15.5	67.9 $\pm$ 8.3	82.1 $\pm$ 11.6	77.2 $\pm$ 12.9

EE, escaladores elite; ER, escaladores recreativos; NE, no escaladores; D, dominante; ND, no dominante; RE, rotación externa; RI, rotación interna

\* Diferente significativamente del grupo NE (P <0.05)



## **vi. Análisis comparativo**

Al analizar los resultados la relación del pico de torque de RE/RI en los grupos de mujeres y hombres encontramos que el grupo EE tuvieron una menor tasa en los lados D y ND en comparación con el grupo NE y el grupo ER tuvo una menor tasa en el lado ND que el grupo NE Al analizar los tres grupos mixtos observamos que solamente en el lado D los EE tuvieron una menor tasa que los NE.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. DISCUSIÓN**

A pesar del creciente interés en investigación dentro del deporte de la escalada, todavía existe escasa evidencia acerca de las adaptaciones anatómicas que este deporte induce en los escaladores y se sabe poco sobre los factores antropométricos que determinan el rendimiento en la escalada <sup>11</sup>. El objetivo de este estudio fue proporcionar datos descriptivos sobre las características de fuerza isocinética, antropométricas y el somatotipo entre los escaladores de élite y comparar los resultados con un grupo de escaladores recreativos y no escaladores. En nuestro estudio encontramos diferencias entre estas variables en los tres grupos de estudio.

#### **A. CARACTERÍSTICAS ANTROPÓMETRICAS**

Los resultados del IMC revelaron que nuestro grupo de mujeres NE tenían un ligero sobrepeso (IMC:  $25.4 \pm 3.29$ ) de acuerdo con los valores de corte de la

OMS <sup>38</sup>. Considerando que eran en su mayoría voluntarios sedentarios, este hallazgo es consistente con los resultados de la más reciente Encuesta Nacional de Salud y Nutrición en México <sup>39</sup> que afirma que el 69.4% de los hombres mexicanos y el 73% de las mujeres mexicanas tienen sobrepeso u obesidad. El IMC promedio para ambos grupos de escalada fue similar y ambos mostraron un estado nutricional normal.

Varios estudios recientes han reportado datos descriptivos acerca de las características físicas de los escaladores elite. Al comparar nuestros resultados con la literatura pudimos observar que el %GC de nuestra muestra de EE se encuentra dentro del rango de lo reportado en la literatura. Los EE en el estudio de Watts y cols. <sup>9</sup> tuvieron, en promedio, menor %GC (4.7% vs 9.16 para los hombres; 10.7 vs 13.6 para las mujeres) y menor nivel de habilidad en el SDY (5.13c vs 5.13d para los hombres; 5.12c vs 5.13c para las mujeres) que los escaladores en este estudio.

Es importante mencionar que en el estudio de Watts y cols. la muestra de escaladores fue reclutada en una competencia de escalada de nivel internacional, por lo que es de esperarse que los atletas se hayan preparado rigurosamente para dicho evento, encontrándose en el momento cúlspide de su entrenamiento. Por otro lado nuestra muestra a pesar de que fue reclutada en los meses de invierno, que son considerados como la temporada más apropiada

para escalar en la localidad, no estaban preparándose para ningún evento en particular, por lo que su régimen dietético quizás no fuese tan estricto.

Los escaladores en el estudio de Mermier y cols.<sup>11</sup> tuvieron resultados muy similares a los de nuestro estudio, su grupo de escaladores hombres tuvieron un %GC ligeramente menor a los EE de nuestro estudio (9.8% vs 9.16%) y las mujeres escaladoras tuvieron un %GC mayor al que encontramos en nuestras EE (20.7% vs 13.6%). Cabe resaltar que el nivel promedio de habilidad de escalada de su muestra se encuentra muy por debajo del nivel de nuestros EE (5.10c vs 5.13d para los hombres; 5.9 vs 5.13c para las mujeres), considerando esta variable y la del %GC nos damos cuenta que a pesar de que nuestros EE tiene un grado de habilidad muy alto sus %GC no están tan bajos como lo que se podría esperar por su nivel de desempeño.

Es importante considerar que toda nuestra muestra de escaladores, tanto EE como ER, eran escaladores con un buen nivel de desempeño, inclusive superior a lo reportado por Watts<sup>40</sup>, ya que en su publicación se consideró la escalada de alto nivel de desempeño aquella igual o superior al ascenso en una ruta 5.11 en el SDY y todos nuestros grupos de escaladores superaron ese punto de corte.

Watts y cols.<sup>9</sup> observaron que sus EE compartían características antropométricas comunes tales como una pequeña estatura y un bajo %GC; Sin

embargo, concluyeron que estos factores no eran necesariamente requeridos para alcanzar un alto nivel de desempeño en la escalada. Aunque Mermier y cols.<sup>11</sup> encontraron el %GC como un predictor de la habilidad de escalar, también concluyeron que no fueron las características antropométricas las que explicaron significativamente ( $p < 0.05$ ) la habilidad de escalar sino que fue el componente de entrenamiento el que mejor se correlacionó con el desempeño en el deporte. Nuestros hallazgos apoyan sus conclusiones, ya que nuestros dos grupos de escalada difirieron significativamente en años de experiencia de escalada ( $p < 0.05$ ), tiempo de entrenamiento ( $p < 0.05$ ) y habilidad de escalada ( $P = 0.000$ ) siendo el grupo EE el más experimentado y calificando más de un grado y medio más alto en la escala del SDY modificada (13.7 vs 12.05).

