



Universidad
Zaragoza



Universidad de Zaragoza
Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Fisioterapia

Curso Académico 2015/ 2016

TRABAJO FIN DE GRADO

**Estudio de la fuerza de prensión de la mano en diferentes
posiciones de hombro y codo.**

**Study of hand grip strength in different positions of shoulder
and elbow.**

Autor: Daniel Lorente Rubio

ÍNDICE

1.	Resumen	3
2.	Introducción.....	4
	Justificación	9
3.	Objetivos	10
4.	Metodología	11
	Diseño del estudio	11
	Procedimiento	11
	Análisis estadístico	15
5.	Resultados	17
6.	Discusión	28
7.	Limitaciones del estudio.....	33
8.	Conclusiones	34
9.	Bibliografía	35
10.	Anexos	38
	Anexo I: Consentimiento informado	38
	Anexo II: Siglas.....	41

1. Resumen

Introducción: La mano es un elemento fundamental de nuestro cuerpo, empleada en gran parte de las actividades que realizamos, con una función propia y determinante como es la prensión. Ella ha sido utilizada para la evaluación y como resultado de tratamientos de todo el miembro superior. Se han desarrollado protocolos para medir la fuerza prensil, variando posiciones articulares.

Objetivos: Comparar la fuerza de prensión ejercida por la mano en diferentes posiciones articulares del miembro superior, observando si existe diferencias estadísticamente significativas entre las diversas posiciones. Ver si existe influencia dependiendo del sexo, edad, dominancia de mano e IMC.

Metodología: El diseño utilizado ha sido el de un estudio estadístico comparativo, en una muestra de $n=92$, agrupados en tres rangos etarios. Se realizó un protocolo de mediciones, donde se tomaban los datos del sexo, edad, altura y peso de los sujetos. Después se ha procedido a la toma de mediciones de la fuerza prensil, en tres posiciones articulares de hombro y codo diferentes.

Resultados: Se obtuvo mayor fuerza conforme se iban incrementando los grados de ABD en el hombro. Así mismo los valores de la fuerza son mayores en la mano dominante, en el sexo masculino y menores en los sujetos mayores de 40 años. En el IMC, el grupo de individuos preobesos realizó la mejor media.

Conclusiones: Se ha visto que las posiciones de codo y hombro afectan a la fuerza de prensión de la mano. No se han podido establecer diferencias estadísticamente significativas que permitan decir que se desarrolla más fuerza en una posición concreta. Tampoco se pueden establecer estas diferencias en la comparativa por dominancia de mano, por IMC o por grupos de edad. En cambio existe diferencia estadísticamente significativa al comparar la fuerza entre sexos.

Palabras clave: Mano, prensión, fuerza, relación postural, hombro, codo, grasp, puño.

2. Introducción

La mano es un órgano de gran amplitud de movimiento, posee la facultad de componer y coordinar movimientos relacionados entre la muñeca, metacarpianos y falanges que permiten adaptar la forma de la mano a los objetos con el fin de agarrarlos o palparlos (1). Como dicen Sánchez y cols. es una región topográfica compleja con una dinámica necesaria para la manipulación. Ésta diversidad necesita una gran estabilidad, un amplio rango de movimiento y un control muscular, además de una sensibilidad conservada (2).

La función de la mano viene determinada en gran parte por la fuerza prensil, ella ha sido evaluada continuamente como un indicador fiable para determinar el resultado de tratamientos rehabilitadores, quirúrgicos y ortopédicos, así como un indicador de patología. También ha sido evaluada como uno de los indicadores de la fuerza total de la extremidad superior (3). Debe estar siempre acompañada por el análisis de la movilidad articular y del análisis sensitivo. De esta manera, será posible la obtener un valor comparativo para ver el grado de afectación funcional entre sujetos con patología y sujetos sanos (4). Ha sido empleada por la Asociación Médica Americana (AMA) como método valorar las deficiencias en el miembro superior. En las tablas AMA, la pérdida de fuerza provoca un porcentaje de deficiencia en la extremidad superior que puede llegar hasta el 30%.

El esqueleto óseo de la mano y del carpo está constituido por 27 huesos de los cuales 19 son pequeños huesos largos. Estos últimos se reparten en cinco radios divergentes constituidos cada uno por una cadena poliarticular que comprende un metacarpiano y tres falanges salvo el pulgar que tiene dos.

Se diferencian 3 arcos de la mano:

- Arco carpiano transversal: formado por una hilera proximal móvil, una hilera distal mucho más fija y el ligamento anular anterior del carpo que cierra el canal carpiano y contribuye a la estabilidad del carpo.
- Arco metacarpiano transversal: Gran movilidad y adaptación por los metacarpianos

- Arcos longitudinales: Incluyen un punto fijo carpometacarpiano y una porción móvil que son los dedos, existen pues, tantos arcos longitudinales como dedos.

La vocación de la mano es doble: ella es el órgano del tacto gracias a la sensibilidad particular de su revestimiento cutáneo; por su aptitud para coger objetos ella es el órgano de la prensión. Se trata de dos aspectos de una misma función que sería inexacto y arbitrario separar.

La prensión consta de varias fases:

- Aproximación: Visual, mediante tanteo u organizada.
- Presa: A su vez incluye las fases de presentación y apertura de la mano, cierre de los dedos y regulación de la fuerza de prensión.
- Aflojamiento de la presa: La apertura de la mano libera la presa (1).

Levame y Durafourg (5) clasifican los tipos de prensión en:

- Pinzas:
 - o Bidigitales: Incluyen por oposición terminal, subterminal, subterminolateral e interdigital latero-lateral.
 - o Pluridigitales: Aquí se encuentran la pinza tridigital, tetradigital y pentadigital.
- Presas palmares:
 - o Prensión digitopalmar.
 - o Presa con la totalidad de la mano.
- Presas centradas

La prensión palmar con la totalidad de la mano o la totalidad de la palma es la prensión de fuerza para los objetos pesados y relativamente voluminosos.

Un término antiguo y poco usado es el puño o "grasp" (1,6)

El volumen del objeto que se coge condiciona la fuerza de la prensión: es óptima cuando el pulgar puede contactar o casi contactar con el 2º dedo. De hecho el pulgar es el tope que se opone a la fuerza de los demás dedos y su eficacia se incrementa con su flexión. (6)

Ella se estudia generalmente en posición funcional garantizando la máxima eficacia de los flexores largos de los dedos.

Los músculos empleados principalmente para este tipo de agarre son los flexores superficiales y profundos de los dedos y sobre todo los interóseos para la flexión potente de la primera falange, así como los músculos tenares

(aductor corto del pulgar y flexor largo del pulgar) que son necesarios para bloquear la presa con la flexión de la segunda falange (7).

Existe así una acción en la que actúan de manera sinérgica la musculatura flexora de los dedos tanto intrínseca como extrínseca, al comienzo con una contracción isotónica y luego con una contracción isométrica. La musculatura intrínseca se compone de los músculos lumbricales, interóseos y tenares. La musculatura flexora extrínseca está formada por el flexor común superficial (FCS) y el flexor común profundo (FCP). El FCS es flexor de la F2 y cuando está totalmente flexionada actúa sobre la F1. Su eficacia es máxima cuando la F1 está extendida por la contracción del músculo extensor de los dedos (antagonismo-sinergia). El FCP se encarga de la flexión de la F3 asociado a la flexión de la F2, pero su eficacia es máxima cuando la F1 se mantiene extendida por la acción del extensor de los dedos. Los interóseos tienen dos funciones claras sobre las articulaciones metacarpofalángicas, una acción de lateralidad y de flexoextensión de las metacarpofalángicas de los dedos II, III y IV (interóseos palmares para la flexión y dorsales para la extensión). Los lumbricales, por su parte, al no tener inserción ósea, se encargan del equilibrio en la flexión metacarpofalángica y en la extensión interfalángica junto a los interóseos dorsales (1,6,8,9).

La inervación de la musculatura intrínseca de la mano se debe a los nervios mediano y cubital, con lo que una lesión de estos nervios originaría una pérdida de función en los músculos encargados de la flexión ya que únicamente se realizaría el acto de prensión con la musculatura extrínseca de la mano de manera. Kozin et al (9), en su estudio evalúan la prensión en sujetos con bloqueos nerviosos anestésicos en ambos nervios, dando como resultado un déficit del 38% de la fuerza con el bloqueo cubital, un 32% con el bloqueo del mediano y un 49% con el bloqueo simultáneo de ambos.

A su vez, para la sincronización del movimiento de flexión de los dedos es fundamental que la musculatura antagonista mantenga la longitud y tensión de los antagonistas por su activación excéntrica (10). El nervio radial es el encargado de inervar estos músculos que realizan la extensión de muñeca y dedos, su disfunción afectaría también a la fuerza ya que impediría una prensa funcional.

La medición del acto prensil se realiza de manera habitual mediante la dinamometría, que permite establecer valores exactos de manera fiable, reproducible y fácil de realizar. El más utilizado es el dinamómetro Jamar que permite 5 posiciones diferentes de medición, utilizando generalmente las posiciones 2 y 3 que permiten evaluar la fuerza asociada a la musculatura intrínseca y extrínseca (1).

La American Society of Hand Therapist (ASHT), realizaron un protocolo para testar la fuerza de agarre, para ello el sujeto debía estar en sedestación, con el hombro en 0° de abducción y rotación neutra, con el codo en flexión de 90°, el antebrazo en prono-supinación neutra y la muñeca entre 0° - 30° de extensión y entre 0°- 15° de inclinación cubital (11).

