

Ensayo de la biomecánica de la mano

Mauricio Martinez Tovar
Monica Rangel Guerra

Diego Alexis Limón Báez
Idalia Rivera Del Angel

Alan Magdiel Villa Herrera
Adrian Isaac Gomez Ocon

14 de octubre de 2022

En el presente ensayo se pretende conocer la biomecánica de la mano y lo referente a cada uno de los subtemas que se ramifican de ella. Hablando de la mano en sí, desde tiempos remotos el ser humano se ha servido de sus manos para evolucionar y dominar a todas las especies del mundo. La mano además de actuar como una pinza nos sirve para explorar y entender el mundo espacial en el cual nos encontramos, por no decir que es un órgano con una relación cerebro mano que la brinda de una precisión excepcional.

Ejes de los dedos

Los ejes de los dedos varían según tengamos posicionada nuestra mano, variando la distancia entre los mismos. Por ello si la mantenemos en su posición neutral natural, veremos que el eje de referencia será el dedo medio con respecto a la aproximación de los dedos restantes. Si se trata de separar los más posible un dedo de otro el eje convergerá al final de la palma de la mano en un punto llamado tubérculo del escafoide. Si juntamos los dedos lo más que se pueda veremos que sus ejes independientes convergen en algún punto debido a que la base de cada dedo es más ancha que la punta. Y por último si cerramos el puño con los dedos extendidos los ejes se juntarán por debajo de la palma, donde empieza la muñeca; esta posición permite el correcto agarre de pinza del cual el ser humano se ha valido toda la vida.

Posición funcional de la mano

La adecuada posición funcional de la mano nos es fundamental conocer, debido a que al tratar un traumatismo se debe de inmovilizar en dicha posición. Esta postura es aquella donde la mano esta levemente extendida y con una pequeña inclinación curvada, y los dedos están ligeramente flexionados

En los dedos tenemos varias articulaciones, las cuales son los puntos donde se unen dos o más huesos y permiten la movilidad de estos. Las en los dedos pueden agruparse en dos categorías diferentes.

Tendones de los músculos flexores y extensores de los dedos

El flexor común superficial se encuentra en la segunda falange, no tiene repercusión de la tercera falange y solo repercute en la primera una vez que la segunda esté completamente flexionada. El flexor común profundo se inserta en la base tercera falange por ello es el único encargado de su flexión, esto provoca que la segunda Falange se flexione también. El extensor propio del meñique y del indice permite que tengan extensión aislada, es decir que si tenemos en flexión todos los dedos menos el indice o/y meñique veremos se pueden extender libremente. El extensor común que poseemos en los dedos actúa únicamente en la primera falange independientemente de la posición de la muñeca y realiza la expansión profunda del tendón.

Funciones de la mano

La mano tiene varias funciones, entre las más importantes la de tocar y de prensión. La posición de los dedos permite adaptarse a la forma de los objetos, los cuales podemos sujetar de diferentes maneras. La prension terminal de los dedos se lleva a cabo por la yema del pulgar contra las puntas de los otros dedos y funciona como una pinza de precisión para agarrar objetos muy pequeños. La prension subterminal de los dedos se lleva a cabo por la oposición del pulgar con cualquiera de los otros dedos, también funciona como una pinza de precisión para manipular objetos de tamaño medio. La presión subterminal lateral de los dedos es más gruesa que la delantera, pero fuerte y eficaz, es especialmente importante en los casos en los que se ha amputado una de las dos falanges distales del dedo

índice. La prensión digitopalmar completa es la mejor forma de fuerza, capaz de agarrar o levantar los objetos más pesados y en ocasiones con ayuda de la posición de la muñeca. La prensión laterolateral de los dedos es una técnica de asistencia que utilizamos para sujetar objetos pequeños y livianos, no es una técnica de fuerza o presión. La información sensorial precisa y continua de la mano es esencial para garantizar que los objetos no se nos escapen, pero a su vez evitar un exceso de potencia en la garra digitopalmar.

