



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARÍA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN**

**“DETERMINACIÓN DEL RANGO DE MOVILIDAD DE LA ARTICULACIÓN
DE LA MANO EN ACTIVIDADES FUNCIONALES MEDIANTE EL
MULTIELGON”**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

PRESENTA:
DR. EBER ABED HERNÁNDEZ GRAJALES

PROFESOR TITULAR:
DR. LUIS GUILLERMO IBARRA I.

ASESORES DE TESIS:
**D. EN ING. JOSEFINA GUTIÉRREZ MARTÍNEZ
DRA. FABIANA BALLESTEROS RIVERÓN
DR. SAÚL RENÁN LEÓN HERNÁNDEZ**



MÉXICO, D.F. ENERO 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PROFESOR TITULAR DE LA ESPECIALIDAD

DR. LUIS GUILLERMO IBARRA I.
DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

DRA. MATILDE L. ENRÍQUEZ SANDOVAL
DIRECTORA DE ENSEÑANZA

DRA. XOCHIQETZAL HERNÁNDEZ LÓPEZ
SUBDIRECTORA DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA

DR. LUIS GÓMEZ VELÁZQUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA MÉDICA

ASESORES DE TESIS

DRA. EN ING. JOSEFINA GUTIÉRREZ MARTÍNEZ
SUBDIRECTORA DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

DRA. FABIANA BALLESTEROS RIVERÓN
ASESOR CLÍNICO

DR. SAÚL RENÁN LEÓN HERNÁNDEZ
ASESOR METODOLÓGICO

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto y cumplir mis metas

A mi Madre por su amor y apoyo incondicional

A mi hermano Josué por estar siempre a mi lado

A mis amigos que hicieron frente conmigo los momentos difíciles

A mis maestros que me enseñaron lo que no se encuentra en los libros

CONTENIDO

I	RESUMEN DEL PROYECTO	7
II	ANTECEDENTES	8
III	JUSTIFICACIÓN	9
IV	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
V	OBJETIVOS	10
VI	HIPÓTESIS	10
VII	MATERIAL Y MÉTODO	11
VIII	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	12
IX	RESULTADOS	13
X	DISCUSIÓN	20
XI	CONCLUSIONES	21
XII	ANEXOS	22
XIII	REFERENCIAS	26

I. Resumen del proyecto

Objetivo del estudio: Determinar el rango de movilidad de las articulaciones de la mano en actividades funcionales en sujeto adultos sanos. **Material y método:** Se realizó un estudio descriptivo, observacional y transversal. Se obtuvieron los rangos de movilidad de la articulación de la mano de sujetos sanos, 100% de lateralidad derecha (15 del sexo masculino y 15 femenino, en el rango de edad de los 21 a los 28 años) al realizar actividades de pinza cilíndrica, esférica, bidigital y tridigital (41 mediciones en total). Esto fué por medio de un sistema de medición de posición angular de uniones falángicas denominado MULTIELGON (patente en trámite) diseñado e implementado en la Subdirección de Investigación Tecnológica del Instituto Nacional de Rehabilitación. Consiste en 14 transductores angulares que usan el principio potenciométrico. Las magnitudes de posición angular de las uniones seleccionadas a medir fueron desplegadas de manera automática y simultánea en una interfaz gráfica diseñada en el programa LabView™ para visualizar y almacenar los datos del estudio a manera de reporte en una hoja de cálculo en formato EXCEL. Posteriormente estos datos se utilizaron en aplicaciones de software específicas para el análisis estadístico. **Resultados.** No obstante que en 40/41 mediciones (97.6%) se observó una distribución normal en los grados de movilidad articular de la mano; en general, hubo una gran variabilidad en los valores angulares con coeficientes de variación que oscilaron de 15% a 62%. En 7 de las 41 mediciones (17%) se observó la mayor variabilidad, correspondiendo 3 en actividades de pinza cilíndrica, 2 en pinza esférica y 2 en pinza tridigital. La edad, como probable covariable interviniente, sólo correlacionó con 3/41 = 7.3% de las mediciones (2 con coeficientes negativos: a mayor edad menor movilidad y una con coeficiente positivo: a mayor edad mayor movilidad). Empero, en el 17.0% de las mediciones (7/41) se observaron diferencias significativas dependiendo del sexo de los participantes. En términos generales los hombres tuvieron grados de movilidad mayores que las mujeres. **Conclusiones.** Los movimientos de las articulaciones de la mano al realizar actividades funcionales en adultos sanos, tuvieron un amplio rango de variabilidad. Parte de la varianza en algunas mediciones puede ser explicada por la edad de los sujetos y, en mayor medida, por el sexo. Son necesarios más estudios con muestras de mayor tamaño y considerar otras variables intervinientes.

II. Antecedentes

La mano es la estructura anatómica más versátil del cuerpo humano. Los seres humanos utilizan constantemente sus manos para interactuar con el medio ambiente y participar de forma espontánea en una amplia variedad de actividades manuales en la vida cotidiana. Anatómicamente los 5 dedos de la mano comprenden un total de 14 articulaciones^{1,2} que permiten alcanzar un amplio rango de movilidad³, resultante de la perfecta sincronía de cadenas cinéticas⁴ activadas por la corteza cerebral ante el deseo de la voluntad⁵.

Tradicionalmente los rangos de movilidad de mano han sido evaluados clínicamente mediante dispositivos análogos, como el goniómetro de mano⁶. En la última década, el análisis cinemático de las extremidades superiores ha sido cada vez más investigado^{7,8}. Los avances en la tecnología han proporcionado varios instrumentos y métodos para cuantificar objetivamente la cinemática de la mano⁹, los más comunes son electrogoniómetro, guantes instrumentados¹⁰, de fibra óptica¹¹, sistemas de campos electromagnéticos²³ y analizadores cinemáticos optoeléctricos^{12,13,14,15}. Algunos de estos métodos se han utilizado para la evaluación de anomalías en el movimiento de la mano debido a lesiones¹², la distonía focal¹⁶ y la enfermedad cerebrovascular^{12,14,17}. La mayor parte de estos estudios se centran principalmente en el análisis de la formación inicial y la posición final de los dedos en un movimiento específico para evaluar rango de movimiento activo, mientras que todavía hay una falta de estudios dirigidos a analizar los aspectos temporales del movimiento de la mano (es decir, el proceso de movimiento) y la coordinación de varios dedos¹⁸.