Numerosos estudios han tratado de ver las diferencias en la fuerza de agarre al variar la postura y el juego articular, cambiando estas normas establecidas por la ASHT. En su estudio, en 1996, Richards y cols. demostraban que la fuerza era mayor con el antebrazo en supinación, seguido de la posición neutra y siendo la menor fuerza con el antebrazo en pronación (12), cambiando en su procedimiento únicamente la posición del antebrazo, siguiendo con el protocolo marcado por ASHT para el resto de articulaciones.

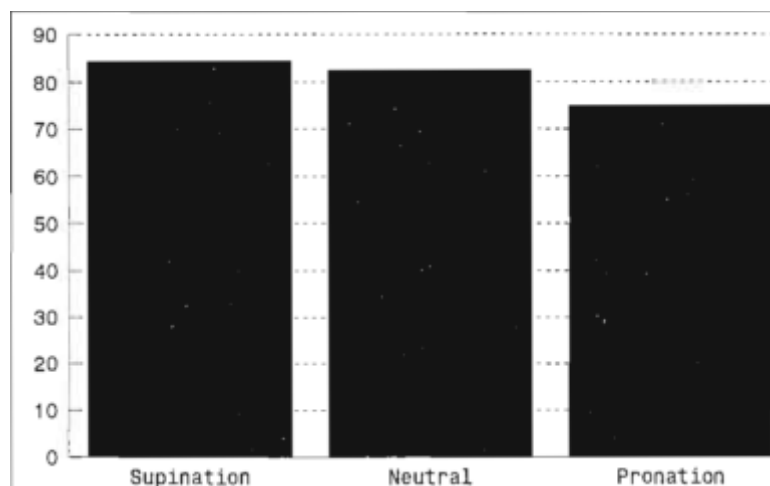


Gráfico 1. Valores de la fuerza (lbs) en las diferentes posiciones del antebrazo (12)

Existe una gran diferencia de la fuerza de prensión entre sexos, a cualquier edad y tanto en mano dominante como en mano no dominante. En 2009,

Adedoyin y cols. obtuvieron en una muestra de 745 personas entre 20-70 años que los hombres tenían un 29% más de fuerza en la mano dominante que las mujeres y un 28% más en la no dominante. Para Bowen y Sosa (2001) encontraron que los individuos varones ejercían una media del 39% más de fuerza que el grupo femenino.

Otros estudios estiman que la diferencia de fuerza de prensión entre el sexo masculino y el sexo femenino es de un 40-45% de media (13-16).

Hay estudios en los que se valora el cambio de la posición del sujeto en sedestación y bipedestación. Siendo en el segundo lugar donde se obtienen resultados mayores, aunque no sea la posición estandarizada (17), tal como corrobora Hillman y col. (18), esto lo atribuyen a que al estar en posición de sedestación se tiende a la relajación y, por el contrario, en bipedestación se añade mayor sumación temporal y espacial a la contracción muscular.

En cuanto a la posición del codo también se observan diferencias. Hay estudios que afirman que la puntuación fue más alta con el codo a 90° de flexión, tal como recoge Mathiowetz, es decir, en posición estandarizada, con una diferencia estadísticamente significativa, o con supinación de antebrazo añadida. (19,20)

Se ha estudiado la fuerza de agarre con cambios en la posición articular del hombro, variando grados de flexión y combinándolos con extensión del codo, ofreciendo resultados distintos. (21)

En la medición de la fuerza de agarre se suelen utilizar ambas manos, con esta medida se determina la diferencia entre la mano dominante y la mano no dominante. Siempre existe mayor fuerza en la mano dominante, independientemente del sexo y edad. Con la mano dominante se ejerce alrededor de un 10% más de fuerza. También se recogieron datos estadísticamente significativos en relación a la fuerza de prensión global en el estudio de Hillman y col. donde $p < 0,001$ para todas las posiciones medidas. (13,14,18)

La fuerza de agarre se utilizada también como medida para observar cambios en relación a la edad. El déficit de fuerza está asociada a una mayor probabilidad de muerte prematura, desarrollo de discapacidades y un mayor riesgo de estancia prolongada en caso de hospitalización o cirugía.

En el rango etario de 35 a 44 años se alcanza el resultado máximo en la prueba siguiendo el protocolo de ASHT, con un pico a los 36 años. La fuerza comienza a declinar a los 50 años en las mujeres y a los 56 años en los hombres, que cae de manera más acentuada. (22-24)

Se realizaron estudios a lo largo del tiempo para observar la disminución de la fuerza en una población, así como los factores que pueden determinar esa pérdida de función, tabaquismo, estrés y estilo de vida para las mujeres y el sedentarismo y los trastornos crónicos para los hombres. (25,26)

Se han estudiado igualmente cambios en la fuerza de prensión global de la mano relacionados con el índice de masa corporal (IMC) pero sus resultados son poco concluyentes, no se producen relaciones o las que se encuentran son demasiado débiles para formar conclusiones. (14,27)

Justificación

La importancia de este estudio reside en lo fundamental que resulta el empleo de la mano. Es de vital importancia en todas las actividades de la vida diaria, y lo es más aún para los que realizan su trabajo con ellas. Este estudio, recoge resultados de la fuerza de prensión dependiendo de la posición articular del hombro y el codo. Los resultados podrían utilizarse para obtener un programa de rehabilitación más efectivo a la hora de tratar la fuerza y función de la mano, ya que gracias a ello, podríamos desarrollar ejercicios y proponer estrategias de tratamiento para la recuperación de la mano.

Desde hace pocos años se están utilizando datos de la fuerza de prensión para la fabricación de programas de realidad virtual, diseño de joysticks, mandos o sensores inerciales para la industria, sistemas como el Cyberglove o Rutgers Arm, estos últimos permiten rehabilitar por medio de biofeedback a pacientes con patología neurológica al hacer más fácil la realización de pinzas, prensiones y ejercicios activos. Por último, no hay que olvidar la importancia del estudio de la fuerza de prensión en ergonomía industrial para la construcción de puestos de trabajo, diseño de cadenas de trabajo, etc.

3. Objetivos

Objetivo principal del estudio es observar las variaciones en la fuerza de prensión global de la mano, en sujetos sanos, en relación a las diferentes posiciones articulares en las que se han tomado las mediciones, viendo si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

Los objetivos secundarios son observar, en sujetos sanos, la influencia en la fuerza de agarre de las variables:

- Sexo
- Dominancia de mano
- Edad
- IMC

4. Metodología

Diseño del estudio

Se trata de un estudio estadístico comparativo, que se ha realizado con una muestra de n=92 sujetos voluntarios sanos de la ciudad de Zaragoza entre 14 y 64 años de edad. Siendo un total de 51 hombres y 41 mujeres.

La muestra fue agrupada en tres grupos de edad:

- Grupo 1: Sujetos de 14-20 años (n=30)
- Grupo 2: Sujetos de 20-40 años (n= 30)
- Grupo 3: Sujetos de 40-65 años (n=32)

La variable independiente es la fuerza de prensión manual global y las variables dependientes fueron las distintas posiciones articulares de la extremidad superior (0° ABD con codo flexionado, 90° de ABD y 180° de ABD con codo extendido), el sexo, la altura, el peso, la dominancia de la mano, la edad y el IMC.

Los lugares de toma de muestra fueron: universidades, oficinas, domicilios, salas de espera y recintos deportivos durante las 8h y las 22h del día.

Los criterios de inclusión fueron: Sujetos entre 14 y 65 años, con ausencia de dolor y sin limitación articular en las extremidades superiores, de cualquier peso, talla, dominancia de mano y ocupación laboral.

Los criterios de exclusión fueron: dolor o limitación en el movimiento articular de los miembros superiores, patologías que afectasen a la fuerza de prensión como por ejemplo epicondilitis, tendinitis de De Quervain, síndrome de túnel carpiano, síndrome compartimental, patología del manguito rotador, dolor en columna vertebral o artritis reumatoide. También fueron excluidos los sujetos con lesiones nerviosas y que presentasen alteraciones en la sensibilidad de la mano.

Anteriormente a la recogida de resultados, el sujeto recibía el consentimiento informado donde se describía el fin del estudio y quedaba constancia que los datos recogidos aparecerían de forma completamente anónima. (Anexo1).

Procedimiento

Para la medición de la fuerza de prensión global de la mano se empleó un dinamómetro ajustable a las impresiones de comodidad de cada individuo (ver figura 1), tomando como referencia los 4 cm. que indican como posición preferencial en los estudios que se realizan con el dinamómetro

Jamar. Se tenía que observar que el pulgar pudiese contactar o casi contactar con el 2º dedo.



Figura 1. Dinamómetro

El procedimiento para el registro de datos fue el mismo para todos los pacientes. Primero se les exponía de manera breve en qué consistía el estudio, tras su aprobación, se descartaban patologías que les excluyeran del estudio.

A continuación se les preguntaba el sexo, la edad, se medía la altura sin zapatos y se les pesaba con ropa lo más ligera posible para obtener el índice de masa corporal (IMC) de cada individuo.

Una vez tomadas esas medidas, se pasaba a las pruebas de prensión global de la mano en diferentes posiciones articulares siguiendo unas directrices: Primero el observador hacía una demostración delante del sujeto a evaluar, siguiendo, trasladaba el dinamómetro a la persona y le indicaba la posición en la que debía colocarse.