Articulaciones metacarpofalángicas

Este tipo de articulaciones son de tipo condíleo lo que indica que uno de los huesos tiene una terminación redondeada, mientras que el otro hueso tiene un hueco donde encaja el hueso redondeado, este tipo de articulaciones permiten varios tipos de movimiento como el de flexo extensión, palmar y dorsal, entre otros. En esta articulación veremos que la cabeza del metacarpiano que es el hueso redondeado tiene un área mucho mayor a la del hueco cóncavo del otro hueso, por lo que para que este pueda tener estabilidad se tiene también un fibrocartílago glenoideo que funciona como un tipo de bisagra y mejora la estabilidad debido al aumento de la superficie de contacto. Así también se tienen ligamentos laterales que se tensan al realizar un movimiento de flexión que impiden que la articulación se mueva lateralmente al flexionar el dedo. Esta articulación permite que al flexionar se alcancen los 90° en el índice y un poco más en los demás dedo, mientras que en la extensión se puede llegar de 30 a 40° . Este tipo de articulación no tiene movimientos de rotación axial activa, esto quiere decir que no podemos girar nuestro dedo sobre su propio eje, al menos no sin ayuda externa.

Articulaciones interfalángicas.

Estas son articulaciones del tipo troclear, lo cual indica que permiten la extensión y flexión en un solo eje. En estas articulaciones también tenemos que el área de la primera falange es mayor a la ase de la segundo por lo cual también se presenta el fibrocartílago glenoideo que cumple la misma función que en las articulaciones metacarpofalángicas. En la primera falange se tiene una forma de polea y en la segunda se tiene tienen dos cavidades glenoideas, después se tienen ligamentos laterales que al flexionar se tensan para proporcionar un apoyo a la falange y evitar los movimientos laterales. Estas articulaciones en el caso de las interfalángicas proximales al flexionarse sobrepasan los 90° llegando a ser de hasta 135° en el meñique, mientras que en las distales es inferior a 90° . Por otro lado en la extensión se tiene una extensión casi nula al igual que los movimientos laterales.

Acción de los músculos interóseos y lumbricales

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 son los responsables de la separación de los dedos. Cuando se aleja del eje de la mano determinan la aproximación de los dedos.

La acción de la flexoextensión de los dedos es de las más importantes vista desde la biomecánica, ya que de su complejidad depende la función principal de la mano que es la de prensión.

La extensión de los dedos se realiza mediante la acción combinada de sinergia-antagonismo entre el extensor común de los dedos, interóseos, lumbricales y flexor común superficial.

- Acción del extensor común:
El extensor común de los primeros 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.
- 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.
- 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, tiene un ángulo de incidencia de 35° con respecto a la primera falange, lo que les permite flexionarla aunque esta se encuentre en hiperextensión.

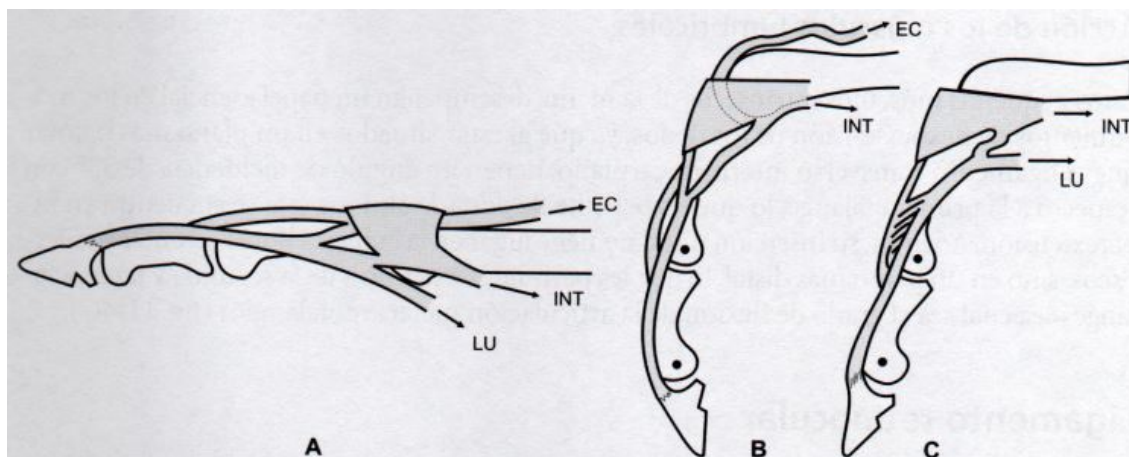


Figura 1: Acción de los músculos interóseos y lumbricales. EC: extensor común; INT: interóseo; LU: lumbricales.

