

# Ensayo

## Capítulo 11. Biomecánica de la mano

Susana Rubio Medina ——— Jesús Martínez García  
Karla Garbiela Torres García ——— Alan Alexis Arzate Gómez  
Kevin Francisco Rojas Robles ——— Eduardo Antonio Flores Ramirez

15 de octubre de 2022

### 1. Introducción

En este ensayo hablaremos sobre el capítulo 11 del libro "Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor", el cual nos habla sobre la biomecánica de la mano, es un capítulo muy interesante ya que nos es de mucha ayuda para la elaboración de nuestra prótesis de dedo, podremos entender un poco mejor cuáles son los factores que hay que tomar en cuenta además de analizar los movimientos básicos que debería de tener una mano.

### 2. Biomecánica de la mano

La mano es una de las partes del cuerpo que le ha permitido al ser humano lograr muchas de las cosas que ha hecho hasta ahora, sin ellas nos sería difícil crear, medir, sentir, etc... Este capítulo hace énfasis precisamente en eso, la importancia de la mecánica de la mano y cómo es que podemos analizarla desde el punto de vista de la ingeniería.

### 3. Ejes de los dedos

Dependiendo de la posición de la mano, los ejes que pasan sobre cada uno de los dedos cambia su orientación, por ejemplo, con la mano abierta, dedos extendidos y juntos, podemos ver que los ejes no llegan a ser paralelos entre sí ya que tienen una pequeña inclinación, cada posición de la mano modificará la orientación de los ejes, esto es interesante ya que podemos empezar a hacer cálculos a partir de dichos ejes.

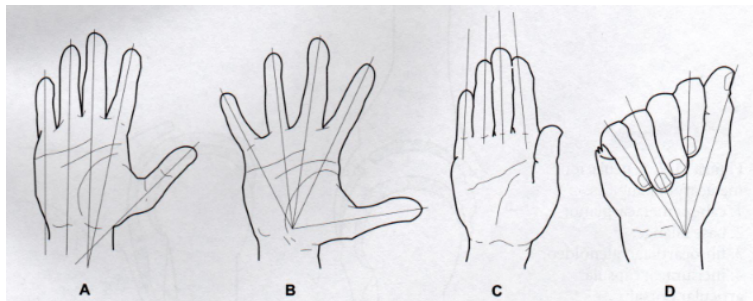


Figura 1: Ejes de los dedos

## 4. Articulaciones metacarpofalángicas

Estas articulaciones nos permiten movimientos de flexoextensión, palmar y dorsal, abducción y aducción y otros pequeños movimientos de rotación. Las flexiones que realizan estas articulaciones pueden llegar hasta los  $90^\circ$ . El dedo índice es el que posee mayor amplitud de movimientos de abducción y aducción que pueden llegar hasta los  $30^\circ$  independientemente de los demás dedos. Como podemos ver, las articulaciones metacarpofalángicas son de suma importancia para el movimiento de los dedos, por lo que es interesante analizarlas y estudiarlas para la posible aplicación dentro de nuestro proyecto.