Grant y cols.<sup>28</sup> en su estudio de escaladores elite y recreativos no encontraron diferencias significativas en la edad, peso, talla y %GC entre los grupos EE y ER. Este hallazgo es consistente con nuestros resultados ya que tampoco encontramos diferencias significativas en el peso, talla, IMC y %GC; Sin embargo, nuestro grupo de EE mostraron una tendencia a ser más altos, más ligeros y con un IMC y %GC más bajo que los ER.

## A. SOMATOTIPO

La mesomorfia fue el componente del somatotipo dominante en ambos grupos de escaladores (EE y ER), este hallazgo refleja que el desarrollo musculoesquelético es predominante en ambos grupos. Nuestros hallazgos son similares a aquellos de los escaladores europeos de alto nivel de Viviani y Calderan <sup>30</sup> y a los escaladores italianos de Barbieri y cols. <sup>36</sup> quienes también reportaron un componente mesomórfico dominante. De acuerdo a Viviani y Calderan <sup>30</sup> el hecho de que los escaladores muestren una mayor masa muscular relativa a su peso corporal es una ventaja que les ayuda a iniciar y mantener los movimientos en la pared.

La categoría del somatotipo del grupo de EE de nuestro estudio, tanto hombres como mujeres, fue mesomorfo ectomórfico. Esta categoría implica que la ectomorfia debe ser mayor que la endomorfia, lo que quiere decir que los EE tienen mayor masa magra que adiposidad. A diferencia de los EE, los ER hombres tuvieron una categoría del somatotipo mesomorfo balanceado, esto quiere decir que la mesomorfia es dominante y la endomorfia y ectomorfia son iguales, es decir que sus componentes de adiposidad y linealidad son similares. Las ER mujeres mostraron una categoría del somatotipo mesomorfo endomorfo, esto implica que la endomorfia y mesomorfia son iguales y la ectomorfia es menor.

Era de esperar que los EE tuvieran un componente endomórfico bajo, ya que está descrito que la grasa corporal agrega un peso innecesario a los escaladores durante el ascenso en la pared. Esto hace que utilicen energía adicional y por ende acelera la aparición de la fatiga <sup>30</sup>.

## **B. PERFIL DE FUERZA ISOCINÉTICA**

Los resultados del pico de torque normalizado al peso corporal en los EE fueron significativamente superiores ( $p < 0.05$ ) a los resultados de los NE, excepto para la RE del lado dominante en los EE masculinos. Estos hallazgos son consistentes con los hallazgos de Andrade y cols., quienes encontraron que los atletas que ejercitaban sus extremidades superiores por encima del nivel de la cabeza con regularidad tenían valores de pico de torque normalizado al peso corporal superiores que aquellos que no se ejercitaban de esta manera.<sup>41</sup>

De acuerdo con Wong y NG los escaladores tienen un mejor desarrollo de los músculos rotadores del hombro debido a las fuertes demandas que este deporte ejerce sobre los miembros superiores. Se ha sugerido que la fuerza de la cintura escapular es una característica que distingue a los escaladores de élite y que es esencial para un alto nivel de rendimiento en la escalada. <sup>9,26,28</sup>

En nuestro estudio encontramos que las mujeres EE tuvieron un pico de torque relativo significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) que las mujeres ER, sin embargo no encontramos diferencias significativas en el pico de torque relativo entre los grupos escaladores masculinos. Esto pudiera deberse a que las mujeres elite mostraron en promedio un nivel de habilidad en la escalada casi dos grados superior a las ER en la escala de SDY modificado (13.5 vs 11.6) y la diferencia no fue tan marcada entre los grupos de hombres escaladores, ya que los EE mostraron una habilidad promedio 1.3 grados mayor que los ER (13.72 vs 12.42).

Wong y NG <sup>26</sup> en su estudio de un grupo de escaladores asumieron que durante el ascenso en la escalada ambos hombros ejercen la misma cantidad de trabajo, por ende, sólo evaluaron el perfil isocinético de hombros en el lado D. En nuestro estudio decidimos evaluar la fuerza isocinética de hombros y posteriormente comparar ambos lados (D y ND) en nuestros tres grupos de estudio. Encontramos que dentro de los tres grupos de hombres y mujeres no hubo diferencias entre lados D y ND; Sin embargo al analizar los grupos mixtos encontramos que el grupo de EE y el de NE tuvieron resultados del pico de torque normalizado al peso corporal significativamente ( $p < 0.05$ ) superiores en el lado D vs lado ND.



Varios autores <sup>42,43</sup> han afirmado que en deportes asimétricos la extremidad D suele ser más fuerte que la extremidad ND y que este hallazgo puede ser el resultado de una adaptación del entrenamiento deportivo regular, sin embargo la escalada no se considera un deporte asimétrico. Grant y cols. <sup>28</sup> después de evaluar la fuerza de agarre en tres grupos de EE, ER y NE sugirieron que los EE tienden a mostrar una mayor simetría de fuerza entre ambas manos, sin embargo no compararon la fuerza de la mano derecha vs. izquierda de cada grupo de estudio y no investigaron cuál era el lado D de cada participante.