Articulación trapeziometacarpiana

En el pulgar se aplica el 60 por ciento de la fuerza prensil de la mano. La articulación del pulgar que con mayor frecuencia está afectada de artrosis es la trapeziometacarpiana. Sin embargo la articulación trapeziometacarpiana tiene gran movilidad y este consta de cuatro facetas articulares que se articulan con el primer metacarpiano, segundo metacarpiano, escafoide y trapezoide. Igualmente tiene una gran cantidad de ligamentos intracapsulares y extracapsulares. El lado dorsal y radial de la articulación soporta alta carga; por otra parte, el ligamento oblicuo anterior, el intermetacarpiano y el oblicuo posterior, son los que más aportan en la estabilidad de la articulación trapeziometacarpiana. Con la edad va disminuyendo la tensión de estos y participan en la fisiopatología de la artrosis trapeziometacarpiana. La artrosis trapeziometacarpiana se puede clasificar radiológicamente según la descripción de Eaton y Littler, y se estadifica de acuerdo con los cambios que presenta:

- Estado I: el espacio articular se encuentra aumentado por sinovitis.
- Estado II: disminución del espacio en la parte media de la articulación, se desarrollan osteofitos marginales menores de 2 mm.
- Estado III: pérdida de altura con esclerosis; hay destrucción de cartílago y grandes osteofitos mayores de 2 mm.
- Estado IV: similar al estado III pero asociado con artrosis de la articulación entre el escafoide y el trapezio.

Ligamento retinacular

Se encuentra a cada lado de la articulación interfalángica proximal; no consta de ninguna conexión muscular. Este se inserta en la cara palmar de la primera falange y se dirige a las cintilla laterales del extensor común en el dorso de la segunda falange, pasando así por delante del eje de la articulación interfalángica proximal. 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. La acción de este ligamento es responsable de la deformidad en boutonniere en las lesiones del aparato extensor a nivel de la articulación interfalángica proximal.

Músculos de la eminencia hipotenar

En la eminencia hipotenar podemos encontrar tres músculos que actúan directamente sobre el dedo meñique. Estos son:

- El oponente: Este actúa sobre el quinto metacarpiano imprimiendo un movimiento de flexión y rotación alrededor de su eje longitudinal.

- El flexor corto: flexiona la primera falange sobre el primer metacarpiano, al tiempo que separa el dedo meñique del eje de la mano.
- El aductor: Este tiene casi la misma acción que el flexor corto, por lo tanto, son abductores del dedo meñique con respecto al eje de la mano. Además que son flexores de la primera falange y extensores de la segunda y tercera acción semejante a la de los interóseos dorsales.

Articulaciones metacarpofalángicas

También es conocida como la primera articulación CMC (articulaciones carpometacarpianas) es bastante diferente a las otras articulaciones CMC. La articulación carpometacarpiana del pulgar (pollex) conecta al hueso con el primer hueso metacarpiano, desempeña una función indispensable en el movimiento del pulgar. Los movimientos de la primera TMC están limitados por la forma de la articulación, por el complejo capsulo-ligamentoso que rodea la articulación y por el equilibrio entre los músculos implicados.

Los movimientos realizados por esta articulación son los comunes de flexión y extensión en el plano de la palma de la mano, la abducción y la aducción en un plano perpendicular a la palma. En el movimiento de oposición la punta del pulgar se pone en contacto con las superficies volares de los dedos ligeramente flexionados. Este movimiento se efectúa por medio de una pequeña faceta inclinada en el labio anterior de la superficie articular en forma de silla de montar del multífido mayor (trapecio). La flexión de esta articulación es producida por el flexor pollicis longus y brevis, ayudado por el opponens pollicis y el aductor pollicis. La extensión la realiza principalmente el abductor pollicis longus, asistido por los extensores pollicis longus y brevis. La aducción es realizada por el aductor; la abducción principalmente por el abductor pollicis longus y brevis, asistidos por los extensores.

Articulaciones interfalángica del pulgar

Es del tipo troclear como el resto de las articulaciones interfalángicas su flexión es limitada, la extensión activa es de 5 a 10°. Estas falanges solo son capaces de flexión y extensión de las articulaciones interfalángicas proximales. Solamente el músculo flexor superficial de los dedos se inserta directamente en los lados de las falanges medias, produciendo flexión a nivel de las articulaciones interfalángicas proximales. Otras contribuciones provienen de la acción de los músculos anteriormente mencionados; los extensores del antebrazo, el grupo de músculos del metacarpo, los músculos tenares y los hipotenares. La flexión y la extensión se transfieren a las falanges medias debido a la acción directa de estos músculos en las falanges proximales, o a través de la expansión extensora de los dedos de la mano.

Las falanges distales son capaces de producir movimientos de flexión y extensión a nivel de las articulaciones interfalángicas distales. Dos músculos extensores y un músculo flexor del antebrazo se insertan directamente en las bases de las falanges distales, facilitando y permitiendo dichos movimientos. Estos músculos son el flexor profundo de los dedos, el flexor largo del pulgar y el extensor largo del pulgar. Estos cumplen su función sobre las falanges proximales y medias, pero también actúan indirectamente sobre las falanges distales a través de la expansión extensora de los dedos de la mano.

