

Ensayo del Capítulo 11. Biomécanica de la mano

Eimie Carolina Pereda Sánchez
Gloria Rosalía Domínguez Azueta
Luis Lauro García Hernández
Jorge Luis Ávila Hernández

14 de octubre de 2022

La mano, un órgano de recepción sensorial que envía a la corteza cerebral la interpretación y valoración de las informaciones que recibe, tiene como función principal la prensión, capaz de conseguirlo con gran sutileza y precisión a diferencia de otros seres vivos de la tierra. La mecánica de la mano se distingue por referenciarse por ejes que permiten guiar el movimiento de la mano, además se compone de articulaciones metacarpofalángicas, interfalángicas, trapeciometacarpiana, así como de tendones flexores y extensores, músculos interóseos y lumbricales, ligamentos y músculos de eminencia hipotenar. En un enfoque hacia el dedo pulgar como parte importante de la mano, podemos distinguir otras articulaciones como la metacarpofalángica, la interfalángica, así como la acción de los músculos intrínsecos y movimientos de oposición del pulgar. Analizar la estructura de la mano permite el desarrollo de diversos dispositivos hoy en día, como ingenieros es importante conocer la función de cada parte que la compone, para futuras aplicaciones.

0.1. Ejes de los dedos

Conocer los ejes de los dedos nos permite interpretar los movimientos de mano y comprender su funcionamiento, de acuerdo con su posición y separación. La mano al adoptar una posición natural (fig.1A) deja que los dedos estén algo separados entre cada uno, de manera que el eje de los dedos pasa por el dedo medio, sirviendo este como referencia para la separación entre cada uno de estos. Como se observa en la fig. 1A, hay una semejanza entre los tres últimos ejes de los dedos y una diferencia entre los tres primeros.

Otra posición de la mano está al cerrar el puño, extendiendo las puntas de los dedos y el pulgar, estando próximo a los dedos en puño como se ve en la figura 1D, en este caso los ejes de los dedos se aproximan hacia un punto situado en el talón de la mano, de manera que el eje de los dedos es el dedo índice y a partir de él se va más inclinando hasta llegar al dedo meñique. Con el análisis anterior se interpretan las diferentes formas de movimiento de la mano y se determinan los grados de libertad de las articulaciones que la componen.

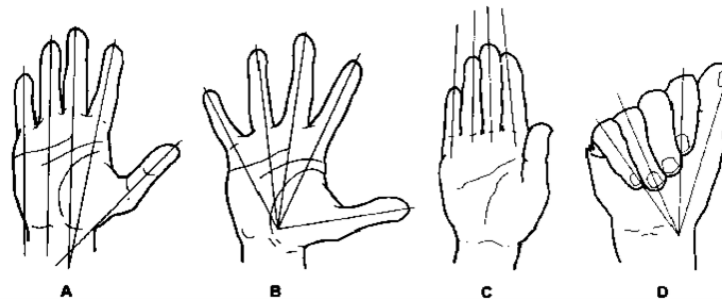


Figura 1: Ejes de los dedos

0.2. Articulaciones metacarpofalángicas

Conocer los movimientos y la función de las articulaciones de la mano, permite entender aquellas restricciones que pudiera tener algún mecanismo basado en la mano humana. Las articulaciones metacarpofalángicas (fig. 2) permiten movimientos de flexoextensión, palmar y dorsal, abducción y aducción y pequeños movimientos pasivos de rotación axial. Para tener toda la amplitud de movimiento de los dedos, durante la extensión hay contacto con la cabeza del metacarpiano (1) aumentando la superficie articular y en los movimientos de flexión, el fibrocartílag (3) se desliza sobre la cara palmar del metacarpiano girando sobre su unión o articulación.

Cuando hay una cierta relajación de la cápsula articular y de la sinovial (5 y 6) junto con la acción de los ligamentos laterales que se alargan en la extensión y se tensan en la flexión, puede estabilizarse la articulación y asegurar los movimientos articulares, y además se prohíben los movimientos laterales al momento de estar flexionadas estas articulaciones.

