

**CARACTERIZACIÓN DE LA FUERZA DE AGARRE EN LA POBLACIÓN
ENTRE 18 Y 62 AÑOS DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN (ANTIOQUIA). 2009-
2010.**

CO-INVESTIGADORES

JOSÉ DAVID RAMÍREZ PATIÑO

LEIDY JOHANA CORREA LLANO

SANTIAGO MONTOYA GONZÁLEZ

CARLOS ANDRÉS IDÁRRAGA MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD CES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

CONVENIO CES-UAM

PROGRAMA DE FISIOTERAPIA

MEDELLÍN

2010

**CARACTERIZACIÓN DE LA FUERZA DE AGARRE EN LA POBLACIÓN
ENTRE 18 Y 62 AÑOS DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN (ANTIOQUIA). 2009-
2010.**

Investigador

VICENTE AGREDO SILVA

Co-Investigadores

JOSÉ DAVID RAMÍREZ PATIÑO

LEIDY JOHANA CORREA LLANO

SANTIAGO MONTOYA GONZÁLEZ

CARLOS ANDRÉS IDÁRRAGA MARTÍNEZ

INVESTIGACIÓN III: FACULTAD DE FISIOTERAPIA

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: MOVIMIENTO Y SALUD.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DESARROLLO DE LA FISIOTERAPIA

UNIVERSIDAD CES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

CONVENIO CES-UAM

PROGRAMA DE FISIOTERAPIA

MEDELLÍN

2010

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, Octubre de 2010

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN	6
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2.1.1 Descripción del problema	8
2.1.2 Definición del problema	9
2.2 JUSTIFICACIÓN	10
2.3 PREGUNTA CIENTÍFICA	12
3. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	13
4. MODELO TEÓRICO	17
4.1 ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DE LA MANO	17
4.1.1 Fuerza de agarre	17
4.1.2 Fuerza muscular	19
4.1.3 Factores que condicionan la fuerza en el hombre	19
4.1.3.1 Filogenéticos	19
4.1.3.2 Biológicos	21
4.1.3.3 Forma y tamaño del músculo	21
4.1.3.4 Número de fibras musculares	21
4.1.3.5 Modalidad de contracción	22
4.1.4 Comportamiento de la fuerza muscular	25
4.1.5 Tipos de fuerza	28
4.1.6 Valoración de la fuerza muscular	29
5. OBJETIVOS	33
5.1 OBJETIVO GENERAL	33
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33

6. METODOLOGÍA	34
6.1 TIPO	34
6.2 DISEÑO	34
6.3 POBLACIÓN DE REFERENCIA	34
6.3.1 Universo	34
6.3.2 Población	34
6.3.3 Unidad de análisis	34
6.3.4 Muestra	34
6.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	35
6.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	35
6.6 VARIABLES	37
6.6.1 Diagrama de variables	37
6.6.2 Tabla de variables	38
6.7 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	42
6.7.1 Fuentes de Información primarias	42
6.7.2 Fuentes de Información secundarias	42
6.7.3 Proceso de obtención de la información y presentación en terreno	42
6.7.4 Instrumentos de recolección de información	43
6.7.5 Protocolo de Medición	43
6.7.6 Técnica para la medición	44
6.8 PRUEBA PILOTO	45
6.9 CONTROL DE ERRORES Y SESGOS	45
6.10 PLAN DE DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS	46
6.11 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	46
6.11.1 Análisis de la información	46
7. CONSIDERACIONES ÉTICAS	47
8. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	48
8.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	48
8.2 PRESUPUESTO	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. RESUMEN

Introducción. La fuerza muscular y específicamente la fuerza de agarre, es una cualidad física básica necesaria para el desarrollo de todas las actividades de la vida diaria.

Actualmente en la ciudad de Medellín la medición de la fuerza de agarre se valora con base en escalas extranjeras o subjetivas, como es el caso de la escala de Lovett y la escala de Daniels, éstas carecen de objetividad ya sea por las condiciones del evaluador o por la técnica que se emplee a la hora de su aplicación; también se debe contemplar que las otras estrategias de medición se basan en escalas extranjeras que distan mucho de realizarse en sujetos con características somatotípicas, sociodemográficas, nutricionales, etc.; similares a las de la población colombiana y específicamente la ciudad de Medellín, por tanto pierden su verdadero valor cuando son utilizadas.

Desde este punto de vista, el presente estudio tiene como objetivo determinar las características de los valores de la fuerza de agarre de la población entre 18 y 62 años de la ciudad de Medellín (Antioquia).

Metodología. El estudio es de tipo descriptivo correlacional, con un diseño de prevalencia.

La muestra se determinará por rangos de edad en personas entre los 18 y 62 años residentes de la ciudad de Medellín teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión descritos en el estudio.

Los valores de fuerza serán obtenidos mediante la medición dinamométrica y tabulados por rangos de edades, así mismo, se correlacionarán los resultados de

la fuerza de agarre con las variables contempladas en el estudio tales como la edad, el género, la ocupación, el índice de masa corporal, la dominancia, el largo y el ancho de la mano, entre otras; para finalizar con el análisis estadístico univariado y bivariado para determinar cómo dichas variables determinan o no la fuerza de agarre.

Para la obtención de toda la información se contará con un instrumento diseñado para tal fin y los resultados obtenidos en el proyecto de investigación serán recopilados y divulgados con fines expresamente científicos dando cumplimiento de las consideraciones éticas establecidas por el comité institucional y la ley, además de lo expuesto en el consentimiento informado; es decir que se protegerá y respetará la identidad de los sujetos del estudio y los resultados sólo serán publicados como parte del informe final del proyecto de grado y en una revista indexada nacional o internacional.

PALABRAS CLAVES: Dinamómetro de fuerza muscular, fuerza de mano, terapia física, agarre.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.1 Descripción del problema. La fuerza como cualidad física básica de las personas, es necesaria para el desarrollo de todas las actividades de la vida diaria que éstas desempeñan, ésta se encuentra determinada por factores tanto intrínsecos como extrínsecos,¹ y generalmente las alteraciones en los factores condicionantes traen consigo una lesión ya sea de origen músculo-esquelético, vascular o neuromuscular que acarrearán todo un proceso de recuperación de la misma, es allí donde entra la fisioterapia y como tal la intervención que desde esta rama se hace para rehabilitar al paciente, actualmente existe una crítica a la subjetividad de las escalas²³ de medición que son utilizadas en especial por los fisioterapeutas, como es el caso de la escala de Lovett y la escala de Daniels, éstas carecen de objetividad ya sea por las condiciones del evaluador o por la técnica que se emplee a la hora de su aplicación; también se debe contemplar que las otras estrategias de medición se basan en escalas extranjeras que distan mucho de realizarse en sujetos con características somatotípicas, sociodemográficas, nutricionales, etc; similares a las de la población objeto, por tanto pierden su verdadero valor al ser utilizadas; todo lo anterior se suma a la inexistencia en el país de una escala de éstas características que permita tener un punto de comparación entre la normalidad y la enfermedad, siendo una necesidad en miras al desarrollo de la profesión hacia la objetividad. Otro aspecto muy importante que se debe contemplar es el alto predominio de lesiones en miembro superior, en especial por accidentes de trabajo, ya que según la Organización

¹ García Manso JM. LA FUERZA: FUNDAMENTACIÓN, VALORACIÓN Y ENTRENAMIENTO. 1ª ed. Madrid: Ed. GYMNOS; 1999.

² Cutter N, Kevorkian G. MANUAL DE VALORACIÓN MUSCULAR. 1ª ed. Barcelona: Ed. Mc Graw Hill / Interamericana; 2000.

³ Palmer ML, Ecler ME. FUNDAMENTOS DE LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN MUSCULOESQUELÉTICA. 1ª ed. Barcelona: Ed. Paidotribo; 2002.

Discapacidad Colombia “las lesiones de mano son la enfermedad profesional más común y los casos ascienden a 8000 por año, siendo predominante la patología de túnel del carpo”⁴; otra concepción importante dice que si bien los factores de riesgo asociados a las lesiones de miembro superior varían un poco de acuerdo a la región y los oficios de las personas, se ha demostrado que la mayoría de ellas se dan como consecuencia del mal uso de las herramientas de trabajo que trae como resultado una incapacidad para laborar por un tiempo determinado, por lo cual se debe considerar también la repercusión económica que trae esta situación tanto para la persona en edad productiva con limitación, como para su empleador.

Teniendo en cuenta todo lo anterior y sin demeritar la función de todo el miembro superior, en esta investigación se considera que la fuerza más funcional y por ende la que más alteraciones y limitación para las actividades trae en todo tipo de lesiones de miembros superiores, es la fuerza de agarre; por tanto la medición, registro, análisis de resultados y creación de una base de datos con los valores de la fuerza de agarre obtenidos para cada rango de edad en la población objeto por medio de un instrumento objetivo y validado internacionalmente como es el dinamómetro, se ganaría terreno en cuanto a la evaluación, el diagnóstico y la intervención brindados por la fisioterapia y las profesiones afines en el campo de la salud, tanto en pacientes sanos como en pacientes con lesiones, considerando además la reducción en los costos causados por las enfermedades profesionales y el prestigio que daría a la fisioterapia como profesión la creación futura de una escala de medida objetiva ajustada a la normalidad del individuo teniendo en cuenta las bases que se pretenden dar con los valores obtenidos en esta investigación.