El análisis cuantitativo de los movimientos de las extremidades superiores es, en efecto, muy necesario en la investigación clínica y la práctica, no sólo para obtener información sobre los parámetros de normalidad o patología, sino también para cuantificar el deterioro de las extremidades superiores, planificar el adecuado enfoque terapéutico y cuantificar la eficacia de los tratamientos utilizados⁹. Esto es particularmente importante en el caso de las lesiones de mano, las cuales constituyen una proporción grande de lesiones en muchos países alrededor del mundo. La ocurrencia va cada vez en aumento, principalmente en países subdesarrollados¹⁹. Las estadísticas muestran que las lesiones traumáticas de mano ocupan los primeros lugares de las lesiones por accidente de trabajo y motivos de consulta en los servicios médicos. Sorock en el 2001 publicó una incidencia

entre el 0.33 y 11 por cada 100 trabajadores al año. Siendo las lesiones más comunes heridas (62.6%), traumatismos leves (13.1%), avulsiones (8.0%), fracturas (4.8%) y amputaciones (1.1%)^{20,24}. Actualmente las fracturas de mano son el segundo tipo más común de fracturas y llegan a contarse hasta en 20% de todas las fracturas en adultos y niños. En nuestro país existen reportes de los servicios de medicina familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), donde mencionan que durante el 2007 se atendieron alrededor de 641 322 personas por lesión traumática aguda de mano, estimando un costo total por lesión en promedio de 6162.76 dólares americanos²².

Por otra parte, este tipo de lesiones pueden ocasionar secuelas importantes como deformidad articular, rigidez e incapacidad para la realización de las actividades de la vida diaria, escolares, laborales, recreativas y hasta deportivas. En el Instituto Nacional de Rehabilitación durante el año 2010 se atendieron 7 182 pacientes de primera vez en la división de rehabilitación ortopédica, de los cuales 264 acudieron al servicio de rehabilitación osteoarticular por secuelas de lesión traumática de mano para la recuperación y mejora del potencial residual de la función manual.

III. Justificación

Las estadísticas muestran que las lesiones traumáticas de mano ocupan los primeros lugares de las lesiones por accidente de trabajo y motivos de consulta en los servicios médicos. Este tipo de lesiones pueden ocasionar secuelas importantes como deformidad articular, rigidez e incapacidad para la realización de las actividades de la vida diaria, escolares, laborales, recreativas y hasta deportivas, con el consecuente costo económico, social y asistencial implícito. Por lo que analizar cuantitativamente el rango de movilidad de las articulaciones de la mano para las actividades funcionales es, en efecto, muy necesario en la investigación clínica y la práctica, tanto para obtener información sobre los parámetros de normalidad o patología, como para cuantificar el deterioro de las articulaciones, planificar el adecuado enfoque terapéutico y calificar la eficacia de los tratamientos utilizados. El presente trabajo de investigación aporta elementos objetivos y confiables para tal efecto. Se contemplaron los recursos humanos, materiales y financieros y se contaron con los elementos necesarios para llevarlo a cabo. Este proyecto de investigación forma parte de las líneas de investigación que se están desarrollando en el departamento de desarrollo tecnológico del Instituto sede del estudio.

IV. Planteamiento del problema

Debido a que hasta el momento los diferentes instrumentos de medición del rango de movilidad de la mano (goniómetro manual) han demostrado tener limitaciones por ser operador-dependiente, de poca confianza estadística y alta varianza de medición, no ha sido posible realizar un estudio sistemático que nos permita realizar un análisis cuantitativo de los movimientos de las articulaciones en actividades funcionales y obtener valores sobre los parámetros de normalidad y en especial cuantificar el deterioro de las articulaciones del alto porcentaje de personas que sufren alguna lesión de mano.

Con un sistema de medición objetivo, confiable, exacto, preciso y accesible para tal efecto, como el que se utilizó en el presente trabajo se propone responder a la siguiente pregunta general de investigación:

¿Cuáles son los rangos de movilidad de las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas de la mano al realizar actividades funcionales?

V. Objetivos

V.1. Objetivo general

- Determinar el rango de movilidad de las articulaciones de mano en actividades funcionales en sujetos adultos sanos.

V.2. Objetivos específicos

- Determinar el rango de movilidad de las articulaciones de mano al realizar pinza cilíndrica, esférica, fina bidigital y tridigital.

VI. Hipótesis

- Los rangos de movilidad de las articulaciones de mano al realizar actividades funcionales obtenidas mediante el MULTIELGON en sujetos sanos se distribuirán en una forma Gaussiana.

VII. Material y método

VII.1. Tipo de estudio

Descriptivo, observacional, transversal.

VII.2. Universo de trabajo

Se midió el rango de movilidad de articulaciones de mano realizando distintos tipos de pinza en una muestra poblacional de sujetos sanos del Instituto Nacional de Rehabilitación que aceptaron participar de forma voluntaria.

Aunque el procedimiento de adquisición de datos es no-invasivo y el participante no corrió ningún tipo de riesgo a su salud, se le pidió firmara una carta de consentimiento para participar en el trabajo.

VII.3. Criterios de inclusión

- Sujetos de 18-30 años de edad sin historia de patología de mano
- Cualquier sexo
- Cualquier lateralidad
- Que contara con carta de consentimiento informado

VII.4. Criterios de exclusión

- Historia personal de patología de mano

VII.5. Criterios de eliminación

- Que no terminara la prueba

VII.6. Tamaño de la muestra.

Se eligió una muestra piloto de 30 personas para utilizar la varianza calculada de esta muestra como una estimación para el cálculo de la desviación estándar usada para determinar el tamaño de una muestra recomendable para un estudio posterior de mayor confiabilidad. La fórmula 1 muestra la ecuación para el cálculo del tamaño de la muestra para una población infinita.

$$\frac{n = z^2 \delta^2}{d^2} \quad (1)$$

Donde σ es la desviación estándar calculada de la muestra preliminar, z es una constante que representa el grado de confiabilidad deseada (95%) y d es la dimensión del intervalo deseado.

