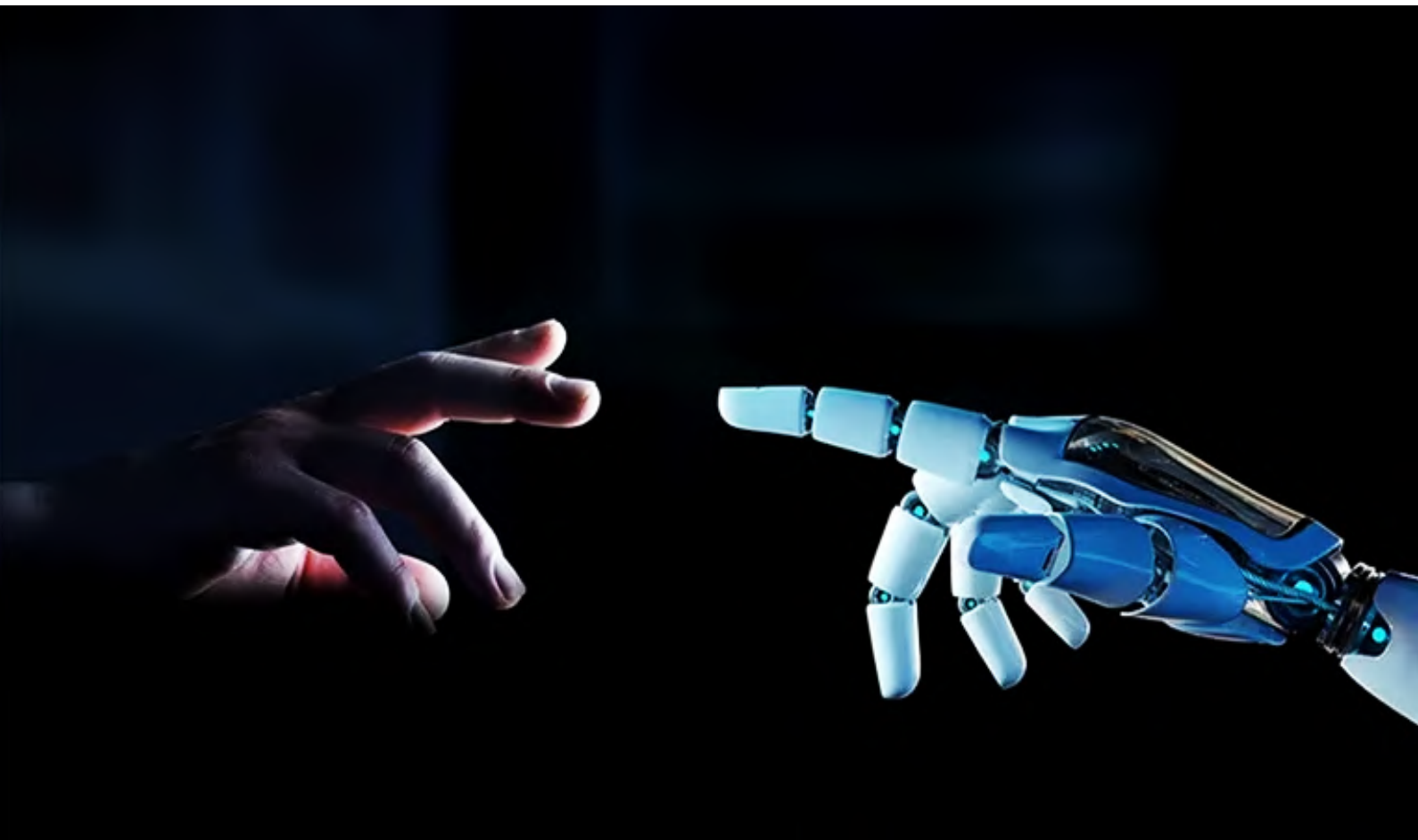


PRÒTESI MECÀNICA

Estudi general de les pròtesis funcionals i estètiques



Dirigit per Pep Pérez i Martra

2n Batxillerat, Científic - Tecnològic
IES La Garrotxa

Olot, octubre de 2023

A Kim Clavaguera Espuña, pel seu suport incondicional i per acompanyar-nos durant tot aquest ardu camí.

Aquest treball no hauria estat possible sense l'ajuda dels col·laboradors, Pol Espuche Llorens i Jan Abellan Prat. També agrair a les famílies per l'ajuda i el recolzament durant el treball. Finalment, cal destacar el suport i els consells de Pep Pérez i Martra que han estat fonamentals pel projecte.

