

Universidad Nacional de Mar del Plata - Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social

Repositorio Kimelü

<http://kimelu.mdp.edu.ar/>

Licenciatura en Terapia Ocupacional

Tesis de Terapia Ocupacional

2012

Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo

Ducos Ruiz, Lucrecia

Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social

<http://kimelu.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/809>

Downloaded from DSpace Repository, DSpace Institution's institutional repository

***“Protocolo de uso del
dinamómetro de hombro y codo”***

Universidad Nacional de Mar del Plata

Tesis presentada en la
Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social
Para optar al título de
Licenciatura en Terapia Ocupacional

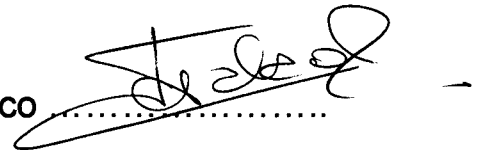
Por:

Ducos Ruiz, Lucrecia
Fontán, María Noel
Saugar, Martina Sofía

Mar del Plata. Buenos Aires. Argentina
Noviembre 2012

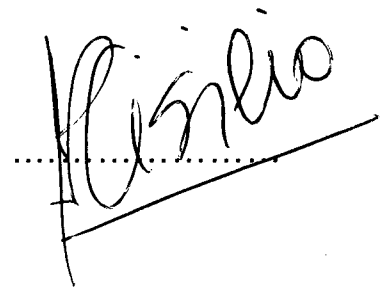
Directora:

Lic. en Terapia Ocupacional Rosanna De Falco



Asesor metodológico:

Dr. Ing. Adrián Cisilino



Asesora estadística:

Lic. en Biología Carolina Block



Autoras:

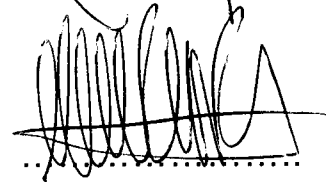
Ducos Ruiz, Lucrecia

DNI 32.253.318



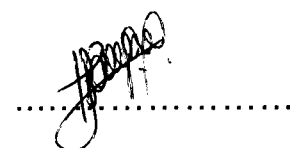
Fontán, María Noel

DNI 33.157.511



Saugar, Martina Sofía

DNI 33.661.209



INDICE

Índice	1
Consideraciones preliminares	8
Introducción.....	9
Estado actual de la cuestión	11
Referencias bibliográficas	19
Tema y objetivos	22
Tema.....	23
Problema.....	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos	24
Aspectos fundamentales del marco teórico	25
Capítulo I: Anatomía y Biomecánica	26

Complejo articular del hombro	27
Músculos que unen la cintura escapular al húmero y al tronco	27
Anatomía funcional de la cintura escapular y de la articulación glenohumeral	27
Articulación del codo.....	38
Movimientos de la articulación del codo	40
Estudio del movimiento.....	47
Referencias bibliográficas.....	57
Capítulo II: Evaluación	58
Concepto de evaluación	59
Tipos de evaluación clasificados de diversas formas	60
Evaluación de fuerza muscular.....	63
Evaluación manual de fuerza muscular.	64
Concepto de protocolo.....	67
Evaluación de la calidad de los datos.....	70
Referencias bibliográficas.....	74

Capítulo III: Dinamómetro	75
Concepto de dinamómetro.....	76
Clasificación de dinamómetro.....	76
Dinamómetro de hombro y codo.....	80
Referencias bibliográficas.....	87
Aspectos metodológicos.....	90
Diseño de investigación	91
Universo de estudio	91
Muestra	92
Método de selección de la muestra.....	92
Criterio de selección de la muestra.....	92
Criterios de inclusión.....	92
Criterios de exclusión.....	93
Técnica de recolección de datos.....	93
Análisis de datos	94
Referencias bibliográficas	96

Resultados	97
Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo	98
Dinamómetro	99
Elementos	110
Método de registro de la fuerza muscular	126
Consideraciones generales al evaluar la fuerza muscular	133
Movimientos a evaluar	148
Resultados	178
Discusión	194
Conclusión	196
Referencias bibliográficas	199
Bibliografía general.....	204
Bibliografía	205
Anexo I	217
Referencias bibliográficas	223

Anexo II	224
Referencias bibliográficas	229
Anexo III	231
Anexo IV.....	233

Dedicatoria:

Hay personas que nos hacen sentir valiosos, respetados.
Personas que recuerdan todo lo que hacemos bien.
Personas que nos dan su amor libre de imposiciones.
Personas que cantan nuestra canción cuando hemos olvidado la letra.
Personas que nos quieren cuando ya no nos queremos más.
Personas que creen en nosotros, mucho más de lo que nosotros creemos...

A nuestros padres, hermanos, abuelos, novios, familiares y amigos por acompañarnos incondicionalmente en cada uno de los momentos transitados a lo largo de este proceso de aprendizaje.

Agradecimientos:

A Ana Laura Auzmendia, Luisa Fernández Y Laura Laguarde por su paciencia, contención, colaboración y gran predisposición al acompañarnos en el camino de la tesis.

A Julia Xifra y Graciela Bacigalupo por el desinteresado aporte de sus conocimientos.

Al grupo de investigación y en especial a nuestra directora Rosanna De Falco por brindarnos esta gran oportunidad.

A Álvaro Esteves por su predisposición e inmensa paciencia en las tardes dedicadas para que todo funcione de la mejor manera.

A Adrián Cisilino y Carolina Block por su gran ayuda en momentos en que todo parecía difícil.

A Eugenia Prendes y Bernarda Ibargurengoitia y los evaluados, dado que sin su buena predisposición y gran colaboración esta investigación no hubiera sido posible.

CONSIDERACIONES

PRELIMINARES

INTRODUCCIÓN

La presente investigación pretende realizar el protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo, diseñado por los ingenieros mecánicos Bisio, L. y Gutierrez, G.

El instrumento se crea dentro de un grupo de investigación conformado por Bisio, L.; Cisilino, A.; De Falco, R.; Gutierrez, G.; Márquez, A. y Porro, S.; siendo financiado, en el año 2009, por el proyecto PICT 12-14114 “Biomecánica del Miembro Superior” de la Agencia Nacional de Promoción Científica de la República Argentina y Tecnológica y el Proyecto ING15G/168 de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

A partir de la propuesta de un docente de la carrera de Licenciatura en Terapia Ocupacional surge, como alumnas de la misma, el interés de establecer el protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo; y realizar un aporte al grupo de investigación, quien posteriormente proseguirá con la validación del instrumento. Siendo éste un dispositivo sin precedentes en la función perseguida, provee aportes a dicho grupo y fundamentalmente al campo de aplicación de la Terapia Ocupacional.

Nuestro objetivo consiste en desarrollar una metodología objetiva para la valoración de la fuerza muscular en los movimientos de flexión, extensión y abducción de hombro, flexión y extensión de codo, como así también establecer las recomendaciones para la utilización del dispositivo.

Finalizada esta etapa, queda pendiente para futuras investigaciones la realización de estudios estadísticos de medición de fuerza que servirán para elaborar estándares de normalidad, como así también para comparar y correlacionar resultados de mediciones obtenidos utilizando la escala de valoración manual y resultados obtenidos de mediciones realizadas mediante la utilización del dinamómetro.

Lo que se busca es desarrollar una metodología para valorar de modo objetivo la fuerza muscular; siendo su consecuencia la cuantificación de la misma. De este modo, la propuesta de utilizar un instrumento de medición que complemente la técnica de evaluación manual, permitiría mejorar los métodos de evaluación, diagnóstico y control de evolución.

En conclusión, el desarrollo de esta tesis intentará avanzar en el conocimiento de esta tecnología innovadora, aplicada a la valoración de la fuerza muscular, que permita establecer los requerimientos y recomendaciones necesarias para hacer uso del dinamómetro de hombro y codo. Siendo futuros investigadores quienes validen el instructivo de uso de dicho dinamómetro, permitiendo la utilización del mismo a cualquier agente de salud, asegurando la fiabilidad, validez y reproductibilidad en la cuantificación de las mediciones.

ESTADO ACTUAL DE LA CUESTIÓN

Siendo el objeto de estudio de la presente investigación la realización del protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo, elemento innovador; la revisión bibliográfica se centra en las evaluaciones de fuerza muscular partiendo de las primeras pruebas musculares manuales, aún vigentes, a la implementación de dinamómetros que permiten cuantificar la misma.

Los intentos de valoración de la fuerza muscular tienen sus inicios con Lovvet, quien utiliza una escala puramente cualitativa, "Escala de Lovvet", definiendo la función muscular según seis posibles categorías: normal, buena, regular, mala, vestigios de actividad y parálisis completa. Siguiendo esta línea de investigación los nuevos aportes para mejorar la calidad de la medición, proceden de Herry y Florence Kendall. En los años 30 describen una escala de valoración de la función muscular basada en expresar la fuerza muscular en porcentaje con respecto al músculo normal. En 1946 Lucille Daniels, Marian Williams y Catherine Worthingham desarrollan la "Escala de Daniels", que califica la función muscular en función de seis niveles, numerados de "0" a "5", otorgando a cada uno de ellos una cualidad concreta del movimiento. Por su parte, Kendall y Kendall en 1950 proponen un complemento a esta escala, añadiendo subniveles a la "Escala de Daniels", cifrados con signos "+" y "-", para utilizarlos como estados intermedios entre dos niveles consecutivos.¹

¹ HISLOP H.J., MONTGOMERY J. "Introducción". *Pruebas musculares funcionales. Daniels-Worthingham's*. Madrid: Marbán, IX-XII. 1999

De forma paralela al desarrollo de estas pruebas manuales de función muscular surgió la aplicación de máquinas para medir la carga que podía ser desplazada por la acción de un grupo muscular. Así surgen los intentos de Martin y Lovvett para medir la fuerza utilizando una balanza de resorte y los de Hill mediante la utilización de sistemas de poleas. A mediados de siglo, Watkins y De Lorme postulan un método de medida basado en la determinación de la máxima resistencia que un grupo muscular era capaz de desplazar a lo largo de todo el arco articular. En realidad es la primera medida cuantitativa que determina la máxima capacidad de un músculo en trabajo isotónico y lo denominaban "1 RM".

Posteriormente la valoración de la función muscular avanza cuando el desarrollo tecnológico crea máquinas dinamométricas capaces de realizar medidas más válidas y reproducibles que los tests manuales.²

El desarrollo del conocimiento científico de la dinamometría de la mano comienza con Everett³ y, muy especialmente, con Bechtol⁴⁵ quien en 1954 diseña el dinamómetro Jamar que evalúa la fuerza de prensión isométrica. A partir de aquí se desarrollan una multitud de dispositivos diseñados para tal fin,

² SCHWARTZ S., COHEN M. E, HARBISON G. J., SHAH A. "Relation ship between two measures of upper extremity strength: manual muscle test compared to hand-held myometry". Arch Phys Med Rehabil. 73:1063-1068. 1992

³ EVERETT P.W., SILLS F.D. "The relationship on grip strength to stature, somatotype components, and anthropometric measurements of the hand". Res Q. 23:161-166. 1952.

⁴ BECHTOL CO. "Clinical muscle testing". AAOS Instruccional Course Lect. 10:244-9. 1953.

⁵ BECHTOL CO. "The use of a dynamometer with adjustable handle spacings". J Bone Joint Surg Am. 36:820-830. 1954.

aunque no todos han podido evidenciar su validez. Esto demuestra que con el paso de las décadas, lejos de detenerse, ha aumentado el interés de la comunidad científica por desarrollar instrumentos capaces de cuantificar la valoración de la fuerza muscular aunque no todos ellos puedan evidenciar validez.

La revisión bibliográfica expone los estudios dinamométricos realizados hasta el momento, los cuales evalúan la fuerza muscular de puño y pinza. A continuación, se mencionarán las investigaciones más relevantes a fin de exponer la diversidad de estudios desarrollados y entendiendo que aún no cesan.

El desarrollo de la prueba y sus variaciones, el tipo de información a obtener, la implementación en diversas poblaciones y con singulares características; son algunas de las variables que han sido objeto de estudio a través de la utilización de la dinamometría de mano.

En sus estudios, Pryce⁶, no encuentra diferencias significativas al medir la fuerza de puño, con la muñeca a 0° y 15° de desviación cubital, 0° y 15° de extensión y/o alguna combinación. Propone dejar libre la posición de flexoextensión de carpo, dado que se obtiene un mejor confort y por ende, una optimización de la fuerza desarrollada. Kellor⁷, por su parte, usa el valor más

⁶ PRYCE J.C. "Wrist position between neutral and ulnar deviation that facilitates maximum power grip strength". J. Biomechanics. 13:505:511. 1980.

⁷ KELLOR M. "Hand strength and dexterity norms for clinical use". Am J. Occup. Ther. (25): 77-83 1971.

alto en dos ensayos y no estandariza una posición de la mano para realizar la prueba. Sin embargo, Kraft y Detels⁸ en sus investigaciones reportan una fuerza significativamente menor con la muñeca a 15° de flexión palmar.

Teraoka⁹ estudia el efecto de tres posiciones del cuerpo en la fuerza de puño: parado, sentado y en supino con el codo extendido, en una población de 9.543 adultos de ambos sexos, con edades comprendidas entre 15 y 55 años. Los resultados muestran que la fuerza fue mayor en bipedestación, independientemente del grupo etario y sexo.

Considerando que la posición en que se encuentran los distintos segmentos del miembro superior modifican la fuerza de prensión desarrollada, surge la necesidad de estandarizar una posición para realizar estudios dinamométricos de prensión a fin de dotar a la medición de una mayor consistencia. Es así que en 1981 la American Society of Hand Therapists¹⁰ avala el criterio de Fess¹¹ estableciendo que la posición en la cual deben ser realizadas las evaluaciones comprende al sujeto en sedestación con hombro en aducción, codo flexionado en 90°, antebrazo en rotación neutra, muñeca libre en un sector entre 0°-30° de extensión, muñeca en unos grados (0°-15°) de desviación cubital.

⁸ KRAFT G., DETELS P. "Position of the wrist". Arch. Phys. Med. Rehabil. (53): 272-5. 1971.

⁹ TERAOKA T. "Studies on the peculiarity of grip strength in relation to body positions and aging". Kobe J. Med. Sci. 25:1-17. 1979.

¹⁰ FESS E.E, MORAN C. "Clinical Assessment recommendations". Indianapolis. American Society of Hand Therapists. 1981.

¹¹ FESS E.E. "Clinical assessment recommendations". Am. Society of Hand Therapists. 41-45. 1992.

Respecto a la influencia que ejerce la adopción por parte del sujeto de diversas posiciones para la realización de la prueba, Mathiowetz¹², muestra que la fuerza de la mano es significativamente mayor cuando la posición del codo es de 90° de flexión que cuando está en extensión completa. O'Driscoll¹³ al investigar las relaciones entre la posición de muñeca y la fuerza de puño en 20 sujetos sanos; llevando a cabo los registros en una posición libremente seleccionada por estos individuos, pudieron revelar a través de los resultados que las desviaciones cubitales y radiales de la mano no afectan la fuerza y se requiere un mínimo de 25° de extensión para desarrollar el máximo de fuerza.

En estudios más actuales, Lamoreaux¹⁴ llega a la conclusión de que se realiza más fuerza de puño si la muñeca se encuentra en posición neutra, en comparación con las posiciones de máxima desviación cubital o radial.

Crosby¹⁵ evalúa la fuerza muscular de la mano y la diferencia entre la mano dominante y no dominante. Al analizar los resultados encuentran que la mayoría de los sujetos con mano derecha dominante tienen 10% más fuerza en ese lado. Los sujetos cuya mano dominante es la izquierda presentan fuerza similar para ambas manos.

¹² MATHIOWETZ V., RENNELS C., DONAHOE L. "Effect of elbow position on grip and key pinch strength". J. Hand Surg. 10A: 694-697. 1985.

¹³ O'DRISCOLL S.W., HORII E., NESS R., CAHALAN T.D. "The relationship between wrist position, grasp size, and grip strength". J. Hand Surg. 17A: 169-77. 1992.

¹⁴ LAMOREAUX L., HOFFER M.M. "The effect of wrist deviation on grip and pinch strength". Clin. Orthop. 314:152-155. 1995.

¹⁵ CROSBY C. "Hand Strength: normative values". J. Hand Surg. (19A): 670. 1994.

En nuestro país uno de los antecedentes que se ha encontrado corresponde a la tesis realizada por los terapistas ocupacionales Isla, E. y Mango, S.¹⁶; sobre la estandarización de fuerza de puño de niños sanos entre 9 y 10 años de edad cronológica. Los resultados muestran que: el promedio de fuerza de puño es mayor en los varones independientemente de la dominancia manual; la diferencia de promedio de fuerza de puño derecho e izquierdo de los varones diestros, es menor que en las mujeres; la diferencia de promedio de fuerza de puño izquierdo de los varones zurdos es un 8,16% superior que el puño derecho, siendo del 4,16% en las mujeres; el mayor promedio de fuerza de puño de varones y mujeres lo encontraron en el nivel socioeconómico medio, siendo en el nivel alto donde se ubica el menor promedio de fuerza de puño; la vinculación de la fuerza de puño con el sexo devela una tendencia a ser mayor en los niños varones.

La tesis de grado: "Terapia Ocupacional: estandarización de la fuerza de puño y pinza de la población en la ciudad de Mar del Plata" que tiene como autores a Lateana, D. y Ramella, J.¹⁷, arroja en sus resultados una diferencia significativa de fuerza de puño entre mano derecha e izquierda en la población de sexo masculino, en contraste a la población femenina que presenta una diferencia de fuerza de puño menor entre ambas manos. Por otra parte, los

¹⁶ ISLA E., MANGO S. "Estandarizacion de fuerza de puño en niños sanos entre 9 y 10 años de edad cronológica". Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Servicio Social y Ciencias de la Salud. 1998.

¹⁷ LATEANA D., RAMELLA J. "Terapia Ocupacional: estandarización de la fuerza de puño y pinza de la población en la ciudad de Mar del Plata". Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Servicio Social y Ciencias de la Salud. 2005.

resultados del test de fuerza de pinza terminal, subterminolateral y tridigital para mano derecha e izquierda, no muestran diferencias significativas en comparación con los hallados en los test de fuerza de puño para ambos sexos.

Miranda Mayordomo, M.¹⁸ en su tesis doctoral: “Análisis dinamométrico de la mano: valores normativos en la población española” concluye que la fuerza prensil de la mano se ve influida por el sexo, la dominancia y la edad de la persona, siendo capaz además, de cuantificar la influencia que éstas ejercen sobre la fuerza prensil.

Lo expuesto anteriormente reafirma las restricciones que encuentra la evaluación dinamométrica dentro del área de aplicación actual, siendo imprescindible disponer de un dispositivo que permita medir de forma objetiva la fuerza muscular pudiendo cuantificarla. De este modo, sería posible avanzar en el campo de la dinamometría, introduciendo la evaluación de movimientos de hombro y codo, y no sólo de la mano como ha ocurrido en los últimos tiempos.

Cabe destacar la importancia y vigencia de los aportes de Daniels, que han superado el paso del tiempo y continúan siendo plenamente utilizados en la clínica diaria. Sin embargo, las pruebas musculares manuales de Daniels no pueden ser consideradas como valoraciones cuantitativas de la función

¹⁸ MIRANDA MAYORDOMO, M. *“Análisis dinamométrico de la mano: valores normativos en la población española”*. Tesis doctoral para aspirar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina. Departamento de Medicina Física y Rehabilitación. 2011.

muscular, dado que presentan baja sensibilidad cuando la fuerza de un músculo determinado presenta grado 2 - 3 de la escala de Daniels, y muy escasa capacidad discriminativa cuando supera el grado 3.

La escasa validez que presentan los tests manuales para evaluar la fuerza muscular¹⁹ ha impulsado el desarrollo de máquinas dinamométricas capaces de hacer una evaluación de la función muscular más fiable y reproducible. Sin embargo, este avance tecnológico se ha limitado a la realización de dinamómetros de mano sin mostrar adelantos para la evaluación de la fuerza muscular en otros segmentos corporales; los cuales significarían un gran aporte a la práctica profesional.

Por tal motivo, se ha diseñado y fabricado el dinamómetro de hombro y codo con el que se intenta alcanzar una valoración cuantitativa de la fuerza muscular fiable y reproducible. Siendo nuestro motivo de investigación, realizar un protocolo de uso del mismo; para que investigaciones futuras puedan estandarizar la fuerza muscular valorada, demostrando la fiabilidad y reproducibilidad del instrumento.

¹⁹ DVIR Z. *"Grade 4 in manual muscle testing: the problem with submaximal strength assessment"*. Clin. Rehabil. 11(1): 36-41. 1997.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ♦ BECHTOL CO. "Clinical muscle testing". AAOS Instrucciona Course Lect. 10:244-9. 1953.
- ♦ BECHTOL CO. "The use of a dynamometer with adjustable handle spacings". J Bone Joint Surg Am. 36:820-830. 1954.
- ♦ CROSBY C. "Hand Strength: normative values". J. Hand Surg. (19A): 670. 1994.
- ♦ DVIR Z. "Grade 4 in manual muscle testing: the problem with submaximal strength assessment". Clin. Rehabil. 11(1): 36-41. 1997.
- ♦ EVERETT P.W., SILLS F.D. "The relationship on grip strength to stature, somatotype components, and anthropometric measurements of the hand". Res Q. 23:161-166. 1952.
- ♦ FESS E.E. "Clinical assessment recommendations". American. Society of Hand Therapists. 41-45. 1992.
- ♦ FESS E.E, MORAN C. "Clinical assessment recommendations". Indianapolis. American Society of Hand Therapists. 1981.

- ♦ HISLOP H.J., MONTGOMERY J. “Introducción”. *Pruebas musculares funcionales. Daniels-Worthingham’s*. Madrid: Marbán, IX-XII. 1999.

- ♦ ISLA E., MANGO S. “Estandarización de fuerza de puño en niños sanos entre 9 y 10 años de edad cronológica”. Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Servicio Social y Ciencias de la Salud. 1998.

- ♦ KRAFT G., DETELS P. “Position of the wrist”. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* (53): 272-5. 1972.

- ♦ LAMOREAUX L., HOFFER M.M. “The effect of wrist deviation on grip and pinch strength”. *Clin. Orthop.* 314:152-155. 1995.

- ♦ LATEANA D., RAMELLA J. “Terapia Ocupacional: estandarización de la fuerza de puño y pinza de la población en la ciudad de Mar del Plata”. Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Servicio Social y Ciencias de la Salud. 2005.

- ♦ MATHIOWETZ V., RENNELLS C., DONAHOE L. “Effect of elbow position on grip and key pinch strength”. *J. Hand Surg.* 10A: 694-697. 1985.

- ♦ MIRANDA MAYORDOMO, M. “Análisis dinamométrico de la mano: valores normativos en la población española”. Tesis doctoral para aspirar al grado de

Doctor en Medicina y Cirugía. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina. Departamento de Medicina Física y Rehabilitación. 2011.

- ♦ O'DRISCOLL S.W., HORII E., NESS R., CAHALAN T.D. "The relationship between wrist position, grasp size, and grip strength". J. Hand Surg. 17A: 169-77. 1992.

- ♦ PRYCE J.C. "Wrist position between neutral and ulnar desviation that facilitates maximum power grip strength". J. Biomechanics. 1980; 13:505:511.KELLOR M. "Hand strength and dexterity norms for clinical use". Am J. Occup. Ther. (25): 77-83. 1971.

- ♦ SCHWARTZ S., COHEN M. E, HARBISON G. J., SHAH A. "Relation ship between two measures of upper extremity strength: manual muscle test compared to hand-held myometry". Arch Phys Med Rehabil. 73:1063-1068. 1992.

- ♦ TERAOKA T. "Studies on the peculiarity of grip strength in telation to body positions and aging". Kobe J. Med. Sci. 25:1-17. 1979.

TEMA

Y

OBJETIVOS

TEMA

“Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo”.

PROBLEMA

¿Cuáles serían los requerimientos de uso para el desarrollo del protocolo de un dinamómetro que mide la fuerza muscular en los movimientos de flexión, extensión y abducción de hombro, flexión y extensión de codo, en sujetos sanos, mayores de 20 años de edad con estatura comprendida entre 150 cm y 172 cm en mujeres y 161 cm y 186 cm en hombres, de la ciudad de Mar del Plata en el año 2012?

OBJETIVO GENERAL

- Establecer el protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo en los movimientos de flexión, extensión y abducción de hombro, flexión y extensión de codo, en sujetos sanos, mayores de 20 años de edad con estatura comprendida entre 150 cm y 172 cm en mujeres y 161 cm y 186 cm en hombres, de la ciudad de Mar del Plata en el año 2012.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir fijación de segmentos corporales a ejercer por el evaluador al valorar los movimientos de hombro y codo.
- Determinar orden verbal a utilizar por el evaluador al valorar los movimientos de hombro y codo.
- Determinar demostración ejemplificadora del evaluador al valorar los movimientos de hombro y codo.
- Establecer posicionamiento del evaluado al valorar los movimientos de hombro y codo.
- Establecer posicionamiento del evaluador al valorar los movimientos de hombro y codo.
- Establecer posicionamiento del dinamómetro al valorar los movimientos de hombro y codo.
- Describir registro de datos al valorar los movimientos de hombro y codo.
- Describir método al valorar los movimientos de hombro y codo.

ASPECTOS FUNDAMENTALES

DEL

MARCO TEORICO

Capítulo I

Anatomía y Biomecánica

ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

1. Complejo articular del hombro

El hombro se encuentra constituido por cinco articulaciones: esternoclavicular, acromioclavicular, glenohumeral, subdeltoidea y escapulotorácica; siendo verdaderas las tres primeras y las últimas falsas. Funcionan simultáneamente conformando el complejo articular del hombro.

1.2. Músculos que unen la cintura escapular al húmero y al tronco

La reunión de la cintura escapular con el esqueleto del tronco se ve reducida a una sola articulación directa, la esternoclavicular. A su vez, entre el tronco y la cintura escapular intervienen numerosos músculos robustos, que aseguran la movilidad de los huesos involucrados.

1.2.1. *Músculos que unen el tronco a la cintura escapular*

Existen seis, dispuestos en tres planos: un plano superficial: trapecio; un plano medio: romboides y elevador de la escápula; y un plano profundo: serrato anterior, pectoral menor y subclavio.

1.2.2. *Músculo que une el tronco al húmero: el dorsal ancho*

1.2.3. *Músculos que unen la cintura escapular al hombro*

Los músculos que unen la cintura escapular al hombro son ocho; son dos superficiales: el deltoides y el pectoral mayor; seis son profundos: el subescapular adelante, el supraespinoso atrás y arriba, el infraespinoso, el redondo menor y el redondo mayor atrás y por último, el coracobraquial.

1.3. Anatomía funcional de la cintura escapular y de la articulación glenohumeral

Su estudio está dominado por dos nociones:

- La movilidad del hombro y del brazo muy a menudo es simultánea, lo que pone en juego los movimientos de la escápula y de la clavícula, por una parte, y los del húmero con relación con la cavidad glenoidea, por otra.
- Estos movimientos pueden realizarse por separado; entonces se trata de movimientos de poca amplitud: rotación del brazo, elevación aislada del hombro, etc.

1.3.1. Estudio analítico

1.3.1.1. Articulación esternoclavicular: sirve de eje a todos los movimientos efectuados en relación con el tronco.

La clavícula puede elevarse, descender, dirigirse hacia adelante o hacia atrás; estos movimientos pueden combinarse para realizarse a la circunducción.

La integridad de la clavícula es indispensable para la libertad de los movimientos del brazo con respecto al tórax.

1.3.1.2. Articulación acromioclavicular: sólo permite movimientos de deslizamiento insignificantes.

1.3.1.3. Articulación escapulotorácica: los movimientos de la escápula sobre el tórax llevan a la noción de una articulación escapulotorácica: es una articulación del tipo sísarcosis, en el sentido de unión de huesos mediada por músculos. Desde el punto de vista funcional, puede asemejarse a una articulación por planos de deslizamiento. Estos planos son dos:

- El plano interserratoescapular, interpuesto entre la escápula cubierta por el músculo subescapular y el músculo serrato anterior, tendido desde la escápula hasta la caja torácica, la fosa axilar y el tejido celular que la ocupa.
- El plano interserratotorácico, situado entre el serrato anterior y el plano costointercostal.

Gracias a estos planos de deslizamiento, la escápula puede elevarse, descender, desplazarse adelante y lateralmente, o atrás y medialmente. Existe, por último, un movimiento denominado de “balanceo” por el cual la escápula

gira alrededor de un eje anteroposterior, situado sea en el centro del hueso o a nivel de uno de sus ángulos. Este movimiento es tal que los ángulos de la escápula se desplazan en sentido inverso. Su importancia se verá en la abducción del brazo, que se eleva hacia la posición vertical.

1.3.1.4. Articulación escapulohumeral: está dotada de todos los movimientos: elevación y descenso en el sentido anteroposterior, abducción y aducción, rotación medial y lateral, y circunducción:

- La elevación y el descenso anteroposterior no sobrepasan los 50° sin la participación de la cintura escapular.
- La aducción está limitada por la caja torácica.
- La abducción no permite al brazo sobrepasar la horizontalidad: el tubérculo mayor del húmero va así a chocar contra el labrum glenoideo, hasta tal punto que todo movimiento extenso en abducción implica un movimiento simultáneo de la escápula.
- La rotación, medial o lateral, está limitada por la tensión de la cápsula y los músculos que se oponen al movimiento.
- La circunducción resulta de la combinación de los movimientos precedentes.

1.3.2. Estudio sintético. Acción de los músculos

1.3.2.1. Movimientos de la cintura escapular sobre el tórax: en estos movimientos, el brazo se desplaza por sus conexiones con la escápula, pero el húmero no es solicitado por ninguna acción muscular.

1.3.2.1.1. Elevación: movimiento directamente hacia arriba. El conjunto clavícula-escápula está sometido a la acción de los fascículos superiores y medios del trapecio, a la del músculo elevador de la escápula y a las fibras del grupo inferior del serrato anterior. Este conjunto muscular, llevando hacia adelante el ángulo inferior de la escápula, eleva el ángulo superolateral del hueso. Este movimiento puede efectuarse sin esfuerzo (elevación de los hombros, por ejemplo) donde el trapecio actúa solo, o con esfuerzo, donde todos los músculos intervienen (como cuando se lleva un fardo sobre los hombros).

1.3.2.1.2. Proyección hacia adelante: es provocada sobre todo por el fascículo superior del pectoral mayor. La escápula se separa de la columna vertebral y queda aplicada contra el tórax gracias al serrato anterior.

1.3.2.1.3. Proyección hacia atrás: hace intervenir al romboides, que aproxima la escápula a la columna, a los fascículos inferiores del trapecio, así como al dorsal ancho, que actúa por intermedio del húmero. El tono de estos músculos contribuye al mantenimiento de los hombros en un plano transversal, favorable a los movimientos del brazo que se encuentra, así, “separado” del tronco.

1.3.2.1.4. Movimientos del brazo sobre el hombro: la variedad de estos movimientos explica el número importante de músculos que intervienen en ellos. El más complejo de estos movimientos es el de elevación, adelante y lateral sobre todo. Se estudiarán enseguida los movimientos de descenso y de aducción, y finalmente, los de rotación.

1.3.2.1.5. Elevación: desde el punto de vista articular, se efectúan por el contacto humeroglenoideo. El brazo puede ser llevado fácilmente a la vertical, lo que implica un desplazamiento de la escápula y de la clavícula. Este desplazamiento es simultáneo: el húmero se desplaza hacia arriba y la clavícula y la escápula hacen lo mismo, pero el movimiento de estos dos últimos huesos es complejo:

- La clavícula se eleva, pero gira igualmente de adelante hacia atrás.
- La escápula hace un movimiento de balanceo, que desplaza su ángulo inferior hacia adelante y lateralmente, su ángulo superolateral hacia arriba, mientras que el ángulo superomedial queda fijo o desciende ligeramente.

Los músculos que se ponen en juego son:

- Para la articulación glenohumeral, el deltoides y el supraespinoso.
- Para la articulación escapulotorácica: el fascículo superior del trapecio y, sobre todo, el serrato anterior, que aplica a la escápula

contra el tórax, pero asegura el movimiento de oscilación gracias a los fascículos del grupo inferior.