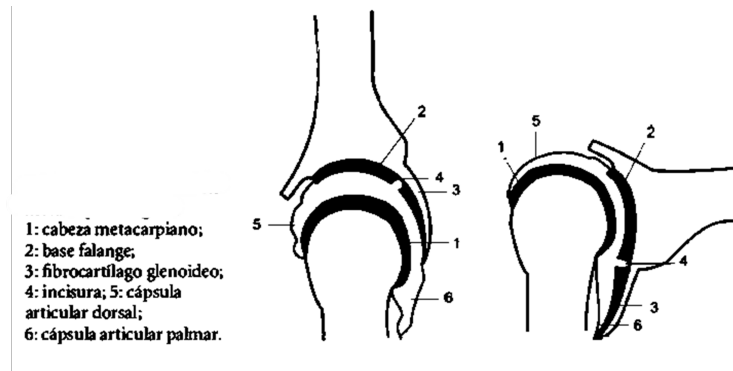


Figura 2: Articulaciones metacarpofalángicas. 1) cabeza metacarpiano; 2) base falange; 3) fibrocartilago glenoideo; 4) incisura; 5) cápsula articular dorsal; 6) cápsula articular palmar.

0.3. Articulaciones interfalángicas

Las articulaciones interfalángicas solo permiten el movimiento de flexoextensión. Existen diferentes flexiones activas, tanto para las articulaciones interfalángicas proximales como para las distales, en la primera se sobrepasa 90°, mientras que en el segundo la flexión es menor a los 90°. En cuanto a la extensión activa de las articulaciones interfalángicas, se sabe que es nula, pero puede darse el caso que en las articulaciones distales exista un mínimo movimiento de variación de 5°.

En las articulaciones interfalángicas proximales, la extensión pasiva es nula, pero puede llegar a 30° en las articulaciones interfalángicas distales, que pueden darse por sobrecarga constante de estas articulaciones en extensión.

En las articulaciones interfalángicas distales, los movimientos de lateralidad pasivos pueden alcanzar 5°, pero son nulos en las proximales.

0.4. Tendones de los músculos flexores de los dedos

Todos los músculos del antebrazo, a excepción del pronador redondo, el supinador corto y el braquial anterior, atraviesan la articulación de la muñeca y las articulaciones meta carpofalángicas. Los músculos de los tendones flexores de los dedos se originan en la epi tróclea humeral y se dirigen hacia la cara palmar.

El flexor común profundo de los dedos se inserta en la base de la tercera falange, después de perforar al flexor común superficial que se divide en dos lengüetas en la articulación metacarpofalángica para insertarse distalmente en las caras laterales de la segunda falange (fig. 3).

0.5. Tendones de los músculos extensores de los dedos

Los músculos de los tendones extensores de los dedos nacen en el epicóndilo humeral y se dirigen hacia la cara dorsal. Son músculos extrínsecos que transcurren por correderas a nivel de la muñeca y por debajo del ligamento anular posterior del carpo.

El extensor común de los dedos, es solo extensor de la primera falange sobre el meta carpiano, sea cual fuere la posición de la muñeca, y se realiza por la expansión profunda del tendón, diferenciada de la cápsula articular, para ir a insertarse en la base de la primera falange (fig.3).

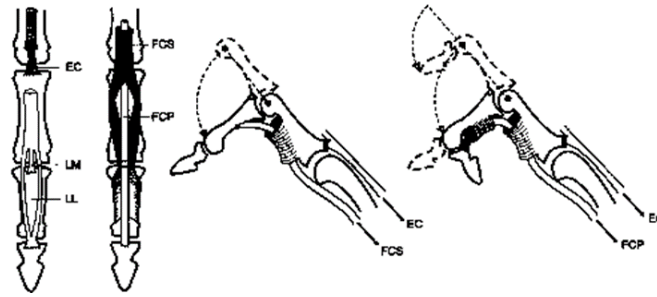


Figura 3: Tendones de los músculos flexores y extensores de los dedos. EC: extensor común; FCS: flexor común superficial; FCP: flexor común profundo; LM: lengüeta media; LL: lenguetas laterales.

0.6. Acción de los músculos interóseos y lumbricales

Son fundamentales para realizar los movimientos de lateralidad y de flexoextensión de los dedos. Los movimientos de lateralidad dependen de la dirección del cuerpo muscular, de forma que cuando se dirige al eje de la mano, como los interóseos dorsales, son los responsables de la separación de los dedos. Cuando se aleja del eje de la mano, como los interóseos palmares, determinan la aproximación de los dedos. Su acción sobre la flexoextensión de los dedos es la más importante desde el punto de vista biomecánico, ya que de su complejidad depende la función principal de la mano que es la de prensión.