Perrin y cols. <sup>44</sup> informaron que los atletas involucrados en deportes donde las extremidades superiores trabajen simétricamente tienden a tener valores de torque similares entre los lados D y ND, pero cuestionaron el hecho de asumir la equivalencia en las medidas del pico de torque de ambas extremidades, tanto en poblaciones atléticas como no atléticas. Una investigación más reciente de Lertwanich y cols. <sup>45</sup> concluyeron que la RI y RE de hombros en sujetos sanos eran significativamente diferentes en ambos lados D y ND. Estos hallazgos apoyan el hecho de que nuestro grupo NE tenía una diferencia significativa entre los lados D y ND, sugerimos que esta diferencia es un resultado de su dominancia neuromotora que suele conducir a una diferencia en el pico de torque <sup>46</sup>.

Encontramos que los grupos de EE hombres y mujeres tuvieron una tasa de pico de torque de RE/RI significativamente menor en ambos lados (D y ND) en comparación con los grupos de NE. Los grupos de ER también mostraron una menor tasa, sin embargo solamente en el lado ND. Este resultado nos habla del

mayor desarrollo muscular en los RI en comparación con los RE en los escaladores a diferencia de un grupo que no realiza gran actividad con los hombros.

### **C. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Este estudio se enfocó en escaladores masculinos y femeninos que fueron reclutados en los gimnasios de la localidad del área metropolitana de Monterrey, N.L. Aunque todos nuestros atletas practicaban regularmente la escalada en roca deportiva, algunos de ellos eran más especializados en la escalada de boulders. Los resultados de las dos especialidades dentro de este mismo deporte podrían ser diferentes, pero evaluar esa diversidad estaba más allá de nuestros objetivos. Se requiere mayor investigación para definir mejor el somatotipo y las características antropométricas propias de cada especialidad dentro de la escalada.

## CAPITULO VII

### 7. CONCLUSIONES

Encontramos ciertas diferencias significativas en el perfil de fuerza isocinética de hombros, en las características antropométricas y en el somatotipo entre los EE y los NE que indican que hay ciertas adaptaciones antropométricas y de fuerza de hombros relacionadas con el entrenamiento.

Los EE, tanto hombres como mujeres, son sujetos delgados con predominio del desarrollo musculoesquelético, significativamente menos endomórficos, más ectomórficos y con un menor %GC que la población general. Tienen un somatotipo mesomorfo-ectomórfico.

Los EE son significativamente más experimentados que los ER sin embargo no difieren significativamente en peso, talla, IMC y % GC ni en componentes del somatotipo.

Los EE tienen significativamente mayor fuerza relativa al peso corporal de músculos rotadores de hombros que la población general. La relación de músculos antagonistas/agonistas (RE/RI) es significativamente menor en EE que en la población general debido a que tienen mayor desarrollo de los rotadores internos por el deporte que realizan. Es controversial si realmente hay simetría de fuerza isocinética entre el lado D y ND de los RI en EE, este hallazgo es importante a considerar en los programas de rehabilitación de los escaladores.

## CAPITULO VIII

### 8. ANEXOS

#### A. ANEXO 1: FORMATO DE HISTORIA CLÍNICA



#### HISTORIA CLINICA

#### DEPARTAMENTO DE MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN

Facultad de Medicina y Hospital Universitario  
"Dr. José Eleuterio González"  
Gonzalitos No. 235 Nte., Monterrey, N.L., México, C.P. 64220



#### **FICHA DE IDENTIFICACIÓN:**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
Género: (M) (F) \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_  
Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
Nacionalidad: \_\_\_\_\_

#### **ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS**

Tabaquismo: (SI) (NO) \_\_\_\_\_ Alimentación: (tipo de dieta, suplementos): \_\_\_\_\_  
Alcoholismo: (SI) (NO) \_\_\_\_\_  
Toxicomanías: (SI) (NO) \_\_\_\_\_

#### **ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS:** *(fecha, tratamiento, secuelas)*

Historia de subluxación o luxación de hombro: (SI) (NO)

Fracturas en el miembro evaluado (SI) (NO)

Osteoporosis (SI) (NO)

Cáncer (SI) (NO)

Previos procedimientos quirúrgicos en hombros (SI) (NO)

Enfermedades cardiovasculares o sistémicas (SI) (NO)

### **ANTECEDENTES DE LESIONES DEPORTIVAS DE MIEMBROS SUPERIORES:**

Tipo de lesión:

Localización:

Fecha:

Tratamiento:

Secuelas:

### **ANTECEDENTES DEPORTIVOS DE ESCALADA:**

Practica escalada (SI) (NO)

Fecha de inicio:

Tiempo de evolución:  
(ambidiestro)

Lado dominante: (derecho) (izquierdo)

¿Actualmente entrena escalada? (SI) (NO)

Tiempo de evolución de entrenamiento *(sin interrupción hasta la actualidad)*:

Días/semana *(promedio)*:

Horas-minutos/sesión *(promedio)*:

¿En los 2 años previos al día de hoy ha escalado una ruta con un grado mínimo de dificultad de 5.13 en el Sistema Decimal de Yosemite? (SI) (NO)

Mayor grado de dificultad en el Sistema Decimal de Yosemite que ha logrado escalar:

Fecha y tiempo de evolución de haberla realizado:

### **ANTECEDENTES DEPORTIVOS GENERALES:**

Practica usted algún deporte (SI) (NO)

¿Qué deporte practica?