El movimiento de elevación del brazo puede efectuarse en diversos planos: hacia adelante, lateral o hacia atrás. Este último está limitado por el contacto glenohumeral, pero lo ayuda la rotación lateral del húmero y la retropulsión de la escápula. Los diversos fascículos del deltoides intervienen de manera diferente según el plano de elevación del brazo.

1.3.2.1.6. Movimientos de descenso y de aducción: el peso del brazo es suficiente, fuera de todo esfuerzo, para llevarlo de la posición vertical en elevación a su posición normal, pendiendo a lo largo del cuerpo, pero este descenso puede efectuarse con mucha potencia (gesto del leñador , del esgrimista) sobre todo cuando se efectúa de atrás hacia adelante. Dirigido de lateral a medial se denomina aducción, el cual puede llevar el brazo contra el tórax, pero también adelante o detrás de él.

Los músculos intervinientes son:

- El pectoral mayor: mueve el brazo hacia una aducción muy potente, llevándolo hacia adelante del tórax.
- El dorsal ancho: igualmente muy potente, dirige el brazo detrás del tronco.
- El redondo mayor: tracciona sobre el húmero y actúa en sinergia con el romboides, que conduce la escápula hacia atrás y medialmente.

- La cabeza larga del tríceps braquial y el coracobraquial: actúan especialmente como fijadores del húmero contra la cavidad glenoidea en el curso de este movimiento.
- Los fascículos posteriores del deltoides: participan cuando el brazo desciende a partir de la vertical.

1.3.2.1.7. Movimientos de rotación: pueden efectuarse en todas las posiciones del brazo. De la extrema rotación lateral a la extrema rotación medial, el movimiento sobrepasa los 180°.

Los rotadores laterales son el redondo menor y el infraespinoso, relativamente poco potentes.

Los rotadores mediales son el subescapular, que actúa íntimamente con la articulación, el dorsal ancho, el pectoral mayor y el redondo mayor, insertados en el surco intertubercular, aumentan la potencia de este movimiento.

La rotación del húmero se pone continuamente en acción en los movimientos del miembro superior. Aumenta la amplitud de la pronosupinación del antebrazo y contribuye a facilitar y a dar precisión a los movimientos de la mano.

De estas consideraciones anatomofisiológicas, pueden extraerse numerosas deducciones relativas a las sinergias musculares y articulares, así como datos para las reglas del examen clínico del conjunto escapulohumeral.

1.3.2.2. Sinergias articulares y musculares: se ha visto que la mayor parte de los movimientos del brazo (exceptuados los de rotación) supone una acción simultánea de la cintura escapular. En esta acción intervienen no sólo los músculos activos sino también todos los músculos fijadores de la cintura escapular, en particular los fijadores de la cintura escapular, debido a que el movimiento se hace con esfuerzo. Todo ejercicio físico o deportivo desarrolla. Por este hecho, el conjunto de la musculatura de la región. El mantenimiento de esta musculatura es tanto más necesario por cuanto los movimientos de fuerza desaparecen cada vez más del trabajo cotidiano del hombre. Este mantenimiento debe ser armonioso, so pena de desarrollar ciertos grupos musculares y otros no.

1.3.3. Anatomía de superficie. Formas exteriores

El hombro es el conjunto de partes que rodean el esqueleto de la cintura escapular (clavícula y escápula) y la extremidad superior del húmero. Se considera que tiene:

- Una saliente lateral: el hombro.
- Una región posterior o escapular.
- Una región anterior o pectoral.
- Una depresión profunda, situada entre la raíz del brazo y el tórax: la fosa axilar.

1.3.3.1. Puntos de referencia óseos: son tanto más visibles cuanto más delgado es el sujeto y sus músculos menos desarrollados.

- **Adelante:** la clavícula es perceptible en toda su longitud. En su extremo medial, sobresale por arriba del borde superior del esternón.
- **Lateralmente:** la extremidad lateral de la clavícula parece continuarse sin interrupción con la saliente del acromion. Ambos cubren por arriba a la cabeza del húmero, que está disimulada por la masa muscular del deltoides. En caso de luxación del hombro, el desplazamiento de la cabeza humeral provoca que el acromion sobresalga lateralmente por arriba del brazo (deformación “en charretera”). En cuanto a la apófisis coracoides, se la palpa por debajo del tercio lateral de la clavícula; es difícil de tocar en los sujetos muy musculosos.
- **Atrás:** la espina de la escápula es superficial y se percibe en toda su extensión. El borde medial de la escápula está oculto pero se lo ubica por palpación en sus dos tercios inferiores. Se levanta en los sujetos poco musculosos (escápula alada). En cuanto al ángulo inferior, es igualmente visible y perceptible a pesar de su gran movilidad durante los movimientos del brazo y del hombro.

1.3.3.2. Relieves musculares: se observan en:

- Cara anterior: está levantada por la saliente del pectoral mayor, que disimula las costillas subyacentes. Su borde inferior, con el brazo en abducción, forma una línea oblicua hacia arriba y lateral, que llega al tercio superior del brazo. Su borde superior está separado del deltoides por el surco deltopectoral, donde la vena cefálica es a veces perceptible en los sujetos muy musculosos y que carecen de toda capa adiposa. Por arriba de la clavícula se excava una depresión en la región lateral del cuello: el triángulo omoclavicular. Este triángulo se continúa en profundidad con la fosa supraclavicular mayor. El borde del músculo trapecio da al hombro su contorno posterior y superior. Poco desarrollado, deja descender el hombro (hombros caídos). Muy desarrollado, levanta el hombro de manera exagerada.
- Cara lateral: la ocupa un solo músculo, el deltoides su vértice se hunde en la cara lateral del brazo, mientras que rodea las diferentes caras de la cabeza humeral, a la que oculta. Si bien su borde anterior es muy acentuado (surco deltopectoral), su borde posterior es muy poco aparente.
- Cara posterior: el plano superficial está ocupado por la masa muscular del trapecio hasta la espina de la escápula, y oculta a la fosa supraespinosa. Por debajo de la espina, el deltoides oculta la

parte superior y lateral de la fosa infraespinosa. Abajo y medialmente, se perciben los relieves del infraespinoso y lateralmente, los del redondo mayor y del dorsal ancho.

- Fosa axilar: comprendida entre el brazo y la caja torácica, su profundidad es máxima cuando el brazo se separa hasta los 90°. Prácticamente desaparece cuando el brazo ha llegado a la vertical. Esta fosa está limitada: adelante, por el borde inferior del pectoral mayor; atrás, por el borde anterior del dorsal ancho. La piel muy fina y móvil contiene numerosas glándulas sudoríparas y folículos pilosos que dan nacimiento a los pelos largos y gruesos a partir de la pubertad.

Se comprueba, pues, qué acción esencial tiene la musculatura en el aspecto exterior de esta región, lo que traduce exactamente el vigor del sujeto examinado.

1.4. Articulación del codo

Es una articulación sinovial que une el esqueleto del brazo con el del antebrazo.

1.4.1. Anatomía de superficie: con el epicóndilo lateral, el epicóndilo medial y el olecranon atrás, el clínico dispone de tres puntos de referencia óseos que

puede palpar a través de la piel. Dos pertenecen al húmero y uno al cúbito. La disposición unos con relación con los otros informa sobre la situación respectiva de las superficies braquial y antebraquial, en la medida en que el radio sigue al cúbito en sus desplazamientos.

Estas relaciones normales son las siguientes:

- Cuando el antebrazo está en extensión sobre el brazo, los tres puntos de referencia óseos se hallan en una misma línea transversal, perpendicular al eje mayor del miembro.
- Cuando el antebrazo está flexionado en ángulo recto sobre el brazo, los tres puntos de referencia permiten dibujar un triángulo de base superior (línea biepicondílea) cuyo vértice es inferior y está determinado por el olécranon.

1.4.2. *Músculos del brazo*

Se describen aquí tres músculos: el bíceps braquial, el braquial y el tríceps braquial, que unen la escápula y el húmero al esqueleto del antebrazo. Estos músculos aseguran movimientos de flexión y de extensión del antebrazo sobre el brazo. Están dispuestos en dos compartimientos musculares distintos, el compartimiento braquial anterior, con los músculos flexores y el compartimiento braquial posterior, con los músculos extensores.

1.4.3. Músculos del compartimiento braquial anterior: se encuentran el músculo bíceps braquial en un plano superficial y el músculo braquial en el plano profundo.

1.4.4. Músculos del compartimiento braquial posterior: el tríceps braquial.

1.5. Movimientos de la articulación del codo

Se abordarán aquí los movimientos del brazo sobre el antebrazo producidos a nivel de la articulación del codo relacionados con la acción de los músculos flexores y extensores del antebrazo. Corresponden a los movimientos de flexión y de extensión de la articulación del codo. Los movimientos de rotación, pertenecientes a la articulación radiocubital proximal. El cúbito y el radio se desplazan en conjunto en relación con el húmero, actuando de la misma manera que los brazos en un compás. Cuando el antebrazo está extendido por completo, su posición respecto del brazo no es la misma en pronación que en supinación:

- En pronación, el antebrazo está exactamente en la pronación del brazo, siguiendo su eje.
- En supinación, el antebrazo forma con el brazo un ángulo abierto en sentido lateral.

Esta diferencia acarrea una modificación del eje del movimiento de flexo-extensión. Durante la supinación, este eje representado por la bisectriz del ángulo humerocubital, abierto lateralmente, mientras que durante la pronación

este ángulo ya no existe y el eje del movimiento es perpendicular al eje del miembro.

Pasando de la extensión a la flexión, el antebrazo en supinación se acerca al brazo y la angulación desaparece poco a poco, tanto que en la posición de flexión completa, el antebrazo se pone directamente frente al brazo. La desaparición de la angulación se debe a la forma de la tróclea humeral y de la escotadura troclear cubital, constituida por el olécranon y la apófisis coronoides. Se produce entonces un giro en torno a la tróclea, de atrás hacia adelante y de medial a lateral en el curso de la flexión. Este movimiento repercute en un pequeño movimiento del radio sobre el cúbito.

El movimiento de flexo-extensión tiene una amplitud de 135° a 140°.

Está limitado por:

- La tensión de los ligamentos.
- El contacto de las salientes antebraquiales (cabeza radial, apófisis coronoides, olécranon) contra las superficies correspondientes del húmero.
- El espesor de las masas musculares; éstas son las que por su cara anterior limitan esencialmente la flexión.

La orientación previa del brazo, mediante la rotación del húmero en la articulación escapulohumeral, dirige la flexión del antebrazo hacia el hombro (rotación lateral), hacia el tórax, el mentón o la cara (rotación medial).

Los movimientos de lateralidad, en la articulación del codo, son nulos cuando el antebrazo está en extensión completa. Se los puede provocar (movimientos pasivos) cuando el antebrazo está flexionado, pero no tienen ningún valor funcional.

1.5.1. Acción de los músculos flexores y extensores del antebrazo

1.5.1.1. Músculos flexores: son el bíceps braquial, el braquial y el supinador largo. Su acción no es idéntica, pues no poseen las mismas inserciones antebraquiales.

1.5.1.1.1. El músculo bíceps braquial ejerce su máxima acción cuando el antebrazo está en supinación, movimiento que este músculo contribuye a asegurar por su inserción en la tuberosidad del radio. En esta posición, el bíceps braquial es potente, rápido, capaz de resistir fuerzas considerables. Con el antebrazo en supinación se llevan las cargas más pesadas. En pronación, el bíceps braquial está prácticamente inactivo, excepto cuando es necesario que este músculo ayude al músculo braquial. Además, la inserción escapular del bíceps braquial contribuye a favorecer la flexión del antebrazo cuando se trata de levantar o transportar un peso importante. Es necesario que en este acto la cabeza humeral no pierda el contacto con la cavidad glenoidea. La contracción del bíceps braquial mantiene este contacto al mismo tiempo que la cabeza larga del tríceps.

1.5.1.1.2. El *músculo braquial* es un flexor activo y potente, cualquiera que sea la posición del antebrazo: pronación o supinación. Interviene tanto en la flexión rápida como en el movimiento lento y poderoso o en una flexión fija (carga de un gran peso). Es el músculo flexor por excelencia.

1.5.1.1.3. El *músculo supinador largo* interviene en los movimientos de flexión rápida. También sirve para estabilizar lateralmente la articulación del codo en el curso de los movimientos rápidos y bruscos. Su acción sería mucho más limitada en las flexiones lentas o estáticas, como lo demuestran los trazados electromiográficos

1.5.1.2. *Músculos extensores:* son las tres cabezas del músculo tríceps braquial. La acción principal, al parecer, se atribuye a la cabeza medial, luego a la cabeza lateral. La cabeza larga del tríceps aseguraría sobre todo la fijación del húmero contra la cavidad glenoidea en el curso de la extensión fuerte del antebrazo sobre el brazo. Neutraliza así el efecto de los músculos pectoral mayor y dorsal ancho, que tienden a descender la cabeza humeral en el curso de los movimientos de fuerza del miembro superior. En los movimientos rápidos de extensión (proyección del puño hacia adelante), las tres porciones del músculo tríceps braquial se contraen al mismo tiempo.

Los movimientos del antebrazo sobre el brazo suponen siempre una contracción simultánea de los flexores y de los extensores, cualquiera que sea el movimiento considerado. La contracción simultánea de los agonistas y de los antagonistas:

- Asegura la precisión de los movimientos lentos.
- Protege la articulación en los movimientos rápidos. Así una caída sobre la mano suscita una viva contracción de los flexores y de los extensores. La flexión amortigua el choque, pero los extensores impiden que esta flexión sea tan exagerada como para ocasionar una lesión de la articulación del codo.

1.5.2. Formas exteriores del brazo y del codo

1.5.2.1. Brazo: es una parte del miembro superior, de sección cilíndrica en el niño y en la mujer, con relieves musculares poco pronunciados, a diferencia de lo que sucede en sujetos musculosos, donde esos relieves pueden llegar a adquirir un volumen importante.

1.5.2.1.1. Puntos de referencia óseos. Están constituidos por los de las regiones vecinas: el hombro y el codo, puesto que la diáfisis humeral está oculta por los músculos. Se puede palpar el borde lateral del húmero por encima del epicóndilo lateral.

1.5.2.1.2. Relieves musculares. En el brazo se pueden observar:

- Anterior: el relieve del músculo bíceps braquial, alargado cuando el antebrazo está en extensión. El músculo se contrae en una saliente redondeada en la flexión del antebrazo. En el tercio inferior del antebrazo se ubica lateralmente el surco bicipital lateral, bajo cuya piel transcurre la vena cefálica y por donde pasa el nervio radial.

Medialmente, se encuentra el surco bicipital medial, donde se puede auscultar en profundidad la arteria braquial, mientras que bajo la piel transcurre la vena basilica.

- Atrás: el relieve del músculo tríceps braquial, cuyos tres componentes musculares ponen en evidencia su saliente cuando se efectúa la extensión forzada del antebrazo. La cabeza lateral del tríceps está arriba y lateral, la cabeza medial, abajo y medial. La cabeza larga del músculo tríceps braquial está aislada en el tercio superior del brazo. La masa común constituye, distalmente, un plano que se prolonga hasta insertarse en el olécranon.

1.5.2.2. *Codo:* es la región intermedia ubicada entre el brazo y el antebrazo. Por el hecho de su movilidad, los tegumentos presentan, adelante, un pliegue de flexión, situado algo por debajo de la línea interepicondilea. Se lo observa deprimido de adelante hacia atrás y ensanchado transversalmente y constituye la fosa del codo.

1.5.2.2.1. *Puntos de referencia óseos.* Son tres:

- Medialmente: el epicóndilo medial, fácil de palpar. En su cara anterior se destaca la masa de los músculos epicondileos mediales.
- Lateralmente: el epicóndilo lateral, más difícil de palpar por su cara anterior, pues está disimulada bajo la masa de los músculos epicondileos, es más perceptible lateralmente y atrás. Por debajo de

él, en la parte posterior, se puede comprobar en la palpación cómo se desliza la cabeza del radio.

- Posterior: el olécranon forma una saliente cuadrilátera muy prominente. Por fuera, en el canal epicóndilo-olecraneano, se palpa la interlínea articular. Medialmente, en el surco para el nervio cubital, pasa el nervio cubital, que, si se lo presiona a este nivel, provoca un dolor de tipo particular que se irradia hasta el meñique.

1.5.2.2.2. *Relieves musculares:* son sobre todo anteriores:

- Adelante: un relieve mediano corresponde al tendón del músculo bíceps braquial. Un relieve lateral, más redondeado, constituido por los músculos epicondíleos laterales. Un relieve medial, más voluminoso aún, corresponde a los músculos epicondíleos mediales. El relieve medio está separado de los laterales por los surcos bicipitales medial y lateral, que se reúnen abajo formando una V, que contiene el tendón del músculo bíceps braquial. La profundidad de estos surcos se acentúa al momento de la flexión forzada del antebrazo sobre el brazo.
- Atrás: el tendón terminal del músculo tríceps braquial prolonga hacia arriba la saliente del olécranon.

1.6. Estudio del movimiento

1.6.1. Planos y ejes

Eje es la línea a través de la cual se realiza el movimiento y plano es la superficie que se halla en ángulo recto con aquel y en la que se produce movimiento. Estos términos se usan para facilitar la descripción del movimiento o dirección y, por lo que se refiere a los ejes y planos del movimiento articular, se describen con relación al cuerpo en posición anatómica. Cuando hablamos de posición anatómica nos referimos al “cuerpo humano de pie, con la vista al frente, los miembros superiores a lo largo del tronco, las palmas de las manos hacia adelante y los miembros inferiores juntos, con los pies hacia adelante”²⁰.

Eje sagital: “se halla situado paralelamente a la sutura sagital del cráneo, es decir, en dirección anteroposterior. El movimiento en este eje se halla en un plano frontal”²¹.

Eje frontal o transversal: “se halla situado paralelamente a la sutura transversal del cráneo. (...) Se halla dispuesto en ángulo recto con el eje sagital. El movimiento en el eje frontal se realiza en un plano sagital”²².

²⁰ LATARJET M., RUIZ LIARD A. *“Miembro superior”*. Anatomía humana. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina. 488-547. 2004

²¹ GARDINER M.D. *“Principios mecánicos”*. Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. p. 7. 1986.

²² *Ibíd.* P. 7

Eje vertical: “situado paralelamente a la línea de gravedad, y el movimiento se realiza en un plano horizontal”²³. Se entiende por línea de gravedad a la línea vertical a través del centro de gravedad (“punto sobre el cual actúa realmente la atracción de la Tierra sea cual fuere la posición del cuerpo”²⁴). “En el cuerpo humano, se admite que cuando la postura es correcta, la línea pasa a través de las vértebras cervicales medias y lumbares medias y por delante de las vértebras dorsales. El oído externo y el vértice del hombro se hallan en el mismo plano frontal y por fuera de esta línea, mientras que el eje central de la rodilla y de las articulaciones de los tobillos se hallan situados en un plano posteroexterno”²⁵.

El hombro, articulación proximal del miembro superior, al poseer tres grados de libertad permite orientar el miembro superior en relación a los tres planos del espacio a través de los tres ejes principales. El eje sagital permite los movimientos de abducción (el miembro superior se aleja del plano de simetría del cuerpo) y aducción (el miembro superior se aproxima la plano de simetría) realizados en el plano frontal. El eje transversal permite los movimientos de flexoextensión realizados en el plano sagital. Por último, el eje vertical dirige los movimientos de flexión y de extensión realizados en el plano

²³ GARDINER M.D. “*Principios mecánicos*”. Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. p. 8. 1986.

²⁴ *Ibíd.* P. 4

²⁵ *Ibíd.* P. 5

horizontal, el brazo en abducción de 90°. Estos movimientos se denominan flexoextensión horizontal.

Por lo tanto, si el miembro superior pende a lo largo del cuerpo, verticalmente, el eje longitudinal del húmero coincide con el eje vertical. Si el miembro superior se encuentra en abducción de 90°, el eje vertical coincide con el eje transversal. En cambio, si el miembro se encuentra en flexión de 90° coincide con el eje sagital.

“El codo es la articulación intermedia del miembro superior: al realizar la unión mecánica entre el primer segmento -el brazo- y el segundo -el antebrazo-. Le posibilita, orientado en los tres planos del espacio gracias al hombro, reemplazar más o menos lejos del cuerpo su extremidad activa: la mano”.²⁶

Anatómicamente el codo no contiene más que una sola articulación: de hecho, solo hay una cavidad articular. Sin embargo, la fisiología permite distinguir dos funciones distintas: la flexoextensión, que precisa de la actuación de dos articulaciones: la articulación humerocubital y la articulación humerorradial. El movimiento de flexoextensión se produce en el plano sagital y eje frontal; la pronosupinación que afecta a la articulación radiocubital proximal se produce en el plano transversal y eje vertical.

1.6.2. *Palancas*

²⁶ KAPANDJI A. I. “*El codo*”. Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 78-79. 2006.

Los músculos esqueléticos que producen movimientos lo hacen ejerciendo una fuerza sobre los tendones, los que a su vez traccionan de los huesos o de otras estructuras. En otras palabras, para producir movimiento los huesos se comportan como palancas y las articulaciones funcionan como los fulcros o puntos de apoyo de estas palancas.

Cuando un músculo esquelético se contrae, tracciona de uno de los huesos articulares hacia el otro. Un hueso permanece quieto o cercano a su posición original, ya sea porque otro músculo lo estabiliza tirando de él en dirección contraria o porque su estructura hace que tenga menos movilidad. Habitualmente, al sitio de fijación del tendón de un músculo en el hueso estacionario se lo llama origen, y al sitio de fijación del otro tendón del músculo en el hueso que se mueve se lo denomina inserción.

Una palanca es una estructura rígida que puede moverse alrededor de un punto fijo llamado fulcro. Sobre la palanca actúan dos fuerzas diferentes en dos puntos diferentes: el esfuerzo (E) y la carga o resistencia (R) que se opone al movimiento. La distancia perpendicular desde el fulcro al punto de esfuerzo se denomina brazo de esfuerzo, y la distancia desde el fulcro al punto de resistencia se considera brazo de resistencia.

El esfuerzo es la fuerza ejercida por la contracción muscular; la resistencia por lo común corresponde al peso de la parte del cuerpo que se mueve. El movimiento se produce cuando el esfuerzo aplicado sobre el hueso en la inserción excede la resistencia.

Las palancas producen un intercambio entre la fuerza, la velocidad y la amplitud de movimiento. Una palanca opera con ventaja mecánica cuando un esfuerzo pequeño puede mover una carga pesada. En este caso la clave está en que el esfuerzo debe aplicarse a una distancia mayor del fulcro y debe moverse más rápido que la resistencia o carga.

Al contrario, una palanca opera con desventaja mecánica cuando un esfuerzo grande mueve una carga liviana. En este caso el equilibrio determina que el esfuerzo debe aplicarse más despacio y a menor distancia del fulcro que la carga.

1.6.2.1. Clasificación de las palancas

Las palancas se clasifican en tres géneros de acuerdo con las posiciones del fulcro, el esfuerzo y la resistencia.

1.6.2.1.1. Palanca de primer género: es aquella en la que el fulcro se encuentra entre el esfuerzo y la resistencia. El fulcro puede estar situado en la parte central, o hacia el lado del esfuerzo o de la resistencia, con lo que los dos brazos de resistencia o de esfuerzo pueden ser iguales o uno de ellos puede ser más largo que el otro. Por lo tanto, una palanca de primer género puede producir ventaja o desventaja mecánica según que el esfuerzo o la resistencia estén más cerca del fulcro. Existe ventaja mecánica cuando el esfuerzo que se aplica está más lejos del fulcro que la resistencia, la carga pesada se puede mover, pero no muy rápido ni mucha distancia. Por el contrario, si el esfuerzo

está más lejos del fulcro que la resistencia, sólo se puede mover una carga más liviana, pero más rápidamente y una distancia mayor.

1.6.2.1.2. Palanca de segundo género: la resistencia se halla entre el fulcro y el esfuerzo y, por consiguiente, el brazo de esfuerzo es siempre más largo que el brazo de resistencia. Esta disposición sacrifica velocidad y rango de movimiento para obtener mayor fuerza: este tipo de palanca es la que produce más fuerza y por consiguiente siempre presenta ventaja mecánica.

1.6.2.1.3. Palanca de tercer género: el esfuerzo se halla entre el fulcro y la resistencia, por lo que el brazo de resistencia es siempre más largo que el brazo de esfuerzo. En el cuerpo, esta disposición favorece el rango de movimiento y la velocidad por sobre la fuerza, existiendo desventaja mecánica y ventaja en velocidad.²⁷

1.6.3. Acción conjunta de los músculos

Según Gardiner²⁸, en condiciones normales, un músculo nunca trabaja aisladamente para producir movimiento o para asegurar la estabilidad. Los músculos trabajan funcionalmente juntos en grupos, aunque cada músculo puede desempeñar alguna parte específica en relación con la acción del grupo conjunto, por ejemplo, determinando la dirección precisa del movimiento o

²⁷ DERRICKSON B., TORTORA G. J. *"El sistema muscular"*. Principios de anatomía y fisiología. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 330-333. 2006.

²⁸ GARDINER M.D. *"Introducción al movimiento"*. Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. 25-30. 1986.

manteniendo su progresión en una parte determinada de su amplitud. Se requiere la acción conjunta de muchos grupos para la producción de un eficiente movimiento funcional. La función de estos músculos se indican por su denominación, es decir:

- Agonistas: constituyen el grupo de músculos que se contraen para producir la fuerza necesaria para conseguir el movimiento.
- Antagonistas: son músculos cuya acción se oponen a la de los agonistas; su acción consiste, por tanto, en inhibirse, a medida que se relajan progresivamente, para regular y permitir el movimiento.
- Sinérgicos: el prefijo griego *syn* significa *con*; esta denominación indica, por tanto, que estos grupos trabajan con los agonistas proporcionando una actividad adicional que facilita el movimiento. Puede requerirse el concurso de los sinérgicos para modificar la dirección de tracción de un agonista o para regular el movimiento de articulaciones no comprendidas en el movimiento, como en el caso de músculos que pasan sobre dos o más articulaciones.
- Fijadores: estos músculos trabajan para estabilizar los huesos en donde se insertan los agonistas con el objeto de aumentar su eficacia para la producción del movimiento y asegurar la estabilidad del cuerpo en conjunto.

En cambio Kapandji establece grupos musculares responsables del movimiento sin diferenciar su función. A continuación describiremos, según este autor, los movimientos concernientes a esta investigación.

1.6.3.1. Flexión de hombro

Para un completo análisis del movimiento, la flexión de hombro puede ser estudiada en tres fases según la amplitud de movimiento. La primera fase corresponde a los 50-60° del movimiento, cuyos músculos motores son: deltoides anterior (músculo motor primario), coracobraquial, haz clavicular del pectoral mayor. La segunda fase incumbe desde los 60° a los 120° de flexión, siendo sus músculos: trapecio y serrato anterior. La tercera fase, etapa final del movimiento de 120° a 180°, presentando como músculos motores: deltoides, supraespinoso, haz inferior del trapecio y serrato anterior.

1.6.3.2. Extensión de hombro

El movimiento de extensión se lleva a cabo en dos niveles según las articulaciones intervinientes. Cuando la extensión involucra a la articulación glenohumeral los músculos que participan son: deltoides posterior (músculo motor primario), dorsal ancho, redondo mayor y redondo menor. Cuando este movimiento implica a la articulación escapulotorácica, por aducción de la escápula, actúan los músculos romboides, trapecio medio y dorsal ancho.

1.6.3.3. Abducción de hombro

El movimiento de abducción de hombro puede esquematizarse en tres fases para una mayor comprensión; sin embargo, las participaciones musculares están imbricadas y encadenadas íntimamente. La primera fase de la abducción comprende desde 0° a 60°, siendo los músculos que actúan el deltoides medio (músculo motor primario) y el supraespinoso. Estos dos músculos forman la pareja de la abducción de la articulación glenohumeral. De hecho, es en esta articulación donde se inicia el movimiento de abducción. Esta fase finaliza hacia los 90°, cuando la articulación glenohumeral se bloquea debido al impacto del troquíter contra el borde superior de la glenoide. De todos modos puede considerarse que la verdadera abducción fisiológica consiste en la abducción asociada a una flexión de 30°, en el plano del cuerpo de la escápula.

La segunda fase de la abducción comprende desde 60° a 120°, con la articulación glenohumeral bloqueada, la abducción solo puede continuar gracias a la participación de la cintura escapular, tanto por el movimiento pendular de la escápula con una amplitud de 60° que dirige la glenoide hacia arriba; como por el movimiento de rotación longitudinal de las articulaciones esternocostoclavicular y acromioclavicular, con una amplitud de movimiento de 30° cada una. La pareja abductora de la articulación escapulotorácica son los músculos trapecio y serrato anterior.

La tercera fase de la abducción va desde 120° a 180°; para alcanzar la vertical, es necesario que el raquis participe en este movimiento antes de alcanzar una abducción de 150°. ²⁹

1.6.3.4. Flexión de codo

Los músculos motores de la flexión de codo son esencialmente tres: el bíceps braquial, músculo motor primario, tiene predominio cuando el antebrazo se encuentra supinado; el braquial anterior es exclusivamente flexor de codo y su función predomina cuando el antebrazo se halla en pronación; y por último, el supinador largo presenta mayor preponderancia cuando el antebrazo se encuentra en posición intermedia.

1.6.3.5. Extensión de codo

El único músculo que actúa en la extensión del codo es el tríceps braquial. ³⁰

²⁹ KAPANDJI A. I. "El hombro". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 66-73. 2006.

³⁰ KAPANDJI A. I. "El codo". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 92-95. 2006.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ♦ DERRICKSON B., TORTORA G. J. “El sistema muscular”. Principios de anatomía y fisiología. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 330-333. 2006.
- ♦ GARDINER M.D. “Introducción al movimiento”. Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. 25-30. 1986.
- ♦ GARDINER M.D. “Principios mecánicos”. Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. 1-24. 1986.
- ♦ KAPANDJI A. I. “El codo”. Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. Hombro 78-79; 92-95. 2006.
- ♦ KAPANDJI A. I. “El hombro”. Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. Hombro 66-73. 2006.
- ♦ LATARJET M., RUIZ LIARD A. “Miembro superior”. Anatomía humana. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina. 488-547. 2004.

Capítulo II

Evaluación

EVALUACION

2. Concepto de evaluación

Etimológicamente el término *valor* proviene del latín *valere* que significa “ser fuerte”, del cual derivan también las palabras:

Valuar/valorar: consiste en señalar o reconocer lo que vale.

Evaluar: tiene su origen en el prefijo “e” y el sufijo “*valuar*”, que juntos significan estimar el valor.

Evaluación: refiere la acción y efecto de evaluar; estimando, apreciando, calculando o señalando el valor de algo.

Por lo tanto, la evaluación es la determinación sistemática del mérito, el valor y el significado de algo o alguien en función de unos criterios respecto a un conjunto de normas.

El término evaluación define acciones como examinar, medir y observar al paciente, usando formatos estructurados y comparando el desempeño observado a un criterio, norma o estándares específicos.

La evaluación se limita a la recolección de datos y es independiente de la interpretación y de la valoración, la misma cobra sentido cuando se evalúa con un propósito: obtener información precisa sobre la cual se puede planificar, adaptar o concluir la intervención.

2.1. Tipos de evaluación clasificados de diversas formas:

2.1.1. Según la información que proporcionan:

2.1.1.1. Descriptiva: es una mirada objetiva, actual de la persona en comparación con alguna norma, escala o estándar predeterminado. Requiere observación, medición y registro en una sola ocasión, sin implicancias para el pasado o el futuro.

2.1.1.2. Valorativa: nota los cambios a través del tiempo, es una evaluación secuencial que implica un alto grado de confiabilidad y validez si los resultados requieren comparación.

2.1.1.3. Pronóstica y predictiva: se basa en predicciones de cómo se comportarán ciertas variables en el futuro. Las mismas están basadas en probabilidades y están relacionadas con la validez del procedimiento o del instrumento de evaluación.

2.1.2. Según el tipo de encuadre:

2.1.2.1. Formal: se lleva a cabo en un encuadre predeterminado, con objetivos específicos y registro de los datos en forma precisa y estructurada.

2.1.2.2. Informal: se basan en observaciones terapéuticamente significativas, generalmente realizadas fuera del encuadre de la evaluación considerada formal (salida terapéutica, pasillo, asamblea entre otras).