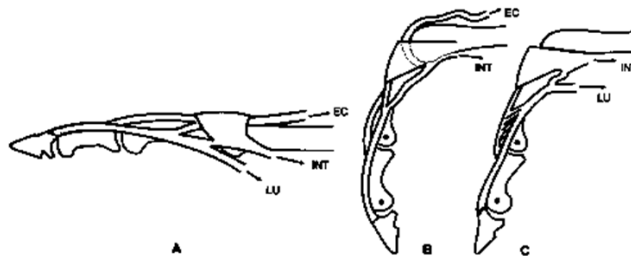


Figura 4: Acción de los músculos interóseos y lumbricales. EC: extensor común; INT: interóseos; LU: lumbricales

0.7. Acción del extensor común

El extensor común de los dedos es extensor de la primera falange y solo actúa sobre la segunda y tercera, cuando la muñeca y las articulaciones metacarpofalángicas están en flexión.

0.8. Acción de los músculos interóseos

Los músculos interóseos son flexores de la primera falange y extensores de la segunda y tercera, dependiendo del grado de flexión de las articulaciones metacarpofalángicas y de la tensión del extensor común de los dedos. Cuando la articulación metacarpofalángica está en extensión, por la acción del extensor común, la cubierta dorsal de los interóseos se sitúa en el dorso del cuello del primer metacarpiano, de manera que los músculos interóseos pueden tensar las expansiones laterales y así extender la segunda y la tercera falanges (fig. 4-A).

0.9. Acción de los músculos lumbricales

Estos pequeños músculos intrínsecos de la mano, desempeñan un papel esencial en los movimientos de flexoextensión de los dedos, ya que al estar situados en un plano más palmar que el ligamento transversal intermetacarpiano, tienen un ángulo de incidencia de 35° con respecto a la primera falange, lo que les permite flexionarla aunque esta se encuentra en hiperextensión. Además, su inserción distal no tiene lugar en la cubierta dorsal, como los interóseos, sino en un plano más distal, lo que les permite la extensión de la segunda y tercera falange, sea cual sea el grado de flexión de la articulación metacarpofalángica (fig. 4-C).

0.10. Ligamento retinacular

Descrito por Landsmeer en 1949, se encuentra a cada lado de la articulación interfalángica proximal, sin ninguna conexión muscular. Se inserta en la cara palmar de la primera falange y se dirige a las cintillas laterales del extensor común en el dorso de la segunda falange, pasando por delante del eje de la articulación interfalángica proximal, o sea, por su cara palmar. De esta forma, la extensión de la articulación interfalángica proximal tensa el ligamento retinacular y provoca de manera automática la extensión de la articulación interfalángica distal en la mitad de su recorrido.

0.11. Músculos de la eminencia hipotenar

En la eminencia hipotenar encontramos tres músculos que actúan directamente sobre el dedo meñique. Son el oponente, el flexor corto y el aductor.

El oponente del meñique actúa sobre el quinto metacarpiano, imprimiendo un movimiento de flexión y rotación alrededor de su eje longitudinal, de manera que su porción anterior se dirige hacia fuera en dirección al dedo pulgar. El flexor corto del meñique flexiona la primera falange sobre el primer metacarpiano, al tiempo que separa al dedo meñique del eje de la mano.

El aductor del meñique tiene la misma acción que el flexor corto. Son, por tanto, abductores del dedo meñique con respecto al eje de la mano.

0.12. Articulación trapeziometacarpiana

Se trata de una articulación básica dentro de la biomecánica del pulgar, que integra la llamada columna osteoarticular de este, compuesta por el escafoide, trapecio, primer metacarpiano y primera y segunda falanges.

Está formada por la carilla articular inferior del trapecio, hueso situado entre el escafoide y el primer metacarpiano, que es cóncava en sentido transversal y convexa en sentido anteroposterior. Esta carilla clásicamente definida como "silla de montar" se articula con la extremidad proximal del primer metacarpiano. El primer metacarpiano, que es el más corto de la mano y que presenta un cuerpo más aplanado en sentido dorsopalmar que los restantes, representa la primera falange de los otros dedos. Su carilla articular para el trapecio también es cóncava en un sentido y convexa en otro.

En el trapecio se asientan las inserciones musculares del oponente, del flexor corto y del abductor corto del pulgar, y en ocasiones se inserta el abductor largo. En la base del primer metacarpiano se inserta el abductor largo del pulgar, el extensor corto de este y el primer interóseo dorsal.