Fecha de inicio:

Tiempo de evolución:

¿Este deporte requiere un esfuerzo regular para los miembros superiores? (SI) (NO)

### **INTERROGATORIO POR APARATOS Y SISTEMAS**

Síntomas generales:

Cabeza/Cuello: (SI) (NO)

Respiratorio: (SI) (NO)

Cardiovascular: (SI) (NO)

Gastrointestinal: (SI) (NO)

Musculoesquelético: (SI) (NO)

Psiquiátrico: (SI) (NO)

Genitoruniario: (SI) (NO)

Endócrino: (SI) (NO)

Nervioso: (SI) (NO)

Piel y anexos: (SI) (NO)

Alergias: (SI) (NO)

Otros:

## **EXPLORACIÓN FÍSICA**

### **Antropometría**

Masa corporal (kg)	
Talla (m)	
Índice de Masa Corporal	
% Grasa Corporal	

### **Somatotipo**

Endomorfia	
Mesomorfia	
Ectomorfia	

### **Musculoesquelético de hombro:**

Inspección:

Palpación:

Rangos de movimiento de hombros (*especificar*):

Completos (SI) (NO)

Dolorosos: (SI) (NO)

Maniobras:

Maniobra	Hombro derecho		Hombro izquierdo	
	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa
<i>Arco doloroso</i>				
<i>Impingement de Neer</i>				
<i>Hawkins-Kennedy</i>				
<i>Yocum</i>				
<i>Jobe</i>				
<i>Drop arm</i>				
<i>Patte</i>				
<i>Sign de dropping</i>				
<i>Napoleón</i>				
<i>Gerber</i>				
<i>Speed</i>				

<i>Yergason</i>				
<i>Aprehensión</i>				
<i>Sulcus</i>				
<i>Cajón anterior</i>				
<i>O'Brien</i>				
<i>Jerk</i>				

Otros hallazgos:

**NOMBRE Y FIRMA DEL MÉDICO**

\_\_\_\_\_ Cédula profesional: \_\_\_\_\_



## B. ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO

# CONSENTIMIENTO INFORMADO

Titulo del Estudio	"Perfil de fuerza isocinética de hombros en escaladores".
Nombre del Investigador Principal	Dr. med Oscar Salas Fraire
Institución	Facultad de Medicina y Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González. Universidad Autónoma de Nuevo León"
Servicio/Departamento	Medicina del Deporte
Teléfono de Contacto	(81) 83465796
Persona de Contacto	Dra. María Fernanda Novoa Vignau

Esta forma de consentimiento informado puede contener palabras que usted no entienda. Por favor pídale a su médico del estudio o al personal del estudio que le explique cualquier palabra o información que no le quede clara.

Su participación en este estudio es voluntaria. Es importante que lea y entienda la siguiente explicación de los procedimientos propuestos. Este documento describe el propósito, los procedimientos, beneficios,

riesgos conocidos, molestias, precauciones del estudio incluyendo la duración y la naturaleza de su participación.

También describe las terapias o tratamientos alternativos conocidas que pueden estar disponibles y su derecho a retirarse del estudio en cualquier momento. No se pueden dar garantías respecto a los resultados del estudio de investigación.

Para ingresar al estudio, Usted como sujeto debe de firmar y fechar este documento con la presencia de dos testigos y finalmente recibirá una copia del mismo.

## **1.- PROPOSITO DEL ESTUDIO**

El 75-90% de los escaladores de roca pueden desarrollar una lesión del miembro superior ya que este deporte exige una alta demanda para los músculos del hombro. Un desequilibrio muscular suele asociarse a lesiones, por tal motivo es importante conocer el perfil de fuerza de estos deportistas para proporcionar información útil para el desarrollo de guías para la planificación de programas de entrenamiento, de rehabilitación y para prevención de lesiones. El perfil de fuerza isocinético es una forma de evaluar la fuerza muscular de una articulación (rodilla, tobillo, hombro, etc.) ya que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos información sobre la capacidad muscular. Se realiza a través de un aparato de isocinecia (que consta de un asiento con distintas palancas

adaptables a diferentes partes del cuerpo) conectado a una computadora que mide de manera objetiva y precisa la fuerza y la potencia muscular. El objetivo principal de esta investigación es conocer el perfil de fuerza isocinética de hombros en escaladores elite y compararlo con un grupo de escaladores recreativos y de no escaladores.