2.1.3. Según las propiedades psicométricas:

2.1.3.1. Estandarizada: conjunto de procedimientos y de resultados que pueden ser comparados y confrontados con puntajes normativos obtenidos al testear una muestra seleccionada y suficiente de individuos.

2.1.3.2. No estandarizada: no se relacionan con puntajes normativos o examinados para la confiabilidad o validez. Lo más útil para éstas es el criterio.^{31 32}

2.1.4. Según la modalidad de administración:

2.1.4.1. Autoadministrada: son completados por los propios pacientes, requiere de menor tiempo del staff y puede ser adecuado para indagar sobre aspectos de la sexualidad o relaciones familiares. El deterioro cognoscitivo, diferentes niveles de educación y cultura, pueden desviar los resultados de los tests resultando en información menos precisa.

2.1.4.2. Por interrogatorio: son implementados por un técnico y/o profesional. Puede verse afectado por la calidad de la información recolectada, a menudo las interferencias pueden ser ocasionadas por deficiencias técnicas de la administración y/o la subjetividad del evaluador.

³¹ DE CILLIS M. *"Instrumentos de Evaluación en Terapia Ocupacional. Concordancia entre observadores de la Evaluación Autoatención (ENA)"*. Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social. Universidad Nacional de Mar del Plata. 2000.

³² APPLGATE W., BLASS J., WILLIAMS T. *"Instrumento para la evaluación funcional de adultos mayores"*. The New England Journal of Medicine. Vol. 332 Nº 17. 1990.

2.1.4.3. Por observación directa: consiste en la observación de una actividad realizada por el paciente ya sea en un contexto natural (hogar, lugar de trabajo) o artificial (espacios construidos).³³

³³ ANDRADA M., ROUMEC B. *“Escala de Evaluación por interrogatorio de las AVD básicas, en pacientes con diagnóstico con enfermedad de Alzheimer”*. Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social. Universidad Nacional de Mar del Plata. Año 2007.

2.2. Evaluación de fuerza muscular

La fuerza muscular es la capacidad funcional que se expresa por la acción conjunta del sistema nervioso y del aparato osteo-muscular para generar tensión, que constituye la forma en que el sistema neuromuscular produce fuerza.

Es en este sentido que la fuerza “evaluada” consiste en la manifestación externa obtenida por la tensión interna generada por un músculo o grupo muscular a una velocidad determinada. Desde el campo de las ciencias de la salud, se desarrolla la evaluación clínica de la fuerza muscular, la cual examina la contracción máxima de un músculo o grupo muscular cuando existe una debilidad aparente o dificultades con la función. Siendo la fuerza muscular, la expresión de la tensión muscular transmitida al hueso a través del tendón, demostrando de este modo el grado de potencia de un músculo cuando al movimiento se le opone resistencia, ya sea con objetos o con la gravedad.

La fuerza muscular puede medirse en forma cuantitativa por básculas de resorte, tensiómetros, dinamómetros y pesos, o en forma cualitativa mediante la valoración manual.

2.3. Evaluación manual de fuerza muscular. Comparación de dos criterios

El método de *evaluación de fuerza muscular* más difundido es el de valoración manual. Este método utiliza una escala de registro basada en la capacidad de un músculo en realizar el desplazamiento de las palancas en relación a la gravedad.

Los dos métodos dominantes son, el propuesto por Daniels y Worthingham, y el otro por Kendall y col. Cada uno define los grados musculares de forma ligeramente distinta.

La graduación de Daniels y Worthingham se basan en los tres factores siguientes:

- Cantidad de resistencia que puede administrarse manualmente a un músculo en contracción.
- Capacidad del músculo para mover una parte a través del rango del movimiento completo.
- Comprobación de la presencia o ausencia de contracción.

En el método Kendall se utilizan las pruebas de sostén isométrico. La fuerza muscular necesaria para mantener la posición de examen, con pocas excepciones, se considera equivalente a la fuerza muscular necesaria para

completar el movimiento de prueba. También recomienda el uso de movimiento de asistencia en posiciones antigravitacionales, en lugar de cambios frecuentes de posición, y emplea valores porcentuales.

2.3.1. *Evaluación muscular Daniels*

Daniels y Worthingham realizan una aproximación a la valoración de la fuerza y función muscular, como componentes fundamentales del movimiento y estado postural.

La utilización de la exploración muscular manual es válida para los individuos normales y para aquellos que presentan paresias o parálisis secundaria a trastornos motores (lesiones de la motoneurona inferior o lesiones musculares). Su utilización en pacientes con trastornos en los centros nerviosos superiores no es válida, debido a la interferencia de las sensaciones anormales o a los trastornos del tono o del control motor.

Se basan en los movimientos de las articulaciones más que en los músculos individuales. El motivo de este estudio se debe a que cada movimiento suele ser el resultado de la actividad de más de un músculo y, aunque se pueden identificar los principales músculos motores de un movimiento, no debe despreciarse la importancia de los motores secundarios o accesorios.

2.3.2. *Evaluación muscular Kendall*

La realización de las pruebas y la evaluación de la potencia muscular son los dos componentes fundamentales de la exploración manual muscular. Para conseguir una completa eficiencia en la aplicación de este procedimiento, es conveniente poseer un conocimiento extenso y detallado de la función muscular. Debe incluir el conocimiento del movimiento articular, el origen y la inserción de los músculos, su acción agonista y antagonista, así como su papel en la fijación y en la sustitución. Requiere además la capacidad para palpar el músculo o su tendón, para lograr la diferenciación entre un contorno normal o atrofiado, y para reconocer las anormalidades de posición o movimiento.

La exploración cuidadosa y el registro adecuado de las pruebas revelará los hallazgos característicos y representará una ayuda útil para el diagnóstico.

Las pruebas musculares representan un procedimiento que depende del conocimiento, destreza y experiencia del examinador.

2.4. Concepto de protocolo

Documento que pone de manifiesto un acuerdo entre profesionales sobre un determinado tema y en el cual se han clarificado las actividades a realizar ante una determinada tarea. Desde esta visión, serían susceptibles de protocolizarse aquellas actividades físicas, verbales y mentales que son planificadas y realizadas por los profesionales, incluyéndose tanto actividades autónomas como delegadas.

Previamente a la elaboración de este documento, es necesario contemplar una serie de aspectos como su alcance, el grupo de trabajo (profesionales en el tema a abordar) y el apoyo bibliográfico (dado que son documentos que nacen con vocación de normalizar la práctica).

En la elaboración propiamente dicha, es necesario estandarizar la estructura formal que deben seguir todos los documentos que se generen, teniendo en cuenta que es deseable que sigan el mismo orden que se expone a continuación:

- Fecha de elaboración y fecha de revisión (por escrito y estableciendo un plazo no superior a tres años para la revisión).
- Autores.
- Introducción (puesta al día y justificación de los motivos que hacen necesario la elaboración del documento).

- Definición/es (descripción breve de la técnica o el procedimiento).
- Objetivos (responde de forma general a aquello que se persigue con la técnica o el procedimiento en sí).
- Ámbito de aplicación (profesionales y campo a los que se orienta el protocolo).
- Población diana (quién y en qué condiciones va a recibir la técnica o procedimiento).
- Personal que interviene.
- Material.
- Términos y definiciones (definición de términos específicos o siglas utilizadas en el protocolo que puedan ayudar a los destinatarios a su correcto entendimiento y aplicación).
- Procedimiento (constituido por las siguientes fases: actividades de valoración, preparación del material, preparación del evaluado, ejecución y precauciones).
- Bibliografía.
- Anexos (elementos o instrumentos que resulten imprescindibles, que puedan facilitar la comprensión o aplicabilidad del documento y que

por su novedad o singularidad deban ser difundidos junto con el protocolo).³⁴

³⁴ SÁNCHEZ ANCHA Y., GONZÁLEZ MESA, F. J., MOLINA MÉRIDA O., GUIL GARCÍA M. "*Guía para la elaboración de protocolos*". Biblioteca Las Casas, 2011; 7(1). Disponible en <<http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0565.php>> (consultado el día 06/08/2012)

2.5. Evaluación de la calidad de los datos

Al definir la medición como “el conjunto de reglas para asignar un número a los objetos a fin de representar cantidades de atributos” (Nunnally, 1978); indica que el número debe asignarse al objeto en función de reglas específicas y no de manera fortuita, dado que la cuantificación sin reglas carecería de sentido. Al medir un atributo no basta sólo con desarrollar reglas, también es necesario hacerlo de modo que dichas reglas resulten satisfactorias y significativas. Es así que independientemente de los datos que se colecten el investigador debe especificar en qué condiciones y con qué criterios se asignarán los valores numéricos a las características de interés.

Cuando el investigador diseña un nuevo conjunto de reglas para medir atributos, rara vez sabe de antemano si serán las mejores posibles. En esencia, las nuevas reglas de medición constituyen la hipótesis del investigador respecto del funcionamiento y la variación del atributo de su interés, en tanto que para determinar cuán adecuada es la hipótesis (es decir, la validez de sus herramientas de medición) se requiere de una evaluación empírica.

Cuando se desarrolla un instrumento de medición se presentan tanto ventajas como errores de la medición.

Una de las principales ventajas de la medición en la colecta de datos es que elimina la mayor parte de las conjeturas. Como la medición se basa en

reglas explícitas tiende a ser objetiva; cabe aclarar que una medición objetiva es la que otros pueden verificar de manera independiente. Sin embargo, no todas las mediciones científicas son totalmente objetivas, si bien la mayor parte incorpora reglas que reducen al mínimo la subjetividad.

Otra de las ventajas de los sistemas de medición radica en que permiten obtener información razonablemente precisa. A partir de la precisión se facilita en mucho la tarea de diferenciar las personas u objetos que presentan diferentes grados de un atributo.

Las mediciones constituyen un medio de comunicación, pues los números resultan mucho menos ambiguos que las palabras y, por consiguiente, más adecuados para comunicar datos a un público amplio.

En cuanto a los errores de medición, tanto los procedimientos de medición de atributos como el objeto que se mide son susceptibles de experimentar diversas influencias que pueden modificar la información resultante. Algunos de los factores que interfieren en el proceso de medición pueden controlarse hasta cierto punto y siempre debe intentarse, si bien tampoco se puede afirmar que invariablemente se tenga éxito.

Si un instrumento no es del todo exacto, se dice que sus mediciones contienen determinado grado de error. En términos conceptuales, el valor observado (u obtenido) se descompone en dos partes, un componente erróneo y un componente real. Cuando el investigador mide un atributo de interés, mide también otros atributos que carecen de interés. El componente de valor real

corresponde al atributo que se espera aislar, mientras que el componente de error es un agregado de todos los demás factores que también se miden contra el deseo del investigador. En otras palabras, la proporción del componente de valor real en el valor obtenido varía de una persona a otra.

Son muchos los factores que contribuyen a los errores de medición, en el caso particular de nuestra investigación interesan las variaciones en la aplicación y el formato del instrumento. Las variaciones en la aplicación hacen referencia a las alteraciones de un sujeto a otro en los métodos de colecta de datos que pueden dar lugar a variaciones en los valores obtenidos sin relación con las variaciones del atributo en estudio. En cuanto al formato del instrumento, las características técnicas del mismo podrían influir en las mediciones obtenidas.

Estas son las razones que justifican la necesidad de desarrollar un protocolo para el instrumento y posteriormente, en futuras investigaciones, aportar datos a la validez y confiabilidad, así como determinar los valores normales para la población de referencia.

Es así que a partir de futuros estudios podría determinarse si los datos obtenidos a través de la implementación del protocolo de uso del instrumento presentan validez y confiabilidad. A continuación se describen dichos conceptos.

La confiabilidad de un instrumento es el grado de congruencia con que mide el atributo para el que está diseñado. A menor variación en las

mediciones repetidas de un instrumento, mayor la confiabilidad, de donde se desprende que la confiabilidad es equiparable a la estabilidad, congruencia o fiabilidad del instrumento de medición.

Otra manera de definir la confiabilidad es en función de la exactitud; un instrumento es confiable si sus mediciones reflejan exactamente los valores verdaderos del atributo que se investiga. De este modo, la medición confiable maximiza el componente de valor real y minimiza el componente de error; mientras mayor sea el error, menor será la confiabilidad.

Estas dos formas de abordar el concepto de confiabilidad no son excluyentes entre sí, dado que los errores de medición que afectan la exactitud del instrumento también afectan su congruencia.

La validez denota el grado en que el instrumento mide lo que se supone que debe medir. Los problemas de validez que se suscitan se relacionan con la duda de si realmente se estará midiendo el atributo que se cree medir.

La confiabilidad y validez de un instrumento no son cualidades completamente independientes. Un dispositivo de medición que no sea confiable no puede ser válido, pues si es errático, incongruente e inexacto tampoco medirá con validez el atributo en cuestión.³⁵

³⁵ POLIT D., HUNGLER B. *"Investigación científica en ciencias de la salud"*. 6ta ed. Ed. Mac Graw Hill Interamericana. Editores S.A. México. 2000.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ♦ ANDRADA M., ROUMEC B. "Escala de Evaluación por interrogatorio de las AVD básicas, en pacientes con diagnóstico con enfermedad de Alzheimer". Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social. Universidad Nacional de Mar del Plata. Año 2007.
- ♦ APPLGATE W., BLASS J., WILLIAMS T. "Instrumento para la evaluación funcional de adultos mayores". The New England Journal of Medicine. Vol. 332 N° 17. 1990.
- ♦ DE CILLIS M. "Instrumentos de Evaluación en Terapia Ocupacional. Concordancia entre observadores de la Evaluación Autoatención (ENA)". Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social. Universidad Nacional de Mar del Plata. 2000.
- ♦ POLIT D., HUNGLER B. "Investigación científica en ciencias de la salud". 6ta ed. Ed. Mac Graw Hill Interamericana. Editores S.A. México. 2000.
- ♦ SÁNCHEZ ANCHA Y., GONZÁLEZ MESA, F. J., MOLINA MÉRIDA O., GUIL GARCÍA M. "Guía para la elaboración de protocolos". Biblioteca Las Casas, 2011; 7(1). Disponible en <<http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0565.php>> (consultado el día 06/08/2012)

Capítulo III

Dinamómetro

DINAMÓMETRO

3. Concepto de dinamómetro

Se denomina dinamómetro al instrumento utilizado para medir fuerzas o para pesar objetos, a partir de la deformación elástica de un muelle calibrado. Este dispositivo fue inventado por Sir Isaac Newton (1643-1727), y basa su funcionamiento en la elongación de un resorte que sigue la ley de Hooke³⁶ en el rango de medición.

Dicho instrumento puede tener un diseño específico de acuerdo a su aplicación, siendo posible distinguir entre el dinamómetro, que mide fuerzas; y la balanza, que mide masas. De todas formas, algunos objetos que se conocen como balanzas son, en realidad, dinamómetros, ya que funcionan mediante la compresión o el alargamiento de muelles.

3.1. Clasificación de dinamómetro

Existen en el mercado diferentes dispositivos de medición: instrumentos hidráulicos, instrumentos mecánicos e instrumentos neumáticos.

³⁶ En física, la ley de elasticidad de Hooke o ley de Hooke, establece que el alargamiento unitario que experimenta un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada.

3.1.1. Instrumentos hidráulicos: sistemas sellados que miden la fuerza de puño y pinza en kilogramos o libras de fuerza.

El más usado es el dinamómetro Jamar, diseñado por Bechtol³⁷, expresa la fuerza isométrica de prensión realizada en Kilogramos y Libras. Posee 5 posiciones ajustables y separadas por una distancia de 0,5 pulgadas (1,27 cm.) lo que permite analizar la fuerza ejercida en distintas posiciones de cierre de la mano.

Cabe destacar, que el dinamómetro Jamar es un instrumento plenamente avalado desde hace décadas por la "American Society of Hand Therapists"³⁸ y por el "Committe on Industrial Health and Rehabilitation of the California Medical Association"³⁹⁴⁰. Hay evidencia acerca de la alta validez y reproductibilidad de sus medidas⁴¹. A fin de extremar la fiabilidad en la medida, se recomienda la calibración periódica del dinamómetro⁴².

³⁷ BECHTOL C.O. "The use of a dynamometer with adjustable handle spacings". J Bone Joint Surg Am. 36:820-830. 1954.

³⁸ FESS E.E., MORAN C. "Clinical Assessment recommendations". Indianapolis. American Society of Hand Therapists. 1981.

³⁹ KIRKPATRICK J.E. "Evaluation of grip loss: a factor of permanent partial disability in California". Ind. Med. Surg. 26:285-289. 1957.

⁴⁰ KIRKPATRICK J.E. "Evaluation of grip loss: factor of permanent disability in California". Calif. Med. 85: 314-320. 1956.

⁴¹ NIEBUHR B.R., MARION R. FIKE M.L. "Reliability of grip strength assessment with the computerized Jamar dynamometer". Occup. Ther. J. Research. 14(1): 3-18. 1984.

⁴² FESS E.E. "A method for cheking Jamar dynamometer calibration". J. Hand Ther. 1:28-32. 1987.

Otros instrumentos se han desarrollado, como el dinamómetro Grippit⁴³, que pese a su escasa difusión se ha establecido la alta reproductibilidad de las medidas⁴⁴.

En tanto, se han diseñado instrumentos similares al Jamar como el Harpenden⁴⁵⁴⁶ y el Grip-Track⁴⁷. Pero finalmente, el desarrollo tecnológico ha optado por la fabricación de dinamómetros computarizados como el Greenleaf Eval System⁴⁸ y el Dexter Hand Evaluation and Therapy System⁴⁹, en éste se incorpora una versión electrónica del dispositivo Jamar y se ha demostrado consistencia en las medidas.

Para la medición de fuerza de pinza se utiliza el Dinamómetro B&L GAUGE, el cual registra las libras en color negro y los kilogramos en color rojo. Las prensiones a evaluar son tres: pinza palmar, extremo del pulgar con dedo

⁴³ LAGERSTROM C., NORDGREN B., OLERUD C. *"Evaluation of grip strength measurements after Colles' fracture: a methodological study"*. Scand. J. Rehabil. Med. 1999; 31(1):49-54.

⁴⁴ WALLSTROM A., NORDENSKIÖLD U. *"Assessing hand grip endurance with repetitive maximal isometric contractions"*. J. Hand Ther. 14(4):279-285. 2001.

⁴⁵ MARTIN S., NEALE G., ELIA M. *"Factors affecting maximum momentary grip strength"*. Hum. Nutr. Clin. Nutr. 39C:137-147. 1984.

⁴⁶ BALOGUN J., ADENLOLA A. *"Grip strength normative data for the Harpenden dynamometer"*. J. Orthop. Sports Phys. Ther. 4:155-160. 1991.

⁴⁷ CLERKE A.M., CLERKE J.P., ADAMS R.D. *"Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers"*. J. Hand Ther. 18(1):19-29. 2005.

⁴⁸ VLIET VLIELAND T., VAN DER WIJK T., JOLIE I., ZWINDERMAN A., HAZES J. *"Determinants of hand function in patients with rheumatoid arthritis"*. J. Rheumatology. 23(5):835-840. 1996.

⁴⁹ JEBSEN R.H., TAYLOR N., TRICSCHMANN R. *"An objective and standardised test of hand function"*. Arch. Phys. Med. Rehabil. 50:311-319. 1969.

índice; pinza lateral, pulpejo del pulgar con cara lateral de la falange media del dedo índice; y pinza de tres puntos, extremo del pulgar con extremos de los dedos índice y mayor.

3.1.2. Instrumentos neumáticos: constituidos por un compartimiento lleno de aire, midiendo éste la presión de puño antes que la fuerza de puño. La limitación es que al vaciar el área superficial sobre la cual la presión es aplicada conduce a resultados variables. Entre los instrumentos neumáticos utilizados encontramos el Sphygmomanometer y el Martin Vogorimeter⁵⁰. Este último se compone por un manómetro y tres balones intercambiables, de distinto perímetro a fin de mejorar su adaptación a distintos tamaños de mano. La consistencia de las mediciones está en controversia. Los detractores atribuyen que las mediciones con instrumentos neumáticos poseen baja fiabilidad y además postulan que, en realidad, miden presión y no fuerza⁵¹.

3.1.3. Instrumentos mecánicos: entre ellos encontramos el dinamómetro Stoelting que mide la fuerza de puño a través de la tensión producida en un resorte de acero, expresada en kilogramos o libras de fuerza. Strain Gauges mide en newton de fuerza e incluye la unidad de testeo isométrica. Estos instrumentos no se consideran precisos ni reproducibles en sus mediciones debido a que no han sido ampliamente analizados en la literatura.

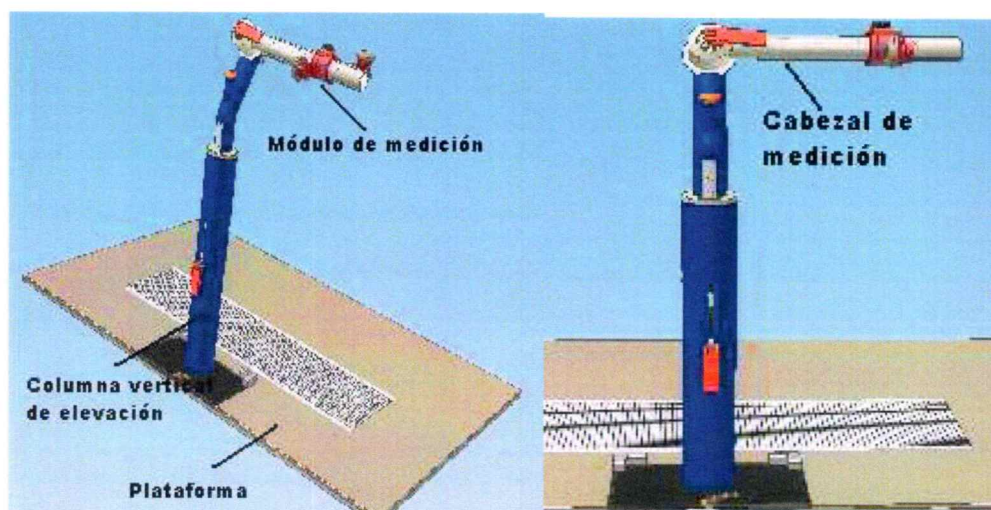
⁵⁰ THORNGREN K.G., WERNER C.O. "Normal grip strength". Acta Orthop. Scand. 50:255-9. 1979.

⁵¹ FRASER A., VALLOW J., PRESTON A., COOPER R.G. "Predicting 'normal' grip strength for rheumatoid arthritis patients". Rheumatology (Oxford). 38(6):521-528. 1999.

3.2. Dinamómetro de hombro y codo

El dinamómetro de hombro y codo ha sido diseñado en el año 2009 por Bisio L. y Gutierrez G. en su tesis de grado: "Dispositivo para la evaluación de fuerzas musculares de miembro superior"; con la colaboración de la División Soldadura y Fractomecánica, Facultad de Ingeniería, UNMDP y con docentes investigadores licenciados en Terapia Ocupacional del Departamento de Terapia Ocupacional, Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social, UNMDP.

3.2.1. Configuración general de dinamómetro de hombro y codo: es un dispositivo totalmente pasivo que es en esencia una balanza electrónica orientable con la posibilidad de registrar la posición de los sensores para tener repetitividad en las mediciones. El dispositivo consta en principio de cuatro partes fundamentales: la plataforma, la columna vertical de medición, el cabezal de medición y el módulo de medición. Fueron diseñadas teniendo en cuenta los movimientos que se deben cumplir, la practicidad para la fabricación y el aspecto estético.



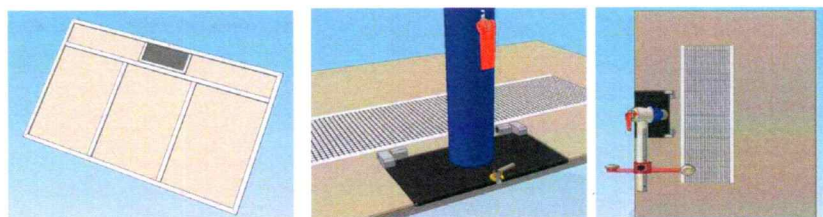
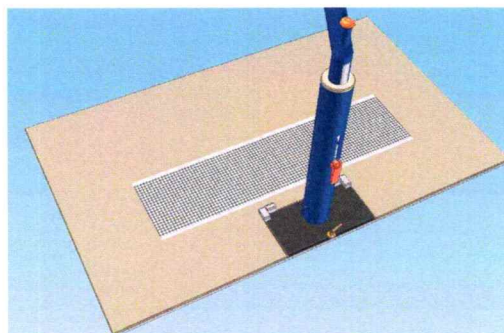
3.2.1. Dispositivo desarrollado

3.2.2. Plataforma: se encarga de brindar sustento a todo el equipo y además es donde se ubica la silla que aloja al paciente durante la exploración muscular. Tiene la característica de ser rebatible para permitir un ahorro de espacio durante el tiempo que el instrumento no está en uso. Para esto posee dos bisagras y una traba tipo leva, ubicada sobre el lateral que tiene la columna vertical de medición que los vincula rígidamente.

Contiene una estructura de caño rectangular de acero sobre la cual se ubica una plancha de polietileno vinculados entre sí a través de tornillos allen. Esta plataforma posee una grilla de regulación para ayudar a tener una repetitividad en la posición del paciente sobre la máquina y además cintas tipo antideslizantes para brindar seguridad al paciente.

Sus dimensiones permiten el giro de 180° que el paciente debe realizar para la medición de ambos miembros y alojar una silla de uso cotidiano

permitiendo que los pies del evaluado también se encuentren sobre la plataforma durante la operación.



3.2.2. Plataforma

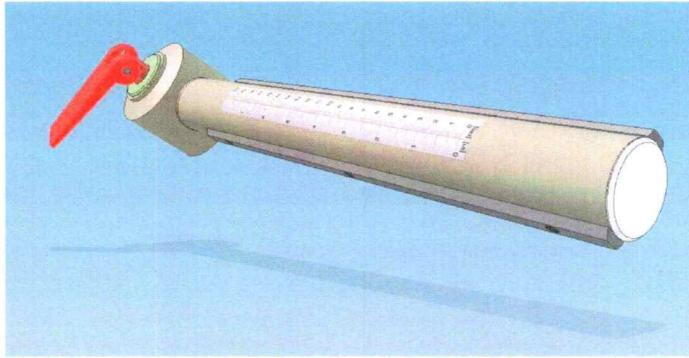
3.2.3. Columna vertical de elevación: vincula la plataforma con el cabezal de medición a través de la traba y bisagras. Sus principales funciones son de, darle sustento a aquellas partes que contienen los sensores de medición y poseer una regulación de altura que permita contemplar los distintos tamaños de personas.



3.2.3. Columna vertical

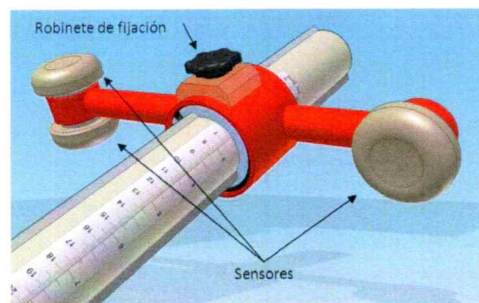
Posee un cuerpo principal de acero inoxidable dentro del cual se ubican resortes de gas, las guías laterales, el sistema anti-rotante y la extensión de la columna, también construida de acero inoxidable.

3.2.4. Cabezal de medición: está ubicado sobre el extremo superior del dispositivo y mantiene vinculado a través de su eje al módulo de medición con la columna vertical de elevación. Tiene como función generar las articulaciones necesarias para que el módulo de medición pueda trasladarse de forma longitudinal, permitiendo la evaluación de personas con distintos largo de brazos y además posibilita una rotación de 180° para poder explorar ambos miembros. Su construcción está prevista en caño redondo de acero inoxidable.



3.2.4. Cabezal de medición

3.2.5. Módulo de medición: esta pieza contiene las celdas de carga que miden los esfuerzos que realizan los músculos responsables de los movimientos de flexión, extensión y abducción de hombro y flexión y extensión de codo. Tiene la posibilidad de trasladarse y rotar en el cabezal de medición y se vincula rígidamente a este a través de una traba tipo ubicada en la parte inferior de ésta. Una vez lograda la posición del módulo de medición se gira este robinete y se bloquea el dispositivo quedando el equipo preparado para la exploración.



3.2.5. Módulo de medición

3.2.6. Adquisición de datos:

3.2.6.1. Visualización en tiempo real de parámetros de ensayo y de resultados:

la visualización de resultados es mediante una interface gráfica de computadora. Previamente la señal analógica debe ser convertida a digital, por medio de un convertidor analógico-digital. Este dispositivo es el encargado de interpretar las señales analógicas, digitalizarlas y enviarlas por medio de USB a un ordenador, para poder visualizar en forma gráfica los resultados obtenidos.

Por último los datos son procesados por medio de un software programable en bloques, con un programa base, el cual se encarga de setear los parámetros de cada dispositivo electrónico y otro programa que posibilita la visualización en pantalla con una interface más intuitiva. Este último nos permite ingresar, almacenar y visualizar los datos de cada paciente, tales como:

- Ingreso de datos:
 - Datos generales del evaluado (datos personales, motivo de consulta, etc.).
 - Posición de la silla sobre la plataforma (x;y).
 - Altura de la columna de elevación (h).

- ♦ Posición angular del cabezal de medición y posición longitudinal del módulo de medición.
- Almacenamiento de datos:
 - ♦ Carga máxima reportada para cada evaluación (movimientos de flexión, extensión y abducción de hombro y flexión y extensión de codo).
 - ♦ Curva de aplicación de carga: adquisición de los valores de fuerza muscular en función del tiempo para obtener una curva que permita evaluar además del valor máximo, la capacidad de mantener la carga en el tiempo.

3.2.6.2. Interfaz gráfica: la capacidad del dispositivo permite obtener datos de esfuerzo máximo.

Estos datos son visualizados en la pantalla de una computadora personal a través de una interfaz gráfica intuitiva y de fácil interpretación.⁵²

⁵² BISIO L., GUTIERREZ G. "Dispositivo para la evaluación de fuerzas musculares del miembro superior" Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. 2009.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ♦ BALOGUN J., ADENLOLA A. "Grip strength normative data for the Harpenden dynamometer". J. Orthop. Sports Phys. Ther. 4:155-160. 1991.
- ♦ BECHTOL C.O. "The use of a dynamometer with adjustable handle spacings". J Bone Joint Surg Am. 36:820-830. 1954.
- ♦ BISIO L., GUTIERREZ G. "Dispositivo para la evaluación de fuerzas musculares del miembro superior" Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. 2009.
- ♦ CLERKE A.M., CLERKE J.P., ADAMS R.D. "Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers". J. Hand Ther. 18(1):19-29. 2005.
- ♦ FESS E.E. "A method for cheking Jamar dynamometer calibration". J. Hand Ther. 28-32. 1987.
- ♦ FESS E.E., MORAN C. "Clinical Assessment recommendations". Indianapolis. American Society of Hand Therapists. 1981.
- ♦ FRASER A., VALLOW J., PRESTON A., COOPER R.G. "Predicting 'normal' grip strength for rheumatoid arthritis patients". Rheumatology (Oxford). 38(6):521-528. 1999.

♦ JEBSEN R.H., TAYLOR N., TRICHSCHMANN R. "An objective and standardised test of hand function". Arch. Phys. Med. Rehabil. 50:311-319. 1969.

♦ KIRKPATRICK J.E. "Evaluation of grip loss: a factor of permanent partial disability in California". Ind. Med. Surg. 26:285-289. 1957.

KIRKPATRICK J.E. "Evaluation of grip loss: factor of permanent disability in California". Calif. Med. 85: 314-320. 1956.

♦ LAGERSTROM C., NORDGREN B., OLERUD C. "Evaluation of grip strength measurements after Colles' fracture: a methodological study". Scand. J. Rehabil. Med. 31(1):49-54. 1999.

♦ MARTIN S., NEALE G., ELIA M. "Factors affecting maximum momentary grip strength". Hum. Nutr. Clin. Nutr. 39C:137-147. 1984.

♦ NIEBUHR B.R., MARION R. FIKE M.L. "Reliability of grip strength assessment with the computerized Jamar dynamometer". Occup. Ther. J. Research. 14(1): 3-18. 1984.

♦ THORNGREN K.G., WERNER C.O. "Normal grip strength". Acta Orthop. Scand. 50:255-9. 1979.