Figura 5: Articulación trapeciometacarpiana

0.13. Articulación metacarpofalángica del pulgar

Es una articulación de tipo condíleo, que permite en teoría dos tipos de movimientos, pero realmente realiza también movimientos de rotación axial tanto activos como pasivos, lo que le confiere una gran importancia, ya que estos movimientos no son habituales en las articulaciones de estas características.

Al igual que en las articulaciones metacarpofalángicas de los demás dedos, la cabeza del primer metacarpiano presenta una superficie de contacto articular mucho mayor que la base de la primera falange, pero también esta se prolonga en su cara palmar por el fibrocartilago glenoideo que tiene la misma misión de ensanchar su superficie articular sin impedir la amplitud de los movimientos, resbalando sobre la cara palmar de la primera falange.

La flexión de la articulación metacarpofalángica del pulgar alcanza solo 75-80° y la extensión es nula, incluso la pasiva, en condiciones de normalidad.

0.14. Articulación interfalángica del pulgar

Es de tipo troclear como el resto de las articulaciones interfalángicas, y permite solo movimientos de flexoextensión. La flexión es muy limitada, no alcanza más que 75-80°.

La extensión activa es aproximadamente de 5 a 10°; pero la hiperextensión pasiva puede ser muy evidente, llegando hasta 30° en determinadas profesiones como los escultores o alfareros que utilizan el dedo pulgar para modelar.

0.15. Acción de los músculos extrínsecos del pulgar

El abductor largo del pulgar es el más anterior de todos los tendones de la tabaquera anatómica. Desplaza el primer metacarpiano hacia delante y hacia fuera, siendo, por tanto, abductor del pulgar, pero sobre todo flexor del primer metacarpiano.

El extensor corto del pulgar realiza la extensión de la primera falange.

El extensor largo del pulgar es el extensor de la segunda falange del pulgar sobre la primera y extensor de la primera falange sobre el primer metacarpiano.

El flexor largo propio del pulgar es realmente flexor de la tercera falange sobre la primera, desempeñando un papel insustituible en este movimiento.

0.16. Acción de los músculos intrínsecos del pulgar

El aductor del pulgar actúa sobre los tres huesos del dedo. Sobre el primer metacarpiano, su acción depende de la posición en que se encuentre, así es aductor cuando el primer metacarpiano está en abducción máxima. Es abductor cuando el primer metacarpiano está en aducción máxima. Es antepulsor cuando el primer metacarpiano está en retroimpulsión máxima.

La primera falange realiza la flexión, inclinación cubital y rotación axial externa.

Sobre la segunda falange, realiza la extensión, ya que sus inserciones terminales son comunes con las del primer interóseo.

El primer interóseo palmar realiza la aducción, flexión de la primera falange y extensión de la segunda.

El oponente del pulgar desempeña un papel estabilizador de la mano, ya que posee acciones simétricas a las del oponente del meñique, como son flexión del primer metacarpiano, aducción del primer metacarpiano al segundo y rotación axial en el sentido de la pronación.

El abductor corto del pulgar tiene múltiples funciones, aducción y antepulsión del primer metacarpiano sobre el carpo, flexor de la primera falange con inclinación externa y rotación axial, y es también extensor de la segunda falange sobre la primera.

El flexor corto del pulgar es flexor de la primera falange sobre el metacarpiano, pero a su vez su acción de aducción y rotación axial son muy marcadas.

0.17. Movimientos de oposición del pulgar

La función primordial de la mano es la presión y esto se hace por el dedo pulgar que se opone a los demás dedos, de esto resulta que se coordinen varios movimientos como lo son: la antepulsión, aducción, rotación axial. Debido a la rotación, el dedo pulgar se coloca a en una posición intermedia frente al dedo índice, lo que termina en oposición máxima contactando con el dedo meñique. El dedo pulgar en pocas palabras es el más importante de todos, ya que con él tenemos la movilidad, es eficaz y se tiene fuerza, la capacidad de oposición a los demás dedos.