Variables dependientes				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Unidad
Rango de movilidad	La distancia y dirección a que una articulación ósea puede extenderse	Puntuación máxima alcanzada con un sistema de medición de posición angular	Cuantitativa	Grados

Variables independientes		
Sociodemográficas	Niveles de medición	Escala
Género	Masculino/femenino	Nominal dicotómica
Edad	Años cumplidos	Continua

VIII. Análisis estadístico

A partir de la muestra poblacional de los sujetos sanos, se determinó la bondad de ajuste de los datos a una distribución normal, con un sesgo del 95%, usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Esta prueba consiste en verificar si un conjunto de datos tiene una distribución normal (o Gaussiana) con un valor determinado de tolerancia. La prueba se aplicó al conjunto de datos registrados en los voluntarios, correspondientes a cada unión interfalángica, mientras se realizaban las maniobras de sujeción. Para comprobar la normalidad de las mediciones según sexo se aplicó el estadístico de Shapiro-Wilk. Las correlaciones con edad se efectuaron con r de Pearson cuando la medición tuvo distribución normal o ρ de Spearman en las no normales; los contrastes para comparar las medias según sexo de los participantes se realizaron con t de Student o en su caso con U de Mann-Whitney. agamiño

IX. Resultados

La edad promedio de los participantes fue de 22.5 +/- 1.9 años, en el intervalo de los 21 la mínima a 28 la máxima. No se observó diferencia significativa en el promedio de edad de los 15 hombres y las 15 mujeres con 22.9 +/- 2.2 para los primeros y 22.0 +/- 1.7 para las segundas ($p = 0.24$).

Analizando el total de la muestra ($n = 30$), de las 41 mediciones efectuadas sólo la pinza tridigital medio interfalángica distal (MIFDPT) no tuvo una clara distribución normal ($p = 0.05$ de acuerdo al estadístico de Kolmogorov-Smirnov); las 40 restantes tuvieron $p > 0.05$, asumiéndose con ello que se distribuyeron de manera similar a la normal; sin embargo (tabla 1) nótese que en la mayoría de los casos las desviaciones estándar son relativamente altas respecto al promedio y, de hecho, los coeficientes de variación oscilaron de 15.7% el más bajo a 62.9% el más alto.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los rangos de movilidad de la mano en actividades funcionales de participantes sanos.

	N	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.	Varianza
				Estadístico	Error típico		
PMCFPC	30	10	58	29.47	2.312	12.662	160.326
PIFPC	30	3	55	28.27	1.965	10.761	115.789
IMCFPC	30	17	58	39.10	1.697	9.293	86.369
IIFPPC	30	27	66	45.90	1.801	9.862	97.266
IIFDPC	30	27	67	44.50	1.707	9.350	87.431
MMCFPC	30	24	72	49.07	1.909	10.455	109.306
MIFPPC	30	39	85	57.33	1.967	10.775	116.092
MIFDPC	30	19	52	33.70	1.537	8.421	70.907
AMCFPC	30	18	52	39.07	1.465	8.026	64.409
AIFPPC	30	12	52	35.83	1.622	8.883	78.902
AIFDPC	30	3	35	15.03	1.411	7.730	59.757
MEMCFPC	30	18	52	39.07	1.465	8.026	64.409
MEIFPPC	30	10	52	35.13	1.831	10.030	100.602
MEIFDPC	30	0	35	13.80	1.585	8.680	75.338
PMCFPE	30	12	58	30.10	2.298	12.584	158.369
PIFPE	30	10	42	25.17	1.646	9.018	81.316
IMCFPE	30	12	65	36.90	2.378	13.023	169.610
IIFPPE	30	25	59	40.60	1.732	9.485	89.972
IIFDPE	30	14	71	42.20	2.079	11.385	129.614
MMCFPE	30	17	72	43.27	2.420	13.253	175.651
MIFPPE	30	33	77	54.70	1.706	9.345	87.321
MIFDPE	30	11	54	30.07	1.880	10.299	106.064
AMCFPE	30	20	57	35.13	1.642	8.993	80.878
AIFPPE	30	13	69	34.60	2.020	11.066	122.455
AIFDPE	30	5	32	18.20	1.200	6.573	43.200

MEMCFPE	30	20	57	35.13	1.642	8.993	80.878
MEIFPPE	30	11	69	33.60	2.253	12.342	152.317
MEIFDPE	30	8	32	17.87	1.171	6.415	41.154
PMCFPB	30	13	85	31.43	2.567	14.061	197.702
PIFPB	30	13	66	24.67	2.181	11.943	142.644
IMCFPB	30	31	68	54.33	1.566	8.576	73.540
IIFPPB	30	23	64	48.97	1.984	10.867	118.102
IIFDPB	30	21	66	45.20	2.380	13.034	169.890
PMCFPT	30	10	80	33.90	2.762	15.126	228.783
PIFPT	30	7	42	18.13	1.518	8.316	69.154
IMCFPT	30	40	77	58.20	1.692	9.268	85.890
IIFPPT	30	13	58	30.83	2.257	12.363	152.833
IIFDPT	30	18	64	31.33	1.877	10.280	105.678
MMCFP	30	20	81	59.23	2.242	12.280	150.806
MIFPPT	30	15	96	43.17	3.124	17.108	292.695
MIFDPT	30	9	59	17.27	1.731	9.479	89.857
N válido	30						

El error de muestreo ($1.96 \cdot \text{error típico}$) para $n = 30$ osciló desde 2.3 hasta 6.12 grados en las 41 mediciones efectuadas de las 14 articulaciones presentadas en la tabla 1. Nótese que, por ejemplo, para PMCFPC con un error de muestreo de $1.96 \cdot 2.312 = 4.53$ grados, obviamente aplicando la fórmula 1:

$$\frac{z^2 \delta^2}{d^2} \quad (1)$$

$$n = (1.96)^2 (12.662)^2 / (4.53)^2 = 30$$

Por tanto, si se quisiera reducir en 50% el error de 4.53 grados (bajarlo a $4.53 \cdot 0.5 = 2.26$ grados entonces aplicando fórmula 1:

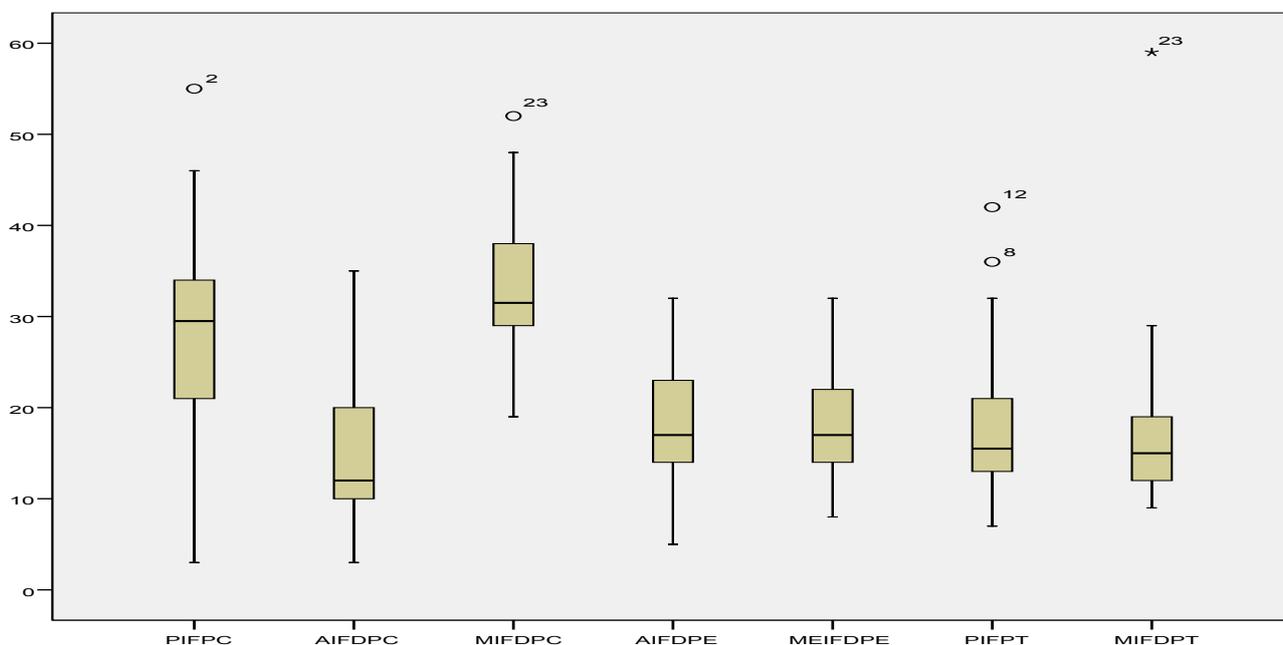
$$n = (1.96)^2 (12.662)^2 / (2.26)^2 = 120$$

$N = 120$ es la que mejor se recomienda para un estudio confiable que reduciría el error de muestreo en 50% respecto al observado con $n = 30$, es decir que con 120 sujetos adultos sanos el error podría estar entre 1.1 a 3.0 grados con un nivel de confianza del 95%.

Las mediciones que presentaron variaciones extremas fueron principalmente PIFPC, AIFDPC, MEIFDPC, AIFDPE, MEIFDPE, PIFPT y MIFDPT. Véase al respecto

(gráfico 1) que en cuatro de estas mediciones se observa al menos un caso con valores residuales elevados.

Gráfico 1. Mediciones de los rangos de movilidad de la mano en actividades funcionales de participantes sanos que presentaron valores residuales extremos.



IX.1. Correlaciones de la edad con las mediciones de los rangos de movilidad de la mano en actividades funcionales de participantes sanos

En general, al menos tres mediciones estuvieron significativamente correlacionadas con la edad: MEIFDPC (Meñique interfalángica distal pinza cilíndrica) con un coeficiente negativo de -0.350 ($p = 0.05$), MIFDPE (Medio interfalángica distal pinza esférica) con un coeficiente positivo de 0.436 ($p = 0.01$) y MEIFDPE (Meñique interfalángica distal pinza esférica) con un coeficiente negativo de -0.367 ($p = 0.04$). En el primer caso a mayor edad correspondieron menores grados de movilidad de la pinza cilíndrica del dedo meñique interfalángica distal (gráfico 2), en el segundo por el contrario a mayor edad mayor fue la pinza esférica dedo medio interfalángica distal (gráfico 3) y en el tercero a mayor edad menor grado de movilidad en meñique interfalángica distal en pinza esférica (gráfico 4).

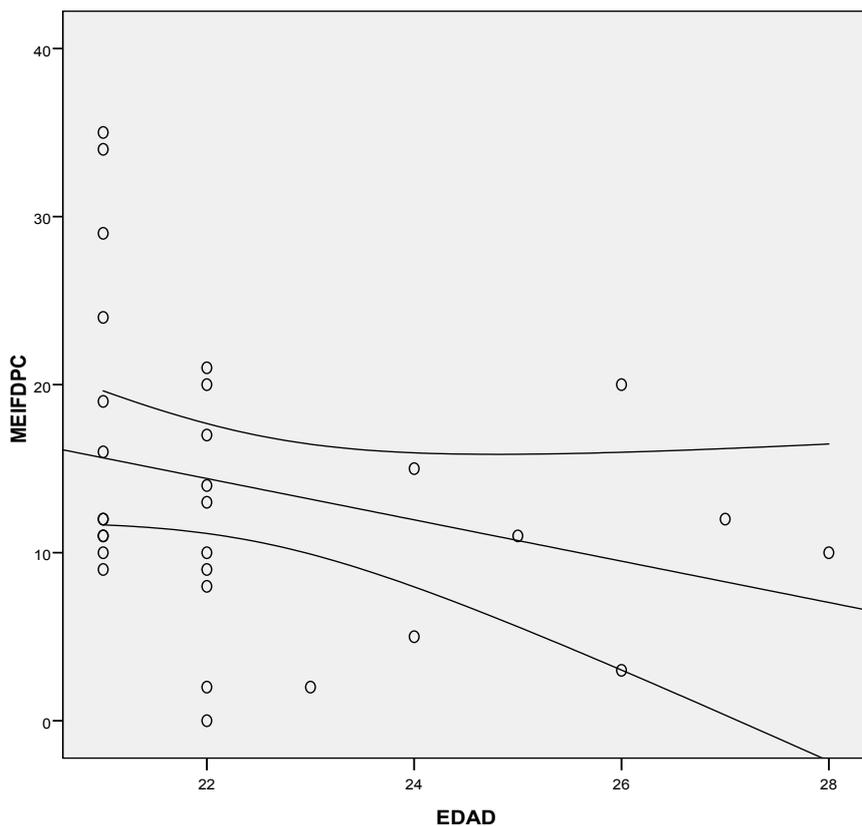


Gráfico 2. Correlaciones de la edad con las mediciones de los rangos de movilidad de la mano en actividades funcionales de participantes sanos.