ABSTRACT

Este trabajo de investigación aborda el estudio y desarrollo de prótesis tanto funcionales como estéticas. Se han alcanzado con éxito los objetivos propuestos al inicio, incluyendo la exploración exhaustiva de materiales y métodos de construcción, así como la creación de una prótesis funcional y otra estética que imita con precisión la mano original. Se ha confirmado la existencia del síndrome del miembro fantasma, demostrando la conexión entre la mano protésica y las sensaciones de la mano real. Se identificaron desafíos prácticos en la construcción, particularmente en la capacidad de la mano funcional para sujetar objetos de gran tamaño o peso. Además, se subraya la importancia del método de prueba y error en el proceso, permitiendo mejoras continuas. A pesar de los obstáculos encontrados, se valora el método seguido como extraordinario y se destaca el aprendizaje personal y ético derivado de la experiencia. Se concluye que, para avanzar en el campo de las prótesis, es esencial establecer nuevos objetivos y mantener un enfoque metodológico riguroso, así como fomentar la colaboración con profesionales de la salud. Se sugiere la incorporación de nuevos movimientos en prótesis funcionales y la búsqueda de mayor realismo en las estéticas. La continua experimentación y evaluación de prototipos será crucial para garantizar mejoras constantes en la calidad y eficacia de las prótesis.

Palabras clave: Prótesis, Miembro fantasma, Investigación, Desarrollo, Tecnología.

This research work addresses the study and development of both functional and aesthetic prostheses. The proposed objectives at the outset have been successfully achieved, including the comprehensive exploration of materials and construction methods, as well as the creation of a functional prosthesis and an aesthetic one that accurately mimics the original hand. The existence of the phantom limb syndrome has been confirmed, demonstrating the connection between the prosthetic hand and sensations from the real hand. Practical challenges were identified in construction, particularly in the ability of the functional hand to grasp large or heavy objects. Furthermore, the importance of the trial-and-error method in the process is emphasized, allowing for continuous improvements. Despite encountered obstacles, the method followed is valued as extraordinary, and the personal and ethical learning derived from the experience is highlighted. It is concluded that

to advance in the field of prosthetics, it is essential to set new goals and maintain a rigorous methodological approach, as well as to foster collaboration with healthcare professionals. Incorporating new movements in functional prostheses and striving for greater realism in aesthetics is suggested. Continuous experimentation and prototype evaluation will be crucial in ensuring constant enhancements in the quality and effectiveness of prostheses.

Keywords: Prosthetics, Phantom Limb, Research, Development, Technology.

ÍNDIX GENERAL

0 INTRODUCCIÓ.....	10
1 QUÈ SÓN LES PRÒTESIS, PER A QUÈ SERVEIXEN I ALTRES CONCEPTES BÀSICS.....	12
2 HISTÒRIA DE LES PRÒTESIS.....	15
2.1 Antiguitat:.....	15
2.2 Edat Mitjana:.....	17
2.3 Revolució Industrial:.....	18
2.4 Segle XX:.....	19
2.5 Dècada de 1970:.....	20
2.6 Avenços recents:.....	22
3 PRÒTESIS FUNCIONALS.....	23
3.1 Pròtesis mioelèctriques:.....	24
3.2 Pròtesis biòniques:.....	25
3.3 Pròtesis hidràuliques:.....	27
4 PRÒTESIS ESTÈTIQUES.....	28
5 MATERIALS QUE S'UTILITZEN EN LES PRÒTESIS.....	28
5.1 Metalls:.....	29
5.2 Plàstics:.....	29
5.3 Silicona:.....	30
5.4 Fibra de carboni:.....	31
5.5 Goma:.....	31
6 PARTS ON ES PODEN UTILITZAR PRÒTESIS.....	32
6.1 Cap, cara i crani:.....	32
6.1.1 Pròtesis Oculars:.....	32
6.1.2 Pròtesis Auriculars:.....	33
6.1.3 Pròtesis Dentals:.....	33
6.1.3.1 Pròtesis Fixes:.....	33
6.1.3.2 Pròtesis Removibles:.....	34
6.1.3.3 Implants Dentals:.....	36
6.1.4 Pròtesis nasals:.....	36
6.2 Tronc i cos:.....	37
6.2.1 Pròtesis mamàries:.....	37
6.2.2 Pròtesis de pell:.....	38
6.2.2.1 Pròtesis de Pell Sintètica:.....	38
6.2.2.2 Pròtesis de Pell de Cadàver (Allografts) o del Propi Pacient (Autografts):.....	38
6.2.3 Pròtesis de Cos Sencer:.....	38
6.3 Extremitats:.....	39
6.3.1 Pròtesis de extremitats superiors:.....	39
6.3.1.1 Pròtesis de Mà:.....	39
6.3.1.2 Pròtesis d'Avantbraç i Braç:.....	40
6.3.2 Pròtesis de extremitats inferiors.....	40
6.3.2.1 Pròtesis de Peus i Peus Parcials:.....	41