**Se excluirán del estudio a todos los sujetos que demuestren por medio de un interrogatorio y/o evaluación médica de hombros datos de: Historia o presencia de subluxación o luxación de hombro Condiciones inflamatorias con rangos de movilidad de hombro limitados. Fracturas en el miembro evaluado Osteoporosis. Malignidad en el hueso o articulación. Previos procedimientos de cirugía en el miembro evaluado. Condiciones cardiovasculares o sistémicas que puedan impedir la evaluación**

### **3.- MEDICAMENTO/DISPOSITIVO DE ESTUDIO**

**No aplica.**

### **4.- PROCEDIMIENTOS**

Se le realizará una historia clínica médica a través de una serie de preguntas y una evaluación médica de ambos hombros. Posteriormente se tomarán medidas de su peso y talla corporal, se le realizará por medio de medición de los pliegues de la piel mediante un plicómetro (un instrumento para medir los pliegues de la piel) para determinar su tipo y composición corporal. Para la evaluación del perfil de fuerza isocinética se utilizará un aparato (Biodex Multi-Joint System Pro) que consta de un asiento y una palanca conectados a una computadora para medir de manera objetiva y precisa la fuerza y la potencia muscular. Antes y después de las pruebas se le indicará realizar un procedimiento de calentamiento y enfriamiento estándar de 5 minutos. Se le explicará el procedimiento verbalmente, se le pedirá tomar asiento y mediante tres cinturones cruzados en el pecho y en la cintura se le sujetará al asiento para quedar lo más estable y seguro posible. Se sujetará su brazo a una palanca conectada a la computadora y se le permitirá realizar tres repeticiones de movimientos de su brazo con una fuerza muscular menor a la máxima antes de las pruebas para familiarizarse con el procedimiento, posteriormente se le pedirá que realice una serie de movimientos lentos para medir su fuerza máxima y una serie de movimientos rápidos para medir su resistencia a la fatiga (cansancio) con un minuto de descanso entre cada una.

## **5.- TERAPIAS ALTERNATIVOS**

**No aplica**

## **6.- RIESGOS Y MOLESTIAS**

**No esperamos que usted experimente molestia alguna, sin embargo va usted a realizar un trabajo de fuerza máxima en el equipo y al realizar una contracción máxima puede llegar a sentir sensación de fatiga. De cualquier forma en todo momento estará usted acompañado de un médico que se encuentre supervisando el proceso.**

## **7.- POSIBLES BENEFICIOS**

## **8.- NUEVOS HALLAZGOS**

El médico del estudio le informará a usted o a su representante legal acerca de cualquier hallazgo significativo que se desarrolle durante el transcurso de este estudio que pudiera afectar el deseo de seguir participando en este estudio. Usted tiene el derecho de conocerla y tomar la decisión si continúa o no en el estudio.

Usted puede verse beneficiado por su participación en este estudio, aunque no hay garantías de que tenga un beneficio directo por participar en este estudio.

**Conocer su perfil de fuerza isocinética de ambos hombros, conocer si presenta algún desbalance muscular, conocer su porcentaje de grasa corporal y su somatotipo (composición corporal).**

## **9.- RETIRO Y TERMINACIÓN**

Su participación es estrictamente voluntaria. Si desea suspender su participación, puede hacerlo con libertad en cualquier momento. Si elige no participar o retirarse del estudio, su atención médica presente y/o futura no se verá afectada y no incurrirá en sanciones ni perderá los beneficios a los que usted tendría derecho de algún otro modo.

El médico podrá suspender su participación en el estudio, sin su consentimiento, por cualquiera de las siguientes circunstancias:

- 1.- Que el patrocinador del estudio cancele el estudio.
- 2.- Que el médico considere que es lo mejor para Usted.
- 3.- Que necesita algún procedimiento o medicamento que interfiere con esta investigación.
- 4.- Su participación se suspende para cumplir con los requisitos del estudio.
- 5.- Que no ha seguido las indicaciones del médico lo que pudiera traer como consecuencias problemas en Usted.

Se Usted decide retirarse de este estudio, deberá realizar lo siguiente:

- 1.- Notificar a su médico tratante del estudio
- 2.- Deberá de regresar todo el material que su médico le solicite.

Si su participación en el estudio se da por terminada, cualquier que sea la razón, el médico por su seguridad, continuará con seguimientos clínicos, además de podrá utilizar la información médica que se recabó antes de su terminación.

## **10.- COSTOS, REEMBOLSOS Y PAGOS**

Los medicamentos, procedimientos y pruebas relacionadas con el estudio no tendrán ningún costo. Sin embargo puede incurrir en gastos propios a la atención que normalmente recibiría.

**La evaluación será gratuita y el participante no tendrá que hacer ninguna contribución.**

## **11.- CONFIDENCIALIDAD/EXPEDIENTE CLINICO**

Si acepta participar en la investigación, el médico del estudio recabará y registrará información personal confidencial acerca de su salud y de su tratamiento. Esta información no contendrá su nombre completo ni su domicilio, pero podrá contener otra información acerca de Usted, tal como iniciales y su fecha de nacimiento. Toda esta información tiene como finalidad garantizar la integridad científica de la investigación. Su nombre no será conocido fuera de la Institución al menos que lo requiera nuestra Ley.

Usted tiene el derecho de controlar el uso de sus datos personales de acuerdo a la Ley Federal de Protección de datos Personales en Posición de Particulares, así mismo de solicitar el acceso, corrección y oposición de su información personal. La solicitud será procesada de acuerdo a las regulaciones de protección de datos vigentes. Sin embargo, cierta información no podrá estar disponible hasta que el estudio sea completado, esto con la finalidad de proteger la integridad del Estudio.

La Facultad de Medicina y Hospital Universitario así como el Investigador serán los responsables de salvaguardar la información de acuerdo con las regulaciones locales. Usted tiene el derecho de solicitar por escrito al medico un resumen de su expediente clínico.