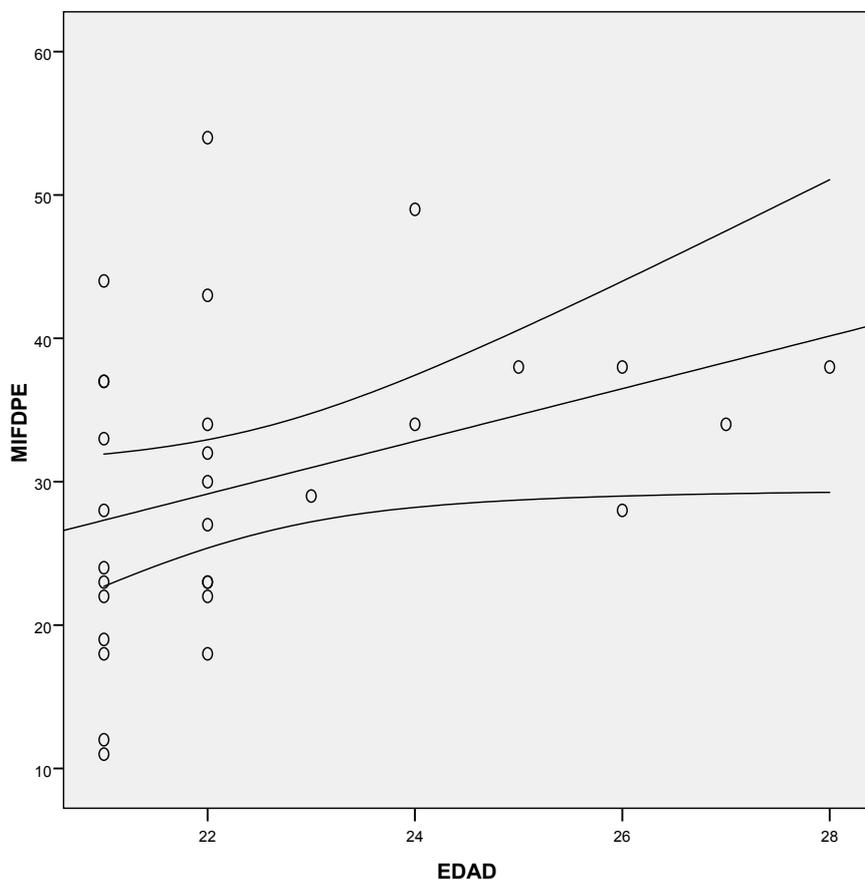


Gráfico 3. Correlaciones de la edad con las mediciones de los rangos de movilidad de la mano en actividades funcionales de participantes sanos.

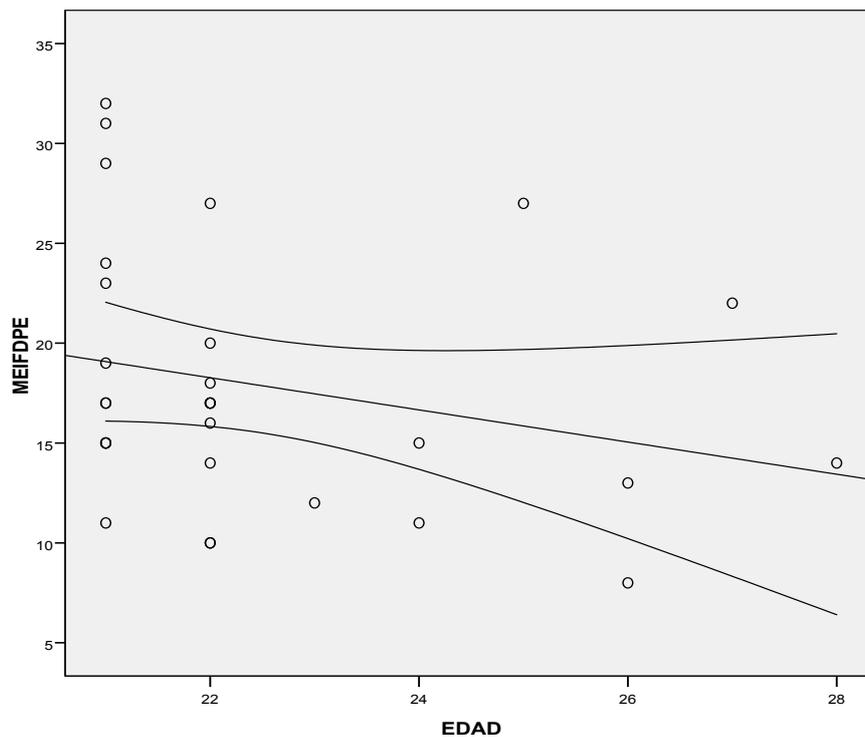


Gráfico 4.
Correlaciones de la edad con las mediciones de los rangos de movilidad de la mano en actividades funcionales de participantes sanos.

IX.2. Diferencias por sexo en las mediciones de pinza cilíndrica.

Dentro de las mediciones de pinza cilíndrica, en el sexo masculino todas tuvieron distribución normal y tres de ellas (PMCF, IIFD y AIFD) tuvieron distribuciones no normales en el sexo femenino, de acuerdo al estadístico de Shapiro-Wilk. Al comparar las medias entre hombres y mujeres se observaron diferencias significativas en IMCF ($p = 0.003$), AIFP ($p = 0.02$), MEIFP ($p = 0.017$). Véase (tabla 2) que en IMCF (índice metacarpofalángica) los hombres tuvieron una media con una diferencia de 9.5 grados mayor que las mujeres; en cambio, en AIFP (Anular interfalángica proximal) las mujeres estuvieron 7.2 grados por arriba del promedio de los hombres y en MIEFP (Meñique interfalángica proximal) la diferencia a favor de las mujeres de 8.6 grado por arriba del promedio de los hombres.

Tabla 2. Promedios de los rangos de movilidad de la mano según sexo en participantes sanos.