6.3.2.2 Pròtesis de Cames:.....	41
6.3.2.3 Pròtesis de Genolls i Pròtesis Tibiofemorals:.....	42
7 CONSTRUCCIÓ D'UNA PRÒTESI.....	42
8 CREIXEMENT AMB UNA PRÒTESI.....	44
8.1 Adaptació física:.....	44
8.2 Estimulació primerenca:.....	45
8.3 Suport emocional:.....	45
8.4 Autonomia i autoconeixement:.....	45
9 ADAPTACIÓ A UNA PRÒTESI.....	46
10 CONSEQÜÈNCIES DE PORTAR UNA PRÒTESIS.....	47
10.1 Conseqüències físiques:.....	47
10.1.1 Pèrdua de funcionalitat:.....	47
10.1.2 Canvis en la mobilitat:.....	47
10.1.3 Dolor i malestar:.....	47
10.1.4 Dificultats en les activitats de la vida diària:.....	48
10.1.5 Risc d'alteracions de la salut:.....	48
10.1.6 Necessitat de mantenir una bona higiene i cuidats de la pell:.....	48
10.2 Conseqüències psicològiques:.....	49
10.2.1 Pèrdua de la imatge corporal i l'autoestima:.....	49
10.2.2 Estrès emocional i tristesa:.....	49
10.2.3 Depressió i ansietat:.....	49
11 SÍNDROME DEL MEMBRE FANTASMA.....	49
11.1 Analgèsics:.....	51
11.2 Antidepressius tricíclics:.....	51
11.3 Anticonvulsionants:.....	51
11.4 Bloquejadors dels receptors NMDA:.....	51
12 ANATOMIA D'UNA MÀ APLICADA A UNA PRÒTESI.....	52
12.1 Ossos i articulacions:.....	52
12.2 Músculs:.....	52
12.3 Tendons i lligaments:.....	53
13 FISIOPATOLOGIA D'UNA MÀ.....	54
13.1 Artritis:.....	54
13.2 Lesions Traumàtiques:.....	55
13.3 Síndrome del Túnel Carpià:.....	55
13.4 Tenosinovitis De Quervain:.....	55
13.5 Contractura de Dupuytren:.....	55
13.6 Síndrome de Raynaud:.....	55
13.7 Malalties Neurològiques:.....	55
13.8 Tumors i Mases:.....	56
13.9 Malalties Sistèmiques:.....	56
14 EMPRESSES I CENTRES CAPD'AVANTERES EN EL SECTOR DE LES PRÒTESIS:...	56
14.1 ORTOPÈDIA ARBÓS.....	56
14.2 ÖSSUR.....	58
14.3 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (UPV).....	59

15 ARDUINO, QUE ÉS, COM FUNCIONA I EN QUÈ ENS ÉS ÚTIL.....	60
16 IMPRESSIÓ EN 3D.....	61
17 TREBALL PRÀCTIC.....	63
17.1 ELABORACIÓ DE LA MÀ ESTÈTICA.....	63
17.1.1 Primera prova:.....	64
17.1.2 Segona prova:.....	66
17.1.3 Tercera prova.....	68
17.1.4 Quarta prova.....	70
17.1.5 Cinquena prova.....	72
17.1.6 Cost d'una pròtesi estètica.....	72
17.2 ELABORACIÓ DE LA MÀ FUNCIONAL:.....	72
17.2.1 Primer experiment:.....	72
17.2.2 Segon experiment:.....	73
17.2.3 Tercer experiment:.....	74
17.2.4 Quart experiment:.....	76
17.2.5 Cinquè experiment:.....	78
17.2.6 Cost d'una pròtesi funcional:.....	80
17.3 EXPERIMENT DEL MEMBRE FANTASMA.....	80
18 CONCLUSIONS.....	83
19 BIBLIOGRAFIA.....	86

0 INTRODUCCIÓ

En l'actualitat, les pròtesis han experimentat un sorprenent avenç tecnològic que ha transformat la manera en què les persones que han perdut una extremitat o part del cos poden viure. Aquestes innovadores solucions han obert un món de possibilitats i han millorat significativament la qualitat de vida d'aquelles persones que abans es veien limitades per la seva discapacitat. Les pròtesis modernes han aconseguit superar les limitacions dels models tradicionals, gràcies als avenços en la investigació biomèdica, la tecnologia d'imatge, la fabricació de materials i la intel·ligència artificial.

Les pròtesis no només han permès a les persones recuperar funcions motores, sinó que també han tingut un impacte emocional i social positiu. Les persones amb pròtesis modernes se senten més capacitades i confiades, cosa que els permet participar activament en activitats que abans podrien semblar impossibles. Això ha ajudat a desafiar les percepcions negatives associades a la discapacitat i a construir una comunitat més inclusiva i empoderadora.

