

Investigación del diseño de prótesis

Montserrat Granados Salinas, César Alonso Cantú Espinosa, Lucía Reneé Lara Murrieta
Gerardo Manuel Garza López, Sebastian Bustamante Lara, Enrique Sebastián Robles Reyes
Jesus Adrián Tapia Hernández, Alejandro Cruz González, Carlos Esteban García Davila

30 de agosto de 2022

Resumen

A lo largo de este documento se exponen diversas definiciones sobre el concepto de prótesis, la funcionalidad de este tipo de procedimiento o aparatos, los diversos tipos que existen, el tipo de clasificación en los cuales se categorizan y un breve recuento histórico de sus inicios hasta los retos modernos. A pesar del enfoque general que se le puede llegar a dar en un inicio al tema y al concepto de la investigación, nos enfocaremos principalmente en el diseño mecánico y cosmético de las prótesis de manos y manos robóticas, así como el desarrollo tecnológico y el entendimiento de la biomecánica del cuerpo, de igual manera, se verán las clasificaciones en este tipo de prótesis.

1. Introducción

Se presentará una breve investigación acerca de las prótesis, pero inclinándose al ámbito de desarrollo de estas mismas, presentando un poco de historia, de procesos y mostrando los diferentes avances que se encuentran en el mercado en la actualidad.

2. Desarrollo

¿Qué es una prótesis?

Una prótesis es un sustituto artificial de una parte del cuerpo faltante (tanto en singular como en plural; se llama prótesis). En ocasiones, se debe extirpar una parte del cuerpo si se encuentra cáncer en ella. Además, a veces recibir tratamiento podría resultar en la caída del cabello. En cualquier caso, se puede usar una prótesis para ayudar con la apariencia después de una cirugía u otro tratamiento para el cáncer. Esto puede ayudar a que una persona luzca como si la parte del cuerpo nunca hubiera sido extirpada o como si esa caída del cabello no hubiera ocurrido. Además, ayuda a que la persona se sienta mejor y funcione lo más naturalmente posible.

Tipos de prótesis

Existen muchos tipos diferentes de prótesis. Algunas se usan por fuera del cuerpo y pueden ponerse y quitarse (prótesis externas) y otras se insertan durante una cirugía (implantes). Prótesis de extremidades (pierna, brazo, mano, pie). Los límites físicos y de actividad son los cambios más importantes que se deben sobrellevar después de la extirpación de una parte o la totalidad de una extremidad (amputación). El tipo de prótesis que podría necesitarse después de la cirugía depende del tipo, la etapa y la ubicación del cáncer, cualquier tratamiento adicional que pueda necesitarse, el estilo de vida y las preferencias del paciente.

- Antes de la cirugía que afectará una extremidad (brazo, pierna, pie o mano), pregunte sobre las opciones de prótesis, los riesgos, los beneficios y cómo se colocará la prótesis
- A veces se puede usar o necesitar un implante óseo y fijarlo a una prótesis externa. También se puede usar la reinervación muscular dirigida (TMR). Esto puede ayudar a que la prótesis sea más estable y más fácil de controlar.

- Dependiendo de la extremidad afectada y de la cantidad que sea necesario extirpar, se puede colocar una prótesis temporal del miembro durante la primera cirugía y se puede colocar una prótesis permanente después de que esté más fuerte
- Asegúrese de saber cómo cuidar el sitio quirúrgico y la prótesis
- Pregunte a su compañía de seguro médico sobre su cobertura

Un poco de contexto histórico

Desde la época de las antiguas pirámides hasta la Primera Guerra Mundial, el campo de la protésica se ha transformado en un sofisticado ejemplo de la resolución del hombre por mejorar. La evolución de la protésica es larga y está plagada de historias, desde sus comienzos primitivos, pasando por el sofisticado presente, hasta las increíbles visiones del futuro. El largo y complejo camino hacia la pierna computarizada comenzó alrededor del año 1500 a. C. y, desde entonces, ha estado en constante evolución. Ha habido muchos perfeccionamientos desde las primeras patas de palo y los primeros ganchos de mano, y el resultado ha sido la fijación y el moldeado altamente personalizados que se encuentran en los dispositivos actuales.