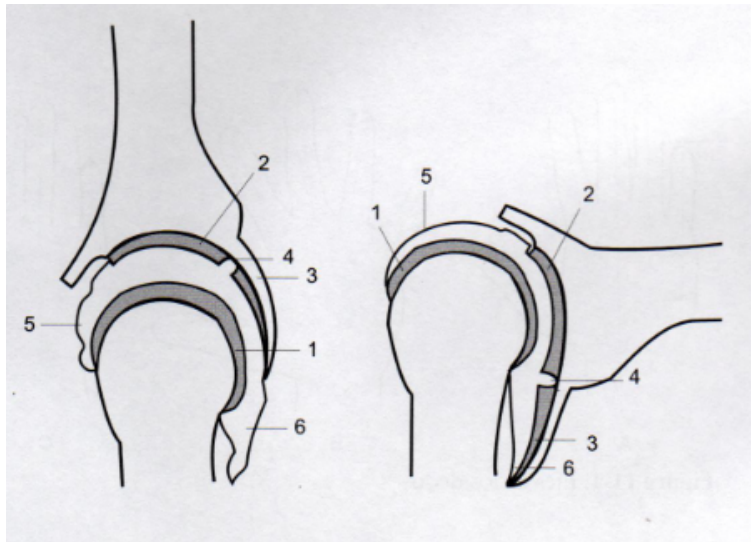


Figura 2: Articulaciones metacarpofalángicas

## 5. Articulaciones interfalángicas

Este tipo de articulaciones solo permiten movimiento de tipo flexoextensión. La flexión activa de las articulaciones interfalángicas proximales proximales sobrepasa los  $90^\circ$ . Estas articulaciones las podemos encontrar a lo largo de los dedos, a mi parecer, son las más interesantes de analizar ya que al enfocarnos precisamente en el dedo índice nos vamos a topar con que tenemos que lograr un movimiento muy parecido al de estas articulaciones. También tienen movimientos de lateralidad que alcanzan los  $5^\circ$ , estos movimientos serían difíciles de implementar a nuestra prótesis ya que tendríamos que agregar posiblemente otro motor.

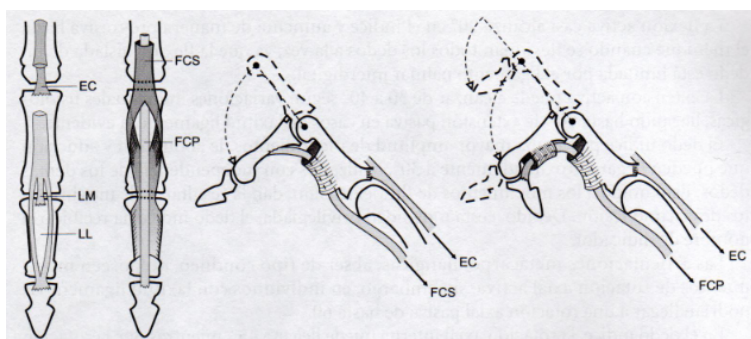


Figura 3: Articulaciones interfalángicas

## 6. Tendones de los músculos flexores y extensores 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 metacarpofalángicas. Los músculos de los tendones flexores de los dedos se originan en la epitróclea humeral y se dirigen hacia la cara palmar.

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.

Estos músculos son los que le proporcionan solidez a toda la estructura del dedo además, obviamente de los huesos, ya que le proporcionan la fuerza necesaria para mantener una posición estable y poder realizar los esfuerzos que necesite en el día a día.

## 7. Acción de los músculos interóseos y lumbricales

La función principal de los músculos interóseos y lumbricales es la de realizar movimientos hacia los lados y la de extensión del dedo. Desde el punto de vista de la biomecánica se muestra interés en la complejidad de funcionamiento en la acción de flexo extensión ya que esta es la función primordial de la mano como tal. La acción de extensión de los dedos se puede ejercer gracias a la combinación de sinergia-antagonismo entre el extensor común de los dedos, interóseos, lumbricales y flexor común superficial.

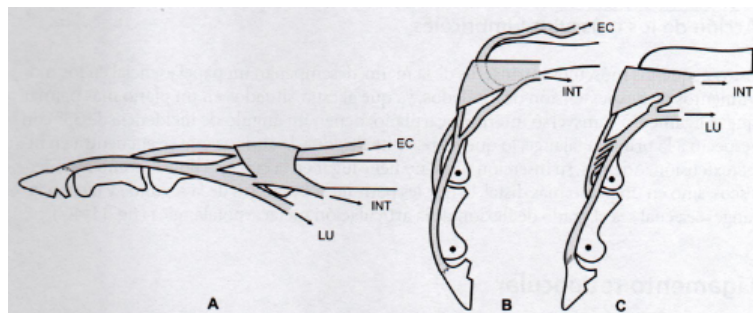


Figura 4: Acción de los músculos interóseos y lumbricales

**Acción del extensor común** El extensor común de los dedos es el extensor de la primera falange y esta solo actúa sobre la segunda y la tercera solo cuando la muñeca está en flexión.

**Acción de los músculos interóseos** Los músculos interóseos son flexores de la primera falange y extensores de la segunda y tercera falange, cuando la articulación metacarpofalángica está en extensión la cubierta dorsal de los interóseos se sitúa en el dorso del cuello del primer metacarpo de forma que los músculos interóseos puedan tensar las expansiones laterales y así poder extender la segunda y tercera falanges.

**Acción de los músculos lumbricales** Tienen uno de los papeles fundamentales para el movimiento de flexoextensión de los dedos puesto que por su ubicación tiene un ángulo de incidencia de 35 grados con respecto a la primera falange.