El tema que es vol treballar en aquest treball són les pròtesis d'extremitats superiors, pròtesis tant funcionals com estètiques, centrant-se en la construcció, els materials utilitzats, els processos que s'han d'assolir abans de construir una pròtesis, les finalitats mèdiques i els futurs projectes en aquest camp. A més, es pretén elaborar un prototip de pròtesi mecànica funcional amb el menor cost possible i una pròtesi estètica el més real possible així com investigar nous i eficaços mètodes de construcció al món de les pròtesis.

La motivació darrere aquest treball sorgeix del desig de contribuir al camp de les pròtesis mecàniques i fer una diferència significativa a la vida de les persones que han perdut una extremitat. La possibilitat d'ajudar a millorar la qualitat de vida d'aquestes persones, brindant-los l'oportunitat de recuperar funcions motores i promoure'n la independència, és extremadament gratificant.

El camp de les pròtesis mecàniques està en constant evolució i presenta desafiaments interessants des del punt de vista tècnic i científic. La possibilitat d'investigar nous materials, mètodes de construcció i tecnologies emergents en aquest àmbit és molt emocionant.

Els objectius principals del treball són:

1- El treball de les pròtesis mecàniques per a problemes físics: en primer lloc, s'explorà detalladament el procés de construcció de les pròtesis, tan funcionals com merament estètiques analitzant els diferents materials utilitzats i la seva compatibilitat amb el cos humà. S'estudiaran les finalitats mèdiques d'aquestes pròtesis, com ara restaurar la funció motora de la mà o millorar la qualitat de vida de les persones amputades.

2- Elaboració del prototip d'una pròtesi mecànica funcional amb el cost més baix possible: un dels desafiaments actuals en el desenvolupament de pròtesis mecàniques és la seva accessibilitat econòmica. Per això, en aquest treball es proposa desenvolupar un prototip de pròtesi mecànica funcional que sigui assequible per a un nombre més gran de persones. S'investigaran i avaluaran diferents mètodes de construcció i tipus de pròtesis per tal de reduir els costos sense comprometre la funcionalitat i la qualitat de la pròtesi. Així mateix s'intentarà que aquesta pròtesi sigui capaç d'agafar i enlairar un objecte per si sola, un objecte com podria ser una llauna o un estri de cuina (forquilla, ganivet o cullera).

3- Com a últim objectiu també es construirà una mà estètica amb la finalitat d'imitar els processos que segueixen les grans ortopèdies en atendre un pacient. Aprenent així els mètodes d'una forma no tan teòrica i molt més manipulativa. D'altra banda, també s'aprofitarà per experimentar amb els materials que s'utilitzen al fabricar pròtesis.

Per portar a terme aquest treball s'ha seguit una sèrie de passos. Primerament la fase de recerca la qual consta d'intensos dies d'anàlisi, gairebé a la seva plenitud digital. Posteriorment, ja amb la recerca feta, comença un procés on es redacta tota la informació adquirida de l'àmbit mentre que al mateix temps es comença la planificació del treball pràctic. Un cop acabada aquesta primera part, s'inicia el procés d'elaboració de la part

pràctica del treball amb les seves diferents proves i experimentacions. Al ser un treball amb una part pràctica molt ambiciosa, aquest consta de molts errors i solucions les quals costen molt d'assolir. Es podria dir que el treball s'ha basat en la prova i error per a resoldre moltes situacions i problemes que han anat sortint.

El treball segueix una estructura, aquesta està pensada per entendre a la perfecció tot allò relacionat amb les pròtesis i més específicament amb les pròtesis d'extremitats superiors. La idea principal és que el treball et guïï i es pugui entendre tota la complicació del mateix. Es comença des d'un inici amb l'origen de les pròtesis i d'aquí passa a tots els detalls relacionats amb l'àmbit, des dels tipus fins a les aplicacions i característiques de cada pròtesis.

1 QUÈ SÓN LES PRÒTESIS, PER A QUÈ SERVEIXEN I ALTRES CONCEPTES BÀSICS

Les pròtesis representen un avenç tecnològic i científic significatiu en la manera en què podem mitigar els efectes d'accidents o deformitats que afecten les nostres capacitats físiques. Aquestes extensions artificials són dissenyades per substituir o complementar les parts del cos que han estat perdudes o no funcionen adequadament. El seu propòsit és doble: abordar les necessitats funcionals i, en molts casos, afavorir el benestar emocional i psicològic del pacient.

El camp de les pròtesis és extremadament divers i evoluciona constantment. Les pròtesis poden adoptar formes i funcions molt variades. Hi ha pròtesis que són purament estètiques, destinades a restaurar l'aparença externa de la part del cos que falta. Això és especialment rellevant en casos com amputacions o pèrdua de teixits facials, on una pròtesi ben dissenyada pot ajudar la persona a recuperar la seva confiança i autoestima.