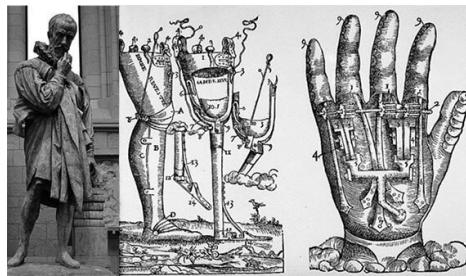


Figura 1: Simulación del mecanismo de la mano

Para la realización de este proyecto se inicia con la conceptualización de los movimientos de la mano, mencionándose la muñeca y los dedos, que son los principales actuadores y los que realizan las actividades básicas del miembro superior del ser humano.

Muñeca

Como se menciona en A. I. Kapandji, Fisionomía Articular (Sexta Edición). La muñeca, articulación distal del miembro superior, permite que la mano adopte la posición óptima para la prensión. De hecho, el complejo articular de la muñeca posee dos grados de libertad. Con la pronosupinación, rotación del antebrazo sobre su eje longitudinal, que añade un tercer grado de libertad a la muñeca, la mano se puede orientar en cualquier ángulo para coger o sujetar un objeto. El núcleo central de la muñeca es el carpo, conjunto compuesto por ocho pequeños huesos, que ha sido objeto en los últimos treinta años de muchos estudios por parte de los anatómicos, y de avances tecnológicos considerables. Asimismo, hay nociones totalmente renovadas, lo que permite entender mejor la compleja fisiología de este complejo articular desconcertante en el plano mecánico. Aunque el estudio y la comprensión de la muñeca

Flexo-Extensión

La amplitud de los movimientos se mide a partir de la posición anatómica: muñeca alineada, cara dorsal de la mano en la prolongación de la cara posterior del antebrazo. La amplitud de la flexión activa es de 85° , es decir, que apenas alcanza los 90° (fig. 2). La amplitud de la extensión, incorrectamente denominada "flexión dorsal", también es de 85° de modo que tampoco alcanza los 90° . Como en el caso de los movimientos laterales, la amplitud de los movimientos depende del grado de distensión de los ligamentos del carpo: flexo-extensión es máxima cuando la mano no está ni en abducción ni en aducción

Prono-Supinación

Se define por el conjunto de movimientos que facilitan la rotación de una parte de un miembro. La pronosupinación incluye dos movimientos: la pronación y la supinación. La pronación consiste en un movimiento del codo y del brazo con el fin de que la mano pueda volverse hacia abajo (rotación interna). En cuanto a la supinación, se caracteriza por los movimientos inversos: una rotación externa de la mano

Morfología y Anatomía De Los Dedos

La mano del hombre es una herramienta maravillosa, capaz de ejecutar innumerables acciones gracias a su función principal: la presión. La cual solo en el hombre tiene tal grado de perfección. Esto se debe a la disposición tan particular del pulgar, que se puede oponer a todos los demás dedos. Desde el punto de vista fisiológico, la mano representa la extremidad efectora del miembro superior que constituye su soporte logístico y le permite adoptar la posición más favorable para una acción determinada. Sin embargo, la mano no es solo un órgano de ejecución, también es un receptor sensorial extremadamente sensible y preciso cuyos datos son imprescindibles para su propia acción

Los Tendones De Los Músculos Flexores De Los Dedos

Los músculos flexores de los dedos, muy potentes y por lo tanto voluminosos, se localizan en el compartimiento anterior del antebrazo. El tendón más superficial, el del músculo flexor superficial de los dedos se inserta en la segunda falange, es decir proximal a la inserción del tendón del músculo flexor profundo de los dedos. Los tendones del músculo extensor de los dedos que convergen en la cara dorsal de la muñeca, están extremadamente solicitados hacia dentro hacia el borde cubital, debido al ángulo de distracción formado entre el metacarpiano y la primera falange, más acentuado en el caso del dedo índice y el dedo medio

El Pulgar

El pulgar ocupa una posición y desempeña una función aparte en la mano, puesto que es indispensable para realizar las pinzas pulgo-digitales con cada uno de los restantes dedos, y en particular con el dedo índice, y también para la constitución de una presa de fuerza con los otros cuatro dedos. También puede participar en acciones asociadas a las presas que conciernen a la propia mano. Sin el pulgar, la mano pierde la mayor parte de sus posibilidades. El pulgar debe esta función eminente, por una parte, a su localización por delante tanto de la palma de la mano como de los otros dedos (figura 11) que le permite, en el movimiento de oposición, dirigirse hacia los otros dedos, de forma aislada o global, o separarse por el movimiento de contraoposición. Por otra parte, debe su función a la gran flexibilidad funcional que le proporciona la organización tan peculiar de su columna articular y de sus motores musculares (A. I. Kapandji, Fisiología Articular, 2006).