## 8. Ligamento retinacular

Este ligamento se encuentra en los lados de la articulación interfalángica proximal y no cuenta con alguna conexión con esta. La articulación interfalángica tensa al ligamento, lo que provoca una extensión en la articulación distal en la mitad del recorrido. La tensión que se produce, es responsable de deformidades en la articulación interfalángica.

## 9. Músculos de la eminencia hipotenar

En la eminencia hipotenar se pueden encontrar tres músculos; el oponente, el flexor corto y el aductor, los cuales actúan en el dedo meñique.

## 10. Articulación trapeziometacarpiana

La articulación trapeziometacarpiana tiene gran movilidad, que obedece a su configuración multiplanar única. Consta de cuatro facetas articulares que se articulan con el primer metacarpiano, segundo metacarpiano, escafoides y trapezoide. Igualmente tiene una gran cantidad de ligamentos intracapsulares y extracapsulares. El ligamento oblicuo anterior, el intermetacarpiano y el oblicuo posterior, son los que más aportan en la estabilidad de la articulación trapeziometacarpiana.

Los movimientos que realiza el pulgar por esta articulación son de antepulsión y retropulsión; los cuales consisten en que el pulgar se sitúe por encima de la palma de la mano en la antepulsión y a nivel plano de la palma en la retropulsión. También encontramos movimientos de aducción el cual en el primer metacarpiano se dirige hacia abajo acercando el pulgar a la mano; y movimientos de abducción el cual consisten en dirigir el primer metacarpiano hacia arriba, separando de la mano el pugar.

## 11. Articulación metacarpofalángica del pulgar

Unión que se forma entre la superficie articular de la base de cada falange proximal con la cabeza de los metacarpianos. Por lo tanto, en cada mano podemos localizar 5 articulaciones de este tipo. Ya que es una unión que es capaz de moverse en tres planos diferentes, está capacitada para moverse en todas las direcciones.

## 12. Articulaciones interfalángicas del pulgar

Son articulaciones de tipo troclear con flexión limitada y una extensión activa de aproximadamente de  $5^\circ$  a  $10^\circ$  que se comportan como una bisagra debido a que los ligamentos colaterales y mediales son fijados radialmente, de manera que no permiten la desviación medial y lateral en la articulación, ni en flexión ni en extensión.

- **El oponente:** Realiza un movimiento de flexión y rotación alrededor de su eje en dirección al dedo pulgar.
- **El flexor corto:** Flexiona la primera falange, al igual que separa el dedo meñique de la mano.
- **El aductor:** Realiza lo mismo que el flexor corto. Son también flexores de la primera falange y extensores de la segunda y tercera.

## 13. Acción de los músculos extrínsecos del pulgar

Debido a los movimientos del pulgar, este lo convierte en el dedo mas importante de la mano. ¿Por qué? Por que este dedo a diferencia los otros 4, realiza movimiento opuestos al de los dedos de la mano, haciendo un movimiento de “pinza” donde puede la mano sujetar cosas y realizar diversas acciones. Estos movimientos del pulgar son posibles ya que cuenta 3 huesos que son el metacarpiano, falange proximal y distal. Estos a su vez son accionado por movimientos intrínsecos y extrínsecos de los músculos de dicho dedo. En el movimiento extrínseco, el abductor largo desplaza el metacarpiano hacia delante y hacia fuera, siendo el aductor del pulgar, y sobre todo flexor del primer metacarpiano. En los músculos extrínsecos tambien se cuenta con flexores cortos y largos. El flexor corto es el aductor del pulgar mientras que el flexor largo es aductor y extensor del primer metacarpiano. Además, el flexor largo es el flexor de la tercera falange sobre la primera.

## 14. Acción de los músculos intrínsecos del pulgar

En el movimiento intrínseco, el abductor del pulgar actúa sobre los 3 huesos del dedo. Siendo antepulsor o repulsor dependiendo del movimiento del metacarpiano, mientras que en la primera falange realiza flexión, inclinación cubital y rotación axial externa, sobre la segunda la extensión. El oponente del pulgar desempeña un papel importante para la estabilización de la mano. El abductor corto, tiene múltiples funciones como la aducción y antepulsión del primer metacarpiano. El flexor corto es el flexor de la primera falange, y cuenta con la acción de aducción y rotación axial.