Pròtesi de dit. Font : imatge de Aesthetic Prosthetics (22/07/2023)



Pròtesi de braç. Font: imatge de ORTOPEDIA NATAL (06/05/2023)

D'altra banda, les pròtesis funcionals tenen com a objectiu restaurar o millorar les capacitats físiques de l'individu. Aquestes pròtesis poden ser especialment avançades, com ara pròtesis de membres inferiors que permeten córrer, saltar i caminar amb un grau elevat de naturalitat o per exemple la pròtesis d'un braç totalment mòbil i fins i tot robòtic. També hi ha pròtesis auditives i visuals que poden ajudar a les persones amb discapacitats sensorials a recuperar part de la seva capacitat de percepció.



Pròtesi de cames. Font: imatge de Záyago (13/08/2023)



Pròtesi auditiva. Font: imatge de Dr. David Piedrola (18/08/2023)



Pròtesi de braç mecànic. Font: imatge de dConstrucción (17/07/2023)

És important destacar la dimensió psicològica de les pròtesis. Per a moltes persones, la pèrdua d'una part del cos pot causar sentiments de pèrdua, depressió i ansietat. Les pròtesis poden jugar un paper vital en l'ajuda a superar aquests desafiaments emocionals, ja que poden restaurar la sensació de normalitat i ajudar la persona a sentir-se completa novament.

Cal diferenciar les pròtesis dels aparells ortopèdics o ortesis. Les ortesis són dispositius mèdics que serveixen per millorar el funcionament biomecànic de les parts del cos que pateixen alguna anomalia o discapacitat funcional. A diferència de les pròtesis, les ortesis no busquen substituir parts del cos, sinó més aviat ajudar a millorar el seu funcionament. Això pot incloure, per exemple, suports per a l'articulació del genoll o de la mà, que proporcionen estabilitat i redueixen la càrrega sobre les àrees afectades.



Ortesi de cama. Font: imatge de Orliman (07/07/2023)



Ortesi de braç. Font: imatge de Orliman (07/07/2023)

En resum, les pròtesis són assoliments fascinants de la tecnologia i la medicina modernes, amb la capacitat d'impactar profundament la vida de les persones que han sofert pèrdues o deformitats físiques. Aquestes extensions artificials no només tenen una funció pràctica sinó que també contribueixen a la recuperació emocional i la qualitat de vida dels pacients.

2 HISTÒRIA DE LES PRÒTESIS

La història de les pròtesis s'estén a través de milers d'anys, amb evidències d'ús de pròtesis que es remunten a l'antiguitat.

2.1 Antiguitat:

Les primeres proves d'ús de pròtesis en la història de la humanitat remunten a l'antiguitat, revelant una fascinant evolució en la manera com les societats antigues abordaven les pèrdues físiques i les discapacitats. L'exploració d'aquest passat ens permet entendre com la humanitat ha anat desenvolupant aquestes extensions artificials al llarg del temps.

A l'Antic Egipte, una de les civilitzacions més antigues i avançades del món antic, es van trobar restes de pròtesis que ofereixen una visió de com es tractava aquesta qüestió mil·lennis enrere. Les pròtesis elaborades amb materials com la fusta i el cuir són evidències de la creativitat i el coneixement tècnic d'aquesta època. Aquestes pròtesis estaven dissenyades per ajudar les persones amputades a recuperar una certa funcionalitat i mobilitat, demostrant la preocupació per les discapacitats físiques ja en aquesta època distant.



Pròtesi de peu de fa més de 3000 anys descoberta a Egipte. Font: imatge de Ivo Arrey Mbongaya (23/08/2023)

Més enllà de l'Antic Egipte, altres civilitzacions antigues també han deixat rastres de pròtesis rudimentàries. A l'antiga Grècia i Roma, s'han descobert proves de pròtesis elaborades amb materials com l'argent i el coure. Aquestes pròtesis reflecteixen els primers intents d'integrar materials més duradors i metalls en la creació de pròtesis, indicant un nivell més avançat de desenvolupament tècnic i coneixement metal·lúrgic.



Pròtesi de l'antiguitat. Font: imatge de Medline (16/08/2023)



Pròtesis de fa 2500 anys. Font: Medline (24/07/2023)

En aquest context, les pròtesis de l'antiguitat van representar un esforç notable per superar les limitacions físiques imposades per les amputacions i les deformitats. Tot i que aquestes pròtesis estaven lluny de ser tan avançades com les que tenim avui en dia, assenyalen la perseverança de les persones antigues per resoldre els desafiaments relacionats amb les discapacitats.

2.2 Edat Mitjana:

Durant l'Edat Mitjana, un període marcat per canvis socials, polítics i culturals significatius, les pròtesis van experimentar una transformació en la seva funció i utilitat. Aquesta època va veure l'ús continuat de pròtesis, però amb un enfocament diferent respecte a èpoques anteriors.