- VLIET VLIELAND T., VAN DER WIJK T., JOLIE I., ZWINDERMAN A., HAZES J. "Determinants of hand function in patients with rheumatoid arthritis". J. Rheumatology. 23(5):835-840. 1996.

- WALLSTROM A., NORDENSKIÖLD U. "Assessing hand grip endurance with repetitive maximal isometric contractions". J. Hand Ther. 14(4):279-285. 2001.

ASPECTOS
METODOLÓGICOS

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se enmarca dentro del tipo de investigación metodológica, la cual hace referencia a investigaciones controladas sobre la forma de obtener, organizar y analizar los datos. El objetivo que persiguen es desarrollar instrumentos confiables, eficaces y funcionales que otros investigadores y profesionales puedan utilizar en la práctica cotidiana. Para alcanzar tal fin, abordan el desarrollo, la validación y evaluación de instrumentos o técnicas de investigación⁵³.

UNIVERSO DE ESTUDIO

El universo de estudio estuvo conformado por adultos sanos mayores de 20 años de edad con estatura comprendida entre 150 cm y 172 cm en mujeres y 161 cm y 186 cm en hombres, que concurrieron a las evaluaciones de fuerza muscular en las cuales se aplicó el “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo” en la ciudad de Mar del Plata. En el mes de Noviembre del año 2012.

⁵³ POLIT D., HUNGLER B. *“Investigación científica en ciencias de la salud”*. 6ta ed. Editorial Mac Graw Hill Interamericana. Editores S.A. México. 2000.

MUESTRA

La muestra estuvo conformada por cinco adultos sanos mayores de 20 años de edad con estatura comprendida entre 150 cm y 172 cm en mujeres y 161 cm y 186 cm en hombres, que concurrieron a las evaluaciones de fuerza muscular en las cuales se aplicó el “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo” en la ciudad de Mar del Plata. En el mes de Noviembre del año 2012.

MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

El grupo de estudio se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia.

En este estudio se seleccionaron las personas que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión y que aceptaron participar en el mismo.

CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Criterios de inclusión:

- Personas mayores de 20 años de edad.
- Personas con estatura comprendida entre 150 cm y 172 cm en mujeres y 161 cm y 186 cm en hombres.

- Consentimiento informado verbalmente para participar de la investigación

Criterios de exclusión:

- Haber padecido o padecer enfermedad o lesión que afecte la fuerza muscular de miembro/s superior/es, según refieran las unidades de análisis.
- Haber padecido o padecer dolor o molestia en el/los miembro/s superior/es.

TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Procedimiento para la recolección de datos:

La recopilación de datos se llevó a cabo en varias fases:

1. *Selección de evaluadores voluntarios:* Se invitó a participar de la investigación a dos licenciadas en Terapia Ocupacional egresadas de la UNMDP.
2. *Capacitación de los evaluadores:*
 1. Se explicó el objetivo y metodología de la investigación.
 2. Se distribuyó el instructivo del “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo”.

3. Previo a la evaluación de la fuerza muscular aplicando el “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo” se esclarecieron los interrogantes de las evaluadoras.

3. *Evaluación:*

1. Los evaluados leyeron y firmaron el consentimiento informado.

2. Los evaluadores llevaron a cabo las evaluaciones de fuerza muscular aplicando el “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo” en horas de la tarde de dos días consecutivos.

4. *Supervisión y coordinación:* Con el propósito de asegurar la validez y confiabilidad del estudio las autoras fueron las encargadas de supervisar y coordinar la recolección de los datos.

ANÁLISIS DE DATOS

Teniendo en cuenta que las evaluaciones de la fuerza muscular fueron realizadas en los mismos individuos, los datos fueron analizados utilizando un Test de Student (Test de t) para muestras dependientes.⁵⁴ Se comparó, por un lado, los valores medios de la fuerza para cada movimiento obtenidos por cada evaluador en los diferentes días (Evaluador 1-Día 1 vs. Evaluador 1-Día 2, y Evaluador 2-Día 1 vs. Evaluador 2-Día 2); y por otro lado, se comparó los

⁵⁴ ZAR J. H. *“Biostatistical analysis”*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 718 pp. 1984.

valores medios de la fuerza para cada movimiento entre evaluadores en los diferentes días (Evaluador 1-Día 1 vs. Evaluador 2-Día1, y Evaluador 1-Día 2 vs. Evaluador 2-Día 2). A su vez, se comparó la altura de la columna vertical de elevación (CVE) y el desplazamiento del módulo de medición (MM) respecto del cabezal de medición en cada movimiento evaluado entre evaluadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ♦ POLIT D., HUNGLER B. "Investigación científica en ciencias de la salud". 6ta ed. Editorial Mac Graw Hill Interamericana. Editores S.A. México. 2000.
- ♦ ZAR J. H. "Biostatistical analysis". Prentice-Hall, Eglewood Cliffs, New Jersey, USA. 718 pp. 1984.

RESULTADOS

Protocolo de uso del dinamómetro
de hombro y codo

DINAMOMETRO

1. Dinamómetro

1.1. Descripción de componentes

El dinamómetro consta en principio de cuatro partes fundamentales: la plataforma, la columna vertical de elevación, el cabezal de medición y el módulo de medición. Cada una de ellas es el producto de ensambles de piezas más pequeñas y en su conjunto dan como resultado el desarrollo final del equipo. Dichas partes fueron diseñadas teniendo en cuenta los esfuerzos que allí se presentan al igual que los movimientos que se deben cumplir, la practicidad para la fabricación y el aspecto estético.

1.1.1. Plataforma

Brinda sustento a todo el equipo y en ella se sitúa la silla permitiendo que los pies de la persona a evaluar se encuentren sobre la plataforma durante la evaluación. Este diseño presenta la ventaja de separar la silla de la máquina, resultando así en un transporte accesible del equipo.

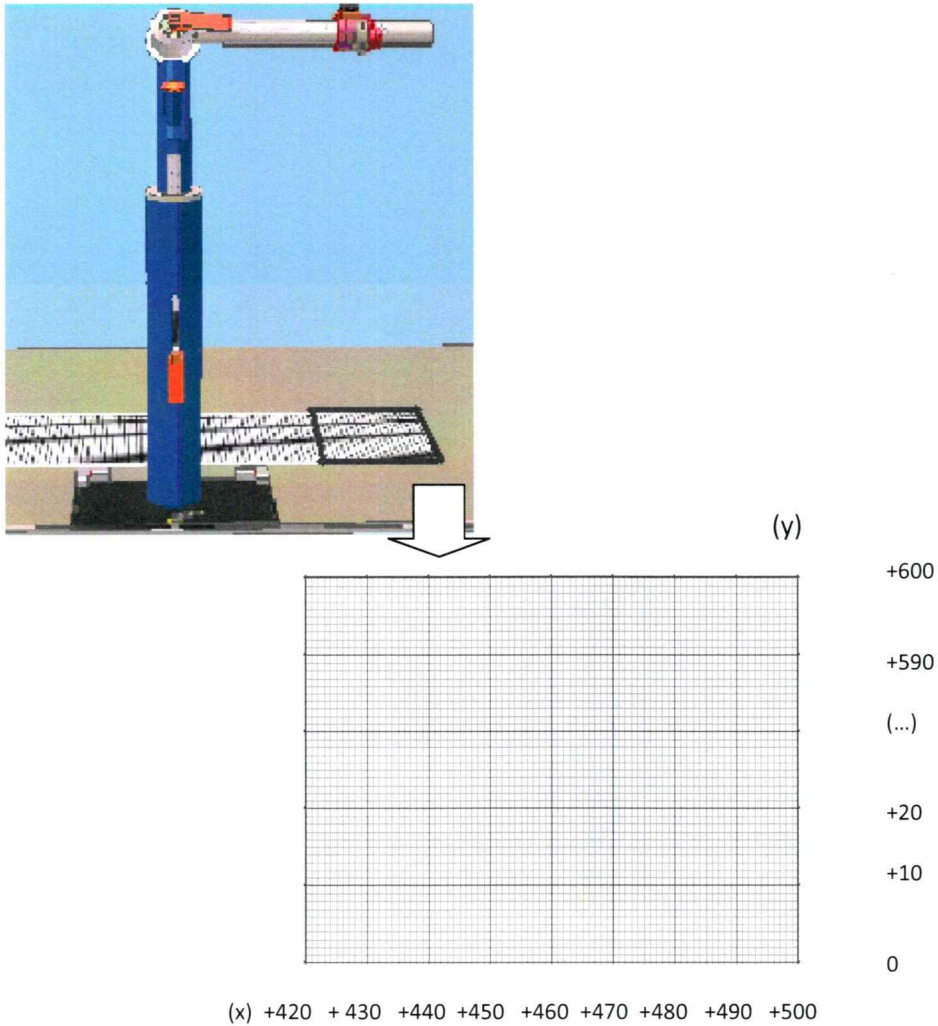
Las dimensiones de la plataforma permiten el giro de 180° que el evaluado debe realizar para la medición de ambos miembros superiores.

Tiene la característica de ser rebatible a partir de dos bisagras y una traba tipo leva, lo cual permite un ahorro de espacio durante el tiempo en que la máquina no está en uso.

La plataforma presenta sobre su superficie una cuadrícula de forma rectangular, siendo sus dimensiones 600 milímetros de ancho y 1000 milímetros de largo, que se extiende a partir de las dos bisagras que hacen plegable a la plataforma.

La cuadrícula contiene líneas horizontales (x) y verticales (y), el distanciamiento de estas líneas en cualquiera de los sentidos es de 1 milímetro.

Tomando como referencia el protractor del cabezal de medición se establece que $y=0$ coincide con los 0° del protractor y que $x=0$ se ubica en el punto medio del espacio comprendido por las bisagras que rebaten la plataforma. Por lo tanto, se establece que son negativos aquellos números de x que se encuentran a la izquierda de $y=0$ y positivos aquellos números de x que se encuentren a la derecha de $y=0$. También se establece que son positivos todos los números de y . (figura nº 1.1.1.)



1.1.1. Cuadrícula

Con la finalidad de unificar criterios y alcanzar una mejor comprensión respecto de los posicionamientos que adoptan las distintas partes del dinamómetro, se determina esta referencia (0° del protractor) para establecer el valor positivo y negativo de las distintas partes del mismo.

1.1.2. Columna vertical de elevación

Esta columna se encuentra ubicada sobre uno de los laterales de la plataforma, y tiene como función vincular la misma con el cabezal de medición a través de una traba y dos bisagras; y tiene como función principal brindar sustento a dicho cabezal como así también contener en su parte móvil el alojamiento de la celda de carga que permite llevar a cabo la evaluación del movimiento de abducción de hombro.

La columna posee como característica la regulación en altura en sentido vertical de su parte móvil; lo cual posibilita llevar a cabo la evaluación de la fuerza de miembros superiores a personas de diferente contextura física. Al igual que todas las articulaciones del equipo, presenta una grilla lineal que permite tener registro de la posición de medición del evaluado.

1.1.3. Cabezal de medición

Se encuentra ubicado en el extremo superior de la columna vertical de elevación; y vincula a la misma con el módulo de medición a través de su eje.

Su diseño ha sido pensado tanto para posibilitar una rotación de 180° permitiendo explorar ambos miembros superiores, como para generar las articulaciones necesarias para que el módulo de medición pueda trasladarse de manera longitudinal permitiendo la evaluación de personas de distinta contextura física.

Posee un goniómetro y una grilla lineal que permite registrar el ángulo y la distancia a la que se encuentra el módulo de medición respecto del cabezal de medición.

Como se ha mencionado anteriormente, teniendo como referencia los 0° del protractor del cabezal de medición, se establece el valor positivo y negativo a aquellas partes del dinamómetro que se sitúen a la derecha e izquierda respectivamente.

1.1.4. Módulo de medición

Se encuentra ubicado en el cabezal de medición, sobre el que puede trasladarse y rotar. Se vincula rígidamente a éste a través de una traba tipo robinete colocada en el módulo de medición.

Una vez lograda la posición del módulo de medición respecto al evaluado se gira este robinete y se bloquea el dispositivo quedando el equipo preparado para la evaluación.

Esta pieza contiene los sensores que miden la fuerza producto de los músculos responsables del movimiento a evaluar.

1.2. Funcionamiento y método de registro

Luego de desarrollar la descripción de las partes fundamentales del dinamómetro, nos dispondremos a explicar la interrelación que se suscita entre sus partes durante el funcionamiento. Además describiremos el método de registro de dichas partes, entendiéndolo que constituye una premisa fundamental para brindar precisión y reproductibilidad en las sucesivas pruebas musculares a un mismo evaluado.

Al momento de utilizar el dinamómetro se debe rebatir la plataforma, de manera que la misma se encuentre perpendicular a la columna vertical de elevación. Esto es posible a través de dos bisagras colocadas en los extremos de la base de la columna vertical de elevación y de una traba excéntrica que se fija al girar su perilla. Luego se ubica la silla sobre la plataforma. Una vez concluida la evaluación de la totalidad de los movimientos de hombro y codo de ambos miembros superiores se debe girar la perilla para liberar la traba excéntrica de su fijación, pudiendo de esta manera levantar la plataforma hasta colocarla paralela a la columna vertical de elevación.

Se determina la ubicación de la base de las patas de la silla sobre la cuadrícula de la plataforma al registrar aquellas dos patas que se encuentren próximas a la columna vertical de elevación, independientemente del miembro superior a evaluar.

Se establece la utilización tanto del sentido horario como del sentido antihorario para efectuar el registro de las patas próximas a la columna vertical de elevación. Cabe aclarar que el sentido horario como el antihorario es respecto de las 12 horas, las cuales se ubican al localizar un punto imaginario entre los pies del evaluado en postura sedente. La primera de las patas identificada corresponde a aquella que se sitúe más cercana a las 12 horas, independientemente de considerarse el sentido horario o antihorario, y se denomina *Pata 1*. Se concibe a la segunda de las patas más cercana a las 12 horas *Pata 2*. De esta manera, es posible efectuar un registro diferenciado de ambas patas, manteniendo un criterio unificado para la evaluación de ambos miembros superiores.

Al evaluar los movimientos de hombro y codo correspondientes al miembro superior derecho se establece el sentido horario para determinar las dos patas cercanas a la columna vertical de elevación. En cambio, al evaluar los movimientos de hombro y codo correspondientes al miembro superior izquierdo se utiliza el sentido antihorario con el mismo fin.

La característica esencial que debe presentar la base de cada una de las patas de la silla para llevar a cabo el registro de su ubicación en la cuadrícula es su forma, pudiendo ser cuadrada o rectangular.

El sector de la base de cada una de las patas de la silla dispuesto como referencia para registrar su ubicación corresponde a la cara lateral próxima a la columna vertical de elevación. Además se establece que dicha cara debe

presentar un punto en la mitad de su extensión. Este punto se concibe como el referente a partir del cual se registra la intersección x;y representada en la cuadrícula de la plataforma del dinamómetro. Entonces en este punto se efectúa el registro propiamente dicho de la ubicación de la silla.

La columna vertical de elevación, ubicada al lateral de la silla, tiene en su lateral, próximo a la plataforma, y cercano al extremo superior de su parte móvil, el alojamiento de la celda de carga que se utiliza en la evaluación del movimiento de abducción de hombro.

Esta columna presenta altura regulable posibilitando un recorrido total de 192 milímetros. Para alcanzar tal fin, el diseño incluye un mecanismo que permite desplazar todo el conjunto en sentido vertical. Dicho mecanismo se acompaña de una traba excéntrica que fija la altura de la columna vertical de elevación en la guía lateral, alojada en el caño exterior de la misma.

El ajuste de altura de la columna vertical de elevación es llevado a cabo por el evaluador a través de una secuencia simple de operaciones, las cuales deben completarse antes de iniciar el proceso de evaluación muscular.

La secuencia de operaciones comienza con la regulación de altura de la columna vertical de elevación a través de la guía lateral. Para ello se debe girar la perilla que libera la traba excéntrica y luego colocar el cabezal de medición a la altura requerida. Por último, se debe girar la perilla para regresar la traba excéntrica a su posición inicial. Finalizado este posicionamiento deben

registrarse los milímetros desplazados de la columna vertical de elevación respecto del punto cero que se visualiza en la grilla lineal de la misma.

El cabezal de medición se ubica a 60° respecto al plano horizontal y posee una rotación de 180° a través de su eje de revolución representado por un goniómetro. De este modo, el diseño permite la evaluación de la fuerza muscular de cinco movimientos comprendidos en hombro y codo, tanto en el miembro superior derecho como en el izquierdo, con la sola rotación de la silla donde se ubica el evaluado.

El cabezal de medición posee para su fijación una traba tipo excéntrica en su eje de rotación. Por lo tanto, para su posicionamiento se debe girar la perilla de la traba excéntrica hacia arriba y luego rotar el cabezal de medición hacia la posición deseada. Por último, se debe retornar la perilla de la traba excéntrica a la posición de inicio para lograr la fijación.

En cada movimiento a evaluar se deben consignar dos registros con respecto al cabezal de medición. Uno de los registros corresponde al ángulo en que se desplaza el cabezal de medición respecto de su goniómetro. El otro concierne a los milímetros desplazados del módulo de medición respecto del cabezal de medición. De esta manera, deben registrarse los milímetros desplazados del módulo de medición respecto del punto cero que se visualiza en la grilla lineal del cabezal de medición; siendo 300 milímetros la extensión de esta grilla.

El módulo de medición contiene los alojamientos de las celdas de carga o sensores, los cuales permanecen fijos mediante imanes permanentes adheridos en la base de dichos alojamientos. Cada alojamiento posee dos caras. Por lo tanto, son dos los alojamientos de celdas de carga, contenidos en el módulo de medición, con los que se efectúa la evaluación de movimientos de hombro y codo de ambos miembros superiores. Esto es posible por la rotación que realiza el módulo de medición sobre el cabezal de medición.

Por otra parte, el deslizamiento del módulo de medición sobre el cabezal de medición posibilita la correcta ubicación del sensor sobre la zona de evaluación de la fuerza, teniendo en cuenta de esta manera la diferente contextura física de las personas a evaluar.

El mecanismo con el cual se logra el posicionamiento del módulo de medición sobre el cabezal de medición se compone de guías lineales en el cabezal de medición y de un cabezal rotativo con tornillos tipo allen (robinete) en el módulo de medición que da a su vez, fijación a todo el sistema.

Para activar este mecanismo se debe liberar la traba excéntrica girando la perilla (robinete). Luego se debe posicionar el módulo de medición en el lugar adecuado y se vuelve a girar la perilla para lograr la fijación. De este modo, las guías lineales permiten que una vez colocada la traba excéntrica se evite el giro durante la evaluación.

El módulo de medición adopta diferentes posicionamientos respecto del cabezal de medición según el movimiento a evaluar. Particularmente en los

movimientos de flexión y extensión de codo el protractor del cabezal de medición debe ubicarse a 0°. El alojamiento de la celda de carga del módulo de medición se encuentra perpendicular con respecto al cabezal de medición y el robinete del módulo de medición se ubica en la cara superior del mismo. Para la evaluación del movimiento de flexión de codo el sensor debe alojarse en la cara inferior del alojamiento de la celda de carga; en cambio, para la evaluación del movimiento de extensión de codo el sensor debe colocarse en la cara superior del mismo.

Con respecto a los movimientos de flexión y extensión de hombro el protractor del cabezal de medición debe ubicarse a 30°. El alojamiento de la celda de carga del módulo de medición se encuentra perpendicular con respecto al cabezal de medición y el robinete del módulo de medición se ubica en la cara inferior del mismo. Para la evaluación del movimiento de flexión de hombro el sensor debe alojarse en la cara posterior del alojamiento de la celda de carga. En cambio, para la evaluación del movimiento de extensión de hombro el sensor debe colocarse en la cara anterior del alojamiento de la celda de carga. De esta manera, puede visualizarse el contacto sobre la zona de evaluación del sensor alojado en la cara posterior, en el movimiento de flexión de hombro, y en la cara anterior, en el movimiento de extensión de hombro, del módulo de medición.

ELEMENTOS

2. Elementos

2.1. Reloj

Al momento de realizar la prueba de los movimientos de hombro y codo en ambos miembros superiores, el evaluador debe disponer de un reloj con segundero que le posibilite controlar los 3 segundos de duración de la prueba y los 60 segundos que dura la pausa de los sucesivos intentos. Para alcanzar tal fin se establece que dicho reloj debe encontrarse a la vista del evaluador.

2.2. Medición de talla

La medición de talla del evaluado se realiza con el mismo en posición de pie y con un instrumento denominado *tallímetro*. (véase Anexo I)

2.3. Silla

La silla a emplear en la evaluación muscular debe cumplir con determinados requisitos que se exponen a continuación.

La característica que deben presentar los materiales que constituyen la silla es que deben ser capaces de resistir presiones sin por ello sufrir daño alguno la misma.

La base de la silla debe ser estable, por lo que sus patas deben prescindir de ruedas que permitan su deslizamiento. Además la característica esencial que debe presentar la base de cada una de las patas de la silla para llevar a cabo el registro de su ubicación en la cuadrícula es su forma, pudiendo ser cuadrada o rectangular.

Su altura debe ser regulable a los fines de ser adaptada a las personas a evaluar con distinta contextura física. Cualquiera sea el mecanismo de regulación de la altura de la silla éste debe ser de fácil manipulación. La altura regulada en cada caso particular permitirá que la persona adquiera la postura sedente correcta. De este modo, los muslos forman aproximadamente un ángulo recto con el tronco, acompañado de 90° de flexión tanto de rodillas como de tobillos posicionando los pies sobre la plataforma del dinamómetro. Cabe aclarar, que las posibilidades de regulación de la altura de la columna vertical de elevación puede presentar limitaciones ante la diversidad de

contexturas físicas en las personas a evaluar. Es por ello que en aquéllas en las cuales la columna vertical de elevación no se adecúa a su textura física, se debe disponer de otro elemento, apoyapiés, el cual colabora en la adquisición de la correcta postura sedente.

El soporte del asiento de la silla debe tener una superficie casi plana y el borde delantero redondeado o curvo para evitar la presión en la parte inferior de los muslos.

El respaldo de la silla debe ser: estable impidiendo la inclinación hacia atrás del tronco, permitiendo de este modo adoptar la actitud erguida de la columna; y regulable en altura brindando apoyo lumbar sin impedir por su tamaño la libertad de movimientos de brazos. También debe dejarse un hueco entre respaldo y asiento para que se puedan acomodar las nalgas y se permita un uso efectivo del respaldo.⁵⁵

La silla debe prescindir de apoyabrazos dado que por un lado, limitan la libertad de movimientos como así también el correcto posicionamiento de los segmentos corporales de los miembros superiores al momento de la evaluación; y por otro lado, obstaculizan el correcto posicionamiento de las partes fundamentales del dinamómetro.

Sin mayores recomendaciones se establece que aquella silla que reúna las condiciones antes descritas puede ser utilizada para la evaluación; siendo

⁵⁵ MONDELO P., TORADA E., GONZÁLEZ O., GÓMEZ FERNÁNDEZ M. "Diseño físico: antropometría y biomecánica". Ergonomía 4. Alfaomega Grupo Editor. Barcelona. España. 108. 2002.

una salvedad el uso de la misma silla en aquellas personas a evaluar en reiteradas oportunidades con la finalidad de maximizar la precisión en la adquisición de datos.

2.4. Apoyapiés

Los apoyapiés a utilizar en las pruebas musculares deben ser de forma rectangular, siendo sus dimensiones son 40 centímetros de ancho, 25 centímetros de largo y alturas con variaciones de 5 milímetros.

Las propiedades básicas que debe presentar son estabilidad, durabilidad, firmeza, antideslizante.

2.5. Computadora

2.5.1. Características y condiciones o requerimientos para la instalación del programa.

Constituye un requisito para la instalación del sistema de adquisición de datos (DAQ) que la computadora posea cualquiera de los siguientes sistemas operativos: Windows 2000, Windows XP, Windows Vista o Windows Seven.

Además el ordenador debe presentar al menos 3 GB disponibles, correspondiendo 1 GB al programa propiamente dicho y los dos restantes al almacenamiento de archivos temporales.

2.5.2. Ubicación de la computadora

La ubicación de la computadora con la que se adquieran los datos, respecto al dinamómetro, la persona a ser evaluada y el evaluador, debe cumplir determinados requisitos que permitan obtener con la evaluación datos válidos.

Teniendo en cuenta que los problemas de validez que se suscitan se relacionan con la duda de si realmente se estará midiendo el atributo que se cree medir; consideramos relevante prescindir de variaciones en la aplicación del método, las cuales podrían actuar como factores que interfieren en el proceso de medición, pudiendo dar lugar a tergiversaciones en los valores obtenidos sin relación con las variaciones del atributo en estudio.

Por lo expuesto anteriormente, consideramos como requisito para el registro de datos no utilizar feed-back visual pues entendemos, al igual que otros autores^{56 57}, que puede actuar, en la persona motivada, como un estímulo

⁵⁶ DVIR, Z. "Identification of feigned grip effort using isokinetic dynamometry". Clin. Biomech (Bristol, Avon). 14 (8): 522-7. 1999.

⁵⁷ MIRANDA MAYORDOMO, M. "Análisis dinamométrico de la mano: valores normativos en la población española". Tesis doctoral para aspirar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía. Universidad

adicional. Para plasmar la consecución de dicho requisito, la computadora debe ubicarse de modo que se impida a la persona a evaluar la visualización en la pantalla de la misma los datos a ser registrados por el evaluador.

Entendiendo la disposición: computadora, evaluado, evaluador y dinamómetro como un todo interrelacionado, a continuación nos dispondremos a establecer la ubicación que deben poseer las restantes partes que aún no se han mencionado.

La computadora debe ubicarse por fuera de la superficie de la plataforma del dinamómetro y lateralmente a la columna vertical de elevación del mismo.

Se establece como requisito la accesibilidad del evaluador con respecto a la computadora para adquirir los datos de la evaluación. Por lo tanto, el ordenador debe colocarse dentro del alcance del evaluador.

2.5.3. Descripción de interfaz gráfica

La tecnología implementada para la adquisición y visualización de datos provenientes del dispositivo permite llevar a cabo una interpretación inmediata de la evaluación muscular. Esto se consigue conectando dicha tecnología a una computadora a través de un cable USB y visualizando los datos en la

pantalla. Posibilitando de este modo obtener una representación sencilla y de fácil lectura por parte del evaluador.

Consideramos la adquisición y visualización de datos de gran relevancia para el dispositivo. Ésta debe ser sencilla, segura y fundamentalmente de fácil lectura para el evaluador. Pudiendo conectar el equipo a una PC a través de un cable USB y visualizando los datos en la pantalla.

Los sistemas de adquisición de datos (DAQ) basados en computadoras personales son instrumentos diseñados para medir señales de voltaje.

La mayoría de los sistemas DAQ basados en PC incluyen algún tipo de acondicionamiento de señal además del dispositivo DAQ y la PC.

Los transductores son dispositivos que convierten un fenómeno físico, como temperatura, carga, presión o luz a otro. Los transductores más comunes convierten éstas características físicas en señales eléctricas como voltaje y resistencia. El censado de los valores de fuerza se realiza por medio de una celda de carga. Estos dispositivos consisten en un metal a donde se adhieren galgas extensométricas las cuales varían su resistencia linealmente dependiendo de la carga aplicada al dispositivo.

La celda de carga presenta una capacidad de carga máxima de 114Kg (250Lb) y censa cargas de compresión únicamente. El modo de fijación de la celda en cada uno de los módulos se realiza por medio de un imán

permanente, adherido en la base del sensor y en la base de cada alojamiento del módulo.

Por otra parte, todo sistema de adquisición de datos debe tener un módulo de acondicionamiento de señales que amplifica, filtra, aísla, y multiplexa señales analógicas proveniente de los transductores.

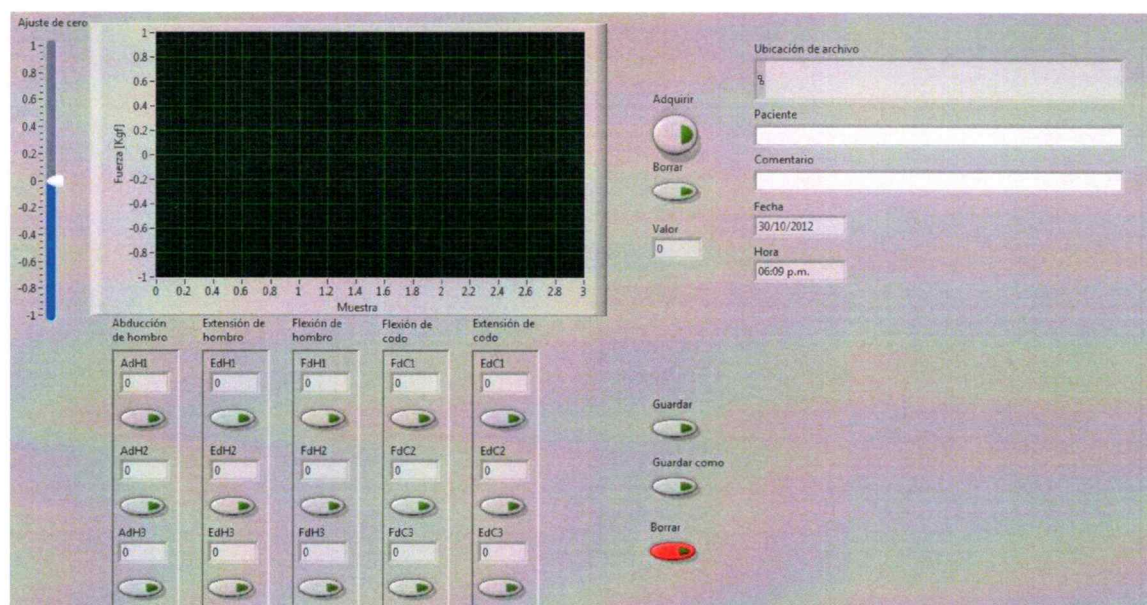
La visualización de resultados se lleva a cabo mediante una interfaz gráfica de computadora. Previamente la señal analógica debe ser convertida a digital, por medio de un convertidor analógico - digital. Este dispositivo es el encargado de interpretar las señales analógicas, digitalizarlas y enviarlas por medio de USB a un ordenador, para poder visualizar en forma gráfica los resultados obtenidos.

Por último los datos son procesados por medio de un software programable en bloques, con un programa base el cual se encarga de setear los parámetros de cada dispositivo electrónico y otro programa que posibilita la visualización en pantalla con una interfaz más intuitiva. Este último permite ingresar, almacenar y visualizar los datos de cada persona a evaluar.

2.5.4. Adquisición de datos (función del evaluador)

Al abrir el software en la computadora, el evaluador tiene acceso a la “Pantalla de visualización” (figura nº 2.5.4.1.) con la cual puede visualizar y

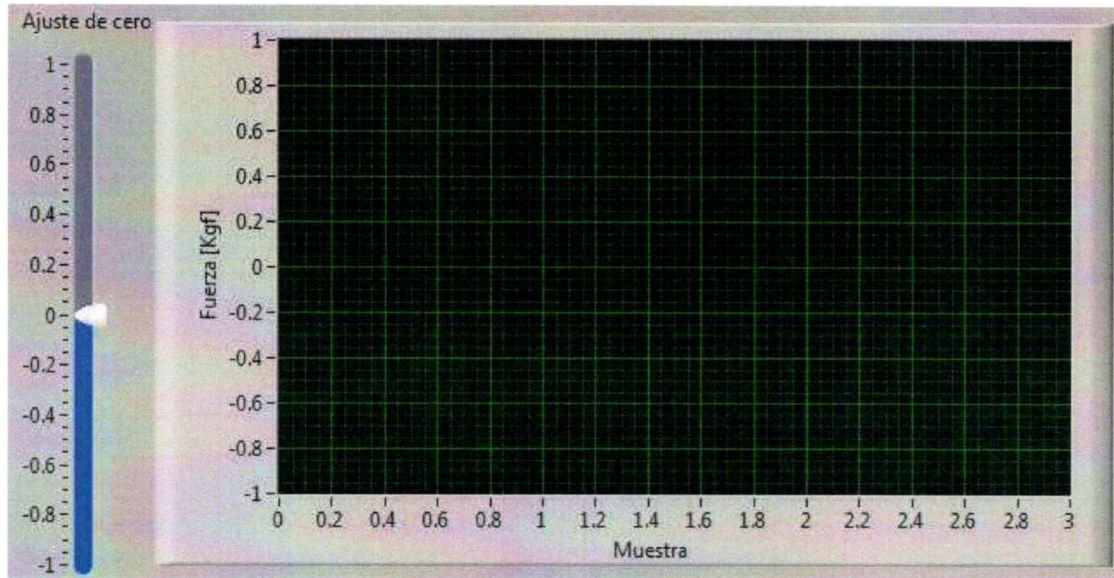
adquirir los datos de la evaluación de fuerza muscular del miembro superior de la persona a evaluar.