2.1.2 Definición del problema. Teniendo clara la referencia al medio local y nacional; y en vista de la polémica que existe dentro de los profesionales de la salud sobre la viabilidad que tiene la utilización y aplicación de escalas de

⁴ Discapacidad Colombia. 2009; Available at: comunicaciones@discapacidadcolombia.com, 2003.

medición subjetivas para valorar la fuerza muscular como es el caso la escala de Lovett, escala de Daniels⁵ y de otras escalas internacionales que si bien fueron avaladas en su respectivo país y son objetivas para su población, fueron realizadas en individuos con características somatotípicas, sociodemográficas, nutricionales y ambientales muy diferentes a los de la población medellinense, hecho que hace perder su objetividad para la misma; además de contemplar factores epidemiológicos y el respectivo costo económico tratados anteriormente en la descripción del problema se observa como buena alternativa la creación de una tabla objetiva de los valores de la fuerza de agarre correlacionada además con otras variables descritas más adelante, que a su vez solucionarían la necesidad primordial de conocer sus respectivas características. Todo lo anterior se ajustaría a las cualidades propias de la población objeto y serviría de herramienta para una intervención más eficaz y objetiva desde la evaluación, tratamiento y rehabilitación dados por la fisioterapia tanto a población enferma como sana, incluyendo también un seguimiento oportuno de los usuarios.

2.2 JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado en el planteamiento del problema de investigación, la valoración de la fuerza muscular, es un procedimiento subjetivo⁶ actualmente en el medio local, debido en gran medida a las múltiples limitaciones con las que se encuentran los fisioterapeutas o profesionales afines al campo de la salud al utilizar las diferentes escalas de medición; a partir de la necesidad de establecer medidas objetivas para la población local por medio de equipos certificados como el dinamómetro y teniendo en cuenta las deficiencias frente a la veracidad y aplicabilidad de los resultados, así como las posteriores consecuencias en el tratamiento de cada paciente, nace la idea de caracterizar los valores de la fuerza

⁵ Cutter N, Kevorkian G. MANUAL DE VALORACIÓN MUSCULAR. 1ª ed. Barcelona: Ed. Mc Graw Hill / Interamericana; 2000.

⁶ *Ibíd.*

muscular de agarre correlacionada con variables biomédicas y sociodemográficas propias de la población de Medellín, lo que arrojaría valores que no distan mucho de las del resto de población nacional, y por tanto tienen más confiabilidad y objetividad para ser utilizadas que las de las ya mencionadas escalas; de esta manera la obtención de éstos valores y el respectivo análisis de su influencia sobre la variable respuesta se convierte en un facilitador para la profesión ya que se podría realizar una mejor evaluación que nos lleve hacia un adecuado diagnóstico y por ende a una intervención exitosa con su respectivo seguimiento; teniendo en cuenta también que las enfermedades profesionales que más se presentan en el país son las asociadas con la mano específicamente y éstas a su vez afectan principalmente a la población en edad productiva, la cual por sus ocupaciones y necesidades están obligados a una “rehabilitación” acelerada e incompleta de su enfermedad, añadiendo además que después de los ojos, las manos son quizás la parte más importante para la ejecución de nuestras tareas y encontrando como un común denominador para todas las lesiones que afectan el miembro superior una pérdida de la fuerza muscular⁷; se hace muy importante una rehabilitación integral con énfasis en la recuperación de la fuerza muscular perdida como principal limitación para lograr un adecuado retorno a sus actividades básicas cotidianas y laborales, asegurando así su productividad y disminuyendo las consecuencias económicas que trae consigo una incapacidad prolongada tanto para el trabajador como para el empleador, teniendo una excelente relación costo beneficio; en todo lo anterior tiene una activa e importante participación la fisioterapia como principal disciplina en la rehabilitación de la función, por lo cual, es visible la importancia que cobra una iniciativa como ésta y los múltiples beneficios para los diferentes campos y profesionales de la salud, la economía y la comunidad en general, así como para el desarrollo de la ciudad al ponerse a la vanguardia de las principales ciudades del mundo donde se han llevado a cabo este tipo de estudios y se utilizan las escalas obtenidas de los valores propios para

⁷ Jaramillo JC, Mejía LS, Pérez C. Fracturas y luxaciones del miembro superior. In: Jaramillo JC, editor. FUNDAMENTOS DE CIRUGÍA: ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA. 5ª ed. Medellín: Ed. CIB; 2002. p. 375-402.

medir la fuerza muscular de sus habitantes, por tanto, se considera una idea viable y necesaria tanto en ámbito local como está planteado y seguramente nacional en pro del desarrollo que cada día se busca, cabe también indicar que la aplicabilidad de los resultados no está limitada única y exclusivamente a los pacientes sujetos a la rehabilitación o con una patología de por medio, pues también puede ser útil la utilización de este estudio en el tratamiento de pacientes sanos como deportistas o individuos cuyo interés sea potencializar la fuerza muscular y se necesite una prescripción del ejercicio; por todo lo anterior; se tiene la plena confianza que esta investigación puede convertirse en una gran herramienta no sólo para los fisioterapeutas y profesionales afines, sino también y con una mayor relevancia se ve beneficiada la población, gracias a que los resultados tendrán aplicabilidad a mediano plazo en la medida en que se enfoque correctamente la acción a la que sean sometidos.

Otro aspecto que se considera finalmente pero no por esto es menos importante que los demás, hace referencia a la innovación en este tipo de proyectos en la ciudad y en el país, en el cual se da relevancia al enfoque social y clínico que se pretende con esta investigación.

2.3 PREGUNTA CIENTÍFICA

Según lo mencionado resulta necesario plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las características de la fuerza de agarre en la población entre 18 y 62 años de la ciudad de Medellín (Antioquia)?

3. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Diferentes estudios realizados en distintas partes del mundo permiten orientar, sustentar y definir variables de interés para el presente proyecto. En primer lugar se encontró un estudio llamado “Evaluación de la fuerza de puño en sujetos adultos sanos mayores de 20 años de la región metropolitana”; es una tesis realizada en Chile con el objetivo de determinar la variabilidad de la fuerza de puño en ambas manos en hombres y mujeres entre 20 y 70 años, en la región metropolitana, a través de mediciones dinamométricas, y así, registrar la fuerza normal de puño para personas sanas en este rango de edad. El estudio incluyó 839 sujetos libres que cumplieran los criterios de inclusión, la evaluación consistía en medir el ancho y el largo de la mano para determinar la relación existente entre estas variables y la fuerza de puño. Las variables del estudio fueron: fuerza de puño (conceptual) fuerza ejercida al realizar puño cilíndrico, fuerza de puño (operacional) uso del dinamómetro Jamar, dominancia manual, largo y ancho de la mano. Encontraron que la variabilidad de la fuerza de puño de las mujeres es menor que la de los hombres en ambas manos y que tanto para el largo como para el ancho se encontró una correlación directa con la fuerza de puño.⁸

Posteriormente y siguiendo con la búsqueda de antecedentes que enriquezcan el presente proyecto se menciona el denominado “Fuerza máxima y resistencia muscular de agarre manual en regatistas de vela ligera de la clase Tornado” fue un estudio realizado en España con el fin de determinar las posibles diferencias de fuerza máxima y resistencia muscular de agarre manual entre regatistas, patrones y tripulantes, de la clase olímpica Tornado y sujetos que no practican vela, y valorar además las posibles diferencias entre ambas manos. Con una población de estudio de 38 hombres de los cuales 19 eran regatistas, se realizó la

⁸ J. Manh Arteaga, P. Romero Dapueto. Evaluación de la fuerza de puño en sujetos adultos sanos mayores de 20 años de la región metropolitana. Santiago de Chile: Universidad de Chile; 2005.

evaluación de la fuerza con un dinamómetro de agarre manual Jamar J5030. El protocolo de valoración de la fuerza consistió en 3 repeticiones máximas con 1 min de descanso entre ellas, y el de resistencia muscular, en 1 min de contracción isométrica máxima. Las variables que tuvieron en cuenta fueron: Edad, talla, peso, índice de masa corporal y fuerza máxima de mano dominante y no dominante. En este estudio se encontró que la fuerza de los regatistas era medio superior en el test de fuerza máxima en comparación con el grupo control y que la mano dominante consigue valores de fuerza ligeramente más elevados.⁹