Manos Protésicas: Solución a Diferentes Problemáticas

Según la Organización Mundial de la Salud, alrededor de tres millones de personas en el mundo han sufrido una amputación en alguna de sus extremidades superiores a lo largo de su vida. Entre todos los amputados, en cuanto a la extremidad superior se refiere a , un 65 por ciento de ellos ha sufrido una amputación transradial , es decir, se le ha amputado mano y muñeca. Este tipo de amputación es mucho más frecuente que otras como la transcarpal, la de codo o la transhumeral, pero todas éstas tienen en común que dejan al paciente imposibilitado para la realización de una gran cantidad de tareas de la vida diaria.

El factor principal que provoca el encarecimiento de las prótesis ortopédicas es tanto el material, siendo muchas veces metales de alto valor como el titanio, como el método de producción. Cada individuo es diferente, y una prótesis que se adapta perfectamente a una persona puede resultarle altamente incómoda a otra. Esto hace que el método de producción tenga que ser en su mayoría personalizado dependiendo de la persona que adquiere la prótesis, encareciendo así el producto.

Un prototipo de una prótesis de mano se divide en dos unidades principales:

- unidad mecánica, ●unidad de hardware electrónico.

Unidades mecánicas

La parte mecánica del brazo artificial se fabrica mediante impresión 3D. Después de la prueba de resistencia a la tracción, se decidió imprimir el brazo con plástico ABS. Esto nos permite obtener.

- (1) resistencia a la tracción 35–50 MPa
- (2) resistencia a la flexión 50–87 MPa
- (3) resistencia a la compresión 46–80 MPa
- (4) temperatura de autoignición 395 C.

La mano es una articulación compleja que une el brazo con la mano. Una serie de huesos diferentes permiten

el movimiento y la fuerza que necesitamos para usar nuestras manos. La anatomía de la muñeca incluye huesos, ligamentos y tendones, músculos, vasos sanguíneos y nervios. Los huesos se denominan falange distal, falange media, falange proximal, hueso metacarpiano, y la base del hueso metacarpiano, que consta de un grupo de huesos. Los dedos forman un manipulador de agarre. Cada dedo se puede representar como un manipulador en serie, donde un extremo de la cadena está fijo dentro del marco base mientras que el otro extremo está libre. En la investigación actual, usamos el mecanismo de una forma simplificada. No hay bisagra mecanismo entre las falanges distal y media. Estas dos falanges están unidas estáticamente entre sí. Con base en las simplificaciones anteriores, se diseñó y ensambló el mecanismo de articulación del dedo. Cuando el servo gira, la palanca que está conectada con el eje de salida del accionamiento se mueve conduce al movimiento del resto del mecanismo. Cada dedo se escala al tamaño individual. Después de eso se lleva a cabo el ensamblaje completo.

Vale la pena señalar que el mecanismo del pulgar es ligeramente diferente al del resto de los dedos, como las cabezas oblicuas y transversales que mueven el dedo en relación con la mano. Para realizar el movimiento del pulgar, usamos dos servos: un servo se usa para rotar el dedo a lo largo del plano de la palma, el segundo servo se usa para doblar la falange. También observe que la construcción del pulgar es diferente de su análogo anatómico. Falange distal de el pulgar está diseñado de manera similar a los otros dedos para mejorar la capacidad de agarre.

En el 95 por ciento de las prótesis modernas, el movimiento inverso lo proporciona un material elástico. En nuestro caso, el movimiento inverso lo realiza el mismo servoaccionamiento que dobla los dedos. Esta es una de las principales ventajas sobre los análogos. Esto permite obtener la fuerza no solo al doblar el dedo, sino también para el movimiento inverso.