## 15. Movimientos de oposición del pulgar

La función primordial de la mano es la de la prensión. Esto se hace por la capacidad del pulgar de actuar como una fuerte pinza contra los otros dedos, con igual fuerza desde el dedo índice al meñique, gracias a los movimientos coordinados de los músculos distales y al desplazamiento del cúbito de los dedos en flexión, que ayuda a que su eje se mueva hacia la yema del pulgar. La resistencia del pulgar implica la coordinación de varias acciones, como la extensión y aducción del primer metacarpiano y la rotación axial del primer metacarpiano y la primera falange. Como resultado de este movimiento de rotación axial, el pulgar comienza en la posición inicial de máxima extensión, la palma está muy abierta, a medio camino por delante del dedo índice, y termina en la posición relativa máxima tocando el dedo meñique. Si miramos el plano de la uña, veremos que el pulgar está girado entre  $90^\circ$  y  $120^\circ$ . Como conclusión el pulgar cuenta con múltiples movimientos en sus músculos bastante importantes para la función mecánica de la mano a la hora de hacer movimientos en el día a día. Algo tan simple como tomar una manzana sería cosa muy complicada de no ser por el pulgar, por eso el pulgar junto al meñique son dedos de suma importancia, que, en caso de perderlos sería necesario crear prótesis muy bien diseñadas para sustituir la función de estos dedos. El pulgar para tomar cosas y el meñique para darle fuerza a la mano.

## 16. Funciones de la mano

Existen varias formas de prensión en una mano, que se reparten entre las modalidades de fuerza en las que los dedos mantienen los objetos contra la palma de la mano, y las modalidades de precisión realizadas por los dedos con o sin la participación de la palma de la mano.

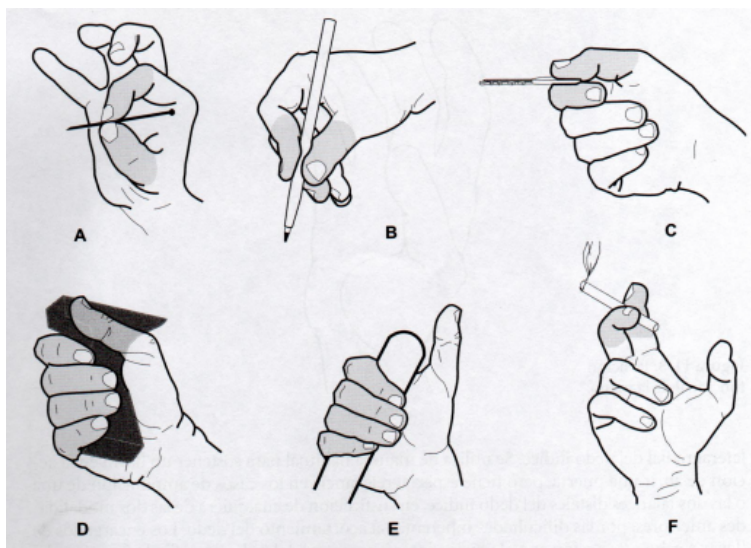


Figura 5: Modalidades de presión

En la figura A se muestra la prensión terminal de los dedos se realiza por la oposición del pulpejo del dedo pulgar

con la punta de los demás dedos, sobre todo el dedo índice o en su defecto el dedo medio.

En la figura B se muestra la prensión subterminal de los dedos, donde se lleva a cabo por la oposición del pulgar con cualquiera de los demás dedos, a través de la cara palmar del pulpejo.

En la figura C se muestra la prensión subterminal lateral de los dedos es más grosera que las anteriores, pero es fuerte y eficaz.

En la figura D se muestra la prensión digitopalmar completa, es decir, con participación de todos los dedos incluido el pulgar en oposición hacia la palma de la mano.

En la figura E se muestra la prensión digitopalmar incompleta en la que participan todos los dedos en oposición a la palma de la mano, excepto el dedo pulgar, es también una modalidad de fuerza, pero no es tan sólida como la anterior ya que los objetos más pesados pueden escapar en la dirección de la muñeca.

En la figura F se muestra la prensión laterolateral de los dedos, es una modalidad accesorio que en general se realiza entre el dedo índice y el medio para sostener objetos pequeños y livianos.

## Referencias

- [1] Antonio Viladot Voegeli. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. 2000.