Para la primera medición se empleó siempre la mano dominante. El sujeto es colocado en bipedestación con el brazo pegado al cuerpo, codo flexionado a 90°, antebrazo en prono-supinación neutra y la muñeca entre 0°-30° de extensión y 0°-15° de inclinación cubital, tal como describe la ASHT. A esta medición se le llamó **FP1 MD** (ver figura 2).

A continuación, se le indicaba al paciente que se pasase el dinamómetro a la mano contraria (no dominante) y repitiese el ejercicio que acababa de hacer en la misma postura (**FP1 MND**).



Figura 2. Medición para la posición FP1

Tras un descanso de aproximadamente 60 segundos se procedía a la siguiente medición en la que el sujeto se colocaba en bipedestación, con el brazo a 90° de abducción, codo extendido y el resto del miembro siguiendo el protocolo de la ASHT. A esta medición se le llamó **FP2 MD** (ver figura 3). Se repetía el proceso y tras realizar una medida con la mano dominante se pasaba a la mano contraria y se volvía a tomar la medición (**FP2 MND**).



Figura 3. Medición para la posición FP2.

Para finalizar, la última posición en la que se tomaron medidas fue en bipedestación con el brazo en 180° de abducción, codo en extensión y el resto de la extremidad siguiendo el protocolo de la ASHT. A esta medición se le llamó **FP3 MD** (ver figura 4). Al finalizar la medición en la mano dominante, se procedía con la medición en la mano no dominante en la misma posición articular (**FP3 MND**).



Figura 4. Medición para la posición FP3

Se realizaron tres series de mediciones alternativas en cada posición de la extremidad, y en cada mano, obteniendo así una media de los tres valores para obtener una única puntuación por posición articular y dominancia de mano.

Análisis estadístico

El análisis se ha realizado con el programa GraphPad Prism, de tal manera que primeramente se analizaba la normalidad de los datos por grupos mediante el Test de Saphiro-Wilk para ver si éstos seguían una distribución normal.

Tabla 1. Resultado del test de normalidad Saphiro-Wilk

Sexo	Hombre	P-valor = 0,5436
	Mujer	P-valor = 0,5526
Grupos Edad	Grupo 1	P-valor = 0,6732
	Grupo 2	P-valor = 0,0529
	Grupo 3	P-valor = 0,0053
Grupos IMC	18,5-25	P-valor = 0,0096
	25-30	P-valor = 0,0758
	30-35	P-valor = 0,0327
Posición articular	FP1	P-valor = 0,0009
	FP2	P-valor = 0,0006
	FP3	P-valor = 0,0006
Dominancia de mano	MD	P-valor = 0,0009
	MND	P-valor = 0,0315

En la mayoría de los casos, estos datos no han seguido una distribución normal, como se puede ver en la tabla 1, en negritas, entonces, para comparar más de una variable de manera conjunta, ha sido empleado el análisis de varianzas mediante One-Way ANOVA para datos no paramétricos con el test de Kruskal-Wallis para ver si existían diferencias en las varianzas. Si hubiese existido normalidad, se hubiera empleado el Test de Fisher.

En los casos en los que solamente se comparaban pares de datos, como en el sexo y en la dominancia de mano, se ha empleado, para el sexo, el Test t para ver la diferencia de fuerza por sexo. En cambio, en la dominancia de mano, al no seguir una distribución normal, se utilizó el Test de Mann-Withney.

5. Resultados

El total de la muestra fue de 92 sujetos, de los cuales 51 fueron hombres y 41 mujeres. La media de edad de los participantes es de 32,60 años con una desviación estándar (DE) de $\pm 15,59$, la altura media es de 1,69 metros y una DE de $\pm 9,30$, el peso medio de 71,52 Kg. y la DE de $\pm 14,02$ y un IMC de 24,83 con una DE de $\pm 4,54$.

La fuerza media con la mano dominante en la posición 1 (FP1 MD) fue de 28,69 Kg. (DE $\pm 9,63$). En la misma posición, con la mano no dominante (FP1 MND) fue de 26,19 Kg. (DE $\pm 9,22$).

La fuerza de agarre con la mano dominante en la segunda posición (FP2 MD) obtuvo un valor medio de 29,44 Kg. (DE $\pm 10,39$), mientras que con la mano no dominante (FP2 MND) el resultado fue de 26,84 Kg. (DE $\pm 9,57$).

La medición de la fuerza en la última posición articular con la mano dominante (FP3 MD) fue de 30,30 Kg. (DE $\pm 10,79$). Con la mano no dominante (FP3 MND), el resultado varió hasta los 27,75 Kg. (DE $\pm 9,91$).

Tabla 2. Características medias de la muestra

Características poblacionales			
	Hombres (n=51)	Mujeres (n=41)	P-valor
Edad	31,11 (15,24)	34,46 (15,83)	0,2273
Altura	175,75 (6,07)	162,12 (6,74)	<0,01
Peso	77,52 (12,71)	64,07 (11,84)	<0,01
IMC	25,09 (3,82)	24,52 (5,29)	0,1597
FP1 MD	36,03 (5,62)	19,56 (4,34)	<0,01
FP1 MND	33,03 (5,85)	17,69 (4,24)	<0,01
FP2 MD	37,34 (6,42)	19,60 (4,08)	<0,01
FP2 MND	33,95 (6,28)	18 (3,90)	<0,01
FP3 MD	38,51 (6,58)	20,13 (4,40)	<0,01
FP3 MND	35,03 (6,54)	18,70 (4,41)	<0,01

Como se aprecia en la tabla 2, se puede afirmar que existe diferencia estadísticamente significativa en relación a la fuerza desarrollada en las diferentes posiciones articulares respecto al género. Tanto en la mano dominante como en la mano no dominante, los hombres ejercen mayor fuerza de agarre independientemente de la posición articular en la que se ha realizado la medición. En la primera posición de medición las diferencias son: 45,78% más de fuerza en la mano dominante y de 46,45% en la mano no dominante. Para las otras dos posiciones, las diferencias son de 47,5% en la mano dominante y del 47% en la no dominante (p -valor $<0,01$) (Ver gráfico 2).

A su vez, se puede considerar que tanto en la altura como en el peso entre sexos, existe evidencia estadísticamente significativa que permita decir que los hombres de la muestra son más altos y más pesados que las mujeres (p -valor $<0,01$), en cambio, los análisis entre sexos para la edad y el IMC de la muestra nos indican que no existe diferencia estadísticamente significativa entre sexos (p -valor $>0,05$).

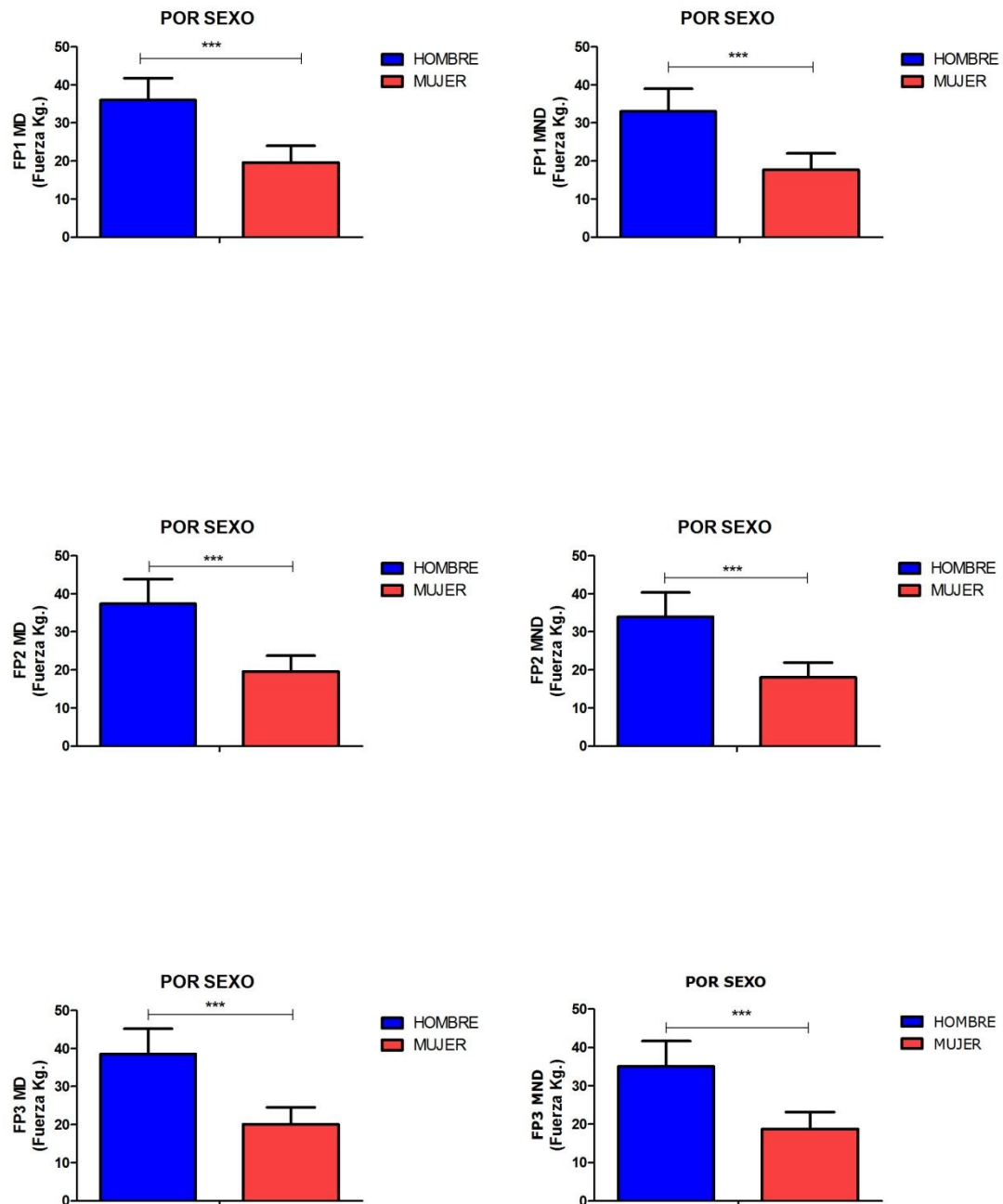


Gráfico 2. Comparativa de la fuerza de agarre en distintas posiciones articulares y dominancia de mano por sexo. (***) significa que P-valor <0,01).