Del mismo modo y continuando con estudios realizados en España se citan otros dos artículos, uno de ellos denominado “Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel” fue un estudio realizado en León, con el objetivo de construir tablas de valores teóricos de fuerza de la mano para la población adulta del Área Sanitaria de Teruel. La población para este estudio fueron personas con edad mayor o igual a 20 años que fuera residente del área sanitaria de Teruel que no tuvieran ninguna discapacidad física y que voluntariamente participaran. Los participantes fueron 1.113 hombres y 1.157 mujeres, la fuerza de la mano se midió con un dinamómetro Druck calibrado en kilogramos con el brazo en extensión, paralelo al cuerpo y sin apoyo. Se hicieron 2 determinaciones para cada mano dejando descansar unos segundos entre ellas y anotando el valor máximo para cada mano. Se construyen tablas para ambos sexos, por décadas de edad, con los percentiles correspondientes para valores de mano derecha, mano izquierda y valor medio de ambas manos. Los resultados arrojaron que la fuerza es mayor en la mano derecha que en la izquierda en ambos sexos. Los valores máximos se encuentran entre los 20 y los 40 años comenzando a descender más de un 8% por década. Las variables que se tuvieron en cuenta fueron: talla y peso para sacar el Índice de masa corporal que indica el estado nutricional de los

⁹ Barrionuevo Vallejo JM, Fructuoso Rosique D, Hernández Rose E, Martínez González-Moro I. Fuerza máxima y resistencia muscular de agarre manual en regatistas de vela ligera de la clase Tornado. *Apunts. Medicina de L'esport* 2007;156:161-168.

participantes, mano dominante y edad. Y concluyen que la fuerza se pierde de forma progresiva a partir de los 50 años y que hay relación entre la fuerza de la mano y el estado nutricional valorado por el índice de masa corporal.¹⁰

El otro estudio nombrado “Valores normales y límites de la normalidad de la fuerza de la mano determinados con dinamometría” fue realizado en Madrid, con el objetivo de establecer valores normales y puntos de corte de la dinamometría. Fueron evaluados 517 voluntarios (267 hombres y 229 mujeres) con edades que comprendidas entre 17 y 97 años. La medición se realizó en ambos brazos en 3 determinaciones consecutivas, tomando como valor normal el más alto de las tres determinaciones y se calculó el valor correspondiente al 85% del valor normal. Se analizaron los resultados según la edad, sexo, peso, altura y miembro dominante. Estableciendo los valores límites de la normalidad según género y edad. Como resultado se encuentra que los valores normales de la dinamometría deben estratificarse por sexo y edad ya que la fuerza de la mano es menor en mujeres y varía con la edad disminuyendo a partir de la séptima década.¹¹

A partir de lo que se ha revisado en los estudios citados variables como el género, la edad, la dominancia y el Trofismo son indispensables en el proceso de obtención e interpretación de resultados en cuanto a la fuerza de agarre refiere y por tal motivo son tenidos en cuenta en el proyecto.

Para terminar, se citan dos estudios más llevados a cabo en Estados Unidos y Brasil. El estudio norteamericano se titula “Agarre y fuerza de pinza: datos normativos para adultos”. Tuvo como objetivo establecer la normativa clínica para adultos en edades comprendidas entre 20 a 75 y más años con 4 pruebas de fuerza de la mano. En el estudio se utilizó un dinamómetro para medir la fuerza

¹⁰ Mateo Lázaro ML, Penacho Lázaro MA, Berisa Losantos F, Plaza Bayo A. Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel. *Nutrición Hospitalaria* 2008;23(1):35-40.

¹¹ Luna Heredia E, Martín Peña G, Ruiz Galiana J. Valores normales y límites de la normalidad de la fuerza de la mano determinados con dinamometría. *Nutrición Hospitalaria* 2004;19(1):80.

de agarre y una medida de la pinza. La población de estudio fue de 310 hombres y 328 mujeres, con edades entre 20 a 94 años de siete condados del área de Milwaukee que fueron incluidos. Los datos de la mano derecha y de la mano izquierda fueron estratificados en 12 categorías de edad para ambos sexos. Esta estratificación proporciona el medio de comparación individual de los pacientes de la misma edad y sexo. Los resultados del estudio mostraron que la fuerza de agarre es mayor en las edades comprendidas entre 25 y 39 años y que hay una disminución a partir de los 60 a 79 años. La comparación de la fuerza media de la mano dominante derecha y mano dominante izquierda mostró diferencias sólo mínimas.¹²

Por otro lado, en la investigación brasileña titulada “Estudio poblacional de la fuerza de prensión palmar con dinamómetro Jamar”, participaron 800 personas de ambos sexos y se les evaluó la fuerza de prensión palmar que fue medida con un dinamómetro Jamar de la siguiente manera: las personas sentadas con hombro aducido con flexión de codo a 90 grados y muñeca en posición neutra, se registraron 3 mediciones dando 1 minuto de descanso por cada medición, alternando el lado dominante y el lado no dominante y se anota el mayor valor y con los datos se correlacionaron con las variables que propuso el estudio que fueron: edad, sexo y mano dominante y los resultados fueron dados por análisis estadísticos. Los autores llegaron a la conclusión de que la fuerza de prensión palmar es significativamente mayor en los hombres en comparación con las mujeres en todos los grupos de edad y en ambas manos (dominante y no dominante), el lado dominante es más fuerte que el lado no dominante en ambos sexos en todas las edades.¹³

¹² Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 1985 Febrero;66(4):69-74.

¹³ Caporrino FA, Faloppa F, Gomes Dos Santos, J. B., Réssio C, Do Couto Soares, F. H., Nakachima L, et al. Estudo populacional da força de prensão palmar com dinamômetro Jamar. Bras. Ortop. 1998 Fevereiro;33(2):150-154.

4. MODELO TEÓRICO

4.1 ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DE LA MANO

4.1.1 Fuerza de agarre.¹⁴ El acto motor en la medición dinamométrica es una prensa cilíndrica con la totalidad de la mano. Se realiza en un primer momento una contracción isotónica de los músculos intrínsecos e extrínsecos de la mano, y luego una contracción isométrica de los mismos. En la realización del puño los dedos están flexionados, incluido el pulgar.

Los músculos que se activan son el flexor común profundo de los dedos, el flexor común superficial de los dedos, el flexor largo del pulgar, y los músculos intrínsecos de la mano como los músculos de la eminencia tenar (flexor corto del pulgar, aductor del pulgar y oponente del pulgar); y de la hipotenar (flexor corto del quinto dedo), los interóseos y los lumbricales. La musculatura extrínseca se ocupa en proporción al esfuerzo que se desee realizar, y los intrínsecos más bien ajustan la posición de los dedos (Miralles 1998)

El flexor común profundo de los dedos realiza la flexión de las articulaciones interfalángicas distales del 2°, 3°, 4° y 5° dedo. El flexor común superficial realiza la flexión de las articulaciones interfalángicas proximales de estos mismos dedos. El flexor largo del pulgar realiza la flexión de la articulación interfalángica de ese dedo. El flexor corto del pulgar realiza la flexión de la articulación metacarpo falángica del pulgar, asistiendo la oposición. El oponente del pulgar realiza la acción que dice su nombre, es decir, un movimiento combinado de flexión de la metacarpofalángica y rotación medial de éste. El flexor corto del 5° dedo realiza la flexión de la articulación metacarpofalángica de este dedo. Los músculos

¹⁴ J. Manh Arteaga, P. Romero Dapueto. Evaluación de la fuerza de puño en sujetos adultos sanos mayores de 20 años de la región metropolitana. Santiago de Chile: Universidad de Chile; 2005.

interóseos son flexores, abductores-aductores de las articulaciones metacarpofalángicas. Los músculos lumbricales son flexores de las articulaciones metacarpo falángicas del 2° al 5° dedo. En resumen, los músculos extrínsecos de los dedos originados en el antebrazo inician la fuerza, los músculos tenares e interóseos rotan las falanges y flexionan las metacarpofalángicas ayudados por los lumbricales.

El nervio mediano y el ulnar son los que controlan la ejecución de los músculos intrínsecos de la mano. Con una pérdida de los músculos interóseos, músculos de la eminencia tenar e hipotenar, ocurren grandes deficiencias en la fuerza total de la mano.

El nervio radial no participa en la inervación motora intrínseca de la mano pero si en la extrínseca. Es el encargado de inervar los músculos que facilitan la extensión de la muñeca y dedos. La disfunción de este nervio afectara indirectamente a la fuerza de agarre. Una lesión del nervio radial causa una caída de la mano cambiando la posición de la muñeca y las longitudes funcionales de los tendones flexores de los dedos, lo que impide una prensa eficaz con la mano. Además una disfunción de los músculos extensores de la mano creará un desbalance muscular entre estos y los flexores, lo que se traduce en una capacidad prensil disminuida.

Al realizar la prensión existen diversas sinergias musculares. La inclinación cubital entre 0° – 15 °, se logra mediante la contracción del musculo cubital anterior, con lo que se logra una mayor potencia al aumentar el brazo de palanca en un eje longitudinal. La posición de ligera extensión de muñeca se logra gracias a un sinergismo entre el primero y segundo radial externo con los músculos profundos y superficiales de los dedos, optimizando así la acción de los flexores y constituyendo una posición funcional.

Cuando la mano realiza la prensión de un objeto las fuerzas compresivas se transmiten de distal a proximal, transmitiéndose hacia el antebrazo a través del carpo. Estas fuerzas son consecuencia de la carga externa que se transmite entre los metacarpianos y como resultado de la acción de los distintos músculos y ligamentos necesarios para lograr la estabilidad. (García – Elías 1997).