És cert que les pròtesis de fusta i metall van ser utilitzades en la resta d'extremitats perdudes, especialment en el context de guerres i combats que eren freqüents durant l'Edat Mitjana. Aquestes pròtesis es van convertir en una necessitat per a moltes persones que havien patit amputacions a causa de conflictes armats i altres situacions perilloses. Aquestes extensions artificials, malgrat la seva simplicitat en comparació amb les pròtesis modernes, van proporcionar un grau de mobilitat i funcionalitat que va ser crucial per a molts individus que en van fer ús.

No obstant això, és important destacar que, durant l'Edat Mitjana, les pròtesis no van ser utilitzades exclusivament per a fins funcionals. A diferència de les èpoques anteriors, en què es valorava més la funcionalitat de les pròtesis, durant aquesta època, hi va haver un major èmfasi en l'aspecte estètic i la representació social.

Les pròtesis es van convertir en una manera de demostrar l'estatus social i la pertinença a determinades comunitats. Algunes persones de la noblesa i l'alta societat portaven pròtesis elaborades amb materials preciosos i detalls intricats com una mostra de la seva riquesa i poder. Aquestes pròtesis eren considerades obres d'art i joies que també tenien un valor simbòlic més enllà de la seva funcionalitat pràctica.

Per tant, durant l'Edat Mitjana, les pròtesis van passar de tenir una funció predominantment funcional a incloure una dimensió estètica i social. Aquest canvi reflecteix els valors i les prioritats de la societat d'aquella època, on la representació social i la identitat personal eren factors importants que influïen en l'ús i el disseny de les pròtesis.

2.3 Revolució Industrial:

L'arribada de la Revolució Industrial va marcar un punt d'inflexió crucial en la història de les pròtesis, ja que va donar lloc a canvis transcendentals en els materials, la fabricació i la disponibilitat d'aquestes extensions artificials. A mesura que les indústries adoptaven noves tecnologies i processos, això es va traduir en avenços significatius en el camp de les pròtesis.

Un dels avenços més destacats durant aquest període va ser la utilització de nous materials, com ara l'acer o altres metalls. Aquest canvi va permetre la creació de

pròtesis més resistents, duradores i versàtils en comparació amb les pròtesis anteriors, que sovint es construïen amb materials com la fusta o el cuir.

L'ús de metalls va oferir avantatges tècnics significatius. La seva resistència i durabilitat van possibilitar la creació de pròtesis que podien suportar millor l'ús quotidià, així com l'aplicació de força i moviment. Aquestes característiques van ser especialment importants per a aquelles persones que havien perdut extremitats i necessitaven extensions artificials que resistissin les demandes de la vida quotidiana i, potser, fins i tot, les activitats laborals.

A més dels avantatges tècnics, la Revolució Industrial també va afavorir el desenvolupament de noves tècniques de fabricació. L'ús de maquinària i processos industrials va permetre la producció en sèrie de pròtesis, cosa que va reduir els costos i va augmentar l'accessibilitat d'aquestes extensions artificials. Això va ser un pas crucial perquè un major nombre de persones pogués accedir a pròtesis de millor qualitat i adaptades a les seves necessitats individuals.

2.4 Segle XX:

El segle XX va ser un període significatiu, gràcies als avenços tecnològics i als nous materials que van sorgir durant aquest temps. A mesura que la ciència i la tecnologia es desenvolupaven, les pròtesis es van beneficiar de canvis materials i dissenys innovadors que van transformar la manera com les persones amb discapacitats podien restaurar la seva funcionalitat i millorar la seva qualitat de vida.

Una de les transformacions més importants va ser l'adopció de materials més lleugers i resistents. L'alumini va ser un d'aquests materials rellevants que es va fer ús en la fabricació de pròtesis. La seva lleugeresa combinada amb la seva resistència va

permetre la creació de pròtesis que no només eren més funcionals i duradores, sinó també més còmodes per a l'usuari. Això va ser especialment important per a les persones que havien de portar pròtesis durant llargs períodes diàriament.

A més de l'alumini, els plàstics van ser una altra revolució en la creació de pròtesis. Els plàstics moderns, com el polietilè i el polipropilè, es van convertir en materials populars per a la fabricació de pròtesis. Aquests plàstics ofereixen avantatges com la capacitat de ser modelats per adaptar-se a l'anatomia de l'usuari i una major comoditat en comparació amb els materials més rígids utilitzats en el passat. A més, els plàstics podien ser fabricats mitjançant processos de producció més eficients, fent que les pròtesis fossin més accessibles per a un major nombre de persones.

El segle XX també va ser testimoni de l'aplicació de l'electrònica i la informàtica a les pròtesis, especialment en el camp de les pròtesis controlades per computadora. Això va permetre el desenvolupament de pròtesis més avançades que podien ser controlades de manera més precisa i natural pel moviment dels músculs o fins i tot mitjançant senyals cerebrals.