Articulación	Sexo	N	Media	Desviación típ.	P
PMCFPC	MASCULINO	15	31.93	12.936	0.12
	FEMENINO	15	27.00	12.317	
PIFPC	MASCULINO	15	29.87	13.341	0.42

	FEMENINO	15	26.67	7.509	
IMCFPC	MASCULINO	15	43.87	7.049	0.003
	FEMENINO	15	34.33	8.974	
IIFPPC	MASCULINO	15	43.00	9.739	0.10
	FEMENINO	15	48.80	9.413	
IIFDPC	MASCULINO	15	43.33	8.942	0.74
	FEMENINO	15	45.67	9.912	
MMCFPC	MASCULINO	15	51.87	11.344	0.14
	FEMENINO	15	46.27	8.996	
MIFPPC	MASCULINO	15	54.07	8.606	0.09
	FEMENINO	15	60.60	11.981	
MIFDPC	MASCULINO	15	35.27	7.488	0.31
	FEMENINO	15	32.13	9.249	
AMCFPC	MASCULINO	15	41.40	7.366	0.11
	FEMENINO	15	36.73	8.216	
AIFPPC	MASCULINO	15	32.27	9.323	0.02
	FEMENINO	15	39.40	7.018	
AIFDPC	MASCULINO	15	16.80	10.318	0.83
	FEMENINO	15	13.27	3.262	
MEMCFPC	MASCULINO	15	41.40	7.366	0.11
	FEMENINO	15	36.73	8.216	
MEIFPPC	MASCULINO	15	30.87	10.960	0.017
	FEMENINO	15	39.40	7.018	
MEIFDPC	MASCULINO	15	14.93	11.597	0.48
	FEMENINO	15	12.67	4.337	

IX.3. Diferencias por sexo en las mediciones de pinza esférica

En este caso sólo se observó una diferencia significativa en PIFPE (pulgares interfalángica pinza esférica) con un promedio 7.7 puntos más altos en los hombres respecto a las mujeres (tabla 3).

Tabla 3. Diferencias por sexo en las mediciones de pinza esférica

Articulación	Sexo	N	Media	Desviación típ.	P
PMCFPE	MASCULINO	15	33.73	12.092	0.11
	FEMENINO	15	26.47	12.392	
PIFPE	MASCULINO	15	29.00	8.767	0.017
	FEMENINO	15	21.33	7.752	
IMCFPE	MASCULINO	15	38.80	12.090	0.43
	FEMENINO	15	35.00	14.051	
IIFPPE	MASCULINO	15	38.00	9.373	0.13
	FEMENINO	15	43.20	9.167	
IIFDPE	MASCULINO	15	42.40	8.870	0.92
	FEMENINO	15	42.00	13.774	

MMCFPE	MASCULINO	15	47.20	13.545	0.10
	FEMENINO	15	39.33	12.134	
MIFPPE	MASCULINO	15	53.27	10.931	0.41
	FEMENINO	15	56.13	7.549	
MIFDPE	MASCULINO	15	32.47	11.556	0.20
	FEMENINO	15	27.67	8.591	
AMCFPE	MASCULINO	15	37.00	9.358	0.26
	FEMENINO	15	33.27	8.514	
AIFPPE	MASCULINO	15	32.40	14.247	0.28
	FEMENINO	15	36.80	6.349	
AIFDPE	MASCULINO	15	18.67	7.934	0.70
	FEMENINO	15	17.73	5.106	
MEMCFPE	MASCULINO	15	37.00	9.358	0.26
	FEMENINO	15	33.27	8.514	
MEIFPPE	MASCULINO	15	30.40	15.914	0.15
	FEMENINO	15	36.80	6.349	
MEIFDPE	MASCULINO	15	18.00	7.690	0.91
	FEMENINO	15	17.73	5.106	

IX.4. Diferencias por sexo en las mediciones de pinza bidigital

En pinza bidigital, los hombres tuvieron un promedio mayor a las mujeres con 8.3 puntos por arriba en PIFPB (pulgares interfalángica pinza bidigital), sin diferencias significativas en el resto pero con una clara tendencia a mayores promedios en los hombres (tabla 4).

Tabla 4. Diferencias por sexo en las mediciones de pinza bidigital

Articulación	Sexo	N	Media	Desviación típ.	P
PMCFPB	MASCULINO	15	33.47	16.212	0.43
	FEMENINO	15	29.40	11.740	
PIFPB	MASCULINO	15	28.80	14.128	0.05
	FEMENINO	15	20.53	7.698	
IMCFPB	MASCULINO	15	56.73	9.779	0.12
	FEMENINO	15	51.93	6.660	
IIFPPB	MASCULINO	15	48.07	12.133	0.65
	FEMENINO	15	49.87	9.782	
IIFDPB	MASCULINO	15	47.73	13.838	0.29
	FEMENINO	15	42.67	12.111	

IX.5. Diferencias por sexo en las mediciones de pinza tridigital

Finalmente, en PIFPT (pulgar interfalángica pinza tridigital) los hombres también tuvieron un mayor promedio que las mujeres (tabla 5).

Tabla 5.

Articulación	Sexo	N	Media	Desviación típ.	P
PMCFPT	MASCULINO	15	36.47	17.142	0.36
	FEMENINO	15	31.33	12.882	
PIFPT	MASCULINO	15	21.67	9.641	0.017
	FEMENINO	15	14.60	4.852	
IMCFPT	MASCULINO	15	60.60	8.166	0.16
	FEMENINO	15	55.80	9.944	
IIFPPT	MASCULINO	15	29.33	13.452	0.51
	FEMENINO	15	32.33	11.437	
IIFDPT	MASCULINO	15	28.93	11.081	0.20
	FEMENINO	15	33.73	9.153	
MMCFP	MASCULINO	15	62.07	14.048	0.21
	FEMENINO	15	56.40	9.891	
MIFPPT	MASCULINO	15	38.07	15.201	0.10
	FEMENINO	15	48.27	17.874	
MIFDPT	MASCULINO	15	15.33	5.136	0.27
	FEMENINO	15	19.20	12.318	

X. Discusión

Los rangos de movilidad de mano obtenidos por métodos clínicos y no clínicos descritos en la literatura se han realizado generalmente partiendo de una posición neutra hacia flexión, extensión, abducción y aducción máxima pasiva. Los resultados que se presentan en este trabajo son el producto de una medición de cambio de posición angular de las articulaciones de la mano al realizar cuatro funciones básicas a partir de la posición neutra, lo cual sería difícil de obtener con los métodos tradicionales. Se observó que los rangos de movilidad obtenidos de las distintas articulaciones de la mano son menores a los reportados hasta el momento²⁵. Así mismo, el alto coeficiente de variación encontrado en este estudio puede explicarse por lo reportado en el 2007 por Peña, a saber, que los parámetros que se relacionan en la pinza manual incluyen posición inicial y orientación de la mano, posición inicial y final del objeto, así como la antropometría de la mano, número de dedos involucrados, tarea y peso del objeto.