4.1.2 Fuerza muscular.

Definiciones:

- Capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo: iniciar o detener el movimiento de un cuerpo, aumentar o reducir su velocidad o hacerle cambiar de dirección (J.J. González - Badillo)¹⁵.
- Es la capacidad neuromuscular para desarrollar la fuerza, vencer o ceder ante resistencias externas o reaccionar contra ellas, gracias a la contracción muscular.(García – Manso)¹⁶
- Capacidad de un grupo muscular para desarrollar una fuerza contráctil máxima, contra una resistencia en una sola contracción (Heyward)¹⁷

4.1.3 Factores que condicionan la fuerza en el hombre.¹⁸¹⁹

4.1.3.1 Filogenéticos: se destacan la hipertrofia muscular, coordinación inter e intramuscular, velocidad de contracción, intensidad y frecuencia del estímulo nervioso.

¹⁵ González Badillo JJ, Gorostiaga E editors. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicacion al alto rendimiento. 3ª ed.: Ed. INDE; 2002.

¹⁶ García Manso JM. LA FUERZA: FUNDAMENTACIÓN, VALORACIÓN Y ENTRENAMIENTO. 1ª ed. Madrid: Ed. GYMNOS; 1999.

¹⁷ Heyward VH. EVALUACIÓN DE LA APTITUD Y PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO. 5ª ed. Madrid: Ed. Panamericana; 2008.

¹⁸ *Ibíd.*

¹⁹ Viladot Voegeli A editor. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. : Ed. MASSON; 2001.

Durante la contracción muscular, la tensión muscular depende del número y dimensiones de las fibras musculares que se contraen, así como la intensidad con la que ésta se produce. Cada una de las fibras se contrae según el número de potenciales de acción (frecuencia de estimulación) y según las características mecánicas con las que se efectúe la contracción (longitud idónea). El grado de sincronismo de las fibras de los músculos agonistas al contraerse, la relajación adecuada de los músculos antagonistas y el tiempo de contracción también son factores determinantes para mejorar el grado de contracción muscular.

V.E. Vedeski, 1985, demostró que el mejor efecto en la contracción muscular se logra con una frecuencia óptima de estímulos nerviosos. Según el propio autor, cuando la frecuencia es excesiva, disminuyen las posibilidades de fuerza de los músculos.

Si la frecuencia de estimulación al músculo es cada vez mayor, se obtendrán contracciones sucesivas aumentadas como respuestas motoras, pero con la característica de que aparecerán en tiempos cada vez más cortos, después de que las contracciones se fusionen (tetanización), llegando a la frecuencia crítica de estimulación y una vez alcanzado, un aumento del ritmo de estimulación sólo aumentará ligeramente la fuerza de contracción hasta que finalmente se origine el estado de fatiga muscular, cuando por la incapacidad de los procesos contráctiles y metabólicos de las fibras musculares, para seguir produciendo el mismo trabajo durante un tiempo prolongado en una frecuencia de estimulación creciente.

Todo esto depende del buen funcionamiento del sistema nervioso, a través órdenes motoras específicas, que permite aumentar la fuerza muscular con el entrenamiento adecuado.

4.1.3.2 Biológicos: estructuras de las fibras: hipertrofia e hiperplasia, morfología muscular, aspectos neuromusculares: modelos de reclutamiento de fibras, fuentes energéticas, comportamiento hormonal, edad y género.

4.1.3.3 Forma y tamaño del músculo: la anatomía ha determinado 4 tipos de músculos de acuerdo con el ordenamiento e inserción de las fibras musculares esqueléticas. En tal sentido, los músculos pueden ser fusiformes, peniformes, bipeniformes y multipeniformes. Esta disposición de las fibras influye de forma directa en las posibilidades de fuerza de la contracción en el músculo que trabaja, por tal razón, en músculos cuyas fibras están distribuidas en forma de huso (fusiformes), la contracción será menos potente que en aquellos músculos cuyas fibras se insertan a cada lado de un tendón central (peniformes).

Los músculos fusiformes son los que permiten al cuerpo la realización de movimientos rápidos y de gran amplitud los músculos peniformes de lo contrario, son los que permiten movimientos de menor amplitud, pero más potentes. El músculo fusiforme puede acortarse mucho más que el peniforme.

4.1.3.4 Número de fibras musculares: a mayor grado de especificidad o de control necesario de la contracción, menor número de fibras musculares en las unidades motoras. Cuanto mayor es el número de fibras que intervienen en la acción, mayor es la fuerza de contracción resultante. Los músculos responsables de las acciones burdas y de potencia, pueden contener hasta 2.600 fibras. Esto se denomina motricidad imprecisa. A diferencia de los músculos encargados de la motricidad fina los cuales tienen un número inferior de fibras musculares.

A pesar de estas diferencias, su esquema funcional es muy similar, tanto en los patrones estructurales como en el proceso de contracción, por lo cual la capacidad de acortamiento muscular depende de la longitud, dirección y concentración de las fibras en el vientre muscular.

4.1.3.5 Modalidad de contracción: existen dos tipos de contracciones musculares según lo describe la literatura, la contracción excéntrica que es aquella fuerza de resistencia que es mayor que la generada por el músculo por lo cual este se alarga, de lo contrario si la carga que resiste es menor que la fuerza que genera, el músculo se acorta, lo que se denomina contracción concéntrica.

Es más fácil y eficaz la interacción de los filamentos gruesos y finos del sarcómero en el músculo elongado, en cambio el músculo que se encuentra acortado existe más dificultad para generar tensión y el movimiento resulta más difícil.

Edad: los valores máximos de la fuerza muscular se alcanzan de 25-30 años aproximadamente, a partir de esta edad empieza a disminuir la fuerza contráctil, en especial en sujetos no entrenados. En individuos jóvenes pueden ser mejores en función del peso y en personas mayores en función del entrenamiento.

Sexo: hasta la pubertad prácticamente no existen diferencias valorables entre ambos sexos. A partir de este momento, la fuerza muscular máxima que puede alcanzarse es inferior en la mujer, debido quizás al aumento de la grasa corporal en relación con la musculatura y a las influencias hormonales (bajo nivel de andrógenos y anabolizantes), además de otros factores socioculturales.

Peso corporal: la musculatura constituye el 43% del peso corporal total, por ende el peso de un individuo puede estar directamente relacionado con el desarrollo de la musculatura, siempre y cuando no se trate de un obeso. En general, el músculo de gran dimensión suele poseer mayor capacidad de tensión, aunque no siempre es así, ya que algunos casos el mayor volumen puede deberse a un alto contenido en fibras de colágeno.

Entrenamiento: este es un factor altamente decisivo, tanto por la hipertrofia muscular, la cual es responsable directa del aumento de los valores de tensión

muscular alcanzables; como por el aumento de la resistencia a la fatiga, y por las modificaciones metabólicas de la fibra, con el incremento de las actividades enzimáticas y bioquímicas.

Mecánicos: Tipo de palanca, ángulo de tracción, momento de inercia longitud del brazo de palanca muscular, elasticidad.

Según García Manso, 1999.²⁰ El tipo de palanca más adecuada es la de segundo género para la elaboración de una mayor fuerza muscular (en el hombre solo en la mandíbula y en el tobillo). El ángulo de tracción más apropiado es el de 90 grados y se aumenta la fuerza con la inercia a favor.

Los factores biomecánicos que condicionan el desarrollo de la fuerza son de tipo genéticos o de constitución, por ejemplo, la longitud de los huesos, los ángulos de inserción del músculo y otros. Si se piensa en la articulación del codo como en un sistema de palancas, se verá que el músculo bíceps produce la flexión de esta articulación. La posición de inserción del bíceps en el antebrazo determinará en gran medida cuánta fuerza es capaz de generar. Si hay 2 atletas, A y B, y A tiene una inserción del bíceps más próxima a la articulación del codo que B, A tendrá que producir un mayor esfuerzo con el bíceps para mantener el peso en un ángulo recto porque la longitud del brazo que realiza el esfuerzo será mayor que la de B.

También, el estiramiento previo del músculo, siempre que no sea excesivo, favorece una mayor contracción y por tanto produce una mayor fuerza efectiva.²¹

Extrínsecos:²² Clima, alimentación, entrenamiento: método, sesiones.

²⁰ García Manso JM. LA FUERZA: FUNDAMENTACIÓN, VALORACIÓN Y ENTRENAMIENTO. 1ª ed. Madrid: Ed. GYMNOS; 1999.

²¹ Marcela Vaisberg. Tipo de fibra y éxito deportivo. 2010; Available at: www.todoslogimnasios.com.ar.

²² Colegio Claret Aranda. LA FUERZA. Departamento de Educación Física. 2009; Available at: www.coami.com.

La alimentación: la alimentación es fundamental para el entrenamiento de la fuerza. Unos aportes equilibrados de proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales y vitaminas favorecen un buen funcionamiento del músculo.