Acción de los músculos intrínsecos del pulgar

Los músculos intrínsecos de la mano mueven los dedos, complementando a los músculos flexores y extensores largos del antebrazo que también mueven los dedos. Dos grupos de músculos se encuentran más superficiales.

- Eminencia tenar:
un cono de tres músculos tenares en la base del pulgar
- Eminencia hipotenar:
un cono de tres músculos hipotenares en la base del dedo meñique

Los músculos intrínsecos más profundos están compuestos de las siguientes partes. El abductor del pulgar el cual es profundo en la palma, aduce al pulgar. Lubricales: cuatro pequeños músculos que se insertan en los tendones del flexor profundo de los dedos. El abductor del pulgar tiene control sobre tres huesos del dedo pulgar, en el primer metacarpiano la acción del abductor depende de la posición que se encuentre, así es aductor cuando el primer metacarpiano está en retropulsión máxima. El primer interoseo palmar realiza la abducción, flexión de la primera falange y extensión de la segunda.

Entre las funciones mas importantes del abductor del pulgar se encuentra que la de abducción y antepulsión del primer metacarpiano sobre el carpo, flexor de la primera falange con la inclinación extrema y rotación axial, y es también extensor de la segunda falange sobre la primera.

Acción de los músculos extrínsecos del pulgar

El pulgar, tiene un flexor largo, un abductor largo y dos extensores, uno largo y otro corto. Su tendón cruza a través del túnel del carpo junto con los flexores de los dedos. Aquí está emergiendo el tendón del flexor del pulgar. Este entra por la vaina flexora fibrosa del pulgar y se inserta en la base de la falange distal. El flexor largo del pulgar flexiona ambas articulaciones MF y las articulaciones IF del pulgar.

Los músculos extrínsecos del pulgar son los siguientes:

- Abductor largo del pulgar
- Extensor corto del pulgar
- Extensor largo del pulgar

Movimientos de oposición del pulgar

Anatómica y fisiológicamente considerado el pulgar es la mitad de la mano. Sin el pulgar no hay pinza y sin la pinza pierde la mano la inmensa mayoría de sus maravillosas posibilidades. En realidad el pulgar es más de la mitad de la mano porque sin él no hay creación, es decir, no hay posibilidad de trabajos finos y delicados.

La oposición del pulgar es el movimiento mediante el cual el pulpejo de este dedo se opone al pulpejo de los cuatro últimos dedos. En la posición de descanso el pulgar esta en actitud de semipronación, formando con la palma de la mano un ángulo de unos setenta grados y separados los dos metacarpianos 1 y 2 de tal manera que hay siempre una distancia apreciable entre ambos.

La oposición es una actitud compleja en la que intervienen los nervios mediano, radial y cubital y casi todas los músculos y tendones de la mano. Mediante la oposición se obtiene una resultante que tiende mas a la fijación que al movimiento.

La oposición del pulgar resulta de la coordinación de varios movimientos como lo son la antepulsión y abducción del primer metacarpiano, junto con la rotación axial del primer metacarpiano y de la primera falange. El dedo pulgar es el mas importante de la mano gracias a su movilidad y a su fuerza, pero sobre todo por su capacidad irremplazable de oponerse a cada uno de los demas dedos por igual y a la palma de la mano.

para finalizar podemos decir que gracias a este ensayo pudimos aprender un poco más a fondo sobre el funcionamiento del dedo y pudimos conocer las diferentes partes que conforman la mano. Pudimos aprender sobre los diferentes huesos de la mano y sobre las formas que estos tienen que les permiten encajar correctamente en la articulación para así permitir el movimiento y a la vez dar estabilidad. Esto nos será de gran ayuda en nuestro proyecto final, ya que podremos crear nuestro diseño basándonos en la estructura de los huesos de la mano, sumado a esto también aprendimos sobre el funcionamiento de los tendones y músculos de la mano y como es que estos interactúan con los huesos para dar la movilidad a la mano, con esta información podremos crear los mecanismos necesarios para dar movimiento a nuestra prótesis. También pudimos ver un poco sobre las limitaciones que tienen las articulaciones, sobre los grados que estos se pueden flexionar y sobre que tipos de movimientos permiten, por lo que basándonos en esto podemos diseñar nuestra prótesis para que se comporte de una forma parecida a un dedo real.