Unidades de hardware electrónico

La parte mecánica debe estar equipada con una unidad de control que convertirá los valores del sensor EMG al voltaje de control para los servomotores. La unidad de hardware electrónico está controlada por Arduino Nano. Que no hay alimentación externa enchufe, pero en su lugar se puede conectar fácilmente directamente a los pines. La comunicación con varios dispositivos es proporcionada por las interfaces UART, I2C y SPI.

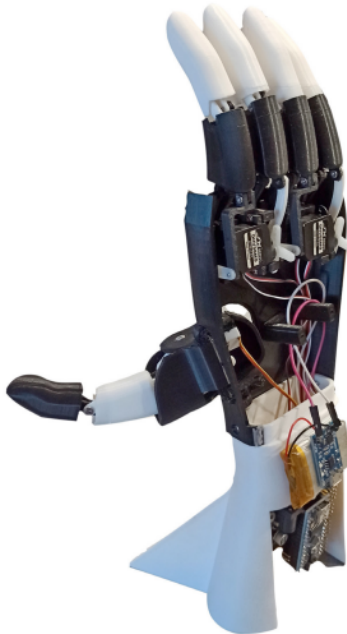


Figura 2: prototipo ensamblado

Arduino Nano tiene 8 entradas analógicas y 14 digitales. Según las especificaciones mecánicas, se debe tener en cuenta la fuerza de compresión de la mano y la fuerza de rotación en la articulación de la muñeca. Para hombres sanos típicos, estas características son de hasta 60 kg y aproximadamente 15 kg respectivamente. La prótesis moderna

”Michelangelo” permite hacer una fuerza de compresión de la mano en el mejor de los 4-5 kg. Esto se debe a los accionamientos que se utilizan en la prótesis (Belter et al., 2013). Utilizamos un reductor dentro de la mano, que aumenta la fuerza hasta 8-12 El peso total de la parte mecánica y 500 g. La prótesis es capaz de soportar hasta 30 kg y tiene articulaciones 10. El diseño de la prótesis se simplifica tanto como sea posible, para que el paciente pueda desmontar, limpiar y lubricar de forma independiente. partes de trabajo El prototipo ensamblado se muestra en la Fig. 5. Cada entrada analógica se puede utilizar como salida digital. Además, 6 entradas digitales pueden funcionar como modulador de ancho de pulso (PWM), dos más se utilizan para I2C y 3 para SPI. En el extremo opuesto de la placa desde el conector microUSB, hay un pad Arduino ISP para el firmware del microcontrolador. Las salidas PWM y los transistores ayudan a controlar la velocidad del servo, el brillo de los LED, la potencia de los calentadores y mucho más. Las entradas analógicas permiten leer datos de sensores analógicos. Salidas digitales 2 y Digital 3 se puede utilizar para interrupciones externas.

Diseño de enlace de dedo

El diseño mecánico de la mano biónica inteligente se realiza mediante el uso de bocetos a mano alzada y el software CAD de Solidworks. Cada parte requiere modelo cuidadoso con información completa y dimensiones precisas como sea posible. Cuando se trata de un espacio tan limitado, la precisión de los componentes pequeños y todas las piezas móviles son prioridades.

El dedo índice es el primer tema de todo el procedimiento de diseño. Luego se investiga visualmente la mano humana mientras se agarran y manipulan diferentes objetos. Al investigar atentamente la yema del dedo, se observa que la articulación final del nudillo gira un poco. Por lo tanto, la primera simplificación al considerar la yema del dedo como un enlace con el nudillo final fijo algo doblado.

Las manos robóticas anteriores demostraron un movimiento de dedo enlazado usando pequeños cables y poleas. El diseño complicado junto con el mantenimiento simple son las principales desventajas. Por lo general, tienen una baja eficiencia y un alto backlash (Light y Chappell, 2000).

Patrones de agarre

Los siete patrones de agarre distintos permiten que la mano protésica propuesta manipule casi todo lo que el amputado necesita para acciones diarias como comer, abrir puertas, escribir a máquina, cargar bolsas y encender las luces. El patrón de palma abierta presenta un método eficaz para manipular platos. Además, cuando la mano no está en uso, la configuración de palma abierta juega un papel importante en darle a la mano una apariencia normal y realista.