2.5.4.1. Pantalla de visualización.

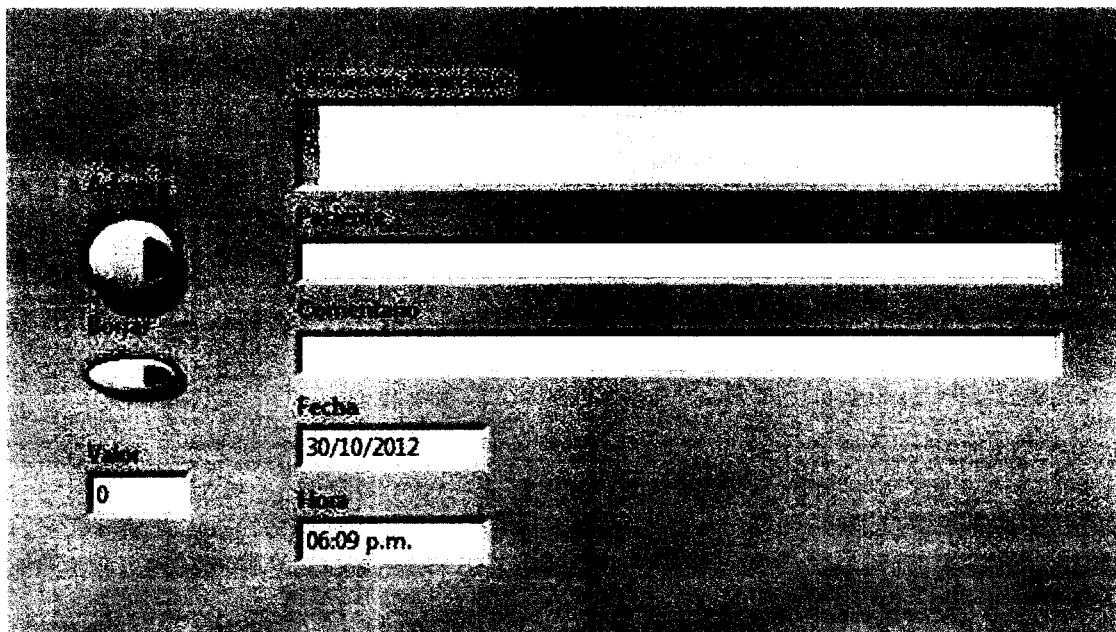
Para mayor entendimiento, en primer lugar se detallan los datos contenidos en la pantalla de visualización y su ubicación en la misma.

En el cuadrante superior izquierdo (figura nº 2.5.4.2.), se visualiza de izquierda a derecha la barra de calibración vertical denominada “Ajuste de cero”, y el “Gráfico de fuerza” medido en kilogramos (Kg.).



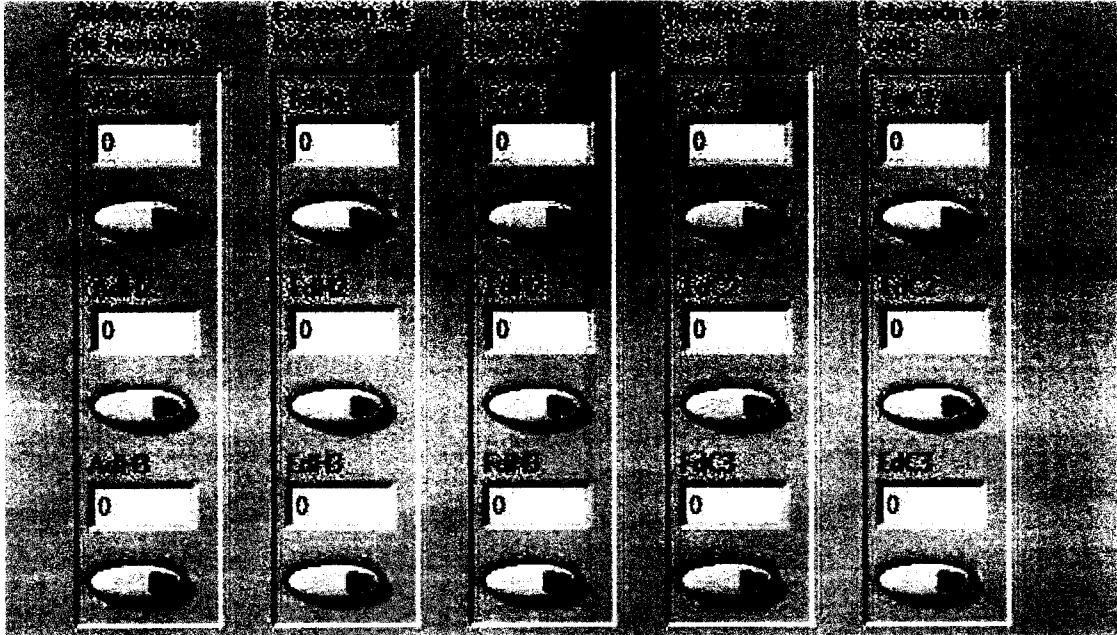
2.5.4.2. Cuadrante superior izquierdo.

En el cuadrante superior derecho (figura nº 2.5.4.3.), se visualiza de izquierda a derecha, en sentido vertical y de superior a inferior dos botones denominados "Adquirir" y "Borrar"; y la celda denominada "Valor". Continuando con la visualización de izquierda a derecha, se encuentran en sentido vertical y de superior a inferior cinco celdas denominadas "Ubicación de archivo", "Paciente", "Comentario", "Fecha" y "Hora".



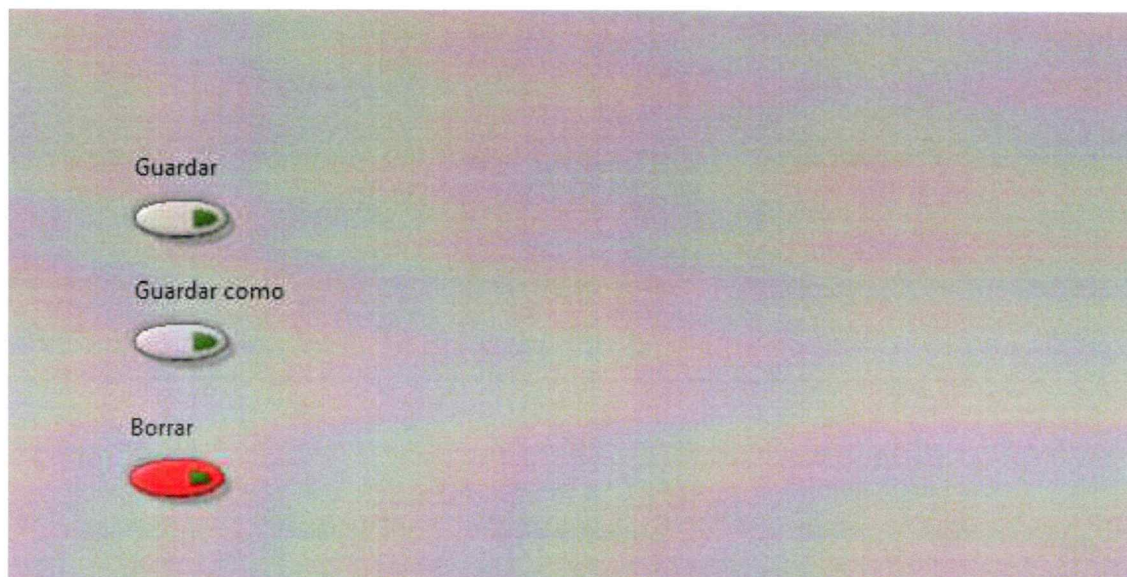
2.5.4.3. Cuadrante superior derecho.

En el cuadrante inferior izquierdo (figura nº 2.5.4.4.), se visualizan de izquierda a derecha cinco columnas que corresponden a los movimientos del miembro superior a evaluar, los cuales son abducción, extensión y flexión de hombro, y flexión y extensión de codo; respetando el orden establecido para la evaluación. Cada columna contiene tres celdas con su respectivo botón para adquirir el dato al momento de la evaluación. Cada una de estas celdas se denomina con las iniciales del movimiento que representa, seguido del número 1, 2 y 3 correspondiente al intento de la prueba de fuerza muscular.



2.5.4.4. Cuadrante inferior izquierdo.

En el cuadrante inferior derecho (figura nº 2.5.4.5.), se visualizan en sentido vertical y de superior a inferior tres botones denominados “Guardar”, “Guardar como” y “Borrar”.



2.5.4.5. Cuadrante inferior derecho.

Una vez conocidos los datos presentes en la pantalla de visualización es posible describir el procedimiento de adquisición y almacenamiento de la información, llevado a cabo por el evaluador, durante la evaluación de fuerza muscular del miembro superior.

En primer lugar el evaluador debe presionar el botón “Guardar”, con el cual se abre automáticamente una ventana que permite seleccionar la ubicación de almacenamiento del archivo de los datos de la evaluación. Una vez seleccionada la ubicación del mismo el evaluador procede a escribir el nombre del archivo, seguido y sin dejar espacio de “.txt”; finalizando presiona “Ok” o “Aceptar” en dicha ventana, la cual termina por cerrarse. Se recomienda para una mejor identificación del archivo, nombrar el mismo con apellido, nombre y las iniciales del miembro superior a evaluar; por ejemplo, PérezJuanMSD.txt

De este modo el evaluador visualiza en la celda “Ubicación de archivo” el lugar donde se halla el mismo dentro del disco rígido del ordenador.

Luego el evaluador debe completar las celdas “Paciente” y “Comentario”, con el apellido y nombre del evaluado, y el miembro superior a evaluar, el evaluador y aquellos datos resulten relevantes, respectivamente.

Al abrir el software el evaluador visualiza las celdas “Fecha” y “Hora” con sus respectivos datos, los cuales se corresponden con la configuración establecida en el ordenador.

El evaluador previo a adquirir los valores de fuerza en kilogramos correspondientes a los intentos propios de cada movimiento a evaluar, debe verificar que, tanto la barra de calibración vertical “Ajuste de cero”, como la celda “Valor” se encuentre en cero. De no ser así, el evaluador debe calibrar el “Ajuste de cero”.

El evaluador al presionar el botón “Adquirir” comienza a visualizar la señal registrada por el sensor, tanto en el gráfico de fuerza como en la celda “Valor”.

Al momento de llevar a cabo la adquisición propiamente dicha de la señal registrada por el sensor en cada uno de los movimientos a evaluar en los miembros superiores, debe respetarse lo establecido en el protocolo de uso de hombro y codo.

De este modo, el evaluador se encuentra en condiciones de adquirir el valor de fuerza en kilogramos de cada uno de los movimientos de la prueba de evaluación muscular del miembro superior a evaluar. Para obtener dicha adquisición el evaluador debe presionar el botón de adquirir ubicado inmediatamente inferior a cada uno de las celdas del movimiento a evaluar.

En el caso que el valor de fuerza en kilogramos adquirido no cumpla con los criterios de aceptación establecido por el protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo, el evaluador debe adquirir nuevamente el valor de fuerza en kilogramos presionando el botón del respectivo intento de la prueba.

Una vez finalizado el procedimiento de adquisición de datos el evaluador debe presionar una vez más el botón “Guardar” con el fin de almacenar los datos obtenidos. Por otra parte, el evaluador puede presionar también el botón “Guardar como” si lo que desea es almacenar el archivo en otra ubicación dentro del ordenador, con otro nombre o con modificaciones.

La pantalla de visualización contiene dos botones denominados de igual modo, “Borrar”. Si el evaluador presiona el botón “Borrar” correspondiente al cuadrante superior derecho, podrá visualizar la celda “Valor” en cero. En cambio, si presiona el botón “Borrar” correspondiente al cuadrante inferior derecho, podrá visualizar en cero las celdas correspondientes a cada uno de los movimientos de la prueba de evaluación muscular del miembro superior a evaluar.

El protocolo de uso establece un orden en la evaluación de los miembros superiores. Por lo tanto, la adquisición de datos se inicia en el miembro superior derecho del evaluado, y una vez finalizado el evaluador prosigue con la adquisición de datos en el miembro superior izquierdo.

METODO DE REGISTRO DE LA FUERZA MUSCULAR

3. Método de registro de la fuerza muscular

3.1. Número de intentos

En la búsqueda de una mejor reproductibilidad de la evaluación se establece la realización de tres intentos por cada movimiento a evaluar en ambos miembros superiores. Esto ha sido estipulado entendiendo que un único intento podría no mostrar las máximas capacidades de la persona a evaluar, y que las pruebas realizadas con un alto número de ensayos evidencian un progresivo descenso en los valores de fuerza por desbordar las posibilidades de resistencia a la fatiga de la musculatura implicada.

En la bibliografía consultada se admite el criterio de Mathiowetz^{58 59} que ha postulado la realización de tres intentos para la determinación de la medida de fuerza, entendiendo que este esfuerzo no se ve influido por la fatiga y por ello su medida tiene una alta consistencia. En tanto, Lagerström y Nordgren⁶⁰

⁵⁸ MATHIOWETZ V., WEBER K., VOLLAND G., KASHMAN N. *"Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations"*. J. Hand Surg. 9A: 222-226. 1984.

⁵⁹ MATHIOWETZ V. *"Effects of three trials on grip and pinch strength measurements"*. J. Hand Ther. 3:195-198. 1990.

⁶⁰ LAGERSTRÖM C.H., NORDGREN B. *"Methods for measuring maximal isometric grip strength during short and sustained contractions, including intra-rater reliability"*. Upsala J. Med. Sci.; 101:273-286. 1996.

encuentran una alta reproductibilidad de la medida de fuerza utilizando tres intentos, con mínimas diferencias en los valores alcanzados para cada uno de ellos y por lo tanto, minimizan la influencia de la fatiga.

3.2. Intervalo de tiempo en que se registra el valor de la fuerza muscular y tiempo de reposo entre cada intento

Uno de los factores con mayor entidad para comprometer la correcta reproductibilidad de las medidas de fuerza muscular es la fatiga.⁶¹ Por ello, en el diseño del protocolo de uso se debe contemplar el número de intentos, su duración y el período de descanso entre cada prueba.

García Manso y cols. postulan que la duración de la contracción debe situarse entre 2 y 5 segundos para que se pueda ejercer la fuerza máxima.⁶² Por otra parte, Montazer y cols. consideran que la máxima fuerza puede ser mantenida durante 1 segundo.⁶³

A partir de lo expuesto se establece que la duración de cada intento debe ser de 3 segundos. Se tiene en consideración dicho intervalo de tiempo dado que, siendo menor dificultaría la correcta adquisición del dato por parte

⁶¹ KROLL W. *"Reliability variations of a selected measure of human strength"*. Res. Q. ; 33: 410. 1962.

⁶² GARCÍA MANSO J.M., NAVARRO VALDIVIESO M., RUIZ CABALLERO J.A. *"Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones"*. Editorial Gymnos. Madrid. España. 1996.

⁶³ MONTAZER M.A., THOMAS J.G. *"Grip strength as a function of 200 repetitive trials"*. Percept. Motor Skills. 75:1320-1322. 1992.

del evaluador, y siendo mayor el dato a adquirir no se representaría la fuerza máxima del movimiento a evaluar.

El registro del dato debe adquirirse en el ordenador cumplidos los 3 segundos estipulados.

Se establece que la duración de la pausa entre cada uno de los tres intentos sucesivos de cada movimiento a evaluar en ambos miembros superiores debe ser de 60 segundos. El criterio estipulado tiene sus fundamentos en estudios realizados por otros autores para valorar la posible influencia de la fatiga muscular aplicando distintos períodos de pausa entre las pruebas. En este sentido, Trossman y Li⁶⁴ concluyen que es suficiente programar una pausa de 60 segundos entre dos tests para garantizar que la medida no se vea influida por la aparición de fatiga.

3.3. Estimación del valor de fuerza muscular

Una vez concluida la realización de los tres intentos queda por decidir cuál es el valor que se debe tomar en cuenta; y a pesar de que parece lógico estimar el valor más alto de fuerza obtenido entre los diversos intentos realizados⁶⁵, se establece considerar en el "Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo" el valor promedio de la fuerza alcanzada en los tres intentos.

⁶⁴ TROSSMAN P.B., LI P.V. *"The effect of the duration of intertrial rest periods on isometric grip strength performance in young adults"*. Occup. Ther. J. Res. 9: 362-378. 1989.

⁶⁵ CROSBY C.A., WEHBÉ M.A., MAWR B. *"Hand Strength: normative Values"*. J. Hand Surg. 19A: 665-670. 1994.

Lo establecido encuentra sus fundamentos en las críticas referidas a que la estimación del valor máximo entraña una menor reproductibilidad que si se toma en consideración el valor promedio de la máxima fuerza desarrollada en los distintos ejercicios⁶⁶. Por su parte, Mathiowetz⁶⁷ realiza una prueba test-retest en 27 sujetos sanos que realizan tres ejercicios de prensión con dinamómetro Jamar y determina el coeficiente de correlación en el caso de tomar como referencia el valor máximo, la media de dos intentos o la media de tres intentos. La correlación más alta se obtiene si el parámetro elegido es el valor promedio de los tres intentos ($r > 0,88$). Similares conclusiones obtiene Hamilton⁶⁸ en otro estudio test-retest en el que puntualiza que tan solo las valoraciones realizadas en posición I del dinamómetro obtienen una baja reproductibilidad. Finalmente, Lagerström⁶⁹, apoyándose en un estudio test-retest en 11 sujetos sanos valora la reproductibilidad según se tome como referencia el valor de fuerza obtenido en el primer intento o la media de los tres ejercicios. Su conclusión es que la reproductibilidad más alta se obtiene a través de la estimación del valor promedio.

⁶⁶ TROSSMAN P.B., SULESKI K.B., LI P-W. "Test-retest reliability and day-to-day variability of an isometric grip strength test using the work simulator". Occup. Ther J. Res. 10: 266-279. 1990.

⁶⁷ MATHIOWETZ V., WEBER K., VOLLAND G., KASHMAN N. "Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations". J. Hand Surg. 9A: 222-226. 1984.

⁶⁸ HAMILTON A., BALNAVE R., ADAMS R. "Grip strength testing reliability". J. Hand Ther. 7: 163-170. 1994.

⁶⁹ LAGERSTRÖM C.H., NORDGREN B. "Methods for measuring maximal isometric grip strength during short and sustained contractions, including intra-rater reliability". Upsala J. Med. Sci. 101:273- 286. 1996.

3.4. Orden de evaluación de los miembros superiores

En el protocolo de uso se ha considerado un orden para la evaluación de los miembros superiores. Se establece, en primer lugar, realizar las pruebas de todos los movimientos de hombro y codo del miembro superior derecho. Una vez finalizadas las mismas se debe proceder sobre el miembro superior izquierdo.

Esta disposición que tiene como finalidad instaurar un orden en la evaluación de los miembros superiores de la persona a evaluar, se encuentra estrechamente ligada al orden configurado en la hoja de registro de datos del dinamómetro.

3.5. Orden de evaluación de los movimientos

Se establece realizar la evaluación de los movimientos de hombro y codo en un determinado orden, dado que consideramos que respetar siempre un mismo orden contribuye a obtener una mayor estabilidad en las mediciones.

El orden dispuesto contribuye a minimizar las variaciones en el posicionamiento tanto de las partes fundamentales del dinamómetro como de los diversos segmentos corporales del sujeto.

De esta manera, se establece que en primer lugar deben evaluarse los movimientos correspondientes al hombro; siendo el primero de estos la abducción, luego la extensión y por último la flexión. A continuación, deben evaluarse los dos movimientos inherentes al codo, comenzando con flexión y finalizando con extensión.

3.6. Requerimientos de vestimenta

Al momento de desarrollar la evaluación el evaluador debe cerciorarse que la persona a evaluar cumpla con determinados requisitos referidos a la indumentaria.

Uno de estos establece que la persona a evaluar debe permanecer en postura sedente sobre la plataforma del dinamómetro sin calzado. Se considera esto en razón de que; por un lado, el calzado utilizado por la persona a evaluar podría impedir posicionar los tobillos a 90° de flexión propios de una correcta postura sedente; y por otro lado, la finalidad que se persigue con esto consiste en maximizar la precisión en la evaluación.

Otro de los criterios establece que, independientemente del sexo de la persona a evaluar, la zona de la cintura escapular de ambos miembros superiores debe permanecer descubierta. De esta manera, es posible: realizar la estabilización manual de la cintura escapular del miembro superior a evaluar a cargo del evaluador; verificar que la persona a evaluar no realice

sustituciones con grupos musculares no implicados en el movimiento a evaluar; comprobar que el posicionamiento de los segmentos del miembro superior a evaluar sea el establecido para cada movimiento y comprobar que los sensores se ubiquen en la zona del segmento establecido para cada movimiento a evaluar.

Por último, se establece que la persona a evaluar debe deshacerse de cualquier accesorio que pudiera interferir en la evaluación de la fuerza muscular.

CONSIDERACIONES GENERALES AL EVALUAR LOS MOVIMIENTOS DE HOMBRO Y CODO

4. Consideraciones generales al evaluar los movimientos de hombro y codo

4.1. Evaluado

4.1.1. *Postura sedente*

La determinación de la postura de la persona a evaluar proporciona precisión en la colocación de la misma y exactitud en la prueba. Por tal motivo, consideramos importante unificar aquellos conceptos referidos a la postura y que tienen implicancia en la posición que debe adoptar la persona al momento de ser evaluada, sin olvidar el papel esencial que cumple el evaluador al indicar y corroborar el mantenimiento de dicha posición durante la evaluación.

De manera global puede conceptualizarse a la postura como una combinación de las posiciones de todas las articulaciones del cuerpo en un momento determinado, y la mejor manera de describir el alineamiento postural

estático se relaciona con las posiciones de las diversas articulaciones y de los segmentos anatómicos.⁷⁰

El Comité de Actitud Postural de la Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos establece que la postura se define normalmente como la posición relativa que adoptan las diferentes partes del cuerpo. En tanto que la postura correcta, es aquella que permite un estado de equilibrio muscular y esquelético que protege a las estructuras corporales de sostén frente a las lesiones o a las deformaciones progresivas, independientemente de la posición en la que estas estructuras se encuentran en movimiento o en reposo. En estas condiciones, los músculos trabajarán con mayor rendimiento y las posturas correctas resultan óptimas para los órganos torácicos y abdominales.⁷¹

La postura sedente es la posición en la que la base de apoyo está formada por la cara posterior de los muslos y los pies. Los muslos forman aproximadamente un ángulo recto con el tronco, acompañado de 90° de flexión de rodillas (debiendo estar lo suficientemente separadas para permitir que los fémures se ubiquen paralelos⁷²) y tobillos, y con actitud erguida de la columna.

⁷⁰ PETERSON KENDALL F., KENDALL MC CREARY E., GEISE PROVANCE P., MCINTYRE RODGERS M., ROMANI W. *"Fundamentos de la postura"*. Músculos, pruebas funcionales, postura y dolor. Ed. Marbán. Madrid. España. 53. 2007.

⁷¹ Posture and its relationship to orthopaedic disabilities. A report of the Posture Committee of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 1947.

⁷² GARDINER M.D. *"Posiciones fundamentales"*. Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. 42-43. 1986.

Para mantener una postura erguida se requiere la basculación anterior de la pelvis, que da lugar a una lordosis moderada.

Se debe considerar la pelvis como el punto de apoyo de toda la columna durante la sedestación, y dentro de la pelvis hemos de destacar dos estructuras sobre las cuales la postura sedente se define y modela. Estas son el sacro y los isquiones. Respecto del primero, debe considerarse que su orientación es un rasgo individual que condicionará a la vez la variación de las otras curvas. Por su parte, los isquiones constituyen el punto de apoyo de toda la columna y actúan en la postura sedente a modo compensatorio, dado que su utilización como un balancín permite a la pelvis cambiar su grado de basculación reorientando toda la columna.

En la postura sedente la cabeza se ubica en posición del plano de Frankfort, el cual establece que se mantengan la cabeza y los ojos mirando hacia el frente en una línea imaginaria, paralela al plano de sustentación, que uniría el borde inferior de la órbita (punto orbitalis) con el poro acústico externo (punto más alto del conducto auditivo externo), formando un ángulo recto con el eje longitudinal del cuerpo.⁷³

La postura sedente se caracteriza por la disposición de la columna con respecto a los muslos de unos 90°. De todas formas, no es posible obtener una flexión de 90° en la articulación coxofemoral durante esta posición; se realiza

⁷³ MONDELO P., TORADA E., GONZÁLEZ O., GÓMEZ FERNÁNDEZ M. "Diseño físico: antropometría y biomecánica". Ergonomía 4. Alfaomega Grupo Editor. Barcelona. España. 94. 2002.

60° de flexión en la articulación coxofemoral y los 30° restantes son absorbidos por la columna lumbar con un aumento de la flexión lumbar de 15 a 42° respecto a la bipedestación.

La postura sedente aumenta la estabilidad en todo el cuerpo, porque desciende el centro de gravedad, ubicándose por encima de las prominencias del isquion, y aumenta la base de apoyo (pies, nalgas, muslos y respaldo). La estabilidad en esta posición se produce porque la cintura pélvica proporciona un apoyo rígido al tronco, apoyo que consigue mediante la activación muscular isométrica, pues esta tiende a bascular posteriormente sobre las tuberosidades isquiáticas debido al propio peso del cuerpo. La actividad muscular puede disminuir con el uso de un apoyo lumbar que evita la basculación pélvica.

Según Dolan, en la postura sedente disminuye la actividad muscular sobre L5 y se aumenta sobre L1 si no existe apoyo lumbar.⁷⁴

El respaldo debe dar apoyo lumbar sin impedir por su tamaño la libertad de movimientos de brazos. El apoyo es imprescindible en la zona lumbar y resulta conveniente disponer de un respaldo que llegue hasta la parte media de la espalda, debajo de los omóplatos. No obstante, el respaldo no debe ser demasiado ancho en su parte superior, de modo que no reste movilidad a los brazos. También es recomendable que se deje un hueco entre respaldo y

⁷⁴ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. "*Postura*". Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 314-320. 2005.

asiento para que se puedan acomodar las nalgas y se permita un uso efectivo del respaldo.⁷⁵

En la postura sedente correcta el peso del cuerpo se reparte sobre las tuberosidades isquiáticas, una zona relativamente pequeña, que soportan por sí solas el 50% del peso del cuerpo frente al 16% que soportan los pies.⁷⁶

4.1.2. Posicionamiento de los segmentos corporales

La posición en que el sujeto realiza la prueba y el posicionamiento del miembro superior es un punto esencial en la validez y reproductibilidad de los estudios⁷⁷, muy especialmente si lo que se desea es establecer valores normativos y realizar evaluaciones repetidas a lo largo de la evolución de un paciente.

Adherimos a John Hunter quien sostiene que “no existe ningún músculo conocido en el organismo que podamos poner en acción en forma separada e independiente de los efectos colaterales de otros músculos” (citado por Beevor

⁷⁵ MONDELO P., TORADA E., GONZÁLEZ O., GÓMEZ FERNÁNDEZ M. *“Diseño físico: antropometría y biomecánica”*. Ergonomía 4. Alfaomega Grupo Editor. Barcelona. España. 108. 2002.

⁷⁶ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. *“Postura”*. Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 314-320. 2005.

⁷⁷ LAGERSTRÖM C.H., NORDGREN B. *“Methods for measuring maximal isometric grip strength during short and sustained contractions, including intra-rater reliability”*. Upsala J. Med. Sci. 101:273-286. 1996.

1903).⁷⁸ En este sentido, intentando minimizar efectos colaterales de aquellos músculos no agonistas del movimiento a evaluar, se ha establecido el posicionamiento que deben adoptar los segmentos corporales durante la prueba, tomando en consideración tanto la eficacia de los músculos que actúan en el movimiento a evaluar como la acción propia de los músculos que intervienen en dicho movimiento.

La eficacia que los músculos poseen al realizar un trabajo muscular estático, evaluado en las pruebas musculares con el dinamómetro de hombro y codo, se encuentra intrínsecamente relacionada con el posicionamiento de los segmentos corporales. Cabe aclarar que en el trabajo muscular estático la longitud del músculo no se modifica. Pero de todos modos, la fuerza que este tipo de trabajo genera depende exclusivamente de la longitud del músculo, es decir, de la posición articular. Por lo tanto, entendiendo que cada músculo posee una relación longitud-tensión determinada, hay un sector del movimiento en el que la capacidad de ejercer fuerza es máxima.⁷⁹ Habitualmente, esta posición de máxima eficacia se encuentra en sectores intermedios de recorrido articular ya que en esta posición se pueden formar más puentes cruzados entre la actina y la miosina de la fibra muscular.

⁷⁸ RUBINETTI J. *“Las Fases de la Construcción. Cadenas de Coordinación Neuromuscular”*. Disponible en <<http://www.rpg.org.ar/es/images/stories/articulosprofesionales/las%20fases%20de%20la%20construccion%20julieta%20rubinetti.pdf>> (consultado el día 15/10/2012)

⁷⁹ HARRIS B.A., WATKINS M.P. *“Apadtations to strength conditioning”*. En: Frontera WR, Dawson DM, Slovik DM. Exercise in Rehabilitation Medicine. Ed. Human Kinetics. 71-81. 1999.

Al establecer el posicionamiento del miembro superior a evaluar se ha considerado, tanto procurar la protección de los segmentos corporales del evaluado, se encuentren los mismos interviniendo en el movimiento a evaluar o no; como reducir cualquier efecto que puedan producir músculos no agonistas.

En este sentido, siendo conocedores que la estabilidad de la articulación del codo se logra cuando las superficies óseas se hallan en mayor contacto, es que se establece posicionar el codo en flexión de 90° en todos los movimientos a evaluar.⁸⁰ En esta posición el cúbito es totalmente estable dado que la gran cavidad sigmoidea está limitada por las dos potentes inserciones musculares del músculo tríceps braquial y del músculo coracobraquial, las cuales mantienen el contacto entre las superficies articulares.⁸¹

Por otra parte, se establece que tanto la muñeca como los dedos deben permanecer relajados durante la evaluación de la fuerza muscular, con el fin de que la contracción de músculos flexores o extensores no intervenga en el movimiento a evaluar.

Una vez determinadas las consideraciones comunes a todos los movimientos, se expone y justifica el posicionamiento que adoptan los segmentos corporales del evaluado para cada uno de los movimientos a evaluar.

⁸⁰ PALASTANGA N., FIELD D., SOAMES R. "*Articulación del codo*". Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento. Ed. Paidotribo. Barcelona. España. 150. 2000.

⁸¹ KAPANDJI A. I. "*El codo*". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 96. 2006.

En el movimiento de abducción de hombro, el mismo se encuentra abducido 30°, dado que en dicha amplitud la escápula estabiliza la extremidad superior sin que se produzca una rotación clavicular alrededor de la articulación esternoclavicular. De este modo se intenta minimizar la participación de la cintura escapular durante la realización de la prueba de fuerza muscular.⁸²

Además, a 30° de abducción el porcentaje de actividad del deltoides es del 50%, lo cual se debe a que mejora su brazo de palanca y necesita menos potencia. Por su parte, el supraespinoso ejerce el 97% de su actividad, con lo cual comprime la articulación glenohumeral.⁸³

El brazo se ubica al costado del cuerpo y paralelo a la línea media lateral del tronco, dado que si la abducción se asocia a una flexión de 30°, actuarán el fascículo acromial y la porción más externa del fascículo clavicular y no se llevaría a cabo una abducción pura.⁸⁴

El antebrazo se encuentra en posición intermedia, considerada la posición funcional, que corresponde a un estado de equilibrio natural entre los grupos musculares antagonistas, resultando en un mínimo gasto muscular.⁸⁵

⁸² CAILLIET R. *"Anatomía funcional del hombro"*. Anatomía funcional biomecánica. Marbán. Madrid. España. 117; 138. 2006.

⁸³ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. *"Complejo articular del hombro"*. Biomecánica clínica del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 98. 2000.