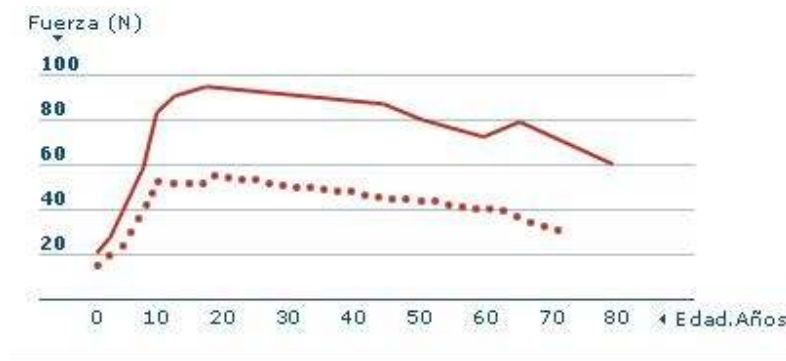
La temperatura muscular: recientes estudios han demostrado que no se produce un aumento significativo de la fuerza por estar caliente, pero que el riesgo de lesión y la concentración son factores lo suficientemente importantes como para que el calentamiento siga siendo esencial, sin embargo, es importante indicar que un buen calentamiento aumenta el flujo sanguíneo y por tanto el aporte de oxígeno mejorando con ello el funcionamiento muscular.

La temperatura ambiente: las temperaturas medias favorecen la capacidad de contracción, mientras que las temperaturas excesivamente bajas y altas reducen la capacidad de contracción muscular.

Volitivos: la Motivación puede aumentar los resultados de fuerza muscular hasta en un 30 %, la atención, concentración, espíritu de sacrificio y la constancia relacionada con la continuidad y con la progresión en el entrenamiento favorecen la fuerza.²³

²³ Góngora L editor. Principios bilógicos y fisiológicos del entrenamiento de fuerza. Madrid (España): Educación física.

4.1.4 Comportamiento de la fuerza muscular.²⁴



Evolución de los valores medios de fuerza de presión de la mano, desde la infancia hasta la vejez, en hombres (curva de arriba) y en mujeres sedentarias. (Israel, 1992)

La evolución de la fuerza de prensión en hombres y mujeres tiene un pico de crecimiento característico que se da aproximadamente a los 18 años de edad conservándose de forma regular hasta los 30 años y de allí hasta los 50 años se presenta un decrecimiento significativo que tiene su pico de inflexión a los 65 años aproximadamente (Israel 1992), esto explicado por la disminución de la fuerza muscular asociada al envejecimiento a causa de la sarcopenia propia del adulto mayor, como lo referencian diferentes autores (Lexell 1988, Clement 1974, Bassey y Harris 1993, Anianson 1983, 1986, 1992 y Evans 1997, Mathiowest 1985).

En relación con el género y la edad, cuando partimos de la consideración de la fuerza muscular en relación al sexo, podemos determinar que en las más tempranas edades prácticamente no existen diferencias de fuerza muscular entre los niños y niñas (Hollmann, Hettinger, 1976, 1980, 1990; Astrand, Rodahl, 1992). Los pequeños, cualquiera sea su sexo, no aumentan su fuerza muscular debido al

²⁴ García Manso JM. LA FUERZA: FUNDAMENTACIÓN, VALORACIÓN Y ENTRENAMIENTO. 1ª ed. Madrid: Ed. GYMNOS; 1999.

entrenamiento. Recién a partir de los 8, 9 años esto puede ocurrir, pero por una mejor coordinación intramuscular e intermuscular. Los niños en estos casos están mejor capacitados técnicamente para el manejo tanto de cargas exógenas como también del propio cuerpo: son "más fuertes". En cambio con el incremento de la dinámica de la secreción hormonal que se empieza a producir aproximadamente a los 12, 13 años y con la finalización de la mielinización, la fuerza muscular se incrementa sensiblemente. Esto se destaca especialmente en el caso de los varones, los cuales se distancian de las mujeres jóvenes en cuanto a la fuerza muscular especialmente por la secreción de la testosterona, con mayor hipertrofia muscular, en otras palabras: la dinámica de la actividad hormonal constituye un factor preponderante y diferencial entre ambos sexos (Asmusen, 1973; Martin, 1988); Mientras que la hipertrofia en las niñas se detiene aproximadamente a los 13 años, mientras que en los varones esta se sigue incrementando hasta aproximadamente los 18, 19 años de edad (Hettinger, 1990; Fetz, 1982). Estos valores hay que destacarlos en personas que no se entrenan. Sin embargo con un sistemático entrenamiento para el desarrollo de la fuerza, esta se puede seguir incrementando hasta aproximadamente pasados los 30 años de edad. A partir de los 50 años la fuerza empieza a decrecer, y según algunos autores la disminución de la fuerza debe asociarse a la paulatina atrofia de la masa muscular, con una pérdida de hasta un 60% de los valores de la magnitud inicial, con desaparición de motoneuronas y de las fibras musculares de contracción rápida (Asmusen, 1973; Willmore; Costill, 1994).

Otras investigaciones (Breuning, 1985) han demostrado inclusive que en el caso de los niños, el incremento de la fuerza no solamente se produce durante el proceso del entrenamiento, sino que esta sigue desarrollándose durante cierto período aún después de interrumpirse dicho proceso, y por encima de los niños que no se han entrenado. Estos últimos siguen incrementando su fuerza únicamente por el proceso de maduración. ¿Qué es lo que sucede con la fuerza muscular y su hipertrofia con la 3ra. Edad? Se ha podido comprobar que personas

de edad avanzada, que nunca entrenaron en fuerza o que abandonaron su práctica ya hace varias décadas, con un entrenamiento sistemático con pesas obtuvieron un significativo incremento de la fuerza muscular y también hipertrofia de las masas musculares involucradas en el entrenamiento (Hollmann, Hettinger, 1990). De todas maneras podemos expresar que la disminución de la fuerza muscular en personas mayores a los 60 años, aunque se mantengan en constante entrenamiento, se manifiesta en los valores de 75 a 80% en relación a edades más tempranas (Astrand, Rodhal, 1992). De todas maneras la diferencia de fuerza muscular que existe entre ambos sexos se manifiesta como un fenómeno cuantitativo y no cualitativo, es decir, que la fibra muscular del hombre no es más fuerte que en el caso de la mujer, sino que esta capacidad es un síntoma de mayor cantidad de fibras en el caso de los varones. Hay que destacar además que la mejor respuesta de la mujer al entrenamiento de la fuerza es el incremento de dicha cualidad, aunque no necesariamente con hipertrofia (Barret, 1990). Sin embargo otros estudios han comprobado resultados diferentes, y en los cuales se constató que la respuesta al entrenamiento de la fuerza muscular era bastante similar en ambos sexos (Cureton, 1988; Colliander, 1990; Garfinkel, 1992).

Biomecánicamente el cuerpo humano está integrado, entre otras cosas, por un elevado número de palancas los cuales permiten desarrollar trabajo mecánico en diversas magnitudes. En relación al desarrollo de fuerza muscular la palanca corta presenta ventajas sobre la palanca más larga. Teniendo en cuenta que la palanca consta de un brazo de resistencia y otro de potencia, se puede determinar que cuanto más alejado se encuentra la aplicación de la resistencia, tanto mayor será necesario el desarrollo de fuerza. Por el contrario, cuanto mayor sea el brazo de fuerza o potencia, tanto menor será la necesidad de aplicar fuerza tanto para mantener o desplazar una oposición. Esto se aprecia muy bien en una palanca de tercer género (en donde en un extremo está la resistencia, por el otro el eje de giro o fulcro, mientras que en el medio la aplicación de la fuerza o potencia).

4.1.5 Tipos de fuerza²⁵²⁶

- **Fuerza de base o general:** manifestación exterior de fuerza muscular.
- **Fuerza máxima:** es la mayor cantidad de fuerza posible que se puede ejercer de forma dinámica o estática de manera voluntaria sin límite de tiempo. Depende de la coordinación intermuscular e intramuscular, de la composición de las fibras musculares y también de la sección transversal del músculo.
- **Fuerza explosiva:** es la mayor cantidad de fuerza que puede realizarse en un lapso de tiempo breve, que logra mover el propio, cuerpo partes de él o aparatos, con la máxima velocidad posible. Depende principalmente de la coordinación intramuscular.
- **Fuerza veloz o reactiva:** capacidad muscular para desarrollar después de una elongación rápida, con la que se dé un movimiento al cuerpo, o a partir de él, a un elemento externo con la mayor velocidad posible. Dependen los mismos factores que la fuerza máxima.
- **Fuerza de resistencia:** es la tolerancia de la musculatura a la fatiga causada por cargas estáticas o repetidas para las que haya que aplicar una fuerza. Está determinada por la fuerza máxima y las cualidades de resistencia aeróbica y anaeróbica.
- **Fuerza diferencial:** diferencia entre el pico máximo de la fuerza y el pico de fuerza explosiva.

²⁵ García Manso JM. LA FUERZA: FUNDAMENTACIÓN, VALORACIÓN Y ENTRENAMIENTO. 1ª ed. Madrid: Ed. GYMNOS; 1999.

²⁶ Calle FL, Gómez AM, Vera JC. Entrenamiento de fuerza. 2000:24-46.