La información personal acerca de su salud y de su tratamiento del estudio podrá procesarse o transferirse a terceros en otros países para fines de investigación y de reportes de seguridad, incluyendo Agencias reguladoras (Secretaria de Salud SSA) locales así como a comité de Ética en Investigación y de Investigación de nuestra Institución.

Para los propósitos de este estudio, autoridades sanitarias como Secretaria de Salud y Comité de Ética en Investigación y de Investigación de nuestra Institución podrán inspeccionar el expediente clínico, incluso los que fueron recabados antes de su inicio de participación, los cuales pueden incluir su nombre, domicilio y otra información personal. En caso necesario estas auditorías o inspecciones podrán hacer fotocopias de parto o de todo su expediente clínico. La razón de esto es asegurar que el estudio se está llevando a cabo apropiadamente con la finalidad de salvaguardar sus derechos como pacientes en investigación.



Los resultados de este estudio de investigación podrán presentarse en reuniones o en publicaciones.

La información recabada durante este estudio será recopilada en bases de datos del investigador, los cuales podrán ser usados en otros estudios en el futuro. Estos datos no incluirán información médica personal confidencial. Se mantendrá el anonimato.

Al firmar este documento, Usted así como su representante autorizan el uso y revelaciones de la información acerca de su estado de salud y tratamiento identificado en esta forma de consentimiento. No perderá ninguno de sus derechos legales como sujeto de investigación. Si hay cambios en el uso de su información, su médico le informará.

## **12.- INTERVENCIÓN DEL MEDICO FAMILIAR**

Se le informará a su médico de cabecera acerca de su participación en este estudio, enviándole la información médica pertinente si lo solicita así como cualquier información médica relevante.

Para que los médicos de la Institución conozcan de su participación en el estudio, los expedientes clínicos cuentan con un identificador para que el médico de cabecera se ponga en contacto con el Investigador.

### **13.- COMPENSACION Y TRATAMIENTO DE LESIONES**

Si se enferma o se lesiona debido a una complicación o adversidad que sea resultado directo del uso del medicamento/dispositivo o procedimiento en estudio, deberá Usted notificar a su Médico para que el proporcione los cuidados necesarios para el tratamiento de dicha complicación. El tratamiento recibido no tendrá ningún costo y será cubierto por la Institución, así como la indemnización a la cual tendría derecho en caso de requerirla.

Si desea mayor información podrá contactar Lic. Antonio Zapata de la Riva al teléfono (81) 83294050 exts 2870 a 2874.

### **13.- DECLARACIÓN**

Reconozco que me han dado la oportunidad de hacer preguntas relacionadas al estudio de investigación y que todas estas se me han respondido de manera clara y precisa.

Entiendo además si tengo preguntas relacionadas al estudio, así como en el caso de lesiones o complicaciones deberé de notificar de inmediato al investigador con la siguiente información de contacto.

Nombre del Investigador Principal	Dr. med Oscar Salas Fraire
Teléfono de Contacto	(81) 83465796
Teléfono de emergencias	(81) 83465796

Además entiendo que el Comité de Ética en Investigación cuenta con un numero de emergencias para estos casos y que podré contactarlos para notificar de una complicación.

Urgencias Médicas. Comité de Ética en Investigación.  
Teléfono 044-8119085882

En caso de tener alguna pregunta relacionada a mis derechos como sujeto de investigación de la Facultad de Medicina podre contactar al Comité de Ética en Investigación y de Investigación de nuestra Institución al Presidente, **Dr. José Gerardo Garza Leal**, o al Represente legal de los sujetos de Investigación al **Lic Antonio Zapata de la Riva**.

### **Comité de Ética en Investigación y de Investigación**

Av. Francisco I Madero Pte. s/n y Av. Gonzalitos, Col. Mitras Centro, 66460 en Monterrey, Nuevo León México.

Teléfonos: 81-83294050 exts 2870 a 2874

[www.investigacion-medunal.com](http://www.investigacion-medunal.com)

email. [investigacionclinica@meduanl.com](mailto:investigacionclinica@meduanl.com)

Al firmar este consentimiento reconozco que mi participación es voluntaria y que puedo negarme a participar o suspender mi participación en cualquier momento sin sanciones ni pérdidas de los beneficios a los que de otro modo tengo derechos.

Acepto además que mi información personal de mi salud puede utilizarse y transferirse para nuevos estudios de investigación clínica con la finalidad de brindar más información y así contar con nuevas opciones de tratamiento. Entiendo que mi información puede ser auditada o inspeccionada por agencias reguladoras como la Secretaría de Salud así como por la misma Institución.

Se me entrega una copia del consentimiento informado.