⁸⁴ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. *"Complejo articular del hombro"*. Biomecánica clínica del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 97. 2000.

⁸⁵ KAPANDJI A. I. *"La pronosupinación"*. Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 144. 2006.

En el movimiento de extensión de hombro se posiciona el mismo en aducción, con la finalidad de que no intervenga la acción aductora de los músculos agonistas (redondo mayor, redondo menor y dorsal ancho) del movimiento que se evalúa.⁸⁶

A partir de las particularidades del diseño del dinamómetro es que se establece posicionar el hombro extendido 30°, debido a que en dicha amplitud los sensores contactan adecuadamente con la zona de evaluación del segmento corporal del evaluado.

El codo se flexiona 90° con el fin de evitar que la porción larga del tríceps braquial refuerce el movimiento que asocia la extensión de codo y la extensión de hombro.⁸⁷ De este modo, la acción de los músculos agonistas del movimiento de extensión de hombro no son influenciados por un músculo no agonista de dicho movimiento.

El antebrazo se encuentra en posición intermedia, considerada la posición funcional, que corresponde a un estado de equilibrio natural entre los grupos musculares antagonistas, resultando en un mínimo gasto muscular.⁸⁸

En el movimiento de flexión de hombro se posiciona el mismo en aducción con la finalidad de que no intervengan los músculos agonistas

⁸⁶ DANIELS L., WORTHINGHAM'S C. "*Guía de consulta anatómica*". Pruebas funcionales musculares. Marbán. Madrid. España. 368; 370-371. 1997.

⁸⁷ KAPANDJI A. I. "*El codo*". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 94. 2006.

⁸⁸ KAPANDJI A. I. "*La pronosupinación*". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 144. 2006.

(deltoides anterior, coracobraquial y fibras claviculares del pectoral mayor) del movimiento que se evalúa, aproximando el brazo.⁸⁹

A partir de las particularidades del diseño del dinamómetro, al igual que en el movimiento de extensión de hombro, es que se establece posicionar el hombro flexionado 30°, debido a que en dicha amplitud los sensores contactan adecuadamente con la zona de evaluación del segmento corporal del evaluado.

El codo se flexiona 90° con el fin de evitar que la porción larga del tríceps braquial refuerce parte de la potencia de los músculos flexores del hombro con el codo extendido.⁹⁰ De esta manera, la acción de los músculos agonistas del movimiento de flexión de hombro no son influenciados por un músculo no agonista de dicho movimiento.

El antebrazo se encuentra pronado con la finalidad de disminuir la posibilidad de compensación por parte del bíceps braquial.⁹¹

En el movimiento de flexión de codo, las peculiaridades del diseño del dinamómetro de hombro y codo conducen a establecer el posicionamiento del hombro en aducción, con la finalidad de no incluir modificaciones con respecto a los dos movimientos evaluados previamente (extensión y flexión de hombro).

⁸⁹ DANIELS L., WORTHINGHAM'S C. "Guía de consulta anatómica". Pruebas funcionales musculares. Marbán. Madrid. España. 369; 371. 1997.

⁹⁰ KAPANDJI A. I. "El codo". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 94. 2006.

⁹¹ SICCO P.J. "Miembro superior". Cuaderno de Apuntes de Técnicas Evaluativas funcionales. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Medicina. Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría. Disponible en <<http://www.med.unne.edu.ar/kinesiologia/catedras/tef/manual/004.pdf>> (consultado el día 15/10/2012)

De esta manera, se mantiene el hombro aducido desde el segundo al quinto movimiento a evaluar, en los cuales, a excepción del movimiento de flexión de codo, es considerado un requisito para intentar evitar la influencia de acciones musculares no requeridas.

El brazo se ubica al costado del cuerpo y paralelo a la línea media lateral del tronco, con el fin de que tanto los músculos antagonistas como las acciones secundarias de músculos agonistas del movimiento a evaluar, no ejerzan influencia en dicho movimiento.

Por otra parte, entendiéndose que la eficacia de los músculos flexores de codo es máxima con el codo flexionado 90°^{92 93} se establece posicionar la articulación del codo en dicha amplitud articular.

Además, al conocer que la posición del codo y del antebrazo influye en el momento de los músculos del codo⁹⁴, se establece posicionar el antebrazo en supinación. Este criterio se fundamenta; por un lado, porque la posición de supinación o pronación del antebrazo no afecta la acción del músculo braquial anterior en la flexión de codo, como resultado de su inserción en el cúbito.⁹⁵

⁹² KAPANDJI A. I. "El codo". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 92. 2006

⁹³ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. "Codo". Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 119. 2005.

⁹⁴ *Ibíd.*

⁹⁵ PETERSON KENDALL F., KENDALL MC CREARY E., GEISE PROVANCE P., MCINTYRE RODGERS M., ROMANI W. "Extremidad superior y cintura escapular". Músculos, pruebas funcionales, postura y dolor. Ed. Marbán. Madrid. España. 290. 2007.

Por otro lado, el músculo bíceps braquial al actuar con el antebrazo en pronación, primero lo coloca en supinación y luego flexiona el codo.⁹⁶

De esta manera, ubicar el antebrazo en supinación permite tanto ejercer la máxima acción del músculo bíceps braquial como eliminar la acción supinadora de este músculo.⁹⁷

En el movimiento de extensión de codo, el hombro se posiciona en aducción con la finalidad de que no intervenga la acción aductora de la pareja aductora del hombro, constituida por el músculo dorsal ancho y la porción larga del músculo tríceps braquial⁹⁸; siendo este último agonista del movimiento de extensión de codo que se evalúa.

El brazo se ubica al costado del cuerpo y paralelo a la línea media lateral del tronco, dado que la flexión de hombro tensa la porción larga del músculo tríceps braquial, resultando en un aumento de la fuerza de dicho músculo.

En este sentido, la eficacia de la porción larga del músculo tríceps braquial y, en consecuencia, la totalidad del músculo tríceps braquial, depende de la posición del hombro; este hecho se deriva de su naturaleza biarticular.⁹⁹

⁹⁶ ROUVIERE H., DELMAS A. "Músculos del miembro superior". Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional". Masson. Barcelona. España. 103. 1994.

⁹⁷ LATARJET M., RUIZ LIARD A. "Articulación del codo. Músculos del brazo". Anatomía humana. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina. 537. 2004.

⁹⁸ KAPANDJI A. I. "El codo". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. Hombro 94. 2006.

⁹⁹ KAPANDJI A. I. "El codo". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 94. 2006.

La máxima eficacia del músculo responsable de llevar a cabo el movimiento de extensión de codo se produce a 30° de flexión de codo. Sin embargo, las particularidades del diseño del dinamómetro no permiten posicionar el codo flexionado 30°, con lo cual se establece posicionar el codo flexionado 90°.

Cabe aclarar que, al no hallar bibliografía que informe sobre la influencia que ejerce la posición del antebrazo en el movimiento de extensión de codo, se establece posicionar el antebrazo pronado al evaluar dicho movimiento.

Por último, se establece que el miembro superior que no se evalúa debe permanecer relajado, siendo el antebrazo el que tome apoyo y descansa sobre el muslo homolateral al miembro superior que no se evalúa.

4.2. Evaluador

4.2.1. Posicionamiento y funciones

Se establece que el posicionamiento del evaluador, en la evaluación propiamente dicha de fuerza muscular, debe ser del siguiente modo: de pie sobre la plataforma del dinamómetro, por detrás del evaluado, en el lado a examinar.

A continuación, se detallan y describen las funciones del evaluador inherentes a los cinco movimientos a evaluar en ambos miembros superiores por el dinamómetro de hombro y codo.

1. Ubicar la postura sedente correcta del evaluado. (véase pág.133)
2. Posicionar los segmentos de los miembros superiores.
3. Posicionar el dinamómetro.
4. Imprimir pasivamente el movimiento para que la persona a evaluar de cuenta de la dirección de la fuerza. Dar indicaciones.
5. Estabilizar manualmente la cintura escapular. Para llevar a cabo tal fin el evaluador coloca una de sus manos, siendo la misma contralateral con respecto al miembro superior a evaluar de la persona a evaluar, sobre la región superior de clavícula y escápula.
6. Dar comando verbal que da inicio a la prueba. Se establece que el evaluador debe dar inicio a la prueba a través del comando verbal "ahora", en el mismo momento que comienza a contabilizar los segundos de duración de la prueba.
7. Adquirir el dato en el ordenador. Se establece que el evaluador debe adquirir y almacenar los datos utilizando la mano homolateral al miembro superior de la persona a evaluar.

8. Dar comando verbal que da fin a la prueba. Se establece que el evaluador debe dar fin a la prueba a través del comando verbal "fin", en el momento que el evaluador contabiliza los 3 segundos cumplidos de duración de la prueba.

9. Controlar el minuto de descanso.

MOVIMIENTOS A EVALUAR

- 1. Abducción de hombro**
- 2. Extensión de hombro**
- 3. Flexión de hombro**
- 4. Flexión de codo**
- 5. Extensión de codo**

5.1. Abducción de hombro

5.1.1. Posicionar los segmentos de los miembros superiores

El miembro superior a evaluar debe posicionarse del siguiente modo:

- ♦ Hombro abducido 30°.
- ♦ Brazo al costado del cuerpo y paralelo a la línea media lateral del tronco.
- ♦ Codo flexionado 90°.
- ♦ Antebrazo en posición intermedia.
- ♦ Muñeca y dedos relajados.



5.1.1. Posicionamiento y estabilización para la abducción de hombro

5.1.2. Posicionar el dinamómetro

1. Los 0° del protractor del cabezal de medición deben coincidir con la línea media lateral del tronco de la persona a evaluar.
2. Elevar la columna vertical de elevación, de manera que el sensor alojado en la misma contacte con la cara externa del tercio distal del

brazo a evaluar, por encima del epicóndilo lateral del húmero del miembro superior a evaluar.

5.1.3. *Imprimir pasivamente el movimiento para que la persona a evaluar de cuenta de la dirección de la fuerza. Dar indicaciones*

5.1.3.1. *Tomas*

El evaluador, con una de sus manos, realiza la toma del tercio medio del brazo de la persona a evaluar. En dicha toma los cuatro últimos dedos, la palma de la mano y el pulgar del evaluador contactan con la cara interna, posterior y externa del brazo del evaluado respectivamente.

Con su otra mano, realiza la toma del tercio distal del antebrazo del evaluado. En esta toma la palma de la mano, los últimos cuatro dedos y el pulgar del evaluador contactan con la cara anterior, posterointerna y posteroexterna del antebrazo de la persona a evaluar respectivamente.



5.1.3.1. Tomas en la abducción de hombro

5.1.3.2. *Movimiento a imprimir pasivamente*

El evaluador con la mano que realiza la toma del tercio medio del brazo del evaluado imprime pasivamente el movimiento de abducción de hombro, en el plano frontal; alejando el brazo del tronco hasta hacer contactar la cara externa del tercio distal del brazo, por encima del epicóndilo lateral del húmero, con el sensor alojado en la columna vertical de elevación.

La toma que el evaluador realiza sobre el tercio distal del antebrazo tiene como finalidad, tanto mantener el codo flexionado a 90° y el antebrazo en posición intermedia; como acompañar el movimiento de abducción de hombro.

5.1.3.3. Indicaciones

El evaluador solicita al evaluado que le permita movilizar pasivamente el miembro superior a evaluar.

Al realizar el movimiento pasivo de abducción de hombro el evaluador aclara, por un lado, que este movimiento permite alejar el brazo del tronco; y por otro lado, que la amplitud de dicho movimiento finaliza al contactar la cara externa del tercio distal del brazo, por encima del epicóndilo lateral del húmero, con el sensor de la columna vertical de elevación.

Durante la realización del movimiento el evaluador le indica al evaluado que haga la máxima fuerza posible y a su vez le recuerda que mantenga la correcta postura sedente.

5.1.3.4. Evaluador

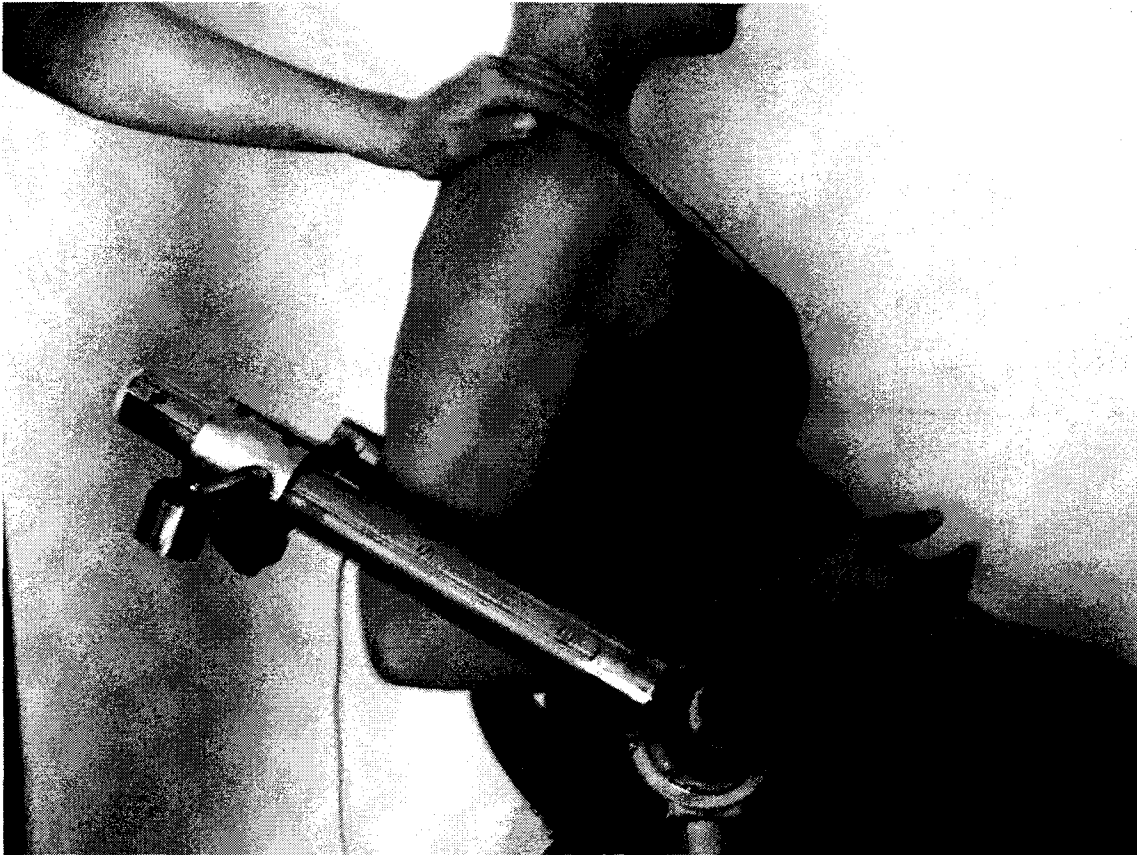
Se encuentra de pie, ubicado frente a la columna vertical de elevación del dinamómetro y por fuera de la plataforma. Si su accionar lo requiere, para obtener una mayor estabilidad y comodidad, puede apoyar un pie sobre la misma.

Extensión de hombro

5.2.1. Posicionar los segmentos de los miembros superiores

El miembro superior a evaluar debe posicionarse del siguiente modo:

- Hombro aducido y extendido 30°.
- Codo flexionado 90°.
- Antebrazo en posición intermedia.
- Muñeca y dedos relajados.



5.2.1. Posicionamiento y estabilización para la extensión de hombro

5.2.2. Posicionar el dinamómetro

1. Los 0° del protractor del cabezal de medición deben coincidir con la línea media lateral del tronco de la persona a evaluar.
2. Elevar la columna vertical de elevación, de manera que coincidan los 0° del protractor del cabezal de medición con la línea media del eje longitudinal del antebrazo del miembro superior a evaluar.

3. Desplazar el cabezal de medición en un ángulo de 30° positivo respecto de su goniómetro.

4. Deslizar el módulo de medición sobre el cabezal de medición, de manera que el sensor contacte con la cara posterior del tercio distal del brazo del miembro superior a evaluar.

5.2.3. Imprimir pasivamente el movimiento para que la persona a evaluar de cuenta de la dirección de la fuerza. Dar indicaciones

5.2.3.1. Tomas

El evaluador, con una de sus manos, realiza la toma del tercio medio del brazo de la persona a evaluar. En dicha toma los cuatro últimos dedos, la palma de la mano y el pulgar del evaluador contactan con la cara posterior, externa y anterior del brazo del evaluado respectivamente.

Con su otra mano realiza la toma del tercio distal del antebrazo del evaluado. En esta toma la palma de la mano, los últimos cuatro dedos y el pulgar del evaluador contactan con la cara anterior, posterointerna y posteroexterna del antebrazo de la persona a evaluar respectivamente.



5.2.3.1. Tomas en la extensión de hombro

5.2.3.2. *Movimiento a imprimir pasivamente*

El evaluador con la mano que realiza la toma del tercio medio del brazo del evaluado imprime pasivamente el movimiento de extensión de hombro, en el plano sagital; dirigiendo el brazo en sentido posterior hasta hacer contactar la cara posterior del tercio distal del brazo con el sensor alojado en el módulo de medición.

La toma que el evaluador realiza sobre el tercio distal del antebrazo tiene como finalidad, tanto mantener el codo flexionado a 90° y el antebrazo en posición intermedia; como acompañar el movimiento de extensión de hombro.

5.2.3.3. Indicaciones

El evaluador solicita al evaluado que le permita movilizar pasivamente el miembro superior a evaluar.

Al realizar el movimiento pasivo de extensión de hombro aclara, por un lado, que este movimiento permite dirigir el brazo en sentido posterior; y por otro lado, que la amplitud de dicho movimiento finaliza al contactar la cara posterior del tercio distal del brazo con el sensor del módulo de medición.

Durante la realización del movimiento el evaluador le indica al evaluado que haga la máxima fuerza posible y a su vez le recuerda que mantenga la correcta postura sedente.

5.2.3.4. Evaluador

Se encuentra de pie, ubicado frente a la columna vertical de elevación del dinamómetro y por fuera de la plataforma. Si su accionar lo requiere, para obtener una mayor estabilidad y comodidad, puede apoyar un pie sobre la misma.

5.3. Flexión de hombro

5.3.1. Posicionar los segmentos de los miembros superiores

El miembro superior a evaluar debe posicionarse del siguiente modo:

- ♦ Hombro aducido y flexionado 30°.
- ♦ Codo flexionado 90°.
- ♦ Antebrazo pronado.
- ♦ Muñeca y dedos relajados.



5.3.1. Posicionamiento y estabilización para la flexión de hombro

5.3.2. Posicionar el dinamómetro

1. Los 0° del protractor del cabezal de medición deben coincidir con la línea media lateral del tronco de la persona a evaluar.
2. Se respeta la altura de la columna vertical de elevación dispuesta para la evaluación del movimiento de extensión de hombro del mismo miembro superior a evaluar.

3. Desplazar el cabezal de medición en un ángulo de 30° negativo respecto de su goniómetro.
4. Deslizar el módulo de medición sobre el cabezal de medición, de manera que el sensor contacte con la cara anterior del tercio distal del brazo del miembro superior a evaluar.

5.3.3. *Imprimir pasivamente el movimiento para que la persona a evaluar de cuenta de la dirección de la fuerza. Dar indicaciones*

5.3.3.1. *Tomas*

El evaluador, con una de sus manos, realiza la toma del tercio medio del brazo de la persona a evaluar. En dicha toma los cuatro últimos dedos, la palma de la mano y el pulgar del evaluador contactan con la cara interna, posterior y externa del brazo del evaluado respectivamente.

Con su otra mano, el evaluador, realiza la toma del tercio distal del antebrazo del evaluado. En esta toma la palma de la mano, los últimos cuatro dedos y el pulgar del evaluador contactan con la cara anterior, posteroexterna y posterointerna del antebrazo de la persona a evaluar respectivamente.



5.3.3.1. Tomas en la flexión de hombro

5.3.3.2. *Movimiento a imprimir pasivamente*

El evaluador con la mano que realiza la toma del tercio medio del brazo del evaluado imprime pasivamente el movimiento de flexión de hombro, en el plano sagital; dirigiendo el brazo en sentido anterior hasta hacer contactar la cara anterior del tercio distal del brazo con el sensor alojado en el módulo de medición.

La toma que el evaluador realiza sobre el tercio distal del antebrazo tiene como finalidad, tanto mantener el codo flexionado a 90° y el antebrazo en pronación; como acompañar el movimiento de flexión de hombro.

5.3.3.3. Indicaciones

El evaluador solicita al evaluado que le permita movilizar pasivamente el miembro superior a evaluar.

Al realizar el movimiento pasivo de flexión de hombro el evaluador aclara, por un lado, que este movimiento permite dirigir el brazo en sentido anterior; y por otro lado, que la amplitud de dicho movimiento finaliza al contactar la cara anterior del tercio distal del brazo con el sensor del módulo de medición.

Durante la realización del movimiento el evaluador le indica al evaluado que haga la máxima fuerza posible y a su vez le recuerda que mantenga la correcta postura sedente.

5.3.3.4. Evaluador

Se encuentra de pie, ubicado frente a la columna vertical de elevación del dinamómetro y por fuera de la plataforma. Si su accionar lo requiere, para

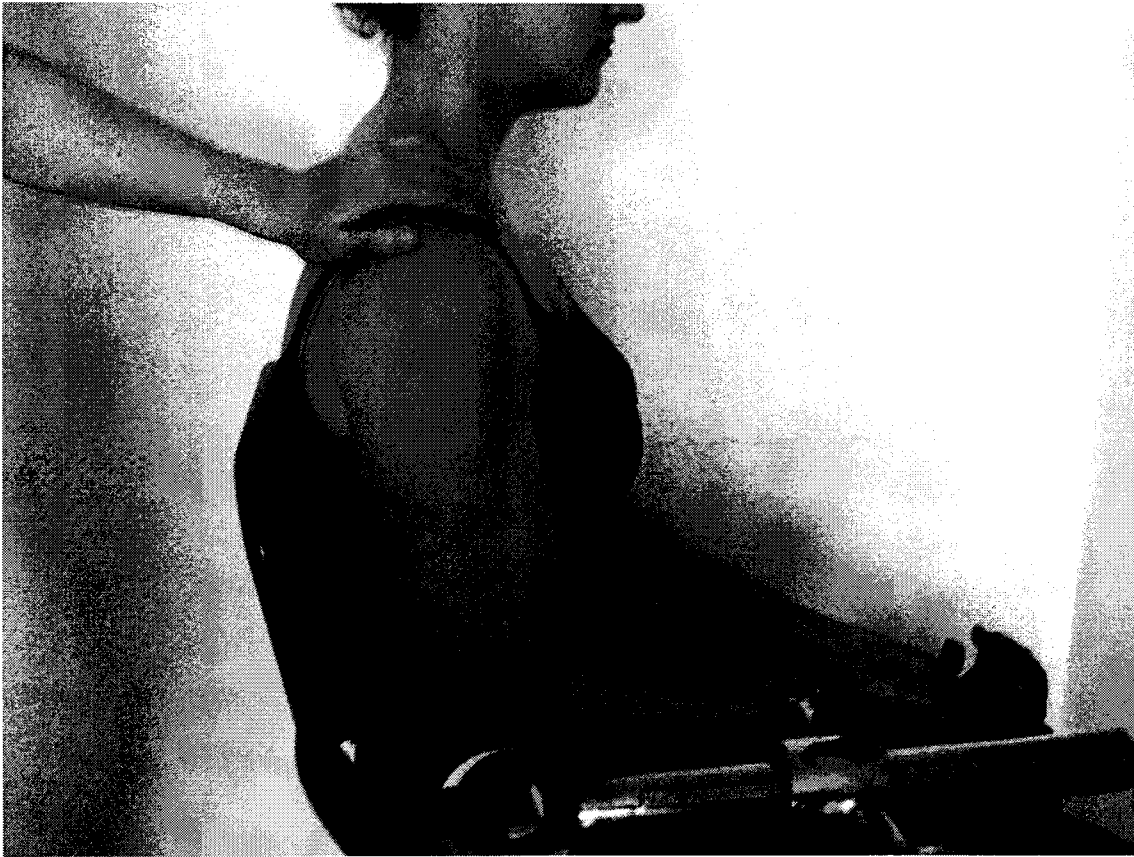
obtener una mayor estabilidad y comodidad, puede apoyar un pie sobre la misma.

5.4. Flexión de codo

5.4.1. Posicionar los segmentos de los miembros superiores

El miembro superior a evaluar debe posicionarse del siguiente modo:

- ◆ Hombro aducido.
- ◆ Brazo al costado del cuerpo y paralelo a la línea media lateral del tronco.
- ◆ Codo flexionado 90°.
- ◆ Antebrazo supinado.
- ◆ Muñeca y dedos relajados.

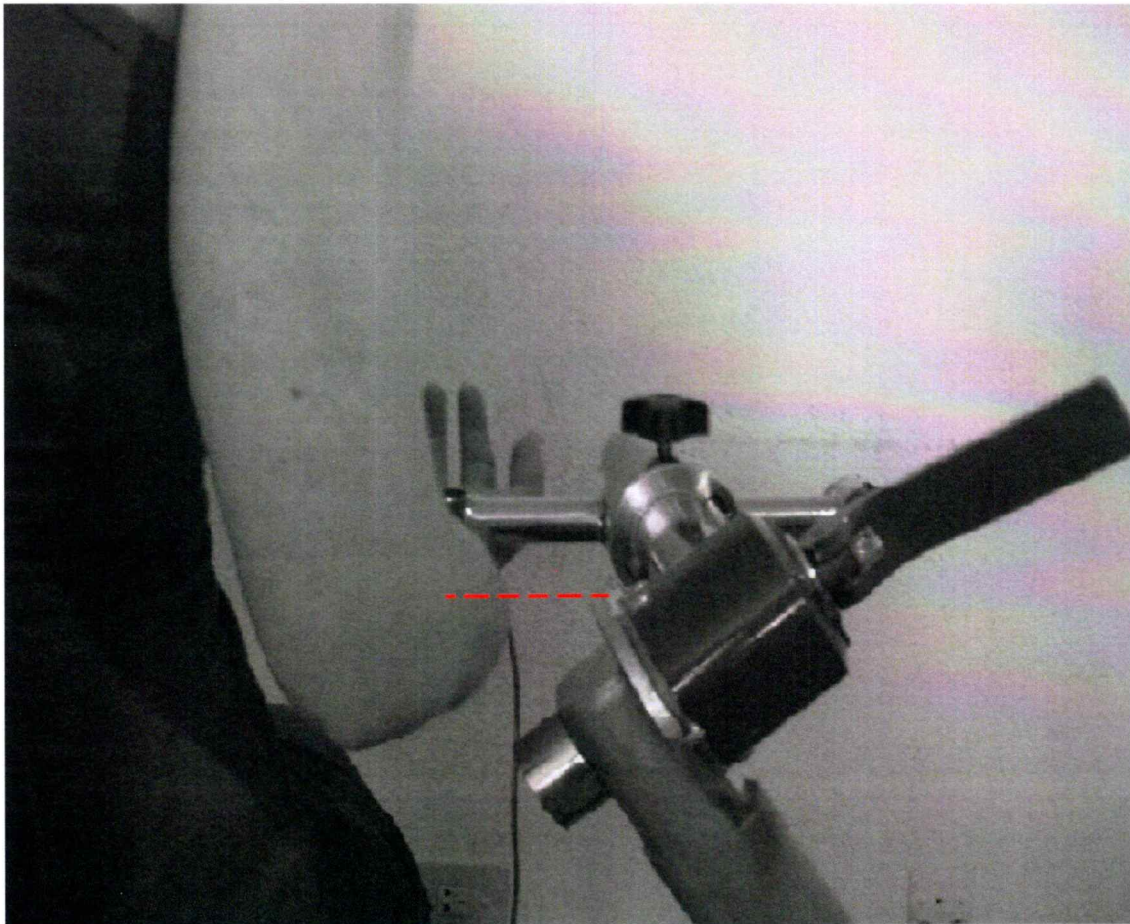


5.4.1. Posicionamiento y estabilización para la flexión de codo

5.4.2. Posicionar el dinamómetro

1. Los 0° del protractor del cabezal de medición deben coincidir con la línea media lateral del tronco de la persona a evaluar. (figura 5.4.2.1.)
2. Elevar la columna vertical de elevación, de manera que coincidan los 0° del protractor del cabezal de medición con el epicóndilo lateral del húmero del miembro superior a evaluar.

3. Desplazar el cabezal de medición a 0° respecto de su goniómetro.
4. Deslizar el módulo de medición sobre el cabezal de medición, de manera que el sensor contacte con la cara anterior del tercio distal del antebrazo del miembro superior a evaluar.



5.4.2.1. Posicionamiento del protractor

5.4.3. Imprimir pasivamente el movimiento para que la persona a evaluar de cuenta de la dirección de la fuerza. Dar indicaciones

5.4.3.1. Tomas

El evaluador, con una de sus manos, realiza la toma del tercio medio del brazo de la persona a evaluar. En dicha toma los cuatro últimos dedos, la palma de la mano y el pulgar del evaluador contacta con la cara interna, posterior y externa del brazo del evaluado respectivamente.

Con su otra mano debe realizar la toma en la articulación de la muñeca del evaluado. En esta toma la palma de la mano, los últimos cuatro dedos y el pulgar del evaluador contactan con la cara anterior, posterointerna y posteroexterna de la articulación de la muñeca de la persona a evaluar respectivamente.



5.4.3.1. Tomas en la flexión de codo

5.4.3.2. Movimiento a imprimir pasivamente

El evaluador con la mano que realiza la toma de la articulación de la muñeca del evaluado imprime pasivamente el movimiento de flexión de codo, en el plano sagital; acercando el antebrazo al brazo. El inicio de la realización del movimiento pasivo se produce a partir de una flexión de codo menor a los 90°; y finaliza cuando la cara anterior del tercio distal del antebrazo hace contacto con el sensor alojado en el módulo de medición.

La toma que el evaluador realiza sobre el tercio distal del brazo tiene como finalidad mantener el brazo en aducción, al costado del cuerpo y paralelo a la línea media lateral del tronco.

5.4.3.3. Indicaciones

El evaluador solicita al evaluado que le permita movilizar pasivamente el miembro superior a evaluar.

Al realizar el movimiento pasivo de flexión de codo aclara, por un lado, que este movimiento permite acercar el antebrazo al brazo; y por otro lado, que la amplitud de dicho movimiento finaliza al contactar la cara anterior del tercio distal del antebrazo con el sensor alojado en el módulo de medición.

Durante la realización del movimiento el evaluador le indica al evaluado que haga la máxima fuerza posible y a su vez le recuerda que mantenga la correcta postura sedente.

5.4.3.4. Evaluador

Se encuentra de pie, ubicado frente a la columna vertical de elevación del dinamómetro y por fuera de la plataforma. Si su accionar lo requiere, para obtener una mayor estabilidad y comodidad, puede apoyar un pie sobre la misma.

5.5. Extensión de codo

5.5.1. Posicionar los segmentos de los miembros superiores

El miembro superior a evaluar debe posicionarse del siguiente modo:

- ♦ Hombro aducido.

- ♦ Brazo al costado del cuerpo y paralelo a la línea media lateral del tronco.

- ♦ Codo flexionado 90°.

- ♦ Antebrazo pronado.

- ♦ Muñeca y dedos relajados.