4.1.6 Valoración de la fuerza muscular. Existen diferentes test y métodos para evaluar la fuerza muscular²⁷, éstos son específicos para algún segmento corporal o para evaluar un tipo de fuerza, dentro de ellos encontramos:

- Test de fuerza máxima²⁸
- Test de fuerza de prensión bimanual (dinamometría)²⁹
- Test de flexo-extensiones de codo
- Escala de potencia muscular (Daniels y cols)³⁰
- Escala de Robert Lovett, M.D. / Kendall

La gran mayoría de estas escalas carecen de objetividad ya que están sometidas a los criterios del evaluador, y aquellas que son objetivas para la población en la cual se desarrollaron no lo son para la población local ya que las características antropométricas y sociodemográficas de los mismos difieren mucho de parecerse, por tanto los valores en los que se basan para hacer las calificaciones pierden su valor y objetividad, en el proyecto se toma como referencia el dinamómetro ya que es el instrumento avalado internacionalmente que permite una medición cuantitativa de la fuerza, lo que lo hace superior a las demás técnicas de medición.

Dinamometría: Consiste en la medición de la fuerza isométrica máxima, es decir, la tensión ejercida contra una resistencia mayor sin desplazar las palancas por medio de un dispositivo que proporciona una resistencia controlada y velocidad constante y recoge el momento de fuerza ejercido por el músculo contra la misma.

²⁷ García Manso JM. LA FUERZA: FUNDAMENTACIÓN, VALORACIÓN Y ENTRENAMIENTO. 1ª ed. Madrid: Ed. GYMNOS; 1999.

²⁸ Rodríguez Hernández H, Artiles Estebanez H. ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA CON SOBRECARGA. 2ª ed. Sevilla: Ed. Kinetic; 2006.

²⁹ Palmer ML, Ecler ME. FUNDAMENTOS DE LAS TECNICAS DE EVALUACION MUSCULOESQUELETICA. 1ª ed. Barcelona: Ed. Paidotribo; 2002.

³⁰ Hislop HJ, Montgomery J editors. TÉCNICAS DE BALANCE MUSCULAR. 7ª ed.: Ed. ELSEVIER; 2003.

Esta prueba permite evaluar los diferentes grupos musculares como: Flexores y extensores de rodilla, flexores y extensores de codo, prensión manual, halón o fuerza de espalda, rotadores de hombro, abductores y aductores de miembros superiores e inferiores, flexores y extensores de cadera etc, estableciendo las respectivas correlaciones con el peso corporal y entre los mismos grupos musculares.

El objetivo de esta prueba es: Valorar las capacidades funcionales musculares de un sujeto. Establecer la importancia de las distintas manifestaciones de la fuerza muscular en relación con la actividad física o el deporte. Planificar y controlar la actividad física. Evaluar y realizar un seguimiento de sujetos lesionados o someterlos a programas de rehabilitación.

El dinamómetro es un instrumento utilizado para medir fuerzas. Fue inventado por Isaac Newton y no debe confundirse con la balanza, instrumento utilizado para medir masas (aunque sí puede compararse a una báscula o a una romana). Normalmente, un dinamómetro basa su funcionamiento en un resorte que sigue la Ley de Hooke, siendo las deformaciones proporcionales a la fuerza aplicada. Estos instrumentos consisten generalmente en un muelle contenido en un cilindro de plástico, cartón o metal generalmente, con dos ganchos, uno en cada extremo. Los dinamómetros llevan marcada una escala, en unidades de fuerza, en el cilindro hueco que rodea el muelle. Al colgar pesos o ejercer una fuerza sobre el gancho inferior, el cursor del cilindro inferior se mueve sobre la escala exterior, indicando el valor de la fuerza. Los muelles que forman los dinamómetros tienen un límite de elasticidad. Si se aplican fuerzas muy grandes y se producen alargamientos excesivos, se puede sobrepasar el límite de elasticidad y sufrir el muelle una deformación permanente, con lo que se inutilizaría el dinamómetro.

Parámetros de medición: Especificaciones de posicionamiento, velocidad angular, rango articular isocinético, modalidad de contracción (concéntrica y excéntrica).

Medellín.³¹ Desde el enfoque que se le quiere dar a la investigación, teniendo en cuenta las diferencias somatotípicas, antropométricas y sociodemográficas entre otras ya mencionadas de la población objeto, comparados con ciudades de otros países donde se han desarrollado estudios similares, este estudio se llevará a cabo con sujetos residentes en la ciudad de Medellín (Antioquia), la cual se encuentra enclavada en el centro geográfico del Valle de Aburrá, sobre la cordillera central de los Andes. La ciudad cuenta con un área total de 380,64 km² de los cuales 110,22 km² son suelo urbano y 270,42 km² son suelo rural. Limita al norte con los municipios de Bello, Copacabana y San Jerónimo; al sur con Envigado, Itagüí, La Estrella y El Retiro; al oriente con Guarne y Rionegro, y por el occidente con Angelópolis, Ebéjico y Heliconia.

Topográficamente la ciudad es un plano inclinado que desciende desde 1.800 a 1.500 metros de altura sobre el nivel del mar. Su clima es subtropical subhúmedo que oscila entre los 16°C y 28°C y dada su cercanía con los dos océanos y el interior del país, es considerada una de las urbes con mejor ubicación geoestratégica del continente.

Es la ciudad capital del departamento de Antioquia (Colombia), situada en el noroccidente del país, en medio de Valle del Aburrá y atravesada de sur a norte por el Río Medellín. Según datos estadísticos del año 2005 cuenta con una población total de 2.223.078 habitantes, lo que la convierte en la segunda más poblada de Colombia de las cuales el 46,7 % son hombres y el 53,3 % mujeres, etnográficamente está dividida de la siguiente manera: mestizos y blancos (93.4%), afrocolombianos (6,5%) e indígenas (0,1%).

³¹ Alcaldía de Medellín. 2009; Available at: www.medellin.gov.co.

Medellín tras su consolidación como ciudad industrial del país, ha venido centrando sus intereses en convertirse en uno de los principales centros de negocios de las Américas, para lo cual las acciones oficiales y privadas están enfocadas a lograr ese objetivo; además de caracterizarse por importantes logros culturales, sociales, económicos, educativos y deportivos en los últimos años.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la fuerza de agarre en la población entre 18 y 62 años de la ciudad de Medellín (Antioquia). 2009 - 2010.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los rasgos sociodemográficos de la población estudiada.
- Determinar las características somatotípicas y las medidas antropométricas de la población objeto.
- Calcular los valores de la fuerza agarre de la población de Medellín entre 18 y 62 años.
- Comparar los resultados obtenidos con otras escalas de medición ya establecidas.

6. METODOLOGÍA

6.1 TIPO

Descriptivo correlacional: en este estudio en primera instancia se determinarán los resultados de cada variable en la población objeto para posteriormente correlacionarlas con la variable respuesta.

6.2 DISEÑO

Prevalencia: en este estudio se pretende relacionar las características de la fuerza de agarre con otras variables de interés, en la población de Medellín; mediante una medición trasversal.

6.3 POBLACIÓN DE REFERENCIA

Hombres y mujeres entre 18 y 62 años residentes en la ciudad de Medellín que cumplan con los criterios de inclusión requeridos para participar en el proyecto.

6.3.1 Universo. Colombianos entre 18 y 62 años.

6.3.2 Población. 1`354.888 habitantes³² de la ciudad de Medellín que cumplan con los criterios de inclusión.

6.3.3 Unidad de análisis. Residente de la ciudad de Medellín entre 18 y 62.

6.3.4 Muestra. 398 habitantes de Medellín entre los 18 y 62 años.

³² DANE. 2009; Available at: www.dane.gov.co. Accessed 2005.

MUESTRA POR RANGOS DE EDAD:

1. 18 – 22 = 58 personas
2. 23 – 27 = 56 personas
3. 28 – 32 = 46 personas
4. 33 – 37 = 50 personas
5. 38 – 42 = 51 personas
6. 43 – 47 = 45 personas
7. 48 – 52 = 39 personas
8. 53 – 57 = 30 personas
9. 58 – 62 = 23 personas

6.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Tener entre 18 y 62 años.
- Vivir en la ciudad de Medellín
- Participación voluntaria
- No referir dolor reciente en manos y/o brazos.