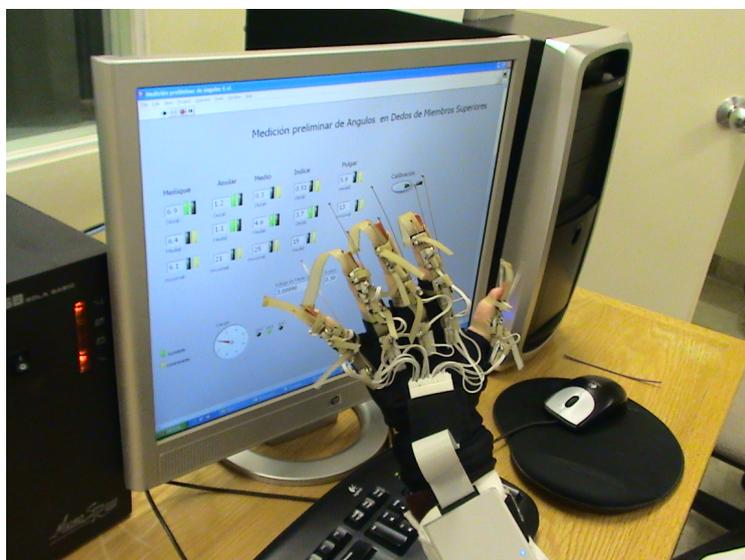
XI. Conclusiones

Los movimientos de las articulaciones de la mano al realizar actividades funcionales en adultos sanos tuvieron un amplio rango de variabilidad. Parte de la varianza en algunas mediciones puede ser explicada por la edad de los sujetos, antropometría de la mano y, en mayor medida, por el sexo. Son necesarios más estudios con muestras de mayor tamaño y considerar otras variables intervinientes, así como realizar estudios comparativos de MULTIELGON contra otros procedimientos y pacientes contras sanos.

XII. Anexos

XII.1. Descripción del Procedimiento de Adquisición de Datos

Se obtuvieron los rangos de movilidad de la articulación de la mano de sujetos sanos al realizar actividades de pinza cilíndrica, esférica, bidigital y tridigital. Esto fue por medio de un Sistema de medición de posición angular de uniones falángicas denominado MULTIELGON (patente en trámite) diseñado e implementado para ser ajustado de acuerdo a las dimensiones de la mano de cada paciente, sin importar edad o sexo; desarrollado e implementado en la Subdirección de Investigación Tecnológica del Instituto Nacional de Rehabilitación. El MULTIELGON consiste en 14 transductores angulares cuya caracterización ha sido valorada previamente y que cuenta con una resolución de 0.5° , exactitud de .92, precisión de .94, sensibilidad de $4 \text{ mV}/^\circ$, repetibilidad de 2.34° , reproducibilidad de 1.94° ; dichos transductores fueron posicionados y ajustados en las uniones metacarpofalángicas, en las interfalángicas proximales y distales y en la metacarpofalángica e interfalángica proximal del pulgar. Los transductores, que usan el principio potenciométrico, representan la magnitud de posición angular mediante una diferencia de potencial eléctrica como resultado de un cambio de resistencia. La señal eléctrica correspondiente a cada ángulo fue digitalizada y procesada por medio de una tarjeta de adquisición de datos marca National Instruments. Las magnitudes de posición angular, de las uniones seleccionadas a medir, fueron desplegadas de manera automática y simultánea en una interfaz gráfica diseñada en el programa LabView™ para visualizar y almacenar los datos del estudio a manera de reporte en una hoja de cálculo en formato EXCEL. Posteriormente estos datos se utilizaron en aplicaciones de software específicas para el análisis estadístico.



XII.2. Carta de Consentimiento Informado



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



México D. F. a __ de _____ de __ 2011

Por medio de la presente doy voluntariamente mi consentimiento para participar en el proyecto de investigación titulado: **“Determinación del rango de movilidad de mano en actividades funcionales mediante el MULTIELGON”**.

El objetivo del estudio es determinar el rango de movilidad de las articulaciones de mano en actividades funcionales en adultos sanos.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en acudir a una cita para medición de los rangos de movilidad de las articulaciones de mano mediante un dispositivo llamado MULTIELGON, el cual consiste en 14 transductores que se posicionan y se ajustan sobre cada una de las articulaciones de los dedos de la mano y que al realizar alguna actividad funcional de la misma registra el rango de movilidad de las articulaciones involucradas. Comprendo que se trata de una evaluación no invasiva.

Los investigadores se comprometen a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación. También se me ha informado que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento en que lo considere conveniente, sin que ello afecte la atención médica que requiriera en el Instituto Nacional de Rehabilitación.

Se me otorga la seguridad de que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados de manera confidencial. Así mismo otorgo autorización para la utilización de la información y material derivados de esta investigación con fines de difusión de información médica en futuras publicaciones.

Declaro que estoy satisfecho(a) con la información que he recibido, y que todas mis dudas han sido resueltas.