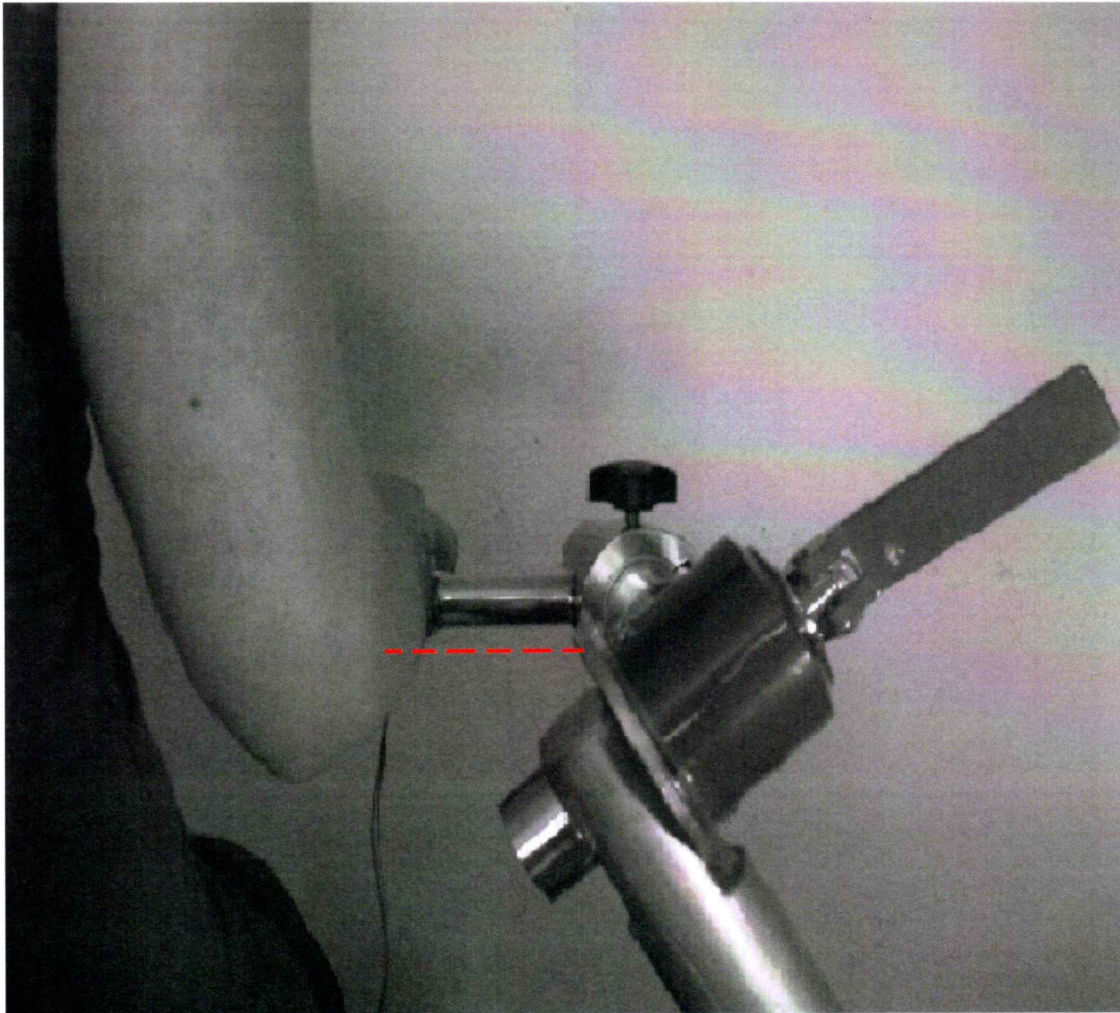


5.5.1. Posicionamiento y estabilización para la extensión de codo

5.5.2. Posicionar el dinamómetro

1. Los 0° del protractor del cabezal de medición deben coincidir con la línea media lateral del tronco de la persona a evaluar. (figura nº 5.5.2.1.)
2. Elevar la columna vertical de elevación, de manera que coincidan los 0° del protractor del cabezal de medición con el epicóndilo lateral del húmero del miembro superior a evaluar.

3. Desplazar el cabezal de medición a 0° respecto de su goniómetro.
4. Deslizar el módulo de medición sobre el cabezal de medición, de manera que el sensor contacte con la cara anterior del tercio distal del antebrazo del miembro superior a evaluar.



5.5.2.1. Posicionamiento del protractor

5.5.3. *Imprimir pasivamente el movimiento a la persona a evaluar.*

5.5.3.1. *Tomas*

El evaluador, con una de sus manos, realiza la toma del tercio medio del brazo de la persona a evaluar. En dicha toma los cuatro últimos dedos, la palma de la mano y el pulgar del evaluador contactan con la cara interna, posterior y externa del brazo del evaluado respectivamente.

Con su otra mano, realiza la toma en la articulación de la muñeca del evaluado. En esta toma la palma de la mano, los últimos cuatro dedos y el pulgar del evaluador contactan con la cara posterior, anteroexterna y anterointerna de la articulación de la muñeca de la persona a evaluar respectivamente.



5.5.3.1. Tomas en la extensión de codo

5.5.3.2. *Movimiento a imprimir pasivamente*

El evaluador con la mano que realiza la toma de la articulación de la muñeca del evaluado imprime pasivamente el movimiento de extensión de codo, en el plano sagital; alejando el antebrazo del brazo. El inicio de la realización del movimiento pasivo se produce a partir de una flexión de codo mayor a los 90°; y finaliza cuando la cara anterior del tercio distal del antebrazo hace contacto con el sensor alojado en el módulo de medición.

La toma que el evaluador realiza sobre el tercio distal del brazo tiene como finalidad mantener el brazo aducido, al costado del cuerpo y paralelo a la línea media lateral del tronco.

5.5.3.3. Indicaciones

El evaluador solicita al evaluado que le permita movilizar pasivamente el miembro superior a evaluar.

Al realizar el movimiento pasivo de extensión de codo el evaluador aclara, por un lado, que este movimiento permite alejar el antebrazo del brazo; y por otro lado, que la amplitud de dicho movimiento finaliza al contactar la cara anterior del tercio distal del antebrazo con el sensor alojado en el módulo de medición.

Durante la realización del movimiento el evaluador le indica al evaluado que haga la máxima fuerza posible y a su vez le recuerda que mantenga la correcta postura sedente.

5.5.3.4. Evaluador

Se encuentra de pie, ubicado frente a la columna vertical de elevación del dinamómetro y por fuera de la plataforma. Si su accionar lo requiere, para

obtener una mayor estabilidad y comodidad, puede apoyar un pie sobre la misma.

RESULTADOS

Diferencia de los valores de medias de fuerza intraevaluadores:

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de abducción de hombro obtenidos por el evaluador 1 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1}= 5,148 \pm 3,713$, $X_{D2}= 5,308 \pm 2,469$, $t= -0,165$, $P = 0,877$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1}= 6,184 \pm 5,315$, $X_{D2}= 4,960 \pm 2,611$, $t= -0,849$, $P = 0,444$) Tabla 1A y 1B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de abducción de hombro obtenidos por el evaluador 2 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1}= 5,494 \pm 3,111$, $X_{D2}= 5,702 \pm 3,099$, $t= -0,279$, $P = 0,794$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1}= 5,205 \pm 3,175$, $X_{D2}= 4,762 \pm 2,259$, $t= 0,568$, $P = 0,601$) Tabla 1A y 1B.

MSD	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
Evaluado	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	2,943	0,166	5,75	0,322	2,047	0,8	3,97	0,223
AEA	1,743	0,065	2,543	0,396	2,643	0,48	2,283	0,202
AC	4,403	0,487	3,18	0,082	4,467	0,929	3,307	0,581
JC	11,32	2,909	8,56	1,353	7,343	2,723	7,547	1,124
MRS	5,33	1,358	6,507	0,362	9,527	0,261	6,703	1,319

Tabla 1A: Comparación de los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de abducción de hombro del miembro superior derecho, DS: desvío estándar.

MSI	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
Evaluado	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	2,047	0,8	3,97	0,223	2,047	0,8	3,97	0,223
AEA	1,643	0,108	2,713	0,127	2,643	0,48	2,283	0,202
AC	4,16	0,667	2,6	0,096	4,467	0,929	3,307	0,581
JC	14,17	1,667	7,82	2,753	7,343	2,723	7,547	1,124
MRS	8,9	2,354	7,697	0,459	9,527	0,261	6,703	1,319

Tabla 1B: Comparación de los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de abducción de hombro del miembro superior izquierdo, DS: desvío estándar.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de hombro obtenidos por el evaluador 1 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1} = 5,836 \pm 4,411$, $X_{D2} = 5,233 \pm 2,805$, $t = 0,628$, $P = 0,564$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1} = 4,381 \pm 2,453$, $X_{D2} = 4,552 \pm 2,022$, $t = -0,282$, $P = 0,792$) Tabla 2A y 2B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de hombro obtenidos por el evaluador 2 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1} = 5,868 \pm 2,780$, $X_{D2} = 5,721 \pm 2,832$, $t = 0,305$, $P = 0,776$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1} = 6,912 \pm 4,087$, $X_{D2} = 5,187 \pm 2,430$, $t = 1,651$, $P = 0,174$) Tabla 2A y 2B.

MSD	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	3,897	0,161	5,583	0,852	9,22	0,415	7,927	1,121
AEA	2,483	0,251	2,27	0,017	2,477	0,119	2,28	0,148
AC	3,76	0,406	3,03	0,509	3,557	0,184	3,38	0,852
JC	13,48	2,062	9,39	1,503	7,237	1,346	8,833	1,486

Tabla 2A: Comparación de los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de hombro del miembro superior derecho, DS: desvío estándar.

MSI	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	3,06	0,529	4,71	0,289	5,677	1,159	6,28	0,637
AEA	2,423	0,208	2,687	0,362	2,593	0,379	2,217	0,365
AC	3,047	0,096	2,33	0,373	3,843	0,486	3,157	0,225
JC	4,947	0,906	6,21	0,49	11,357	1,872	6,18	0,148
MRS	8,43	1,546	6,823	0,065	11,09	0,448	8,1	0,295

Tabla 2B: Comparación de los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de hombro del miembro superior izquierdo, DS: desvío estándar.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de hombro obtenidos por el evaluador 1 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1} = 4,758 \pm 2,484$, $X_{D2} = 5,108 \pm 2,325$, $t = -1,693$, $P = 0,166$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1} = 5,045 \pm 3,839$, $X_{D2} = 5,904 \pm 3,656$, $t = -0,888$, $P = 0,425$) Tabla 3A y 3B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de hombro obtenidos por el

evaluador 2 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1} = 5,472 \pm 2,697$, $X_{D2} = 5,125 \pm 2,286$, $t = 0,530$, $P = 0,624$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1} = 7,209 \pm 4,419$, $X_{D2} = 5,280 \pm 2,766$, $t = 1,676$, $P = 0,169$) Tabla 3A y 3B.

MSD	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
Evaluado	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	4,877	0,217	5,877	0,362	4,023	0,647	6,067	0,96
AEA	1,927	0,117	2,587	0,206	2,74	0,066	2,177	0,307
AC	3,28	0,165	3,28	0,252	3,86	0,177	3,41	0,173
JC	8,54	2,126	8,467	0,5	8,65	0,21	7,84	1,277
MRS	5,167	0,467	5,33	0,797	8,087	0,172	6,133	0,868

Tabla 3A: Comparación en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de hombro del miembro superior derecho, DS: desvío estándar.

MSI	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
Evaluado	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	3,007	0,827	7,147	0,287	11,16	0,909	6,43	0,619
AEA	1,993	0,11	2,533	0,22	2,593	0,172	2,117	0,176
AC	2,28	0,35	3,097	0,302	2,39	0,142	2,747	0,321
JC	10,84	2,048	11,573	1,768	8,743	0,302	8,677	0,326
MRS	7,107	2,27	5,17	0,767	11,16	0,909	6,43	0,619

Tabla 3B: Comparación en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de hombro del miembro superior izquierdo, DS: desvío estándar.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de codo obtenidos por el evaluador 1 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1} = 6,483 \pm 4,108$, $X_{D2} = 6,161 \pm 3,777$, $t = 0,740$, $P = 0,501$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1} = 5,871 \pm 3,902$, $X_{D2} = 6,777 \pm 2,971$, $t = -0,998$, $P = 0,375$) Tabla 4A y 4B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de codo obtenidos por el evaluador 2 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1} = 6,743 \pm 3,139$, $X_{D2} = 6,775 \pm 3,246$, $t = -0,129$, $P = 0,903$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1} = 6,955 \pm 4,129$, $X_{D2} = 8,267 \pm 4,512$, $t = -0,803$, $P = 0,467$) Tabla 4A y 4B.

MSD	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	4,003	0,525	3,133	0,067	5,873	1,253	5,797	0,321
AEA	2,227	0,343	2,95	0,072	3,3	0,168	3,31	0,265
AC	4,65	0,493	4,973	0,352	4,517	0,536	4,643	0,226
JC	12,027	1,165	11,947	0,996	10,487	0,596	11,293	0,34
MRS	9,507	1,467	7,803	0,779	9,54	0,547	8,83	0,209

Tabla 4A: Comparación en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de codo del miembro superior derecho, DS: desvío estándar.

MSI	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	3,883	1,285	7,937	0,153	6,99	0,588	13,483	0,15
AEA	2,027	0,48	3,283	0,11	3,02	0,21	3,127	0,096
AC	3,96	0,571	4,11	0,643	3,727	0,324	3,947	0,685
JC	11,81	1,889	10,313	1,663	7,613	0,307	10,627	0,107
MRS	7,677	0,44	8,243	0,842	13,423	0,884	10,153	0,204

Tabla 4B: Comparación en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de codo del miembro superior izquierdo, DS: desvío estándar.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de codo obtenidos por el evaluador 1 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1} = 7,152 \pm 5,958$, $X_{D2} = 6,511 \pm 2,716$, $t = 0,269$, $P = 0,801$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1} = 7,743 \pm 6,656$, $X_{D2} = 7,741 \pm 4,483$, $t = 0,001$, $P = 0,999$) Tabla 5A y 5B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de codo obtenidos por el evaluador 2 entre días (Miembro superior derecho: $X_{D1} = 6,674 \pm 3,112$, $X_{D2} = 8,089 \pm 4,591$, $t = -1,544$, $P = 0,198$; Miembro superior izquierdo: $X_{D1} = 7,854 \pm 4,360$, $X_{D2} = 7,853 \pm 4,351$, $t = 0,001$, $P = 0,999$) Tabla 5A y 5B.

MSD	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	5,39	0,303	10,423	0,57	6,46	0,889	10,06	1,677
AEA	2,247	0,181	3,867	0,172	4,04	0,17	3,697	0,491
AC	4,043	0,148	4,647	0,15	4,113	0,474	5,203	0,504
JC	17,397	2,059	8,14	7,128	11,677	2,515	15,143	0,293
MRS	6,683	0,987	5,477	0,216	7,08	0,226	6,343	0,387

Tabla 5A: Comparación en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de codo del miembro superior derecho, DS: desvío estándar.

MSI	Evaluador 1				Evaluador 2			
	Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS	Fuerza (kg)	DS
AA	3,687	0,627	9,093	0,218	7,757	0,809	9,303	1,773
AEA	2,153	0,199	3,343	0,405	3,91	0,085	3,86	0,125
AC	3,82	0,046	3,88	0,044	4,397	0,505	3,873	0,468
JC	17,85	0,721	14,393	1,749	14,797	3,092	14,32	0,156
MRS	11,203	2,936	7,993	0,48	8,41	0,959	7,91	0,11

Tabla 5B: Comparación en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de codo del miembro superior izquierdo, DS: desvío estándar.

Diferencia de los valores de medias de fuerza interevaluadores:

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de abducción de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 1 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 5,148 \pm$

3,713, $X_{E2} = 5,494 \pm 3,111$, $t = -0,942$, $P = 0,399$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 6,184 \pm 5,315$, $X_{E2} = 5,205 \pm 3,175$, $t = 0,665$, $P = 0,542$) Tabla 1A y 1B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de abducción de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 2 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 5,308 \pm 2,469$, $X_{E2} = 5,702 \pm 3,099$, $t = -0,672$, $P = 0,539$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 4,960 \pm 2,611$, $X_{E2} = 4,762 \pm 2,259$, $t = 0,711$, $P = 0,516$) Tabla 1A y 1B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 1 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 5,836 \pm 4,411$, $X_{E2} = 5,868 \pm 2,780$, $t = -0,017$, $P = 0,987$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 4,381 \pm 2,453$, $X_{E2} = 6,912 \pm 4,087$, $t = -2,327$, $P = 0,081$) Tabla 2A y 2B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 2 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 5,233 \pm 2,805$, $X_{E2} = 5,721 \pm 2,832$, $t = -0,994$, $P = 0,376$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 4,552 \pm 2,022$, $X_{E2} = 5,187 \pm 2,430$, $t = -1,643$, $P = 0,176$) Tabla 2A y 2B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de hombro obtenidos por el

evaluador 1 y evaluador 2 en el día 1 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 4,758 \pm 2,484$, $X_{E2} = 5,472 \pm 2,697$, $t = -1,150$, $P = 0,314$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 5,045 \pm 3,839$, $X_{E2} = 7,209 \pm 4,419$, $t = -1,207$, $P = 0,294$) Tabla 3A y 3B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 2 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 5,108 \pm 2,325$, $X_{E2} = 5,125 \pm 2,286$, $t = -0,069$, $P = 0,948$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 5,904 \pm 3,656$, $X_{E2} = 5,280 \pm 2,766$, $t = 0,939$, $P = 0,401$) Tabla 3A y 3B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de codo obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 1 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 6,483 \pm 4,108$, $X_{E2} = 6,743 \pm 3,139$, $t = -0,450$, $P = 0,676$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 5,871 \pm 3,902$, $X_{E2} = 6,955 \pm 4,129$, $t = -0,651$, $P = 0,551$) Tabla 4A y 4B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de flexión de codo obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 2 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 6,161 \pm 3,777$, $X_{E2} = 6,775 \pm 3,246$, $t = -1,042$, $P = 0,356$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 6,777 \pm 2,971$, $X_{E2} = 8,267 \pm 4,512$, $t = -1,376$, $P = 0,241$) Tabla 4A y 4B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de codo obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 1 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 7,152 \pm 5,958$, $X_{E2} = 6,674 \pm 3,112$, $t = 0,356$, $P = 0,740$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 7,743 \pm 6,656$, $X_{E2} = 7,854 \pm 4,360$, $t = -0,081$, $P = 0,939$) Tabla 5A y 5B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la fuerza muscular en el movimiento de extensión de codo obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 en el día 2 (Miembro superior derecho: $X_{E1} = 6,511 \pm 2,716$, $X_{E2} = 8,089 \pm 4,591$, $t = -1,148$, $P = 0,315$; Miembro superior izquierdo: $X_{E1} = 7,741 \pm 4,483$, $X_{E2} = 7,853 \pm 4,351$, $t = -0,988$, $P = 0,379$) Tabla 5A y 5B.

Comparación de posiciones del dinamómetro entre evaluadores:

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) en el movimiento de abducción de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{CVE1} = 52,600 \pm 75,085$, $X_{CVE2} = 73,000 \pm 36,007$, $t = -0,733$, $P = 0,504$; Miembro superior izquierdo: $X_{CVE1} = 48,600 \pm 58,909$, $X_{CVE2} = 53,200 \pm 37,612$, $t = -0,195$, $P = 0,855$) Tabla 6A y 6B.

MSD	Evaluador 1		Evaluador 2	
Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA	0	-	48	-
AEA	176	-	87	-
AC	72	-	123	-
JC	0	-	30	-
MRS	15	-	77	-

Tabla 6A: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) en el movimiento de abducción de hombro del miembro superior derecho.

MDI	Evaluador 1		Evaluador 2	
Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA	0	-	0	-
AEA	144	-	73	-
AC	61	-	89	-
JC	3	-	76	-
MRS	35	-	28	-

Tabla 6B: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) en el movimiento de abducción de hombro del miembro superior izquierdo.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) en el movimiento de extensión de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{CVE1} = 174,200 \pm 17,413$, $X_{CVE2} = 191,000 \pm 2,236$, $t = -2,411$, $P = 0,073$; Miembro superior izquierdo: $X_{CVE1} = 184,400 \pm 15,900$, $X_{CVE2} = 188,200 \pm 8,497$, $t = -0,426$, $P = 0,692$) Tabla 7A y 7B.

Se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la módulo de medición (MM) en el movimiento de extensión de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{MM1} = 155,600 \pm 34,180$, $X_{MM2} = 188,600 \pm 34,840$, $t = -7,492$, $P = 0,002$; Miembro superior izquierdo: $X_{MM1} = 105,000 \pm 28,098$, $X_{MM2} = 145,600 \pm 33,568$, $t = -3,470$, $P = 0,026$) Tabla 7A y 7B.

MSD	Evaluador 1		Evaluador 2		
	Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA		170	160	192	202
AEA		188	102	192	140
AC		192	151	192	176
JC		148	195	187	235
MRS		173	170	192	190

Tabla 7A: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) y del módulo de medición (MM) en el movimiento de extensión de hombro del miembro superior derecho.

MSI	Evaluador 1		Evaluador 2		
	Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA		190	150	192	200
AEA		192	107	192	130
AC		192	105	192	110
JC		192	85	173	140
MRS		156	78	192	148

Tabla 7B: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) y del módulo de medición (MM) en el movimiento de extensión de hombro del miembro superior izquierdo.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) en el movimiento de flexión de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{CVE1} = 161,000 \pm 34,395$, $X_{CVE2} = 191,000 \pm 2,236$, $t = -1,973$, $P = 0,120$; Miembro superior izquierdo: $X_{CVE1} = 184,400 \pm 15,900$, $X_{CVE2} = 165,400 \pm 17,038$, $t = 2,286$, $P = 0,084$) Tabla 8A y 8B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la módulo de medición (MM) en el movimiento de flexión de hombro obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{MM1} = 87,200 \pm 5,357$, $X_{MM2} = 113,800 \pm 35,815$, $t = -1,669$, $P = 0,170$; Miembro superior izquierdo: $X_{MM1} = 136,600 \pm 22,086$, $X_{MM2} = 142,400 \pm 22,766$, $t = -1,103$, $P = 0,332$) Tabla 8A y 8B.

MSD	Evaluador 1		Evaluador 2		
	Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA		108	90	192	95
AEA		188	95	192	147
AC		192	86	192	60
JC		148	83	187	132
MRS		169	82	192	135

Tabla 8A: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) y del módulo de medición (MM) en el movimiento de flexión de hombro del miembro superior derecho.

MSI	Evaluador 1		Evaluador 2	
	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA	190	110	155	132
AEA	192	143	152	135
AC	192	130	192	130
JC	192	170	173	183
MRS	156	130	155	132

Tabla 8B: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) y del módulo de medición (MM) en el movimiento de flexión de hombro del miembro superior izquierdo.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) en el movimiento de flexión de codo obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{CVE1} = 161,000 \pm 34,395$, $X_{CVE2} = 191,000 \pm 2,236$, $t = -1,973$, $P = 0,120$; Miembro superior izquierdo: $X_{CVE1} = 181,600 \pm 22,154$, $X_{CVE2} = 181,600 \pm 15,076$, $t = 0,000$, $P = 1,000$) Tabla 9A y 9B.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la módulo de medición (MM) en el movimiento de flexión de codo obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{MM1} = 107,800 \pm 34,194$, $X_{MM2} = 105,000 \pm 20,616$, $t = 0,220$, $P = 0,837$; Miembro superior izquierdo: $X_{MM1} = 125,000 \pm 11,747$, $X_{MM2} = 118,800 \pm 15,515$, $t = 0,668$, $P = 0,541$) Tabla 9A y 9B.

MSD	Evaluador 1		Evaluador 2	
Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA	108	105	192	90
AEA	188	56	192	100
AC	192	106	192	105
JC	148	150	187	140
MRS	169	122	192	90

Tabla 9A: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) y del módulo de medición (MM) en el movimiento de flexión de codo del miembro superior derecho.

MSI	Evaluador 1		Evaluador 2	
Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA	190	140	192	130
AEA	192	120	159	111
AC	192	116	192	110
JC	142	114	173	140
MRS	192	135	192	103

Tabla 9B: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) y del módulo de medición (MM) en el movimiento de flexión de codo del miembro superior izquierdo.

No se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) en el movimiento de extensión de codo obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{CVE1} = 182,400 \pm 14,519$, $X_{CVE2} = 191,000 \pm 2,236$, $t = -1,546$, $P = 0,197$; Miembro superior izquierdo: $X_{CVE1} = 191,600 \pm 0,894$, $X_{CVE2} = 185,400 \pm 14,758$, $t = 0,924$, $P = 0,408$) Tabla 10A y 10B.

Se observó una diferencia significativa en los valores medios de la posición de la módulo de medición (MM) en el movimiento de extensión de codo obtenidos por el evaluador 1 y evaluador 2 (Miembro superior derecho: $X_{MM1} = 91,400 \pm 21,663$, $X_{MM2} = 71,400 \pm 16,041$, $t = 5,590$, $P = 0,005$; Miembro superior izquierdo: $X_{MM1} = 119,000 \pm 4,243$, $X_{MM2} = 80,400 \pm 11,929$, $t = 5,763$, $P = 0,004$) Tabla 10A y 10B.

MSD	Evaluador 1		Evaluador 2		
	Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA		180	105	192	80
AEA		190	56	192	45
AC		192	106	192	75
JC		158	105	187	87
MRS		192	85	192	70

Tabla 10A: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) y del módulo de medición (MM) en el movimiento de extensión de codo del miembro superior derecho.

MSI	Evaluador 1		Evaluador 2		
	Evaluado	CVE (mm)	MM (mm)	CVE (mm)	MM (mm)
AA		190	120	192	83
AEA		192	120	159	70
AC		192	116	192	75
JC		192	114	192	100
MRS		192	125	192	74

Tabla 10B: Comparación de los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación (CVE) y del módulo de medición (MM) en el movimiento de extensión de codo del miembro superior izquierdo.

DISCUSIÓN

En la búsqueda de obtener mediciones de fuerza muscular objetivas y cuantificables es que el avance tecnológico ha posibilitado el diseño del dinamómetro de hombro y codo; a partir del cual ha surgido la necesidad de establecer un protocolo para su uso.

Es la incorporación de nuevas tecnologías lo que ha impulsado la creación de protocolos, sobre los que se han introducido modificaciones a fin de eliminar sesgos en las mediciones.

A partir del desarrollo de la investigación, fue posible identificar aspectos concernientes al instrumento de evaluación como así también al “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo”, sobre los cuales incluiríamos las siguientes sugerencias a tener presentes en futuras aplicaciones del protocolo.

- El diseño del dinamómetro permite evaluar el movimiento de extensión de codo posicionando la articulación de codo flexionada 90°; en dicha amplitud articular el músculo agonista de la extensión de codo, tríceps braquial, no posee su máxima eficacia. A fin de posicionar los segmentos corporales del evaluado favoreciendo la máxima eficacia muscular, se sugiere modificar el diseño para evaluar dicho movimiento con codo flexionado 30°.
- Se sugiere incorporar un espejo situado frente al evaluado al momento de llevar a cabo la evaluación de los cinco movimientos de

ambos miembros superiores. Consideramos que el feedback visual que el evaluado recibe de este elemento posibilitaría mantener la postura sedente correcta como así también el posicionamiento de los segmentos corporales para la evaluación de los movimientos.

CONCLUSIÓN

El objetivo primario de esta investigación fue establecer el “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo” que permita cuantificar la fuerza muscular de los movimientos de flexión, extensión y abducción de hombro, flexión y extensión de codo de ambos miembros superiores a través de mediciones fiables, válidas y reproducibles.

Una vez establecido, fue aplicado por dos evaluadoras, licenciadas en Terapia Ocupacional, a cinco personas; de los resultados obtenidos en las evaluaciones se puede inferir:

- ♦ No hay diferencias significativas en los valores medios de la fuerza muscular para los movimientos de flexión, extensión y abducción de hombro, flexión y extensión de codo de ambos miembros superiores obtenidos por cada evaluador en los diferentes días.
- ♦ No hay diferencias significativas en los valores medios de la fuerza muscular para los movimientos de flexión, extensión y abducción de hombro, flexión y extensión de codo de ambos miembros superiores obtenidos entre evaluadores en los diferentes días.
- ♦ No hay diferencias significativas en los valores medios de la posición de la columna vertical de elevación para los movimientos de flexión,

extensión y abducción de hombro, flexión y extensión de codo de ambos miembros superiores obtenidos entre evaluadores.

- No hay diferencias significativas en los valores medios de la posición del módulo de medición para los movimientos de flexión de hombro y flexión de codo de ambos miembros superiores obtenidos entre evaluadores.

- Si hay diferencias significativas en los valores medios de la posición del módulo de medición para los movimientos de extensión de hombro y extensión de codo de ambos miembros superiores obtenidos entre evaluadores.

En este sentido, los resultados evidencian diferencias significativas sólo en los valores medios de la posición del módulo de medición para dos de los cinco movimientos evaluados con el dinamómetro de hombro y codo. Sin embargo, estas diferencias no se reflejan en los valores medios de la fuerza muscular de los cinco movimientos de ambos miembros superiores obtenidos por cada evaluador y entre evaluadores en los diferentes días, dado que en ellos la diferencia no es significativa.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación avalan la aplicación del "Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo", debido a que no se observan diferencias significativas en los valores de las medias de fuerza

muscular intraevaluador e interevaluador. Por este motivo, concluimos que es posible que líneas futuras de investigación apliquen el “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo” y lo validen para llevar a cabo estudios estadísticos de medición de fuerza que servirán para elaborar estándares de normalidad.

En el caso de que así suceda, el campo de aplicación de la Terapia Ocupacional sería poseedor de un instrumento de medición objetivo de la fuerza muscular en movimientos de hombro y codo, actualmente sin precedentes en la función perseguida, con lo cual el aporte sería de un valor inestimable.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ♦ CAILLIET R. "Anatomía funcional del hombro". Anatomía funcional biomecánica. Marbán. Madrid. España. 117; 138. 2006.

- ♦ DANIELS L., WORTHINGHAM'S C. "Guía de consulta anatómica". Pruebas funcionales musculares. Marbán. Madrid. España. 368; 370-371. 1997.

- ♦ DVIR, Z. "Identification of feigned grip effort using isokinetic dynamometry". Clin. Biomech (Bristol, Avon). 14 (8): 522-7. 1999.

- ♦ GARCÍA MANSO J.M., NAVARRO VALDIVIESO M., RUIZ CABALLERO J.A. "Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones". Editorial Gymnos. Madrid. España. 1996.

- ♦ GARDINER M.D. "Posiciones fundamentales". Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. 42-43. 1986.

- ♦ HAMILTON A., BALNAVE R., ADAMS R. "Grip strength testing reliability". J. Hand Ther. 7: 163-170. 1994.

- ♦ HARRIS B.A., WATKINS M.P. "Apadtations to strength conditioning". En: Frontera WR, Dawson DM, Slovik DM. Exercise in Rehabilitation Medicine. Ed. Human Kinetics. 71-81. 1999.

- ♦ KAPANDJI A. I. "El codo". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 92; 94; 96. 2006.

- ♦ KAPANDJI A. I. "La pronosupinación". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 144. 2006.

- ♦ KROLL W. "Reliability variations of a selected measure of human strength". Res. Q .; 33: 410. 1962.

- ♦ LAGERSTRÖM C.H., NORDGREN B. "Methods for measuring maximal isometric grip strength during short and sustained contractions, including intra-rater reliability". Upsala J. Med. Sci.; 101:273-286. 1996.

- ♦ LATARJET M., RUIZ LIARD A. "Articulación del codo. Músculos del brazo". Anatomía humana. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina. 537. 2004.

- ♦ MATHIOWETZ V. "Effects of three trials on grip and pinch strength measurements". J. Hand Ther. 3:195-198. 1990.

- ♦ MATHIOWETZ V., WEBER K., VOLLAND G., KASHMAN N. "Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations". J. Hand Surg. 9A: 222-226. 1984.

- ♦ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. "Codo". Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 119. 2005.
- ♦ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. "Complejo articular del hombro". Biomecánica clínica del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 97; 98. 2000.
- ♦ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. "Postura". Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 314-320. 2005.
- ♦ MIRANDA MAYORDOMO, M. "Análisis dinamométrico de la mano: valores normativos en la población española". Tesis doctoral para aspirar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina. Departamento de Medicina Física y Rehabilitación. 194. 2011.
- ♦ MONDELO P., TORADA E., GONZÁLEZ O., GÓMEZ FERNÁNDEZ M. "Diseño físico: antropometría y biomecánica". Ergonomía 4. Alfaomega Grupo Editor. Barcelona. España. 94; 95; 108. 2002.
- ♦ MONTAZER M.A., THOMAS J.G. "Grip strength as a function of 200 repetitive trials". Percept. Motor Skills. 75:1320-1322. 1992.

- ♦ PALASTANGA N., FIELD D., SOAMES R. "Articulación del codo". Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento. Ed. Paidotribo. Barcelona. España. 150. 2000.

- ♦ PETERSON KENDALL F., KENDALL MC CREARY E., GEISE PROVANCE P., MCINTYRE RODGERS M., ROMANI W. "Fundamentos de la postura". Músculos, pruebas funcionales, postura y dolor. Ed. Marbán. Madrid. España. 53. 2007.