Tabla 3.1 Desarrollo de la fuerza en mano dominante, en las distintas posiciones articulares.

	Media (DE)	P-valor
FP1 MD	28,70 (9,61)	>0,05
FP2 MD	29,44 (10,45)	>0,05
FP3 MD	30,30 (10,86)	>0,05

Tabla 3.2 Desarrollo de la fuerza en mano no dominante, en las distintas posiciones articulares.

	Media (DE)	P-valor
FP1 MND	26,2 (9,27)	>0,05
FP2 MND	26,84 (9,62)	>0,05
FP3 MND	27,76 (9,91)	>0,05

En relación a la fuerza desarrollada en las diferentes posiciones articulares (tablas 3.1 y 3.2), se comparó todas las fuerzas de la mano dominante entre sí, obteniendo como resultados que en la posición con ABD máxima y codo extendido se ejerce mayor fuerza (30,30 Kg.), seguido de la posición en ABD de 90° con el codo extendido (29,44 Kg.), mientras que en la posición estándar de la ASHT se obtuvo la puntuación media más baja (28,70 Kg.). La puntuación máxima en FP3 MD fue de 49,67 Kg., en FP2 MD fue de 48 Kg. y en FP1 MD 45,67 Kg. Al realizar el análisis One-Way ANOVA no paramétrico con el test de Kruskal-Wallis para ver la diferencia de varianzas, se determinó que aún existiendo diferencia de fuerza entre las posiciones, no se puede establecer que a un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$ exista diferencia estadísticamente significativa que permita decir que haya diferencia entre las posiciones (P-valor = 0,651) (Ver gráfico 3).

En cuanto a la mano no dominante, los resultados, se pueden describir de manera similar, la posición en la que mayor fuerza media se realizó fue FP3 MND (27,76 Kg.), seguido de FP2 MND (26,84 Kg.) y por último FP1 MND (26,20 Kg.). La puntuación máxima en este caso, se dio en la segunda

posición de la medición, con un resultado de 50,33 Kg. de fuerza, seguido por 49,67 Kg. de fuerza en FP3 MND y por 48,67 Kg. de fuerza en FP1 MND. Al igual que en las mediciones realizadas en la mano dominante, se realizó el Test de Kruskal-Wallis para ver la diferencia de varianzas y no se puede establecer que a un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$ exista evidencia estadísticamente significativa que permita decir que haya diferencia de fuerza entre las posiciones articulares para la mano no dominante (P-valor = 0,632).

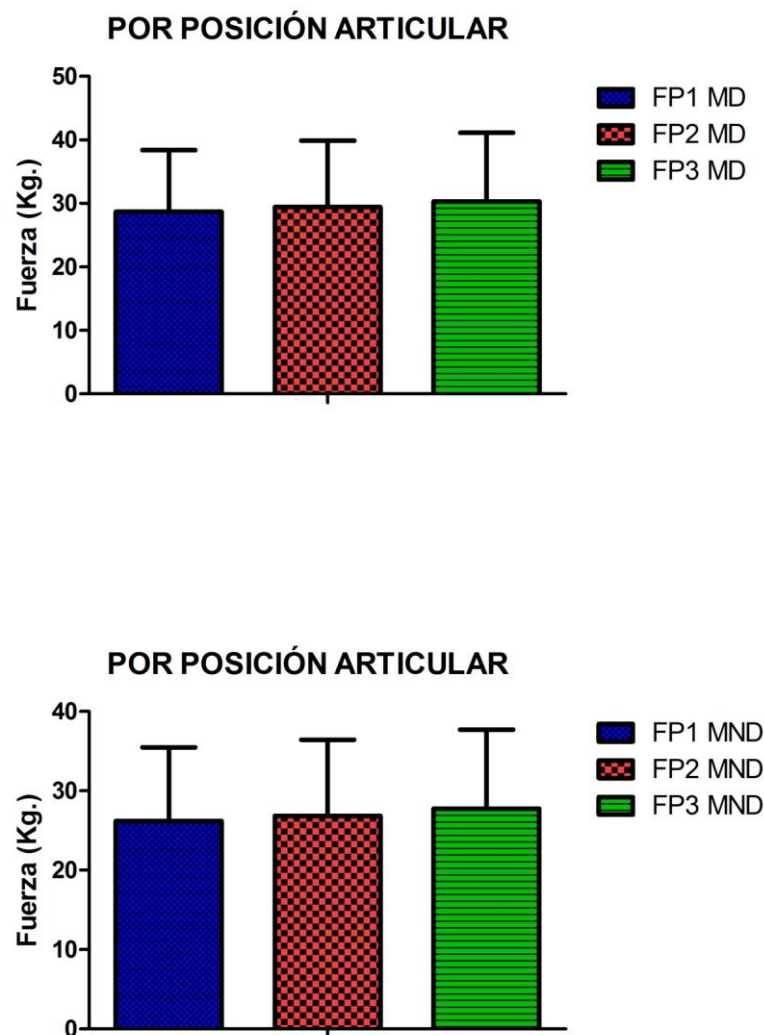


Gráfico 3. Comparativa de la fuerza de agarre por las distintas posiciones articulares y dominancia de mano.

En cuanto a la variación de la fuerza desarrollada comparativamente entre mano dominante (MD) y mano no dominante (MND) (tabla 3.1 y 3.2), se

puede observar una disminución notable de la fuerza ejercida en la mano no dominante, en cualquiera de las tres posiciones de medición. En FP1 MD la fuerza media ejercida (28,70 Kg.) fue de 2,5 Kg. más que en la FP1 MND (26,20 Kg.), sin embargo, la puntuación máxima se realizó con la mano no dominante, registrando 48,67 Kg. de fuerza por 45,67 Kg. que se obtuvieron en FP1 MD. Para su análisis, se realizó el Test de Mann-Withney que indica que a un nivel de significancia $\alpha = 5\%$ no se puede establecer que exista diferencia estadísticamente significativa de medianas en la primera posición articular de medición entre mano dominante y mano no dominante (P-valor = 0,072).

En la segunda posición, también se desarrolló mayor fuerza media en la mano dominante (29,44 Kg.) que en la no dominante (26,84 Kg.), aunque del mismo modo que en FP1, la puntuación máxima se obtuvo en la mano no dominante con una marca de 50,33 Kg. de fuerza. Tras la realización del Test de Mann-Withney, a un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$ no se puede establecer que exista diferencia estadísticamente significativa que permita decir que hay diferencia de fuerza entre ambas manos (P-valor = 0,080).

En la tercera posición medida, la diferencia entre mano dominante (30,30 Kg.) y no dominante (27, 76 Kg.) fue de 2,54 Kg. En este caso, la puntuación máxima fue la misma para ambas manos (49,67 Kg.), pero al igual que en las comparativas anteriores, después de la realización del Test de Mann-Withney, a un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$ no se puede establecer que exista diferencia estadísticamente significativa entre mano dominante y no dominante en FP3 (P-valor = 0,090) (ver gráfico 4).