En otras actividades diarias, como presionar botones pequeños o intrincados, escribir en un teclado y presionar el timbre de una puerta, se usa el dedo índice puntiagudo. El dedo índice está en posición abierta, los otros dedos están en posición cerrada y el pulgar está en contacto con la cara lateral del dedo medio. (figura 3)



Figura 3: señalar con un dedo

La empuñadura de tecla entra en vigor cuando; el amputado quiere manejar objetos delgados como una tarjeta de crédito, un papel y una llave. Proporciona un control preciso y le permite completar tareas de varias partes, como

abrir puertas. En este patrón, cierra todos los dedos, mientras que el pulgar se encuentra con el lado índice para sostener el objeto.



Figura 4: Empuñadura de llave biónica inteligente

Las empuñaduras de precisión tienen dos configuraciones: cerrada y abierta, figura 4. En agarre cerrado, el índice toca el pulgar mientras los otros dedos están cerrados. Esta configuración proporciona un método rápido y uniforme para recoger y mover objetos diminutos, como llaves de coche, monedas y bolígrafos. En el agarre abierto, el dedo índice se agarra contra el pulgar mientras que los dedos medio, anular y meñique permanecen abiertos. La configuración ofrece otra forma útil de recoger y manipular objetos pequeños de forma rápida y precisa.



Figura 5: Empuñadura cerrada de precisión biónica inteligente

Análisis dinámico

La prótesis se ha definido como una mano de tres dedos (medio, índice y pulgar). El prototipo final llevará también los dedos anular y meñique, que seguirán fielmente los movimientos del dedo medio. Esto hará que el diseño matemático sea más simple, proporcionando sin embargo las funcionalidades básicas de una mano humana. Como se explicó anteriormente, el número total de grados de libertad es de nueve, tres por cada dedo, utilizando articulaciones rotoides en cada caso.

A. Definición del tipo de mano a modelar

El primer reto que debe ser resuelto es qué tipo de mano escoger. Esto conlleva a preguntas como:

Cuántos dedos debe tener la mano?

Cuántos grados de libertad por cada dedo?

Qué movimientos debe ser capaz de realizar?

Es de anotar que el problema tiene una particularidad especial: La mano será movida por las señales electromiográficas del brazo del paciente que ha sufrido amputación de mano, pero a partir de estas señales no es tan evidente detectar la intención de movimiento del paciente. Además, estas señales pueden variar con el estado de ánimo, o en algunos pacientes pueden estar disminuidas dado el tiempo pasado desde la ocurrencia de la respectiva lesión. Para solventar este problema en el mundo se están llevando a cabo propuestas interesantes como la de conectar directamente los captadores de movimiento a los nervios sanos del paciente (las llamadas manos cibernéticas)

3. Conclusiones

Sin lugar a dudas las prótesis han tenido un camino largo en la historia en la cuál lo importante es poner la biomecánica al servicio de los seres vivos, principalmente a la humanidad así mismo busca siempre mejorar la calidad de vida de aquellos no favorecidos. Se han tenido avances muy notables a lo largo de los años con estas tecnologías sobretodo en el campo de la medicina en cuanto a prótesis, esto ha sido de gran ayuda para muchos ya que ha mejorado la vida de ellos. Pues bien las prótesis siempre se han estado innovando con el paso de los años, algunas pueden llegar a ser costosas cómo otras lo pueden no ser, existen muchos prototipos de estos con el fin de ayudar a las personas con alguna deficiencia cómo lo es principalmente falta de extremidades, sin embargo no todas las prótesis son para uso de alguna incapacidad, algunas son de gran ayuda para levantar grandes pesos, deportistas, entre otros. Sin más se tiene en cuenta que las prótesis siempre se necesitarán y estarán en constante evolución con el paso del tiempo.

Referencias

- [1] Badawy, A. and Alfred, R. (2020). Myoelectric prosthetic hand with a proprioceptive feedback system. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 32(6):388–395.
- [2] Mendoza, S. and Duende, J. (2022). *Libro apantallante que probablemente no leíste y solo lo pusiste por poner algo*. Ediciones Tepito, 1st edition.
- [3] Unanyan, N. N. and Belov, A. A. (2021). Low-price prosthetic hand controlled by emg signals. *IFAC-PapersOnLine*, 54(13):299–304. 20th IFAC Conference on Technology, Culture, and International Stability TECIS 2021.