- ♦ PETERSON KENDALL F., KENDALL MC CREARY E., GEISE PROVANCE P., MCINTYRE RODGERS M., ROMANI W. "Extremidad superior y cintura escapular". Músculos, pruebas funcionales, postura y dolor. Ed. Marbán. Madrid. España. 290. 2007.

- ♦ "Posture and its relationship to orthopaedic disabilities". A report of the Posture Committee of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 1947

- ♦ ROUVIERE H., DELMAS A. "Músculos del miembro superior". Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional". Masson. Barcelona. España. 103. 1994.

- ♦ RUBINETTI J. "Las Fases de la Construcción. Cadenas de Coordinación Neuromuscular". Disponible en [en](http://www.rpg.org.ar/es/images/stories/articulosprofesionales/las%20fases%2)
<<http://www.rpg.org.ar/es/images/stories/articulosprofesionales/las%20fases%2>

[Ode%20la%20construccin%20julieta%20rubinetti.pdf](#)> (consultado el día 15/10/2012)

♦ SICCO P.J. *"Miembro superior"*. Cuaderno de Apuntes de Técnicas Evaluativas funcionales. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Medicina. Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría. Disponible en <http://www.med.unne.edu.ar/kinesiologia/catedras/tef/manual/004.pdf> (consultado el día 15/10/2012)

♦ TROSSMAN P.B., SULESKI K.B., LI P-W. *"Test-retest reliability and day-to-day variability of an isometric grip strength test using the work simulator"*. Occup. Ther J. Res. 10: 266-279. 1990.

♦ TROSSMAN P.B., LI P.V. *"The effect of the duration of intertrial rest periods on isometric grip strength performance in young adults"*. Occup. Ther. J. Res. 9: 362-378. 1989.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

BIBLIOGRAFIA

- ♦ ANDERSON W.F., COWAN N.R. "Hand grip pressure in older people". Brit. J. Prev. Soc. Med. 20:141-147. 1966.
- ♦ ANDRADA M., ROUMEC B. "Escala de Evaluación por interrogatorio de las AVD básicas, en pacientes con diagnóstico con enfermedad de Alzheimer". Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social. Universidad Nacional de Mar del Plata. Año 2007.
- ♦ ANDREWS A.W., THOMAS M.W., BOHANNON R.W. "Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers". Phys. Ther. 76:248-259. 1996.
- ♦ APPLGATE W., BLASS J., WILLIAMS T. "Instrumento para la evaluación funcional de adultos mayores". The New England Journal of Medicine. Vol. 332 N° 17. 1990.
- ♦ BALOGUN J., ADENLOLA A. "Grip strength normative data for the Harpenden dynamometer". J. Orthop. Sports Phys. Ther. 4:155-160. 1991.
- ♦ BECHTOL CO. "Clinical muscle testing". AAOS Instruccion Course Lect. 10:244-9. 1953.
- ♦ BECHTOL C.O. "The use of a dynamometer with adjustable handle spacings". J Bone Joint Surg Am. 36:820-830. 1954.

- ♦ BISIO L., GUTIERREZ G. “Dispositivo para la evaluación de fuerzas musculares del miembro superior” Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. 2009.
- ♦ BOHANNON R.W., ANDREWS A.W. “Standards for judgments of unilateral impairments in muscle strength”. Percept. Mot Skills. 89:878-880. 1999.
- ♦ CAILLIET R. “Anatomía funcional del hombro”. Anatomía funcional biomecánica. Marbán. Madrid. España. 117; 138. 2006.
- ♦ CONTRERAS ROJAS M., VALENZUELA VARGAS R. “La medición de la talla y el peso. Guía para el personal de la salud del primer nivel de atención”. UNICEF: Área de Crecimiento y Desarrollo Temprano. Ministerio de Salud. Lima. Perú. 2004. Disponible en http://www.nutrinform.com/archivos/ebooks/medicion_talla_peso_peru.pdf (consultado el día 27/10/2012)
- ♦ CLERKE A.M., CLERKE J.P., ADAMS R.D. “Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers”. J. Hand Ther. 18(1):19-29. 2005.
- ♦ CROSBY C.A., WEHBÉ M.A., MAWR B. “Hand Strength: normative values”. J. Hand Surg. 19A: 665-670. 1994.
- ♦ DANIELS L., WORTHINGHAM'S C. “Guía de consulta anatómica”. Pruebas funcionales musculares. Marbán. Madrid. España. 368; 370-371. 1997.

- ♦ DE CILLIS M. "Instrumentos de Evaluación en Terapia Ocupacional. Concordancia entre observadores de la Evaluación Autoatención (ENA)". Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Servicio Social. Universidad Nacional de Mar del Plata. 2000.
- ♦ DERRICKSON B., TORTORA G. J. "El sistema muscular". Principios de anatomía y fisiología. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 330-333. 2006.
- ♦ DVIR Z. "Grade 4 in manual muscle testing: the problem with submaximal strength assessment". Clin. Rehabil. 11(1): 36-41. 1997.
- ♦ DVIR, Z. "Identification of feigned grip effort using isokinetic dynamometry". Clin. Biomech (Bristol, Avon). 14 (8): 522-7. 1999.
- ♦ EVERETT P.W., SILLS F.D. "The relationship on grip strength to stature, somatotype components, and anthropometric measurements of the hand". Res Q. 23:161-166. 1952.
- ♦ FESS E.E. "A method for cheking Jamar dynamometer calibration". J. Hand Ther. 1:28-32. 1987.
- ♦ FESS E.E., MORAN C. "Clinical Assessment recommendations". Indianapolis. American Society of Hand Therapists. 1981.
- ♦ FESS E.E. "Clinical assessment recommendations". American. Society of Hand Therapists. 41-45. 1992.

- ♦ FISHER M.B., BIRREN J.E. "Age and strength". J. Appl. Psychol. 31:490-497. 1947.
- ♦ FRASER A., VALLOW J., PRESTON A., COOPER R.G. "Predicting 'normal' grip strength for rheumatoid arthritis patients". Rheumatology (Oxford). 38(6):521-528. 1999.
- ♦ GARCÍA MANSO J.M., NAVARRO VALDIVIESO M., RUIZ CABALLERO J.A. "Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones". Editorial Gymnos. Madrid. España. 1996.
- ♦ GARDINER M.D. "Introducción al movimiento". Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. 25-30. 1986.
- ♦ GARDINER M.D. "Posiciones fundamentales". Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. 42-43. 1986.
- ♦ GARDINER M.D. "Principios mecánicos". Manual de ejercicios de rehabilitación. Ed. Jims S.A. Barcelona. España. 1-24. 1986.
- ♦ HAMILTON A., BALNAVE R., ADAMS R. "Grip strength testing reliability". J. Hand Ther. 7: 163-170. 1994.
- ♦ HARRIS B.A., WATKINS M.P. "Apadtations to strength conditioning". En: Frontera WR, Dawson DM, Slovik DM. Exercise in Rehabilitation Medicine. Ed. Human Kinetics. 71-81. 1999.

- ♦ HISLOP H.J., MONTGOMERY J. "Introducción". *Pruebas musculares funcionales. Daniels-Worthingham's*. Madrid: Marbán, IX-XII 1999.
- ♦ ISLA E., MANGO S. "Estandarización de fuerza de puño en niños sanos entre 9 y 10 años de edad cronológica". Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Servicio Social y Ciencias de la Salud. 1998.
- ♦ JEBSEN R.H., TAYLOR N., TRICSCHMANN R. "An objective and standardised test of hand function". Arch. Phys. Med. Rehabil. 50:311-319. 1969.
- ♦ KAPANDJI A. I. "El codo". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 78-79; 92-96. 2006.
- ♦ KAPANDJI A. I. "El hombro". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 66-73. 2006.
- ♦ KAPANDJI A. I. "La pronosupinación". Fisiología articular. Ed. Médica Panamericana. Madrid. España. 144. 2006.
- ♦ KELLOR M., FROST J., SILBERBERG N., IVERSEN. "Cummings R. Hand strength and dexterity". Am. J. Occup. Ther. 25:77-83. 1971.
- ♦ KIRKPATRICK J.E. "Evaluation of grip loss: a factor of permanent partial disability in California". Ind. Med. Surg. 26:285-289. 1957.

- ♦ KIRKPATRICK J.E. "Evaluation of grip loss: factor of permanent disability in California". Calif. Med. 85: 314-320. 1956.
- ♦ KJERLAND R.N. "Age and sex differences in performance in motility and strength tests". Proc. Iowa Acad. Sci. 60:519-523. 1953.
- ♦ KRAFT G., DETELS P. "Position of the wrist". Arch. Phys. Med. Rehabil. (53): 272-5 1972.
- ♦ KROLL W. "Reliability variations of a selected measure of human strength". Res. Q. ; 33: 410. 1962.
- ♦ LAGERSTROM C., NORDGREN B., OLERUD C. "Evaluation of grip strength measurements after Colles' fracture: a methodological study". Scand. J. Rehabil. Med. 31(1):49-54. 1999.
- ♦ LAGERSTRÖM C.H., NORDGREN B. "Methods for measuring maximal isometric grip strength during short and sustained contractions, including intra-rater reliability". Upsala J. Med. Sci.; 101:273-286. 1996.
- ♦ LAMOREAUX L., HOFFER M.M. "The effect of wrist deviation on grip and pinch strength". Clin. Orthop. 314:152-155. 1995.
- ♦ LATARJET M., RUIZ LIARD A. "Articulación del codo. Músculos del brazo". Anatomía humana. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina. 537. 2004.

- ♦ LATARJET M., RUIZ LIARD A. "Miembro superior". Anatomía humana. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina. 488-547. 2004.
- ♦ LATEANA D., RAMELLA J. "Terapia Ocupacional: estandarización de la fuerza de puño y pinza de la población en la ciudad de Mar del Plata". Tesis de grado de la Licenciatura en Terapia Ocupacional. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Servicio Social y Ciencias de la Salud. 2005.
- ♦ LUNA E., MARTIN G., RUIZ J. "Valores normales y límites de la normalidad de la fuerza de la mano determinados con dinamometría". Nutricion Hospitalaria. Vol XIX. Supl. 80. 2004.
- ♦ "Manual de medición del peso y la talla. Guía para medir el peso y la talla en niños y adulto". 2011. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/62358524/Manual-Medicion-de-peso-y-talla> (consultado el día 27/10/2012)
- ♦ MARTIN S., NEALE G., ELIA M. "Factors affecting maximum momentary grip strength". Hum. Nutr. Clin. Nutr. 39C:137-147. 1984.
- ♦ MATHIOWETZ V. "Effects of three trials on grip and pinch strength measurements". J. Hand Ther. 3:195-198. 1990.
- ♦ MATHIOWETZ V., RENNELLS C., DONAHOE L. "Effect of elbow position on grip and key pinch strength". J. Hand Surg. 10A: 694-697. 1985.

- ♦ MATHIOWETZ V., WEBER K., VOLLAND G., KASHMAN N. "Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations". J. Hand Surg. 9A: 222-226. 1984.
- ♦ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. "Codo". Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 119. 2005.
- ♦ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. "Complejo articular del hombro". Biomecánica clínica del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 97; 98. 2000.
- ♦ MIRALLES MARRERO R., MIRALLES RULL I. "Postura". Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor. Ed. Masson. Barcelona. España. 314-320. 2005.
- ♦ MIRANDA MAYORDOMO, M. "Análisis dinamométrico de la mano: valores normativos en la población española". Tesis doctoral para aspirar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina. Departamento de Medicina Física y Rehabilitación. 194. 2011.
- ♦ MONDELO P., TORADA E., GONZÁLEZ O., GÓMEZ FERNÁNDEZ M. "Diseño físico: antropometría y biomecánica". Ergonomía 4. Alfaomega Grupo Editor. Barcelona. España. 94; 95; 108. 2002.
- ♦ MONTAZER M.A., THOMAS J.G. "Grip strength as a function of 200 repetitive trials". Percept. Motor Skills. 75:1320-1322. 1992.

- ♦ NIEBUHR B.R., MARION R. FIKE M.L. "Reliability of grip strength assessment with the computerized Jamar dynamometer". Occup. Ther. J. Research. 14(1): 3-18. 1984.
- ♦ O'DRISCOLL S.W., HORII E., NESS R., CAHALAN T.D. "The relationship between wrist position, grasp size, and grip strength". J. Hand Surg. 17A: 169-77. 1992.
- ♦ PALASTANGA N., FIELD D., SOAMES R. "Articulación del codo". Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento. Ed. Paidotribo. Barcelona. España. 150. 2000.
- ♦ PETERSEN P., PETRICK M., CONNOR H., CONKLIN H. "Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule". Am. J. Occup. Ther. 43:444-447. 1989.
- ♦ PETERSON KENDALL F., KENDALL MC CREARY E., GEISE PROVANCE P., MCINTYRE RODGERS M., ROMANI W. "Fundamentos de la postura". Músculos, pruebas funcionales, postura y dolor. Ed. Marbán. Madrid. España. 53. 2007.
- ♦ PETERSON KENDALL F., KENDALL MC CREARY E., GEISE PROVANCE P., MCINTYRE RODGERS M., ROMANI W. "Extremidad superior y cintura escapular". Músculos, pruebas funcionales, postura y dolor. Ed. Marbán. Madrid. España. 290. 2007.

- ♦ POLIT D., HUNGLER B. “Investigación científica en ciencias de la salud”. 6ta ed. Editorial Mac Graw Hill Interamericana. Editores S.A. México. 2000.
- ♦ “Posture and its relationship to orthopaedic disabilities”. A report of the Posture Committee of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 1947.
- ♦ PRYCE J.C. “Wrist position between neutral and ulnar deviation that facilitates maximum power grip strength”. J. Biomechanics. 1980; 13:505:511. KELLOR M. “Hand strength and dexterity norms for clinical use”. Am J. Occup. Ther. (25): 77-83. 1971.
- ♦ ROUVIERE H., DELMAS A. “Músculos del miembro superior”. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional”. Masson. Barcelona. España. 103. 1994.
- ♦ RUBINETTI J. “Las Fases de la Construcción. Cadenas de Coordinación Neuromuscular”. Disponible en <http://www.rpg.org.ar/es/images/stories/articulosprofesionales/las%20fases%20de%20la%20construccion%20julieta%20rubinetti.pdf> (consultado el día 15/10/2012)
- ♦ SÁNCHEZ ANCHA Y., GONZÁLEZ MESA, F. J., MOLINA MÉRIDA O., GUIL GARCÍA M. “Guía para la elaboración de protocolos”. Biblioteca Las Casas, 2011; 7(1). Disponible en <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0565.php> (consultado el día 06/08/2012)

♦ SICCO P.J. "Miembro superior". Cuaderno de Apuntes de Técnicas Evaluativas funcionales. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Medicina. Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría. Disponible en <<http://www.med.unne.edu.ar/kinesiologia/catedras/tef/manual/004.pdf>>

(consultado el día 15/10/2012)

♦ SCHMIDT R.T., TOEWS J.V. "Grip strength as measured by the Jamar dynamometer". Arch. Phys. Med. Rehabil. 51:321-327. 1970.

♦ SCHWARTZ S., COHEN M. E, HARBISON G. J., SHAH A. "Relation ship between two measures of upper extremity strength: manual muscle test compared to hand-held myometry". Arch Phys Med Rehabil. 73:1063-1068. 1992.

♦ TERAOKA T. "Studies on the peculiarity of grip strength in telation to body positions and aging". Kobe J. Med. Sci. 25:1-17. 1979.

♦ THORNGREN K.G., WERNER C.O. "Normal grip strength". Acta Orthop. Scand. 50:255-9. 1979

♦ TROSSMAN P.B., SULESKI K.B., LI P-W. "Test-retest reliability and day-to-day variability of an isometric grip strength test using the work simulator". Occup. Ther J. Res. 10: 266-279. 1990.

♦ TROSSMAN P.B., LI P.V. "The effect of the duration of intertrial rest periods on isometric grip strength performance in young adults". Occup. Ther. J. Res. 9: 362-378. 1989.

- ♦ VLIET VLIELAND T., VAN DER WIJK T., JOLIE I., ZWINDERMAN A., HAZES J. "Determinants of hand function in patients with rheumatoid arthritis". J. Rheumatology. 23(5):835-840. 1996.
- ♦ WALLSTROM A., NORDENSKIÖLD U. "Assessing hand grip endurance with repetitive maximal isometric contractions". J. Hand Ther. 14(4):279-285. 2001.
- ♦ ZAR J. H. "Biostatistical analysis". Prentice-Hall, Eglewood Cliffs, New Jersey, USA. 718 pp. 1984.

ANEXO I:

Medición de talla

Concepto de talla

Es la altura que tiene un individuo en posición vertical desde el punto más alto de la cabeza hasta los talones en posición de “firmes”, se mide en centímetros (cm).

Instrumento de medición

El tallímetro es el instrumento que se utiliza para medir la estatura máxima de pie de una persona. El mismo se encuentra constituido por tres partes fundamentales. Una de ellas corresponde a la base fija del tallímetro, la misma se compone por un tablero frontal y dos escuadras laterales y brinda soporte al tablero del tallímetro. En la parte central del instrumento se encuentra el tablero del tallímetro donde se ubica la cinta métrica necesaria para realizar la lectura de la estatura de la persona. El tope móvil corresponde a la pieza independiente del tallímetro que durante la medición de la estatura se coloca sobre la cabeza de la persona evaluada.¹⁰⁰

El tallímetro debe ubicarse firmemente en una superficie plana que permita establecer un ángulo recto de 90° en su base.¹⁰¹

El tallímetro debe tener un rango mínimo de medida entre 60 y 220 cm.¹⁰² Además, el área de lectura en la cinta métrica debe dividirse en

¹⁰⁰ *“Manual de medición del peso y la talla. Guía para medir el peso y la talla en niños y adulto”*. 2011. Disponible en <<http://es.scribd.com/doc/62358524/Manual-Medicion-de-peso-y-talla>> (consultado el día 27/10/2012)

¹⁰¹ *Ibíd.*

milímetros indicados por líneas horizontales; cada 5 mm (milímetros) la línea es un poco más larga y más larga aún cada 10 mm que equivale a un cm (centímetro) y están numerados.

Por otra parte, debe considerarse que la cinta del tallímetro se lee de abajo hacia arriba, de menor a mayor; y que si el tope móvil cae en la línea, se debe tomar en cuenta dicha línea para la lectura, pero si el tope móvil cae entre dos líneas, se debe tomar para la lectura, el milímetro anterior o inferior.¹⁰³

Procedimiento de medición

En el procedimiento de medición deben cumplirse determinadas consideraciones, a continuación descriptas, con el fin de obtener datos precisos.

- El evaluador debe informar respecto de las mediciones a realizar.
- El evaluador debe explicar el procedimiento de medición a realizar.

¹⁰² *"Manual de medición del peso y la talla. Guía para medir el peso y la talla en niños y adulto"*. 2011. Disponible en <<http://es.scribd.com/doc/62358524/Manual-Medicion-de-peso-y-talla>> (consultado el día 27/10/2012)

¹⁰³ CONTRERAS ROJAS M., VALENZUELA VARGAS R. *"La medición de la talla y el peso. Guía para el personal de la salud del primer nivel de atención"*. UNICEF: Área de Crecimiento y Desarrollo Temprano. Ministerio de Salud. Lima. Perú. 2004. Disponible en <http://www.nutrinfo.com/archivos/ebooks/medicion_talla_peso_peru.pdf> (consultado el día 27/10/2012)

- El espacio físico donde se realice la medición debe ser amplio para mayor comodidad del evaluador.
- El tallímetro debe ubicarse en una superficie lisa y firme y contra una pared permaneciendo fijo tanto la base como el tablero del mismo.

Consideraciones con respecto al evaluado

El evaluado debe estar descalzo, con la menor cantidad de ropa posible y de preferencia con ropa muy ligera, que permita al evaluador observar la postura correcta. Además, debe deshacerse de cualquier peinado o quitarse cualquier accesorio del cabello que pudiera interferir en la medición de la talla.

La persona a evaluar debe mantener la cabeza en la posición del Plano de Frankfort¹⁰⁴; de manera que la línea horizontal que atraviesa el canal auditivo a través de la base de la órbita del ojo se encuentre en forma paralela al suelo y perpendicular a la base del tablero del tallímetro.

El evaluado debe permanecer en postura bípeda, evitando cualquier inclinación hacia uno de los lados del cuerpo. Además, la línea media sagital del cuerpo del evaluado debe coincidir con la línea media del tablero del tallímetro.

¹⁰⁴ MONDELO P., TORADA E., GONZÁLEZ O., GÓMEZ FERNÁNDEZ M. "Diseño físico: antropometría y biomecánica". Ergonomía 4. Alfaomega Grupo Editor. Barcelona. España. 94-95. 2002.

La persona a evaluar debe permanecer sin hundir el pecho, con los hombros relajados, los brazos descansando verticalmente a ambos lados del cuerpo, las manos extendidas y las palmas de las mismas contra los muslos.

El evaluado debe mantener caderas y rodillas extendidas. Además debe ubicar los talones juntos, separando las puntas de los pies procurando que las mismas formen un ángulo de 45°. En todo momento, las plantas de los pies deben contactar con la base del tallímetro.

El plano posterior del cuerpo del evaluado debe contactar en cuatro partes con el plano del tablero del tallímetro; estas partes corresponden a la parte posterior de la cabeza, escápulas, glúteos y tobillos.

Procedimiento de medición propiamente dicho

El evaluador con una de sus manos toma el tope móvil del tallímetro y hace deslizar el mismo en sentido vertical a la cinta métrica hasta colocar el tope móvil en contacto con la parte más alta de la cabeza, formando así un ángulo de 90°. Una vez que el tope móvil contacta con la cabeza del evaluado el evaluador debe presionar suavemente para disminuir el efecto del cabello.

El evaluador con su otra mano toma el mentón del evaluado a fin de mantener la cabeza firme y con la vista al frente en un punto fijo.

Al realizar la lectura de medición el evaluador debe verificar que el tope móvil permanezca horizontal al plano de medición; y de esta manera, poder realizar la lectura con los ojos en el mismo plano horizontal.

Por último, el evaluador registra en centímetros la medición de la estatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ANEXO I

• CONTRERAS ROJAS M., VALENZUELA VARGAS R. “La medición de la talla y el peso. Guía para el personal de la salud del primer nivel de atención”.

UNICEF: Área de Crecimiento y Desarrollo Temprano. Ministerio de Salud.

Lima. Perú. 2004. Disponible en

<http://www.nutrinformo.com/archivos/ebooks/medicion_talla_peso_peru.pdf>

(consultado el día 27/10/2012)

• “Manual de medición del peso y la talla. Guía para medir el peso y la talla en niños y adulto”. 2011. Disponible en

<<http://es.scribd.com/doc/62358524/Manual-Medicion-de-peso-y-talla>>

(consultado el día 27/10/2012)

• MONDELO P., TORADA E., GONZÁLEZ O., GÓMEZ FERNÁNDEZ M. “Diseño físico: antropometría y biomecánica”. Ergonomía 4. Alfaomega Grupo Editor. Barcelona. España. 94; 95; 108. 2002.

ANEXO II:

Registro de datos

Registro de datos

Cuestionario:

Existen variables individuales determinantes de los valores de fuerza registrados en cada persona. Las más contrastadas son la influencia de la dominancia, el sexo y la edad. En cambio, adquiere menor significación las variaciones influidas por la talla.

En la literatura consultada, con respecto a la influencia de la dominancia, Andrews¹⁰⁵ y Bohannon¹⁰⁶ en sus estudios de fuerza isométrica en trece acciones musculares de hombro (abducción, flexión, rotación interna, rotación externa), codo (flexión y extensión), carpo (extensión), cadera (flexión y abducción), rodilla (flexión y extensión) y tobillo (flexión dorsal), concluyen que la diferencia de fuerza isométrica en función de la dominancia es poco relevante. Del mismo modo, Crosby¹⁰⁷ al analizar la influencia de la dominancia en un grupo de 214 sujetos sanos de edades comprendidas entre 16 y 64 años de edad, corrobora que las diferencias entre ambas manos son muy bajas pero apunta un factor diferenciador entre zurdos y diestros. Mientras que en los diestros la mano derecha es 6% más fuerte que la mano izquierda, en los zurdos no encuentra diferencias entre ambas manos.

¹⁰⁵ ANDREWS A.W., THOMAS M.W., BOHANNON R.W. "Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers". Phys.2 Ther. 76:248-259. 1996.

¹⁰⁶ BOHANNON R.W., ANDREWS A.W. "Standards for judgments of unilateral impairments in muscle strength". Percept. Mot Skills. 89:878-880. 1999.

¹⁰⁷ CROSBY C.A., WEHBÉ M.A., MAWR B. "Hand Strength: normative values". J. Hand Surg. 19A: 665-670. 1994.

En cambio, Petersen y cols.¹⁰⁸ realizan un estudio en 310 sujetos sanos mediante dinamometría con Jamar, y concluyen que en la población diestra se puede admitir una diferencia alrededor de 10% pero que en los zurdos no se encuentran diferencias significativas. Añaden que el 7% de la población diestra tienen igual o más fuerza en su mano no-dominante, mientras que esta circunstancia se da en el 48% de los zurdos.

En lo que respecta a la influencia del sexo, los estudios en población sana^{109 110}, de forma unánime, obtienen mayores valores de fuerza en hombres que en mujeres independientemente del tipo de la metodología seguida, del dinamómetro empleado y del medio demográfico en el que se ha realizado el estudio.

En la variable individual edad, se reconoce que a medida que ésta aumenta la fuerza de prensión disminuye^{111, 112}. Desde la infancia, los valores de fuerza prensil aumentan hasta alcanzar un máximo y a partir de este

¹⁰⁸ PETERSEN P., PETRICK M., CONNOR H., CONKLIN H. "Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule". Am. J. Occup. Ther. 43:444-447. 1989.

¹⁰⁹ BECHTOL C.O. "The use of a dynamometer with adjustable handle spacings". J Bone Joint Surg Am. 36:820-830. 1954.

¹¹⁰ LUNA E., MARTIN G., RUIZ J. "Valores normales y límites de la normalidad de la fuerza de la mano determinados con dinamometría". Nutricion Hospitalaria. Vol XIX. Supl. 80. 2004.

¹¹¹ KELLOR M., FROST J., SILBERBERG N., IVERSEN, CUMMINGS R. "Hand strength and dexterity". Am. J. Occup. Ther. 25:77-83. 1971.

¹¹² ANDERSON W.F., COWAN N.R. "Hand grip pressure in older people". Brit. J. Prev. Soc. Med. 20:141-147. 1966.

momento se produce un descenso gradual. Autores como Fisher y Birren ¹¹³ al estudiar mediante dinamometría a 552 sujetos con edades comprendidas entre 18 y 68 años de edad, concluyen que el máximo valor de fuerza se logra a los 20 años de edad para posteriormente seguir una relación curvilínea inversa fuerza – edad, hasta que a los 60 años de edad la fuerza máxima de prensión se ve reducida en un 16%.

Estas dos últimas variables individuales de la persona han motivado el interés de Kjerland ¹¹⁴, quien al estudiar la influencia de la edad en función del sexo, establece que los hombres alcanzan el valor máximo en el período de los 27 a los 31 años, mientras que en las mujeres se alcanza entre los 22 y los 26 años de edad.

Finalmente, al hacer referencia a la variable talla, Schmidt y Toews ¹¹⁵ evidencian en su estudio la correlación positiva entre la estatura de la persona y la fuerza prensil que desarrolla. Esta correlación se mantiene para tallas inferiores a 190 cm. Este hecho ha sido corroborado por Crosby y cols ¹¹⁶.

¹¹³ FISHER M.B., BIRREN J.E. "Age and strength". J. Appl. Psychol. 31:490-497. 1947.

¹¹⁴ KJERLAND R.N. "Age and sex differences in performance in motility and strength tests". Proc. Iowa Acad. Sci. 60:519-523. 1953.

¹¹⁵ SCHMIDT R.T., TOEWS J.V. "Grip strength as measured by Jamar dynamometer". the Arch. Phys. Med. Rehabil. 51:321-327. 1970.

¹¹⁶ CROSBY C.A., WEHBÉ M.A., MAWR B. "Hand Strength: normative values". J. Hand Surg. 19A: 665-670. 1994.

- ♦ Identificación.

- ♦ Sexo.

- ♦ Edad.

- ♦ Talla.

- ♦ Miembro superior dominante.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ANEXO II

- ♦ ANDERSON W.F., COWAN N.R. "Hand grip pressure in older people". Brit. J. Prev. Soc. Med. 20:141-147. 1966.

- ♦ ANDREWS A.W., THOMAS M.W., BOHANNON R.W. "Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers". Phys. Ther. 76:248-259. 1996.

- ♦ BECHTOL C.O. "The use of a dynamometer with adjustable handle spacings". J Bone Joint Surg Am. 36:820-830. 1954.

- ♦ BOHANNON R.W., ANDREWS A.W. "Standards for judgments of unilateral impairments in muscle strength". Percept. Mot Skills. 89:878-880. 1999.

- ♦ CROSBY C.A., WEHBÉ M.A., MAWR B. "Hand Strength: normative values". J. Hand Surg. 19A: 665-670. 1994.

- ♦ FISHER M.B., BIRREN J.E. "Age and strength". J. Appl. Psychol. 31:490-497. 1947.

- ♦ KELLOR M., FROST J., SILBERBERG N., IVERSEN. "Cummings R. Hand strength and dexterity". Am. J. Occup. Ther. 25:77-83. 1971.

- ♦ KJERLAND R.N. "Age and sex differences in performance in motility and strength tests". Proc. Iowa Acad. Sci. 60:519-523. 1953.

- ♦ LUNA E., MARTIN G., RUIZ J. "Valores normales y límites de la normalidad de la fuerza de la mano determinados con dinamometría". Nutricion Hospitalaria. Vol XIX. Supl. 80. 2004.

- ♦ PETERSEN P., PETRICK M., CONNOR H., CONKLIN H. "Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule". Am. J. Occup. Ther. 43:444-447. 1989.

- ♦ SCHMIDT R.T., TOEWS J.V. "Grip strength as measured by the Jamar dynamometer". Arch. Phys. Med. Rehabil. 51:321-327. 1970.

ANEXO III:

Hoja de registro

de datos

del dinamómetro

Protocolo de uso del
dinamómetro de hombro y codo

Ducos Ruiz, L.; Fontán, M. N.; Saugar, M.S.

Miembro Superior Derecho	P (x-y)	CVE (mm)	CM (g°)	MM (mm)	Miembro Superior Izquierdo	P (x-y)	CVE (mm)	CM (g°)	MM (mm)
<i>Abducción de Hombro</i>	P1 ----- P2				<i>Abducción de Hombro</i>	P1 ----- P2			
<i>Extensión de Hombro</i>	P1 ----- P2				<i>Extensión de Hombro</i>	P1 ----- P2			
<i>Flexión de Hombro</i>	P1 ----- P2				<i>Flexión de Hombro</i>	P1 ----- P2			
<i>Flexión de Codo</i>	P1 ----- P2				<i>Flexión de Codo</i>	P1 ----- P2			
<i>Extensión de Codo</i>	P1 ----- P2				<i>Extensión de Codo</i>	P1 ----- P2			

ANEXO IV:

Consentimiento informado

*Protocolo de uso del
dinamómetro de hombro y codo*

Ducos Ruiz, L.; Fontán, M. N.; Saugar, M.S.

Esta investigación tiene como propósito realizar el “Protocolo de uso del dinamómetro de hombro y codo” en la ciudad de Mar del Plata en personas sanas de ambos sexos.

Somos estudiantes avanzados de la carrera de Licenciatura de Terapia Ocupacional de la Universidad Nacional de Mar del Plata y con dicha investigación obtendremos nuestro Título de Grado.

Su colaboración será un valioso aporte para esta investigación, desde ya aseguramos el anonimato y la confidencialidad de los datos.

Muchas Gracias.



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y SERVICIO SOCIAL DEPARTAMENTO DE TERAPIA OCUPACIONAL
D. FUNES 3350 – TEL/FAX: 0223- 4752442.

Jurado:

✓ Lic De FALCO Roxana

✓ Lic LOPEZ MARCELA

✓ Lic MOLINA MARIO

Fecha de Defensa: 20-12-2012

Nota: 10 (diez)