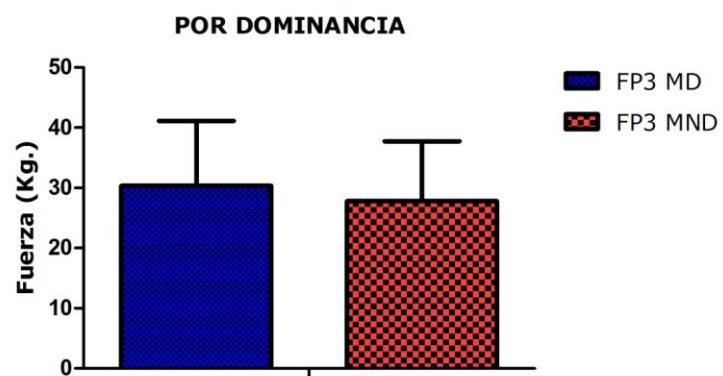
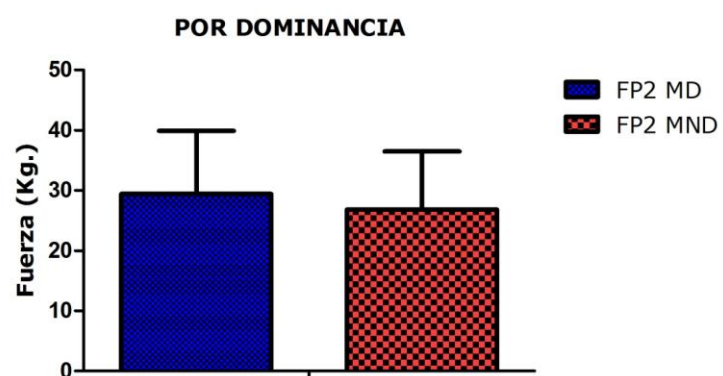
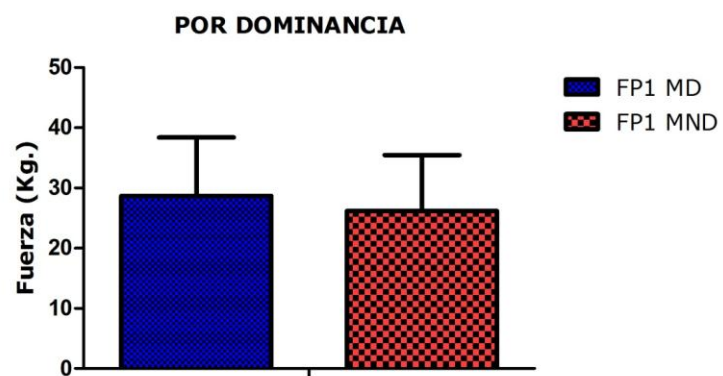


Gráfico 4. Comparativa de la fuerza de agarre en distintas posiciones articulares por dominancia de mano.

Tabla 4. Comparativa de la fuerza de agarre en los diferentes rangos etarios.

	FP1 MD	FP1 MND	FP2 MD	FP2 MND	FP3 MD	FP3 MND
Grupo 1	30,18 (8,17)	28,31 (7,01)	30,83 (8,41)	28,52 (7,60)	31,38 (8,53)	29,61 (8,01)
Grupo 2	29,6 (9,64)	25,84 (9,07)	30,63 (10,47)	26,35 (9,17)	31,42 (11,00)	27 (9,62)
Grupo 3	26,44 (10,45)	24,55 (10,70)	27,02 (11,55)	25,72 (11,22)	28,23 (12,11)	26,72 (11,42)

Como se puede observar en la tabla 4, existe una disminución en la fuerza de agarre en todas las posiciones y entre mano dominante y no dominante en el 3^{er} grupo de edad compuesto por los sujetos mayores de 40 años. La diferencia entre los dos primeros grupos, es mínima en la mano dominante en cualquiera de las posiciones en las que se han tomado los datos. Sin embargo, esta diferencia se acentúa cuando se comparan las manos no dominantes, existiendo una diferencia entre 2,17 Kg. y 2,61 Kg. entre grupo 1 y grupo 2.

Comparando la mano dominante de los dos primeros grupos con el tercero, se observa una pérdida media de 3,32 Kg. de fuerza con el grupo 2 y una pérdida de 3,57 Kg. con el grupo 1. Sin embargo, al comparar los mismos grupos en la mano no dominante, se puede ver que la diferencia entre el grupo 1 y 3 desciende pero sigue manteniéndose por encima de los 3 Kg. (3,15), mientras que la diferencia media entre el grupo 2 y 3 baja hasta los 0,73 Kg.

En relación al análisis estadístico por grupos de edad en FP1 MD, tras realizar el Test de Kruskal-Wallis, se obtiene un P-valor = 0,2098, para FP1 MND, siguiendo los mismos pasos, el P-valor obtenido fue de 0,1701. En la segunda posición (FP2), los P-valor fueron de 0,2240 para la mano dominante y de 0,3074 para la no dominante. Por último, en FP3 MD se obtuvo un P-valor = 0,3215 y para FP3 MND un P-valor = 0,3108.

Con estos resultados, no se puede afirmar que a un nivel de significancia de $\alpha=5\%$ exista diferencia estadísticamente significativa para decir que un

grupo de edad desarrolla más fuerza que otro en una posición determinada (ver gráfico 5).

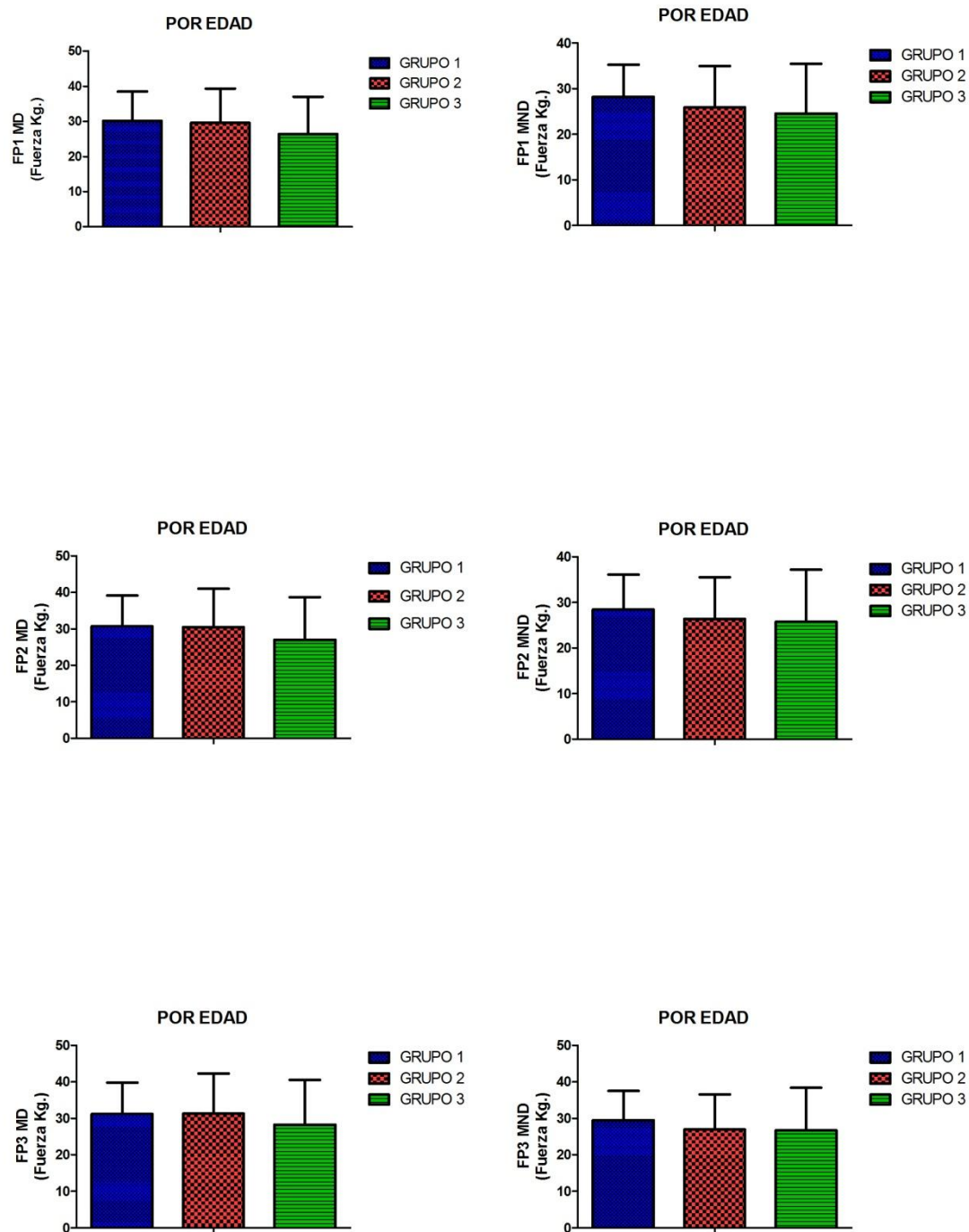


Gráfico 5. Comparativa de la fuerza de agarre en distintas posiciones articulares y dominancia de mano por edad.

Tabla 5. Comparativa de la fuerza de agarre en las distintas posiciones articulares y dominancia de mano por IMC

IMC	FP1 MD	FP1 MND	FP2 MD	FP2 MND	FP3 MD	FP3 MND
<18,5	19,67	18	21	16,33	19,33	17,33
18,5-25	27,97 (8,92)	25,39 (8,05)	28,44 (9,16)	25,64 (8,17)	29,18 (9,64)	26,55 (8,49)
25-30	31,08 (9,42)	28,89 (9,85)	32,76 (10,67)	30,49 (10,02)	33,90 (10,89)	31,25 (10,33)
>30	28,78 (13)	26,08 (13,28)	29,14 (15,13)	27,11 (13,73)	30,31 (15,32)	28,33 (14,6)

En la tabla 5 se observa un aumento de fuerza en el grupo de preobesidad (25-30) y obesidad (>30), respecto al grupo formado por los sujetos con normopeso (18,5-25). El grupo infrapeso (<18,5) no ha sido evaluado ya que únicamente está formado por un individuo. Para FP1 MD los sujetos preobesos realizaron 2,3 Kg más de fuerza que los obesos y 3,11 Kg. más que el grupo de normopeso. Tras realizar el análisis de varianzas mediante el Test de Kruskal-Wallis se obtuvo un P-valor = 0,4662 lo que indica que a un nivel de significancia $\alpha=5\%$ no existe diferencia estadísticamente significativa que permita establecer desigualdad entre los tres grupos en los que se dividió la muestra. Las diferencias entre el grupo de preobesos crecen respecto al grupo de normopeso, estableciendo diferencias entre los 3,11 Kg. y los 4,85 Kg. de fuerza, aumentando conforme se iban incrementando los grados de ABD del hombro, llegando a su máximo en FP3, comparando mano dominante y mano no dominante. Las diferencias entre los grupos de obesos y preobesos son algo más pequeñas y oscilan entre los 2,3 Kg. y los 3,62 Kg. para la mano dominante, siendo en la posición de ABD 90° donde mayor es la diferencia. Para la mano no dominante, las diferencias van desde los 2,81 Kg. a los 3,38 Kg. siendo también en FP2 en la posición en la que más diferencia hay. Comparando el grupo de preobesos con el de normopeso, las diferencias se reducen y oscilan entre los 0,69 Kg. de diferencia mínima para FP1 MND y los 1,78 Kg. de diferencia máxima para FP3 MND. Con estos resultados, tras realizar el Test de Kruskal-Wallis para la diferencia de varianzas, no se puede establecer que haya una diferencia estadísticamente significativa a un nivel

de $\alpha=5\%$ que permita decir que existe diferencia de fuerza por grupos de IMC, ya que se ha obtenido un P-valor $> 0,05$ para el total de las comparaciones (ver gráfico 6).