En conjunt, les innovacions materials i tecnològiques del segle XX van contribuir a la creació de pròtesis més funcionals, còmodes i personalitzades. Aquests avenços han continuat evolucionant fins als nostres dies, fent que les pròtesis siguin una part integral de la vida de moltes persones amb discapacitats, que poden gaudir d'una major mobilitat, independència i qualitat de vida gràcies als avenços científics i tecnològics constants.

2.5 Dècada de 1970:

Durant la dècada de 1970, es va produir un avenç revolucionari en el camp de les pròtesis amb la introducció de la tecnologia mioelèctrica. Aquesta innovació va canviar radicalment la manera com les persones amb discapacitats podien

interactuar amb les seves pròtesis, aportant una major precisió, naturalitat i control als seus moviments.

La tecnologia mioelèctrica es basa en l'ús dels senyals elèctrics generats pels músculs del pacient per controlar la pròtesi. Aquesta tecnologia es basa en el fet que, quan un múscul es contrau, produeix una petita quantitat de senyal elèctric que es pot detectar a través de sensors col·locats a la superfície de la pell. Aquests senyals es capturen i amplifiquen, i després es tradueixen en comandes per controlar els moviments de la pròtesi.

L'adopció de la tecnologia mioelèctrica va permetre un grau de control molt més precís i natural sobre les pròtesis. Això va donar als usuaris la capacitat de controlar els moviments de la pròtesi de manera més intuïtiva, utilitzant els seus propis senyals musculars com a input. Això va resultar en moviments més suaus i coordinats, així com una major sensació de connexió entre l'usuari i la pròtesi.

Aquesta tecnologia va ser particularment beneficiosa per a persones amb amputacions als membres superiors, ja que va permetre un control més precís de les pròtesis de mà i braç. Va canviar la manera com aquestes persones podien realitzar tasques quotidianes, com agafar objectes, escriure i realitzar altres activitats que requereixen moviments delicats i complexos.

El desenvolupament de la tecnologia mioelèctrica va ser un pas important cap a la creació de pròtesis més funcionalment integrades amb els cossos dels usuaris. Va marcar un punt d'inflexió en la manera com es concebia la relació entre la persona i la pròtesi, obrint la porta a futurs avenços i refinaments en aquest camp.

En resum, la dècada de 1970 va ser un moment clau en la història de les pròtesis gràcies a l'aparició de la tecnologia mioelèctrica, que va aportar un nivell inèdit de control i naturalitat als moviments de les pròtesis.



Sensors mioelèctrics. Font: imatge de BENATURAL (28/08/2023)

2.6 Avenços recents:

Els avenços recents en el camp de les pròtesis han estat absolutament sorprenents, gràcies a la integració de tecnologies avançades com la robòtica, la intel·ligència artificial i la bioenginyeria. Aquestes innovacions han canviat de forma radical la manera com les persones amb discapacitats poden interactuar amb les pròtesis.

Les pròtesis bioniques imiten la funció natural de les extremitats humanes, amb la capacitat d'imitar moviments i gestos amb una gran precisió. Utilitzant motors, sensors i controladors avançats, aquestes pròtesis poden ser controlades de manera més sofisticada i natural pels usuaris. La integració de sensors permet que les pròtesis bioniques responguin a els senyals musculars o a les ordres del cervell, simulant moviments naturals i fluidos. Això ha permès accomplir tasques complexes i variades que abans eren impensables amb pròtesis més antigues.

Un altre avenç important es troba en el camp de les pròtesis de memòria. Utilitzant tecnologies d'implants cerebrals i interfícies neuronals, s'ha aconseguit connectar directament el cervell amb la pròtesi, permetent un control extremadament precís i intuïtiu. Això significa que les persones poden controlar les seves pròtesis mitjançant

senyals cerebrals, possibilitant moviments més naturals i espontanis. Aquests avenços tenen un potencial considerable, ofereixen un grau de llibertat i control fins ara inimaginables.

En resum, les pròtesis han sofert canvis revolucionaris gràcies a la integració de tecnologies com la robòtica, la intel·ligència artificial i la bioenginyeria. Les pròtesis biòniques i les pròtesis de memòria són només dues mostres dels avenços que han estat fets, i aquestes innovacions continuen evolucionant i obrint noves oportunitats per a les persones amb discapacitats. Els futurs desenvolupaments poden portar-nos a un món on les pròtesis no només compleixin funcions pràctiques, sinó que també permetin als usuaris expressar-se i viure les seves vides amb una major llibertat i independència.

Avui en dia, les pròtesis són cada vegada més avançades i personalitzades, adaptades a les necessitats individuals dels pacients. La investigació continua per millorar la funcionalitat, la durabilitat i el confort de les pròtesis, amb l'objectiu d'ajudar les persones que han perdut una extremitat a recuperar la seva mobilitat i millorar la seva qualitat de vida.