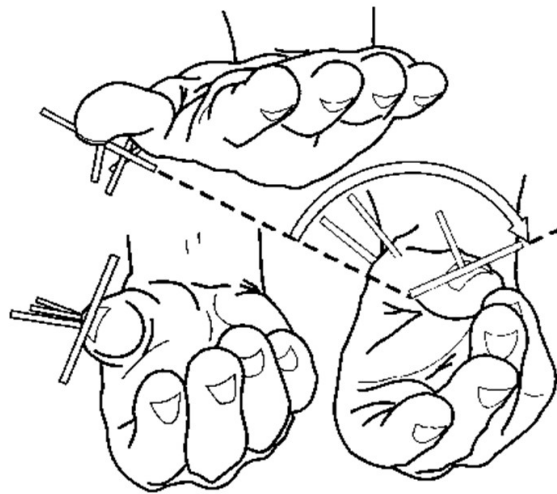


Figura 6: Movimientos de oposición del pulgar

0.18. Funciones de la mano

La mano reparte las modalidades que tiene de fuerza, una es en la que los dedos sostienen los objetos contra la palma y la otra es donde los dedos hacen todo sin alguna participación de la palma. Con lo dicho anteriormente, la oposición que ejerce el dedo pulgar es fundamental para la precisión terminal (Fig.7 A) que se usa para tomar objetos muy pequeños en donde la mano debe tener un perfecto estado, tomando en cuenta las articulaciones como los ligamentos o tendones. La prensión subterminal (Fig.7 B) que se maneja para objetos de mediano tamaño como lo son lápices, plumas, monedas, etc.; en este caso es importante que la sensibilidad del dedo pulgar esté conservada. La prensión lateral (Fig.7 C) de los dedos es más desmedida que las que hemos visto, pero es fuerte y eficaz. Se usa al momento poner la llave para abrir una puerta en caso de una amputación en que sustituye una de las modalidades es el pulgar. La prensión digitoplamar completa (Fig.7 D), se refiere a la participación de todos los dedos de la mano, sus funcionalidades son como: fuerza, capaz de levantar objetos pesados, aquí también la muñeca participa, capaz

de hacer el movimiento cuando se juega tenis. La prensión digitoplamar incompleta(Fig.7 E) a diferencia de la anterior, aquí el dedo pulgar es el único que no participa, aquí es empleada para objetos de tamaño reducido como: mover una palanca, el volante del carro, etc. La prensión laterolateral de los dedos(Fig.7 F) es una modalidad donde interviene el dedo índice y el medio en donde solo es para sujetar objetos pequeños y livianos como los es agarrar un cigarro, jugar con un lápiz. Aquí el dedo pulgar no tiene alguna participación. No maneja fuerza, ni ocupa presión. Para que la mano tenga un funcionamiento normal, la fuerza de presión debe adaptarse a los objetos, ya sea por su peso, fragilidad, superficie, etc.

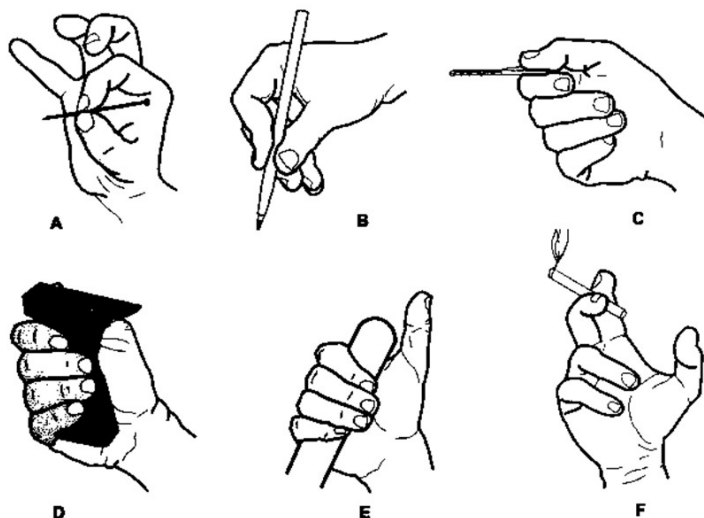


Figura 7: Modalidades de Prensión

0.19. Posición Funcional de la mano

Nos referimos donde la muñeca está extendida con una inclinación leve, los dedos ligeramente flexionados y el pulgar a 40° de antipulsión y a 20° de abducción. Es imprescindible tenerla presente en el momento de inmovilizar una mano después de un accidente, en los casos graves se puede prevenir una anquilosis articular, esto para que se pueda obtener una mano útil con la ayuda de las articulaciones que se tengan funcionales.



Figura 8: Posición de la mano