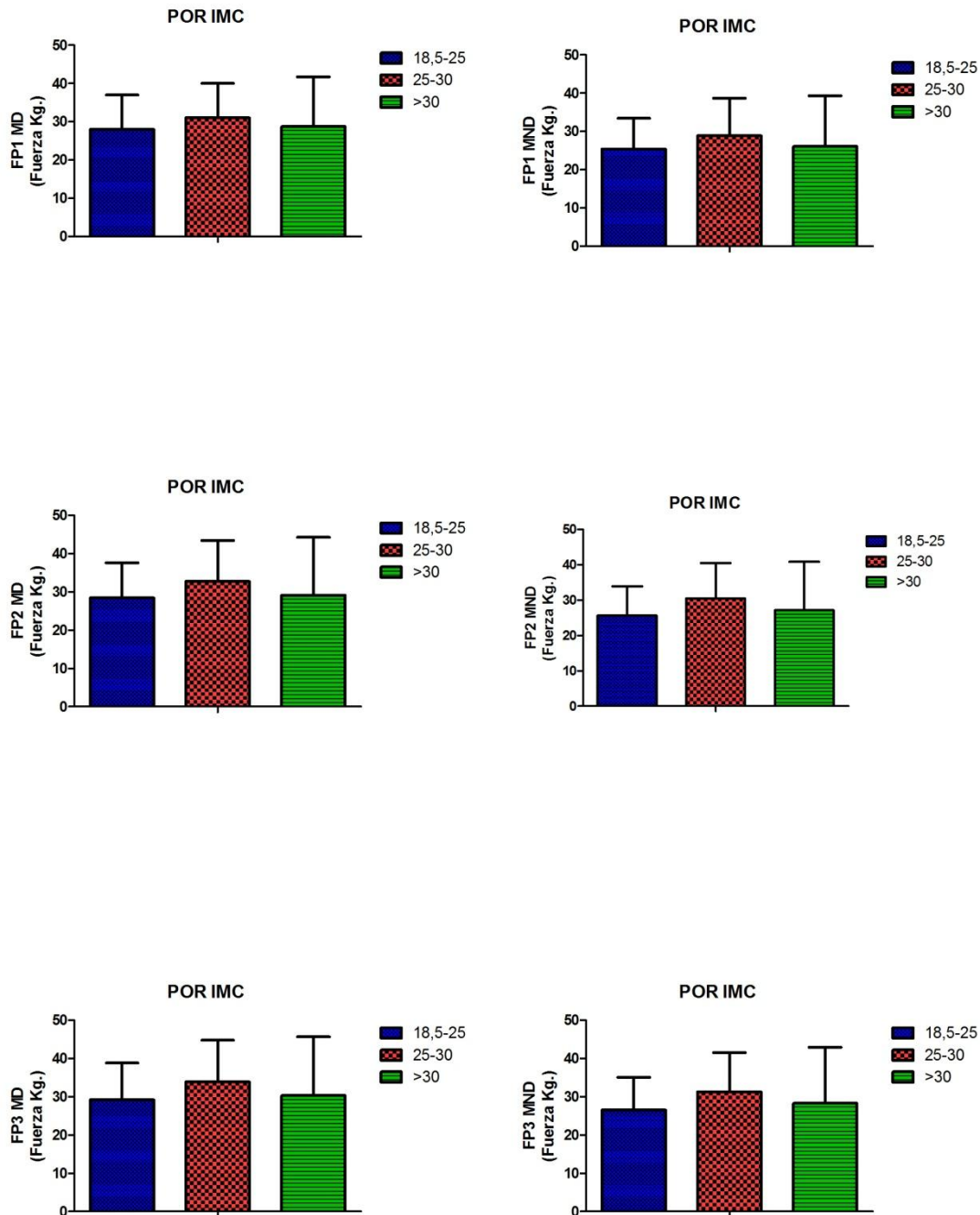


Gráfico 6. Comparativa de la fuerza de agarre en distintas posiciones articulares y dominancia de mano por IMC.

6. Discusión

Las variaciones en la fuerza de prensión global de la mano determinadas por cambios articulares o por diferentes posiciones corporales, han sido estudiados continuamente.

Mathiowetz y cols, fueron pioneros en buscar diferencias en los valores de la prensión cuando se variaba la posición del codo. En su estudio, en el que participaron 29 universitarios, siguiendo las posiciones estandarizadas, menos la variable en la articulación del codo, la mayor puntuación fue registrada con el codo flexionado a 90° (69,2 lbs), con una diferencia estadísticamente significativa sobre la medición con el codo extendido completamente (66,7 lbs). Sin embargo, este resultado no se pudo extrapolar al lado izquierdo ya que en ese caso, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa que permitiese decir que se realizó mayor fuerza con el codo flexionado a 90°. Los resultados del estudio apoyaban las recomendaciones de la ASHT para que la posición del codo a 90° fuera la empleada en las mediciones estandarizadas (19).

Sin embargo, Su y cols. en su estudio, realizaron mediciones de fuerza de agarre en las que además de variar la posición articular del codo incluían variaciones en el hombro por primera vez. Realizaron mediciones según ASHT, con extensión de codo y con flexión de hombro a 90° y 180°. La medición se realizó en 160 personas entre 20 y 69 años, tomando únicamente referencias de la mano dominante. Como resultados obtuvieron mayor fuerza con el hombro en flexión a 180° (82,2 lbs) y en contradicción con Mathiowetz y cols, la puntuación mínima registrada se dio con el hombro adducido y el codo flexionado a 90°. La fuerza de agarre iba decreciendo a medida que la flexión de hombro descendía. Este hallazgo permitió indicar que la articulación del hombro afecta a la fuerza de prensión y que los músculos sinérgicos de la espalda y hombro actúan de mejor manera cuando el hombro esta elevado a 180°, ya que los músculos proximales implicados aumentan su eficiencia en relación al principio de longitud-tensión. La fuerza de agarre con el codo en extensión fue mayor que con el codo a 90° de flexión, ya que también los músculos que intervienen en la fuerza de agarre situados en el antebrazo se encuentran en una posición más favorable (21).

Paravatikar y cols, en su estudio, midieron la variación con el codo mantenido en extensión y el hombro en flexión de 0°, 90° y 180°. Tomaron una muestra de 50 pacientes entre 18-25 años. En este caso, los resultados coinciden con Su y cols, ya que la media más alta se registró con el hombro situado en flexión de 180° y el codo extendido, a su vez, estos resultados registrados descendían a medida que decrecían los grados de flexión (28).

En nuestro estudio se puede observar que, aun sin obtener diferencias estadísticamente significativas ($P\text{-valor} > 0,05$), en la posición donde mayor fuerza se desarrolla es con el hombro en abducción de 180°, en contraposición a Mathiowetz y de acuerdo con los estudios de Su y Paravatikar. Además, de la misma manera que los anteriores, las marcas decrecían a medida que el hombro iba perdiendo grados de flexión y abducción hasta llegar a la posición mínima con el hombro totalmente adducido y el codo flexionado a 90°.

En cuanto a la comparativa entre mano dominante y mano no dominante, se encuentran estudios con resultados similares. En todos ellos se produce mayor fuerza con la mano dominante que con la no dominante para un nivel de significancia $\alpha = 5\%$. Mitsionis y cols. en su estudio sobre 232 personas, obtuvieron una diferencia de 2,3 Kg. de fuerza entre ambas manos, con una diferencia estadísticamente significativa ($P\text{-valor} < 0,01$) (14).

Adedoyin y cols. en su estudio, en el que compararon la fuerza de agarre en 745 personas entre 20 y 70 años, en la posición estandarizada por la ASHT, obtuvieron como resultado una diferencia estadísticamente significativa ($P\text{-valor} < 0,01$), entre la fuerza desarrollada con la mano dominante y no dominante, tanto para el sexo masculino, donde se obtuvieron 3,2 Kg. más de fuerza en la mano dominante, como para el sexo femenino, donde se registraron 2,1 Kg. más de fuerza de media (13). Para Tsang y col. la diferencia entre los hombres y mujeres fue de 3 Kg. y 2,3 Kg. respectivamente. (29)

Por último, Hillman y cols. buscaron diferencias en la fuerza de agarre variando la postura del sujeto (tumbado en la cama, sentado en un sillón y sentado en una silla), en todos los casos se desarrolló mayor fuerza en la mano dominante que en la no dominante, con una media de 2,6 Kg. más de fuerza en los hombres y 1,45 Kg. más en las mujeres con $P\text{-valor} < 0,01$ en todos los casos entre mano dominante y no dominante (18).