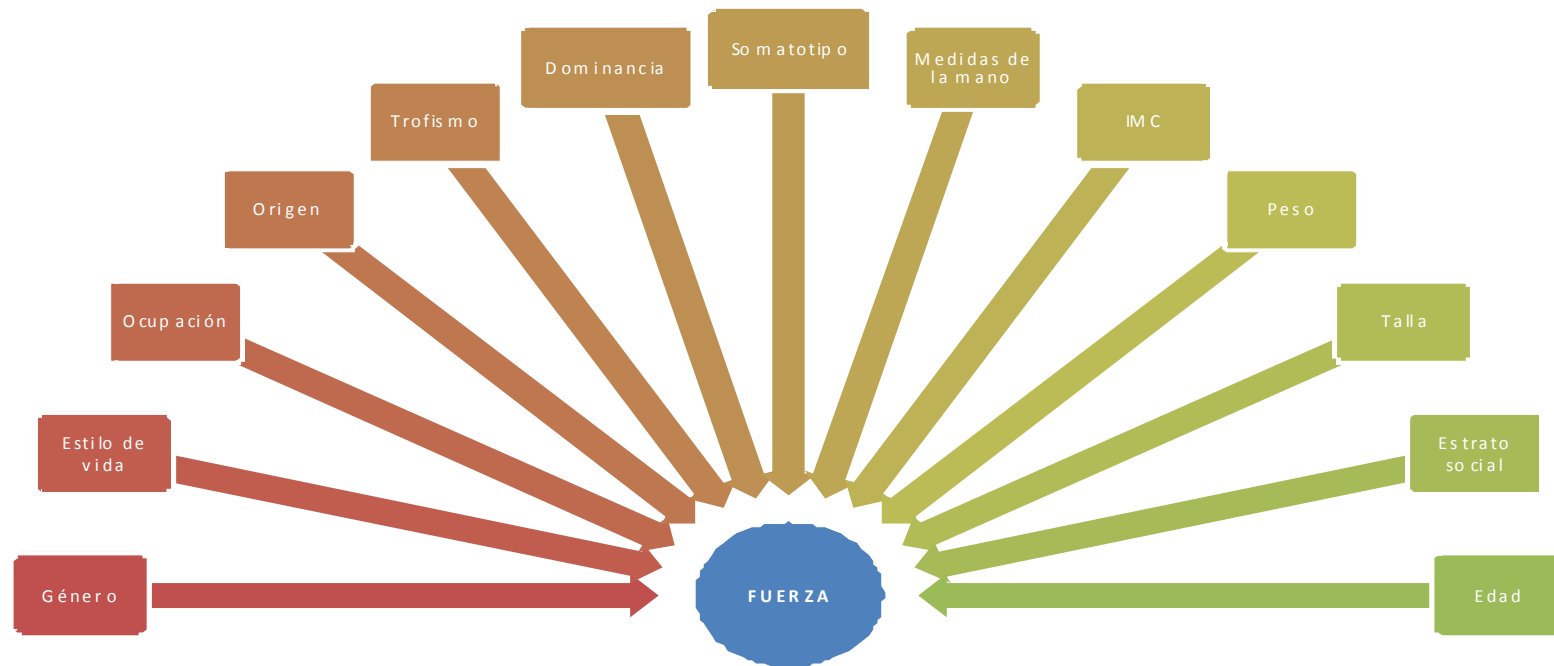
6.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Haber entrenado la fuerza en los últimos 3 meses.
- Trabajar en oficios que desarrollen la fuerza muscular indirectamente, tales como: construcción, entrenador físico, agricultor, mecánicos, miembro de las fuerzas militares, deportista de alto rendimiento.
- Déficit o enfermedad neurológica central o periférica de miembros superiores diagnosticada o sintomática.

- Presencia de enfermedades que alteren la fuerza de miembros superiores o antecedentes de éstas en los últimos seis meses tales como: Síndrome del túnel del carpo, atrapamiento del canal de Guyon, cualquier fractura del miembro superior, Enfermedad de Kiembock, Enfermedad de Madelung, tenosinovitis de flexores y extensores del carpo, Tenosinovitis de Quervain, Síndrome de manguito rotador, Síndrome Doloroso Regional Complejo, malformaciones congénitas, epicondilitis medial o lateral.

6.6 VARIABLES

6.6.1 Diagrama de variables.



6.6.2 Tabla de variables.

NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	POSIBLE VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
EDAD	Tiempo transcurrido en años cumplidos desde el nacimiento hasta el momento de ingresar en el estudio.	Cuantitativa – Razón – Discreta	18 a 62 años cumplidos.	Cédula de ciudadanía.
GÉNERO	Hace referencia al sexo de la persona. Características fenotípicas de ser hombre o mujer.	Cualitativo – nominal – dicotómicas	Femenino: 1 Masculino: 2	Cédula de ciudadanía.
ESTRATO SOCIAL	Nivel socio económico de una persona; que se relaciona con los ingresos recibidos; acceso y calidad de servicios públicos domiciliarios y el lugar donde reside entre otros.	Cualitativa – ordinal	Estrato 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6	Entrevista
OCUPACIÓN	Actividad o labor que desempeña la persona en	Cualitativa – nominal	Profesiones – Labores –	Entrevista

	la vida diaria en el momento de la entrevista		Actividades	
ORIGEN	Lugar de nacimiento de la persona.	Cualitativa – nominal	Ciudad de nacimiento	Cédula de ciudadanía
TALLA	Altura en metros de la persona.	Cuantitativa – Razón - Continua	n...mt	Evaluación fisioterapéutica.
PESO	Masa corporal medida en kilogramos.	Cuantitativa – Razón - Continua	45Kg a 100Kg	Evaluación fisioterapéutica.
ÍNDICE DE MASA CORPORAL	Relación entre peso y talla.	Cuantitativa – razón - Continua	17Kg/m ² a 45Kg/m ²	Evaluación fisioterapéutica.
SOMATOTIPO	Aspecto físico o tipo corporal de la persona.	Cualitativo – Nominal	Ectomorfo 1 Mesomorfo 2 Endomorfo 3	Evaluación fisioterapéutica
HABITOS DE VIDA	Actividades saludables o no saludables de una persona en su vida diaria.	Cualitativa - Nominal	Actividad física, sedentarismo, consumo de alcohol, consumo de cigarrillo, consumo de	Entrevista

			drogas, ingesta de alimentos.	
DOMINANCIA	Preferencia por uno de los miembros superiores para la realización de tareas.	Cualitativa – nominal dicotómica	Derecho 1 - Izquierdo 2	Entrevista
TROFISMO DE LA MANO	Es el perímetro en centímetros de la mano medido 2 cms proximales a la articulación metacarpofalángica.	Cuantitativa – Razón continua	n... centímetros	Evaluación fisioterapéutica.
ANCHO DE LA MANO	Distancia en centímetros entre el borde radial de la 2ª articulación MTF hasta el borde cubital en la 5ª articulación MTF.	Cuantitativa – Razón continua	n... centímetros	Evaluación fisioterapéutica.
LARGO DE LA MANO	Distancia en centímetros entre el extremo distal del tercer dedo de la mano hasta la línea media del pliegue distal de la muñeca.	Cuantitativa – Razón continua	n... centímetros	Evaluación fisioterapéutica.

VALOR DE LA FUERZA	Resultado cuantitativo que se obtiene después de la medición con el dinamómetro manual.	Cuantitativo – Razón-continuo	N... Newtons – n... libras – n... kilogramos (depende del dispositivo)	Evaluación fisioterapéutica.
---------------------------	---	-------------------------------	--	------------------------------

6.7 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

6.7.1 Fuentes de Información primarias. Valoración de peso, talla, índice de masa corporal, somatotipo, mediciones bilaterales de dinamometría para fuerza de agarre, trofismo, ancho y largo de la mano.

6.7.2 Fuentes de Información secundarias. Datos reportados por el individuo o que se obtienen por medio del documento de identificación.

6.7.3 Proceso de obtención de la información y presentación en terreno. Para llamar la atención de las personas y lograr su colaboración el proyecto se plantea el montaje de un stand, ya sea en centros comerciales, almacenes de cadena, parques públicos o en universidades donde se puedan acercar los usuarios a conocer además del valor de su fuerza muscular, información educativa sobre la misma. Después de contar con la persona a evaluar, que cumpla con los criterios de inclusión del estudio, se aplica el instrumento de recolección de información en el que se deben registrar los valores y datos que den respuesta a las variables propuestas, luego se pasa a registrar la información en una base de datos (software Stata 10. 0) que permita realizar la recopilación de los valores con los cuales se diseñará la escala o tabla de medición.

La información necesaria para la investigación se obtendrá mediante el instrumento que comprende apartados donde se consultarán al individuo datos personales, otros serán extraídos del documento de identidad para evitar sesgos del sujeto, luego de obtener la información completa, se prosigue con las mediciones realizadas por el evaluador.

Se dará inicio con la valoración del somatotipo y se continuará en el siguiente orden: peso, talla, IMC, ancho, largo y trofismo de la mano, luego se realiza la medición de la fuerza de agarre por medio del dinamómetro. Se finalizará con la

entrega de información educativa como uno de los beneficios recibidos por el individuo por participar en la investigación.

Toda esta información sólo se obtendrá con previo conocimiento del consentimiento informado por parte de los participantes.

6.7.4 Instrumentos de recolección de información. La recolección de los datos se llevará a cabo en un instrumento de recolección de la información (Anexo 2), que fue creado por el grupo de investigación y que será diligenciado de forma escrita por los evaluadores a cada participante, previa estandarización, verificación de los criterios de inclusión y exclusión y prueba piloto; luego se recopilará el total de la información para ser llevada al paquete estadístico Stata versión 10.0, el cual a su vez servirá de base de datos para el almacenamiento de los mismos y posterior análisis de los resultados obtenidos en cada una de las variables evaluadas.

6.7.5 Protocolo de Medición. Para ejecutar la medición de la fuerza de agarre y recolectar la información requerida de acuerdo a las variables de interés, se deberá contar con la participación voluntaria de los sujetos y su aceptación una vez se les haya explicado la razón de la investigación, como constancia a lo anterior el participante firmará un consentimiento informado. Los participantes deberán cumplir con los criterios de inclusión ya determinados. Acto seguido se recopilará la información requerida siguiendo las pautas del instrumento de recolección de datos.