### **13.- FIRMAS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Fecha* *Firma de la Sujeto* *Nombre en*  
*letra de molde*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Fecha* *Firma del Primer Testigo*  
*Nombre en letra de molde*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Relación del Primer Testigo con la Sujeto del Estudio* *Dirección*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Fecha*  
*letra de molde*

\_\_\_\_\_  
*Firma del Segundo Testigo* *Nombre en*

\_\_\_\_\_  
*Relación del Primer Testigo con la Sujeto del Estudio* *Dirección*

***II. ASEGURAMIENTO DEL INVESTIGADOR O DEL MIEMBRO DEL EQUIPO***

*He discutido lo anterior con esta persona. A mi más leal saber y entender, el sujeto está proporcionando su consentimiento tanto voluntariamente como de una manera informada, y él/ella posee el derecho legal y la capacidad mental suficiente para otorgar este consentimiento.*

\_\_\_\_\_  
*Fecha* *Firma de la Persona que Obtuvo el*  
*Nombre en letra de molde*  
*Consentimiento/Investigador Principal*

## CAPÍTULO IX

### 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Mermier CM, Janot JM, Parker DL, Swan JG. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *Br J Sports Med.* 2000;34(5):359-65; discussion 366.  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1756253&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Accessed March 10, 2016.
2. MacLeod D, Sutherland DL, Buntin L, et al. Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *J Sports Sci.* 2007;25(12):1433-1443. doi:10.1080/02640410600944550.
3. Wright DM, Royle TJ, Marshall T. Indoor rock climbing: who gets injured? *Br J Sports Med.* 2001;35(3):181-185.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11375878>. Accessed October 16, 2016.
4. Sheel AW. Physiology of sport rock climbing. *Br J Sports Med.*

2004;38(3):355-359.

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1724814&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Accessed March 10, 2016.

5. Rooks MD. Rock climbing injuries. *Sports Med.* 1997;23(4):261-270.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9160482>. Accessed October 16, 2016.
6. Booth J, Marino F, Hill C, Gwinn T. Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *Br J Sports Med.* 1999;33(1):14-18.  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1756138&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Accessed March 10, 2016.
7. Rooks MD, Johnston RB, Ensor CD, McIntosh B, James S. Injury patterns in recreational rock climbers. *Am J Sports Med.* 23(6):683-685.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8600734>. Accessed October 16, 2016.
8. Maitland M. Injuries associated with rock climbing. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1992;16(2):68-73. doi:10.2519/jospt.1992.16.2.68.
9. Watts PB, Martin DT, Durtschi S. Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *J Sports Sci.* 1993;11(2):113-117. doi:10.1080/02640419308729974.
10. Wong EKL, Ng GYF. Isokinetic work profile of shoulder flexors and extensors in sport climbers and nonclimbers. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(9):572-577. doi:10.2519/jospt.2008.2779.

11. Mermier CM, Janot JM, Parker DL, Swan JG. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *Br J Sports Med.* 2000;34(5):359-65; discussion 366.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11049146>. Accessed July 29, 2016.
12. Huesa Jiménez F, García Díaz J, Vargas Montes J. Técnicas Instrumentales de Diagnóstico y Evaluación en Rehabilitación: Dinamometría isocinética. *Rehabilitación.* 2005;39(6):288-296.
13. Perrin DH. *Isokinetic Exercise and Assessment*. Vol First. (Galasyn-Wright L, Roselund D, eds.). Champaign IL: Human Kinetics Publishers; 1993.
14. Thistle HG, Hislop HJ, Moffroid M, Lowman EW. Isokinetic contraction: a new concept of resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil.* 1967;48(6):279-282. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6026595>.  
Accessed January 10, 2017.
15. Ellenbecker TS, Davies GJ. The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Athl Train.* 2000;35(3):338-350.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16558647>. Accessed October 16, 2016.
16. Bollen SR. Upper limb injuries in elite rock climbers. *J R Coll Surg Edinb.* 1990;35(6 Suppl):S18-20. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2079693>.  
Accessed October 16, 2016.
17. Todd S, Ellenbecker PT. A total arm strength isokinetic profile of highly skilled tennis players and its relation to a functional performance



- measurement. *J Biomech.* 1989;22(10):1007.
18. Timm KE, Gennrich P, Burns R, Fyke D. The Mechanical and Physiological Performance Reliability of Selected Isokinetic Dynamometers. *Isokinet Exerc Sci.* 1992;2(4):182-190.  
<http://content.iospress.com/articles/isokinetics-and-exercise-science/ies2-4-06>.
  19. Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, Arrigo CA, Andrews JR. The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(2):60-73. doi:10.2519/jospt.1994.20.2.60.
  20. Ellenbecker TS, Mattalino AJ. Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997;25(5):323-328. doi:10.2519/jospt.1997.25.5.323.
  21. Alderink GJ, Kuck DJ. Isokinetic Shoulder Strength of High School and College-Aged Pitchers\*. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1986;7(4):163-172.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18802268>. Accessed October 22, 2016.
  22. McMaster WC, Long SC, Caiozzo VJ. Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. *Am J Sports Med.* 19(1):72-75.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2008934>. Accessed October 22, 2016.
  23. Brown L, Niehues S, Harrah A, Yavorsky P, Hirshman H. Upper extremity

- range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *Am J Sports Med.* 1988;16(6):577-585.
24. Chan KM, Maffulli N, Korkia P, Li RCT. *Principles and Practice of Isokinetics in Sports Medicine and Rehabilitation.* Hong Kong: Williams & Wilkins; 1996.
  25. Connelly Maddux RE, Kibler WB, Uhl TL. Isokinetic peak torque and work values for the shoulder. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1989;10(7):264-269. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18791321>. Accessed October 22, 2016.
  26. Wong EKL, Ng GYF. Strength profiles of shoulder rotators in healthy sport climbers and nonclimbers. *J Athl Train.* 2009;44(5):527-530. doi:10.4085/1062-6050-44.5.527.
  27. Wilk KE, Arrigo CA, Andrews JR. Standardized Isokinetic Testing Protocol for the Throwing Shoulder: The Throwers' Series. *Isokinet Exerc Sci.* 1991;1(2):63-71.
  28. Grant S, Hynes V, Whittaker A, Aitchison T. Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *J Sports Sci.* 1996;14(4):301-309. doi:10.1080/02640419608727715.
  29. Watts PB, Joubert LM, Lish AK, Mast JD, Wilkins B. Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *Br J Sports Med.* 2003;37(5):420-424.