En el presente estudio, la diferencia de fuerza en la dominancia de mano se encuentra entre los 2,5 Kg. y 2,6 Kg. de fuerza entre mano dominante y mano no dominante aunque a diferencia de los anteriores estudios no se puede decir que exista diferencia estadísticamente significativa a un nivel de significancia $\alpha = 5\%$ que permita decir que hay mayor fuerza con la mano dominante (P-valor $> 0,05$).

En su estudio, en 2009, Adedoyin y cols., obtuvieron que los hombres tenían un 29% más de fuerza en la mano dominante que las mujeres y un 28% más en la no dominante. Bowen y Sosa, en una muestra sobre 212 sujetos sanos (124 hombres y 88 mujeres), encontraron que los individuos varones ejercían una media del 39% más de fuerza que el grupo femenino (43,06 Kg. por 26,23 Kg. de fuerza media) (13,15).

En relación con los resultados anteriores, en el estudio de Günther y cols. se observó una gran variación en la fuerza entre hombres y mujeres, donde el sexo masculino desarrolló un 41% más de fuerza que el femenino (49 Kg. por 29 Kg. de fuerza media en la mano derecha y 47 Kg. por 27 Kg. de fuerza media en la mano izquierda) (16).

Mitsionis y cols. estudiaron la diferencia de fuerza entre sexos obteniendo que los hombres desarrollaban un 45% más de fuerza que las mujeres tanto con la mano dominante como con la mano no dominante (67,1 lbs por 123,1 lbs en la mano dominante y 60,4 lbs por 111 lbs en la mano no dominante). En todos los estudios la diferencia resultó ser estadísticamente significativa (P-valor $< 0,01$) (14).

En este estudio, la diferencia de fuerza entre sexos es estadísticamente significativa (P-valor $< 0,01$), las mujeres desarrollan un 45,78% menos de fuerza en la medición realizada según ASHT y un 47,5% menos de fuerza en las otras dos mediciones de la mano dominante. A su vez, en la mano no dominante, las diferencias fueron similares, entre un 46,45% menos de fuerza en FP1 y un 47% en FP2 y FP3.

La fuerza de prensión es utilizada como medida para observar diferentes cambios en relación a la edad. El déficit de fuerza está asociada a una mayor probabilidad de muerte prematura, desarrollo de discapacidades y un mayor riesgo de estancia prolongada en caso de hospitalización o cirugía. En el rango etario de 35 a 44 años se alcanza el resultado máximo en la prueba siguiendo el protocolo de ASHT, con un pico a los 36 años. La fuerza

comienza a declinar a los 50 años en las mujeres y a los 56 años en los hombres, cayendo de manera más acentuada en estos últimos (22–24).

En el estudio Sternang y cols. hacen un seguimiento del valor de la fuerza de prensión durante más de 20 años, a partir de los 50 años de edad. Existen dos tendencias lineales con un punto de inflexión distanciado por 5 años entre los hombres y las mujeres. El nivel de la fuerza de prensión media a los 72 años para los hombres fue de 36,28 Kg. con una disminución anual -0,51 Kg/año entre los 50 y 72 años de edad. A partir de aquí, la disminución de la fuerza fue cayendo en relación a -0,95 Kg/año hasta los 96 años de edad. En este mismo estudio, la fuerza de prensión media estimada para las mujeres a los 67 años fue de 21,63 Kg. y la disminución entre los 50 y los 67 años fue de -0,19 Kg/año. A su vez, entre los 67 y los 96 años se produce un descenso de la fuerza de prensión de -0,45 Kg/año. Estos autores determinan que los factores de riesgo son distintos para mujeres (tabaquismo, estrés, estilo de vida) que para los hombres (actividad física y trastornos crónicos) (25).

Se ha observado, en cambio, que hay una asociación débil entre la edad con la fuerza prensil de la mano dominante. Por cada año de aumento en la edad, la pérdida en la mano dominante fue de 0,27 Kg. en los hombres y de 0,21 Kg. en las mujeres en una población menor de 60 años (14).

En otro estudio, Frederiksen y cols, evaluaron como disminuye la fuerza de prensión a lo largo de la vida tanto para hombres como para mujeres. Para ello recogieron datos de la población danesa a lo largo de 4 años en personas de 45 a 102 años y vieron que había una pérdida progresiva desde los 50 a los 85 años de 0,59 Kg. para los hombres y 0,31 Kg. para las mujeres (26). Esto demuestra la existencia de una pérdida de fuerza relacionada con el aumento de la edad.

En este estudio, no se evalúa la pérdida de fuerza a lo largo de la edad, ya que solamente existe una medición en un momento determinado y no varias a lo largo del tiempo. Se pretende comparar las variaciones de la fuerza en los distintos rangos en los que se ha dividido la población de estudio. Así encontramos una fuerza muy semejante en los dos primeros grupos que comprenden hasta los 40 años, sin embargo, en el tercer grupo de edad, a partir de 40 años, se observa una disminución del 10-12% de la fuerza, lo que equivale a unos 3 Kg. menos de fuerza en este último grupo.

El pico máximo de fuerza se produjo a los 37 años y esto nos ayuda a defender la idea, como en otros estudios, donde a partir de ésta edad hay un descenso de la fuerza de prensión.

Para observar la influencia del IMC en la fuerza de prensión, Lad y cols. hacen un estudio sobre 180 personas entre 18-21 años de edad. La fuerza de prensión de la mano en el grupo masculino normopeso fue mayor que en los grupos de infrapeso y sobrepeso, si bien, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($P\text{-valor} > 0,05$). En el grupo femenino en cambio, el grupo con mayor fuerza resultó ser el de infrapeso, seguido del de normopeso y sobrepeso. En este grupo tampoco se observó una diferencia estadísticamente significativa. También se midió en el estudio la resistencia máxima de la prensión. En esta medición tanto en el grupo masculino como en el femenino hubo diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de normopeso y los de infrapeso y sobrepeso en ambos sexos. En este estudio, no se registraron datos de personas con obesidad ($\text{IMC} > 30$)(27).

Mitsionis y cols. no registraron ninguna asociación entre el IMC y la fuerza prensil de la mano dominante en los participantes varones de su estudio. En el grupo femenino, se vio una asociación moderada entre el IMC y la pérdida de fuerza (0,53 Kg) en la mano dominante por cada unidad de aumento en el índice de masa corporal (14).

En el presente estudio, hay disparidad con los anteriores, ya que el grupo de preobesos fue el que más puntuación obtuvo en las mediciones, seguido de cerca por el grupo de obesos. Ambos tuvieron una media entre 3-4 Kg. más de fuerza que el grupo de normopeso. El grupo de infrapeso apenas aportó datos, ya que el número de individuos fue muy escaso.

Como en los estudios anteriormente citados, se debe señalar que no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas a la hora de comparar la fuerza entre los grupos de IMC ($p\text{-valor} > 0,05$). Lo que deja claro que esta relación entre el IMC y la fuerza a diferencia de la dominancia de mano o de la diferencia entre sexos es mucho menos clara.

7. Limitaciones del estudio

El estudio ha sido realizado agrupando la muestra en 3 grupos de edad, buscando un número mayor de 30 para cada grupo, haciendo un total de 92. La edad oscilaba entre los 14 y los 64 años, quedando la muestra algo limitada por el amplio rango que abarca.

El dinamómetro empleado no es el dinamómetro Jamar que se emplea en casi la totalidad de estudios.

Se instó a los sujetos a realizar la mayor fuerza posible, alentándolos en cada intento, pero al realizar 18 mediciones en total es probable que en algún momento existiera cansancio físico o mental.

El estudio ha sido realizado sin seguir unas normas temporales, los datos han sido tomados en una franja de tiempo muy amplia.

No se han tenido en cuenta las ocupaciones laborales de los sujetos que han participado.

8. Conclusiones

Se ha observado que la posición del hombro y codo afecta a la fuerza de prensión global de la mano, ya que los resultados varían en dependencia de la posición, no obstante, no hemos podido establecer diferencias estadísticamente significativas que permitan decir que en una determinada posición se desarrolle mayor fuerza que en otra.

Existe también influencia en la fuerza según se realice con la mano dominante o no dominante, aunque también sin diferencias estadísticamente significativas.

En la comparativa según los grupos de edad ocurre lo mismo, no hay diferencias estadísticamente significativas que, después de los 40 años, se traduzca en una pérdida de fuerza.

La influencia del IMC, parece indicar que el grupo de preobesidad (25-30) puede desarrollar más fuerza que el grupo de obesidad (>30) y que el de normopeso (18,5-25), sin embargo, tampoco se puede afirmar que exista diferencia estadísticamente significativa que permita decir que un grupo realiza más fuerza que otro.

Sólo se encontró diferencia estadísticamente significativa en la comparativa entre fuerza y sexos, en la que se puede afirmar que el grupo masculino realiza mayor fuerza que el grupo femenino.