Para la medición de la fuerza de agarre se le explicará al participante todos los pasos que debe seguir para la correcta realización de la prueba. Se le explicará que debe estar en posición sedente o bípeda confortablemente. Se le enseñará a posicionar su brazo correctamente para ello se contará con una tabla o mesa que permita un apoyo y un ángulo de flexión de codo de 90°. La mano deberá estar en

posición neutra. Se permitirá tres intentos por mano y se anotará el valor más alto registrado en cada mano.

Para finalizar se le agradecerá y explicará al participante los beneficios y la importancia de su colaboración en este estudio.

6.7.6 Técnica para la medición.³³ La posición que deben adoptar los sujetos para nuestra investigación se describe a continuación.

- En posición sedente o bípeda confortablemente.
- Hombros aducidos al tronco y sin rotaciones.
- Codo flexionado a 90°. Se utilizará una tabla perpendicular a la superficie de apoyo para conseguir dicha posición, es decir, un soporte externo que garantice la flexión de 90° en el codo para evitar compensaciones.
- Antebrazo en posición neutra.
- Muñeca en posición neutra (en extensión entre 0-30° y desviación ulnar entre 0-15°)
- Las mediciones de ambas manos se realizan alternadamente.
- Se realizan tres mediciones por cada mano y se escogerá el valor más alto.
- Entre cada medición debe transcurrir un minuto, tiempo prudente la recuperación de ATP muscular.

³³ American Society of Hand Therapists (ASHT). 2009.

6.8 PRUEBA PILOTO

Se someterá el instrumento construido a prueba piloto con el 10% del tamaño de la muestra con el fin de realizar los ajustes necesarios al mismo, a los evaluadores y otros criterios que puedan influir sobre las mediciones.

6.9 CONTROL DE ERRORES Y SESGOS

Mala posición en la medición dinamométrica puede ocasionar compensación con otros grupos musculares, este es un sesgo del sujeto, para controlarlo se utilizará una mesa y una silla que aseguren la posición sedente y la correcta posición del brazo, antebrazo y muñeca. Se estudiará además la posibilidad de utilizar correas de sujeción.

Observación y reporte erróneo del valor registrado en el dinamómetro, este sesgo es del observador, para controlarlo es ideal utilizar un dinamómetro digital que permita una mejor visualización de los valores. En caso de no ser posible, dos personas se encargarán de visualizar los valores registrados siempre procurando tener un campo visual perpendicular al medidor del dinamómetro.

Falla en la Calibración del Dinamómetro, este tipo de sesgo es instrumental, el cual será controlado por medio de revisiones de control y calibraciones periódicas al dinamómetro según las recomendaciones del fabricante.

Inadecuada selección de los participantes teniendo en cuenta los criterios de exclusión. (Inclusión de personas que entrenan la fuerza directa o indirectamente en un tiempo no mayor a tres meses), este tipo de sesgo es de información y/o sesgo de selección, para controlarlo se elaborará una lista de profesiones o labores asociadas al desarrollo directo e indirecto de la fuerza muscular que hacen parte de los criterios de exclusión.

6.10 PLAN DE DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados serán divulgados con fines expresamente científicos dando cumplimiento de las consideraciones éticas establecidas por el comité institucional y la ley, además de lo expuesto en el consentimiento informado; es decir que se protegerá y respetará la identidad de los sujetos del estudio y sólo serán publicados como parte del informe final del proyecto de grado y en una revista indexada nacional o internacional.

6.11 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

6.11.1 Análisis de la información. Los datos se almacenarán y se procesarán en el paquete estadístico Stata versión 10.0. Se realizará un análisis univariado y bivariado de la información donde se tendrán en cuenta las medidas de frecuencia como frecuencia relativa, frecuencia absoluta y frecuencia acumulada en el caso de las variables cualitativas, para las variables cuantitativas se tendrán en cuenta las medidas de tendencia central: la moda, mediana y media para finalmente llegar a las medidas de dispersión: el rango, la varianza y la desviación estándar. Se aplicarán pruebas estadísticas que permitan hallar posibles correlaciones entre las medidas de fuerza y las demás variables.

7. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Con base en la Resolución 8430 de 1993 para la realización de esta investigación deberá prevalecer el criterio del respeto a la dignidad y la protección de los derechos y bienestar de los participantes. Se llevará a cabo cuando se obtenga la autorización por parte de la Universidad, el Consentimiento Informado de los participantes y la aprobación del proyecto por parte del Comité de Ética en Investigación de la Universidad.

Así mismo y siguiendo la disposición de la resolución se protegerá la privacidad del individuo sujeto de investigación, identificándolo solo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice.

La presente investigación será considerada de riesgo mínimo al ser un estudio prospectivo donde se empleara el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en este caso en la medición de la fuerza de agarre con dinamómetro.

Los sujetos que participen del estudio deberán firmar un consentimiento informado donde se incluirán aspectos como la justificación y objetivos de la investigación y los beneficios esperados, además, se responderá a cualquier inquietud y se respetara el retiro voluntario como sujeto de investigación por parte de algún participante.

8. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

8.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Ver archivo adjunto

[CRONOGRAMA.xlsx](#)

8.2 PRESUPUESTO

Ver archivo adjunto

[PRESUPUESTO.xlsx](#)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) García Manso JM. LA FUERZA: FUNDAMENTACIÓN, VALORACIÓN Y ENTRENAMIENTO. 1ª ed. Madrid: Ed. GYMNOS; 1999.
- (2) Cutter N, Kevorkian G. MANUAL DE VALORACION MUSCULAR. 1ª ed. Barcelona: Ed. Mc Graw Hill / Interamericana; 2000.
- (3) Palmer ML, Ecler ME. FUNDAMENTOS DE LAS TECNICAS DE EVALUACION MUSCULOESQUELETICA. 1ª ed. Barcelona: Ed. Paidotribo; 2002.
- (4) Discapacidad Colombia. 2009; Available at: comunicaciones@discapacidadcolombia.com, 2003.
- (5) Jaramillo JC, Mejía LS, Pérez C. Fracturas y luxaciones del miembro superior. In: Jaramillo JC, editor. FUNDAMENTOS DE CIRUGÍA: ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA. 5ª ed. Medellín: Ed. CIB; 2002. p. 375-402.
- (6) J. Manh Arteaga, P. Romero Dapuetto. Evaluación de la fuerza de puño en sujetos adultos sanos mayores de 20 años de la región metropolitana. Santiago de Chile: Universidad de Chile; 2005.
- (7) Barrionuevo Vallejo JM, Fructuoso Rosique D, Hernández Rose E, Martínez González-Moro I. Fuerza máxima y resistencia muscular de agarre manual en regatistas de vela ligera de la clase Tornado. Apunts. Medicina de L'esport 2007;156:161-168.

- (8) Mateo Lázaro ML, Penacho Lázaro MA, Berisa Losantos F, Plaza Bayo A. Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel. *Nutrición Hospitalaria* 2008;23(1):35-40.
- (9) Luna Heredia E, Martín Peña G, Ruiz Galiana J. Valores normales y límites de la normalidad de la fuerza de la mano determinados con dinamometría. *Nutrición Hospitalaria* 2004;19(1):80.
- (10) Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1985 Febrero;66(4):69-74.
- (11) Caporrino FA, Faloppa F, Gomes Dos Santos, J. B., Réssio C, Do Couto Soares, F. H., Nakachima L, et al. Estudio populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar. *Bras. Ortop.* 1998 Fevereiro;33(2):150-154.
- (12) González Badillo JJ, Gorostiaga E editors. *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicacion al alto rendimiento.* 3ª ed.: Ed. INDE; 2002.
- (13) Heyward VH. *EVALUACIÓN DE LA APTITUD Y PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO.* 5ª ed. Madrid: Ed. Panamericana; 2008.
- (14) Viladot Voegeli A editor. *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor.* : Ed. MASSON; 2001.
- (15) Marcela Vaisberg. Tipo de fibra y éxito deportivo. 2010; Available at: www.todoslosgimnasios.com.ar.
- (16) Colegio Claret Aranda. *LA FUERZA.* Departamento de Educación Física. 2009; Available at: www.coami.com.

- (17) Góngora L editor. Principios bilógicos y fisiológicos del entrenamiento de fuerza. Madrid (España): Educación física.
- (18) Calle FL, Gómez AM, Vera JC. Entrenamiento de fuerza. 2000:24-46.
- (19) Rodríguez Hernández H, Artilés Estebanez H. ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA CON SOBRECARGA. 2ª ed. Sevilla: Ed. Kinetic; 2006.
- (20) Hislop HJ, Montgomery J editors. TÉCNICAS DE BALANCE MUSCULAR. 7ª ed.: Ed. ELSEVIER; 2003.
- (21) Alcaldía de Medellín. 2009; Available at: www.medellin.gov.vo.
- (22) DANE. 2009; Available at: www.dane.gov.co. Accessed 2005.
- (23) American Society of Hand Therapists (ASHT). 2009;.