Nombre y firma del paciente

Nombre y firma de los testigos

Médico Responsable: _____ **C.P.** _____

XII.3 Glosario

PMCFPC. Pulgar metacarpofalangica pinza cilíndrica
PIFPC. Pulgar interfalángica pinza cilíndrica
IMCFPC. Índice metacarpofalangica pinza cilíndrica
IIFPPC. Índice interfalángica proximal pinza cilíndrica
IIFDPC. Índice interfalángica distal pinza cilíndrica
MMCFPC. Medio metacarpofalangica pinza cilíndrica
MIFPPC. Medio interfalángica proximal pinza cilíndrica
MIFDPC. Medio interfalángica distal pinza cilíndrica
AMCFPC. Anular metacarpofalangica pinza cilíndrica
AIFPPC. Anular interfalángica proximal pinza cilíndrica
AIFDPC. Anular interfalángica distal pinza cilíndrica
MEMCFPC. Meñique metacarpofalangica pinza cilíndrica
MEIFPPC. Meñique interfalángica proximal pinza cilíndrica
MEIFDPC. Meñique interfalángica distal pinza cilíndrica
PMCFPE. Pulgar metacarpofalangica pinza esférica
PIFPE. Pulgar interfalángica pinza esférica
IMCFPE. Índice metacarpofalangica pinza cilíndrica
IIFPPE. Índice interfalángica proximal pinza esférica
IIFDPE. Índice interfalángica distal pinza esférica
MMCFPE. Medio metacarpofalangica pinza esférica
MIFPPE. Medio interfalángica proximal pinza esférica
MIFDPE. Medio interfalángica distal pinza esférica
AMCFPE. Anular metacarpofalangica pinza esférica
AIFPPE. Anular interfalángica proximal pinza esférica
AIFDPE. Anular interfalángica distal pinza esférica
MEMCFPE. Meñique metacarpofalangica pinza esférica
MEIFPPE. Meñique interfalángica proximal pinza esférica
MEIFDPE. Meñique interfalángica distal pinza esférica
PMCFPB. Pulgar metacarpofalangica pinza bidigital
PIFPB. Pulgar interfalángica pinza bidigital
IMCFPB. Índice metacarpofalangica pinzabidigital
IIFPPB. Índice interfalángica proximal pinza bidigital
IIFDPB. Índice interfalángica distal pinza bidigital

PMCFPT. Pulgar metacarpofalángica pinza tridigital

PIFPT. Pulgar interfalángica pinza tridigital

IMCFPT. Índice metacarpofalángica pinza tridigital

IIFPPT. Índice interfalángica proximal pinza tridigital

IIFDPT. Índice interfalángica distal pinza tridigital

MMCFPT. Medio metacarpofalángica pinza tridigital

MIFPPT. Medio interfalángica proximal pinza tridigital

MIFDPT. Medio interfalángica distal pinza tridigital

XIII. Referencias

- 1.- Stockwell, RA. Joints. In: Romanes, GJ., editor. Cunningham's text-book of anatomy. Oxford University Press; Oxford: 1981. p. 211-264.
- 2.- Jones LA. Dextrous hands: human, prosthetic, and robotic. Presence 1997; 6:29–56.
- 3.- Ingram, JN. The statistics of natural hand movements. Exp Brain Res. 2008 June; 188(2): 223–236.
- 4.- Dragulescu, D. 3D active workspace of human hand anatomical model. BioMedical Engineering OnLine 2007, 6:15.
- 5.- Chen, J. Neural representation of hand kinematics during prehension in posterior parietal cortex of the macaque monkey. J Neurophysiol. 2009. 102 (6). 3310-3328.
- 6.- Gadosik, R. Clinical measurement of range of motion. Physical therapy. Volume 67/Number 12, December 1987. p. 1867-1872.
- 7.- Rau G, Disselhorst-Klug C, Schmidt R: Movement biomechanics goes upwards: from the leg to the arm. J Biomech 2000, 33:1207-1216.
- 8.- Kontaxis A, Cutti AG, Johnson GR, Veeger HE: A framework for the definition of standardized protocols for measuring upper-extremity kinematics. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2009, 24:246-253.
- 9.- Nowak DA: The impact of stroke on the performance of grasping: usefulness of kinetic and kinematic motion analysis. Neurosci Biobehav Rev 2008, 32:1439-1450.
- 10.- Dipietro L, Sabatini AM, Dario P: Evaluation of an instrumented glove for hand-movement acquisition. J Rehabil Res Dev 2003, 40:179-189.
- 11.- Wise, S. Evaluation of a fiber optic glove for semiautomated goniometric measurements. Journal of Rehabilitation Research and Development Vol . 27 No. 4, 1990. p. 411-424.

- 12.- Chiu HY, Lin SC, Su FC, Wang ST, Hsu HY: The use of the motion analysis system for evaluation of loss of movement in the finger. *J Hand Surg Br* 2000, 25:195-199.
- 13.- Degeorges R, Parasie J, Mitton D, Imbert N, Goubier JN, Lavaste F: Threedimensional rotations of human three-joint fingers: an optoelectronic measurement. Preliminary results. *Surg Radiol Anat* 2005, 27:43-50.
- 14.- Carpinella I, Mazzoleni P, Rabuffetti M, Thorsen R, Ferrarin M: Experimental protocol for the kinematic analysis of the hand: definition and repeatability. *Gait Posture* 2006, 23:445-454.
- 15.- Metcalf CD, Notley SV, Chappell PH, Burrige JH, Yule VT: Validation and application of a computational model for wrist and hand movements using surface markers. *IEEE Trans Biomed Eng* 2008, 55:1199-1210.
- 16.- Ferrarin M, Rabuffetti M, Ramella M, Osio M, Mailland E, Converti R: Does instrumented movement analysis alter, objectively confirm, or not affect clinical decision-making in musicians with focal dystonia? *Med Probl Perform Art* 2008, 23:99-106.
- 17.- Raghavan P, Santello M, Gordon AM, Krakauer JW: Compensatory motor control after stroke: an alternative joint strategy for object-dependent shaping of hand posture. *J Neurophysiol* 2010, 103:3034-3043.
- 18.- Carpinella et al. Multi-finger coordination in healthy subjects and stroke patients: a mathematical modeling approach. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2011, 8:19.
- 19.- Ogemdi I, Siddiq AI, Salawu, Temilolu O: Causes of hand injuries in a developing country. *Can J Surg*, Vol. 53, No. 3, June 2010. P. 161-166.
- 20.- Sorock G, Lombardi D, Courtney T, Hauser R, Eisen E, Herrick R, et al. Acute traumatic occupational hand injuries: type, location and severity. *JOEM* 2002; 44:345-51.
- 21.- Lynne MF, Samuel SS: Treating hand fractures. Population-based study of acute health care use in British Columbia. *Can Fam Physician* 2008;54:1001-7.

22.- Diagnóstico y Manejo Integral de las Lesiones Traumáticas de Mano en el Adulto, México: Secretaria de Salud; 2008.

23.- Lang CE, DeJong SL, Beebe JA: Recovery of thumb and finger extension and its relation to grasp performance after stroke. J Neurophysiol 2009, 102:451-459.

24.- Sorock G, Lombardi D, Courtney T, Cotnam J, Mittleman M. Epidemiology of occupational acute traumatic hand injuries: a literature review. Safety Science 2001;38:241-56.

25. Peña E. Virtual Human Hand: Grasping Strategy and Simulation. PhD thesis. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). 2007. 1-144.