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1751349&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Accessed May 14, 2016.

30. Viviani F, Calderan M. The somatotype in a group of "top" free-climbers. *J Sports Med Phys Fitness*. 1991;31(4):581-586.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1806738>. Accessed October 23, 2016.
31. Norton K, Olds T, Mazza JC, Cuesta G, Palma M. *Antropométrica*. Vol 1st ed. Rosario, Argentina: Biosystem Servicio Educativo; 2000.
32. Carter JEL, Heath BH. *Somatotyping-Development and Applications*. Vol 1st ed. Cambridge, England: Cambridge University Press; 1990.
33. Carter JEL. The Heath-Carter Anthropometric Somatotype. Instruction Manual. 2002;(March):1-26. doi:10.1201/9781420008784.pt5.
34. Fidelix Y, Berria J, Ferrari E, Ortiz J, Cetolin T, Petroski E. Somatotype of competitive youth soccer players from Brazil. *J Hum Kinet*. 2014;43:259-266. doi:10.2478/hukin-2014-0079.
35. Lee W, Lee L, Kim B, Kim J. Differences in body components and the significance of rehabilitation for taekwondo athletes compared to nonathletes. *Toxicol Environ Health Sci*. 2012;4(3):203–208.  
doi:10.1007/s13530-012-0137-2.
36. Barbieri D, Zaccagni L, Cogo A, Gualdi-Russo E. Body composition and somatotype of experienced mountain climbers. *High Alt Med Biol*. 2012;13(1):46-50. doi:10.1089/ham.2011.1062.

37. Durnin J V, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32(1):77-97.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4843734>. Accessed August 21, 2016.
38. WHO. BMI classification. *BMI Classif.* 2016.  
[http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html). Accessed November 7, 2016.
39. Gutiérrez J, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, et al. *Encuesta Nacional de Salud Y Nutrición 2012*. Cuernavaca; 2012.
40. Watts PB. Physiology of difficult rock climbing. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(4):361-372. doi:10.1007/s00421-003-1036-7.
41. Andrade MS, Vancini RL, de Lira CAB, Mascarin NC, Fachina RJFG, da Silva AC. Shoulder isokinetic profile of male handball players of the Brazilian National Team. *Brazilian J Phys Ther.* 17(6):572-578.  
doi:10.1590/S1413-35552012005000125.
42. Edouard P, Degache F, Oullion R, Plessis J-Y, Gleizes-Cervera S, Calmels P. Shoulder strength imbalances as injury risk in handball. *Int J Sports Med.* 2013;34(7):654-660. doi:10.1055/s-0032-1312587.
43. Yildiz Y, Aydin T, Sekir U, Kiralp MZ, Hazneci B, Kalyon TA. Shoulder terminal range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios in overhead athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2006;16(3):174-180.  
doi:10.1111/j.1600-0838.2005.00471.x.

44. Perrin DH, Robertson RJ, Ray RL. Bilateral Isokinetic Peak Torque, Torque Acceleration Energy, Power, and Work Relationships in Athletes and Nonathletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1987;9(5):184-189. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18797005>. Accessed October 31, 2016.
45. Lertwanich P, Lamsam C, Kulthanan T. Difference in isokinetic strength of the muscles around dominant and nondominant shoulders. *J Med Assoc Thai.* 2006;89(7):948-952. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16881425>. Accessed October 31, 2016.
46. So RC, Siu OT, Chin MK, Chan KM. Bilateral isokinetic variables of the shoulder: a prediction model for young men. *Br J Sports Med.* 1995;29(2):105-109. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7551754>. Accessed October 31, 2016.

## RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

### **MARÍA FERNANDA NOVOA VIGNAU**

Candidata para la especialidad de Medicina del Deporte y Rehabilitación

**Tesis:** PERFIL DE FUERZA ISOCINÉTICA DE HOMBROS EN UN GRUPO DE ESCALADORES ELITE, RECREATIVOS Y NO ESCALADORES.

Campo de estudio: Ciencias de la Salud, Medicina del Deporte y Rehabilitación

### **BIOGRAFÍA**

#### **Datos personales**

Nacida en Monterrey, NL, el 14 de Octubre de 1987, hija de: Ing. Alejandro Novoa Camino y María del Pilar Vignau Ling

#### **Educación**

Egresada de la Universidad de Monterrey con título de Médico Cirujano y Partero

#### **Experiencia profesional**

Médico de equipo en la cobertura del evento “2th World Cup Ultra Triathlon Challenge 2013”, Monterrey, México.

Médico de equipo y Comité Organizador de Medicina del Deporte en la cobertura del evento de “Olimpiada Nacional 2015 Nuevo León”, Monterrey, México.

Médico de equipo de la Delegación Mexicana en la cobertura del evento “28th Summer Universiade 2015”, Federación Internacional del Deporte Universitario, Gwangju, Corea del Sur.