9. Bibliografía

- 1.** Tubiana R, Thomine J-M. Manual de la mano : anatomía funcional y exploración clínica. Masson, editor. Paris: Masson; 1994.
- 2.** Sánchez I, Ferrero A, Aguilar J., Climent J., Conejero J., Flórez M., et al. Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física. Panamerica. 2008.
- 3.** Rice C, Cunningham D, Paterson D, Rechnitzer P. Strength in an elderly population. Arch Phys Med Rehabil. 1989;70(5):391-7.
- 4.** Lorenzo-Agudo MA, Santos-García P, Sánchez-Belizón D. Determinación de los valores normales de fuerza muscular de puño y pinza en una población laboral. Rehabilitacion. 2007;41(5):220-7.
- 5.** Levame JH, Durafourg MP. Rééducation des traumatisés de la main. Maloine, editor. Paris: Maloine. 1987.
- 6.** Kapandji IA. Fisiología articular: esquemas comentados de mecánica humana. Vol. 1, Miembro superior. 5ª Ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1999.
- 7.** Tubiana R. Traité de chirurgie de la main. Masson, editor. Paris: Masson .1980.
- 8.** Liss FE. The interosseous muscles: The foundation of hand function. Hand Clin. Elsevier Inc; 2012;28(1):9-12.
- 9.** Kozin SH, Porter S, Clark P, Thoder JJ. The contribution of the intrinsic muscles to grip and pinch strength. J Hand Surg Am. 1999;24(1):64-72.
- 10.** Ellenbecker TS, Roetert EP, Riewald S. Isokinetic profile of wrist and forearm strength in elite female junior tennis players. Br J Sports Med. 2006;40(5):411-4.
- 11.** Fess EE, Moran CA. Grip strength. In: Casanova JS, ed. Clinical Assessment Recommendations, 2nd edition. Chicago: American Society of Hand Therapists, 1992.
- 12.** Richards LG, Olson B, Palmiter-Thomas P. How Forearm Position Affects Grip Strength. Am J Occup Ther. 1996;50(2):133-8.
- 13.** Adedoyin RA, Ogundapo FA, Mbada CE, Adekanla BA, Johnson OE, Onigbinde TA, et al. Reference Values for Handgrip Strength Among Healthy Adults in Nigeria. Hong Kong Physiother J. Elsevier; 2009;27(1):21-9.

- 14.** Mitsionis G, Pakos EE, Stafilas KS, Paschos N, Papakostas T, Beris AE. Normative data on hand grip strength in a Greek adult population. *Int Orthop*. 2009;33(3):713-7.
- 15.** Bowen IJ, Sosa DM de. Valores de la fuerza de mano en adultos sanos. *Bol Méd Post*. 2001;17(2).
- 16.** Günther CM, Bürger A, Rickert M, Crispin A, Schulz CU. Grip Strength in Healthy Caucasian Adults: Reference Values. *J Hand Surg Am*. 2008;33(4):558-65.
- 17.** Balogun JA, Akomolafe CT, Amusa LO. Grip strength: effects of testing posture and elbow position. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72(5):280-3.
- 18.** Hillman TE, Nunes QM, Hornby ST, Stanga Z, Neal KR, Rowlands BJ, et al. A practical posture for hand grip dynamometry in the clinical setting. *Clin Nutr*. 2005;24(2):224-8.
- 19.** Mathiowetz V, Rennells C, Donahoe L. Effect of elbow position on grip and key pinch strength. *J Hand Surg Am*. 1985;10(5):694-7.
- 20.** Murugan S, Patel D, Prajapati K, Ghoghari M, Patel P. GRIP STRENGTH CHANGES IN RELATION TO DIFFERENT BODY POSTURES , ELBOW AND FOREARM POSITIONS Quick Response code. 2013;1(4):116-21.
- 21.** Su C-Y, Lin J-L, Chien T-H, Cheng K-F, Sung Y-T. Grip strength in different positions of elbow and shoulder. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994;75(7):812-5.
- 22.** Bohannon RW. Hand-Grip Dynamometry Predicts Future Outcomes in Aging Adults. *J Geriatr Phys Ther*. 2016;311(February 2008):28-36.
- 23.** Bohannon RW, Peolsson A, Massy-Westropp N, Desrosiers J, Bear-Lehman J. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy*. 2006;92(1):11-5.
- 24.** Magill JC, Byl MF, Goldwaser B, Instructor MP, Yates B, Morency JR, et al. NIH Public Access. 2010;3(1):1-19.
- 25.** Sternang O, Reynolds CA, Finkel D, Ernsth-bravell M, Pedersen NL, Dahl aslan AK. Factors associated with grip strength decline in older adults. *Age Ageing*. 2015;44(2):269-74.

- 26.** Frederiksen H, Hjelmborg J, Mortensen J, Mcgue M, Vaupel JW, Christensen K. Age Trajectories of Grip Strength: Cross-Sectional and Longitudinal Data Among 8,342 Danes Aged 46 to 102. *Ann Epidemiol.* 2006;16(7):554-62.
- 27.** Lad UP, Satyanarayana P, Shisode-Lad S, Siri CC, Ratna Kumari N. A study on the correlation between the Body Mass Index (BMI), the body fat percentage, the handgrip strength and the handgrip endurance in underweight, normal weight and overweight adolescents. *J Clin Diagnostic Res.* 2013;7(1):51-4.
- 28.** Comparative Study of Grip Strength in Different Positions of Shoulder and Elbow with Wrist in Neutral and Extension Positions.
- 29.** Tsang RCC. Reference Values for 6-Minute Walk Test and Hand-Grip Strength in Healthy Hong Kong Chinese Adults. *Hong Kong Physiother J.* Elsevier; 2005;23(1):6-12.

10. Anexos

Anexo I: Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LOS PARTICIPANTES DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación de una explicación clara así como su rol en ella como participantes.

Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Si tiene alguna duda, puede hacer preguntas antes y durante el procedimiento. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento.

1.- Título del estudio: Estudio de la fuerza de prensión de la mano en diferentes posiciones de hombro y codo.

2.- Lugar donde se realiza:

3.- Entidad involucrada: El siguiente estudio es realizado por el alumno de 4º grado de Fisioterapia de la Universidad de Zaragoza, Daniel Lorente Rubio, con DNI 73019454-C para la realización del trabajo fin de grado.

4.- Objetivo del estudio: El objetivo de este estudio es hacer una comparación de la fuerza de prensión global de la mano en sujetos sanos, entre mano dominante y no dominante, en relación al tamaño de la mano, y en relación a distintas posiciones articulares del miembro superior.

5.- Procedimiento: En caso de aceptar participar en el estudio se le realizarán mediciones antropométricas en un proceso indoloro y breve. El paciente se coloca en bipedestación y se realizarán las mediciones sencillas en las diferentes posiciones.

6.- Beneficios y efectos secundarios: No se asegura que tras participar en el estudio usted vaya a percibir ninguna mejora, ya que el único objetivo es comparar mediciones antropométricas, pero sí se puede asegurar que no tiene ningún efecto secundario para su salud.

La participación en el estudio es voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de esta investigación. El resultado de su valoración y sus datos personales serán

codificados usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimos.

7.- Aclaraciones:

La decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.

No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.

Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee.

No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.

No recibirá pago por su participación.

La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el investigador.

Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea firmar la Carta de Consentimiento informado que forma parte de este documento.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

PACIENTE

D/Dña _____ con

DNI _____

Como paciente, reconozco a firmar este documento que ha sido leído y explicado y que comprendo perfectamente su contenido. Se me ha dado la oportunidad de formular preguntas y que todas han sido respondidas o explicadas de forma satisfactoria. Acepto participar voluntariamente en la investigación.

He sido informado/a de la meta de este estudio. La información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento.

He sido informado/a de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido.

_____, ____ de _____ de _____

AUTORIZACIÓN DEL FAMILIAR O TUTOR

Ante _____ la _____ imposibilidad _____ de
D/Dña _____ con
DNI _____ de prestar autorización para los tratamientos
explicitados en el presente documento de forma libre, voluntaria, y
consciente.

D/Dña _____ don
DNI _____

En calidad de (padre, madre, tutor legal, familiar, allegado, cuidador),
decido, dentro de las opciones clínicas disponibles, dar mi conformidad libre,
voluntaria y consciente a la técnica descrita para los tratamientos
explicitados en el presente documentos

_____, ____ de _____ de _____

FISIOTERAPEUTA

D/Dña. _____ con
DNI _____

Estudiante de 4º grado de Fisioterapia de la Universidad de Zaragoza,
declaro haber facilitado al paciente y/o persona autorizada, toda la
información necesaria para la realización de los tratamientos explicitados en
el presente documentos y declaro haber confirmado, inmediatamente antes
de la aplicación de la técnica, que el paciente no incurre en ninguno de los
casos contraindicación relacionados anteriormente, así como haber tomado
todas las precauciones necesarias para que la aplicación de los tratamientos
sea correcta.

Anexo II: Siglas

AMA = Asociación Médica Americana.

FCS = Flexor común superficial.

FCP = Flexor común profundo.

F1 = Primera falange.

F2 = Segunda falange.

F3 = Tercera falange.

ASHT = American Society of Hand Therapists.

Kg. = Kilogramos.

lbs = Libras

ABD = Abducción.

FP1 = Fuerza en la primera posición de medición.

FP2 = Fuerza en la segunda posición de medición.

FP3 = Fuerza en la tercera posición de medición.

MD = Mano dominante.

MND = Mano no dominante.

DE = Desviación estándar.

IMC = Índice de masa corporal.