3 PRÒTESIS FUNCIONALS

Les pròtesis funcionals són extensions artificials del cos dissenyades per reemplaçar o millorar les funcions d'una part específica que ha estat perduda o danyada a causa d'una amputació, una lesió o una malaltia. Aquestes pròtesis estan dissenyades per ajudar les persones a recuperar la funcionalitat i la mobilitat en la vida quotidiana. El més comú és utilitzar pròtesis funcionals en extremitats, ja que són els llocs on resulten més útils, especialment en els braços, mans, cames i peus. Hi ha diferents tipus de pròtesis funcionals, es poden separar en tres grans grups:

3.1 Pròtesis mioelèctriques:

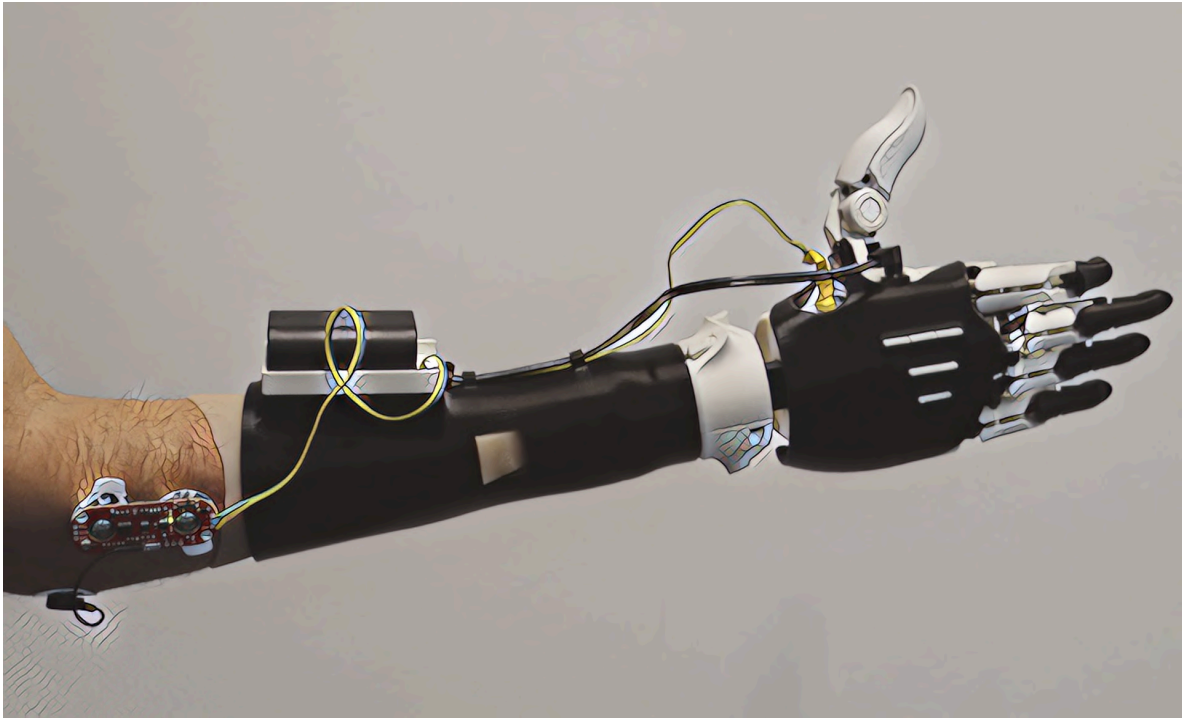
Les pròtesis mioelèctriques representen un avenç notori en la tecnologia de pròtesis, ja que permeten als usuaris controlar les seves extensions artificials amb una precisió i naturalitat excepcionals. Aquest tipus de pròtesis són el resultat d'un aprofundiment en la comprensió de la relació entre els senyals elèctrics generats pels músculs i el moviment dels membres.

L'essència de les pròtesis mioelèctriques rau en la captació i interpretació dels senyals mioelèctrics generats pels músculs restants del pacient. A través de l'ús de sensors especialitzats, aquests senyals es detecten quan el pacient intenta realitzar un moviment o una acció amb el membre residual. Aquesta detecció es pot realitzar mitjançant l'aplicació de sensors a la pell que recullen les empremtes mioelèctriques o, en alguns casos, utilitzant implants més avançats que poden captar els senyals directament dels músculs.

Una vegada recollits aquests senyals mioelèctrics, passen per un procés de processament i interpretació. Les dades obtingudes es tradueixen en comandes específiques que s'envien als motors i actuadors presents a la pròtesi. Aquesta combinació de senyals i actuadors permet que la pròtesi reproduïxi els moviments desitjats de manera pràcticament instantània i precisa.

Això té un efecte profund en la funcionalitat i la qualitat de vida dels usuaris. Les pròtesis mioelèctriques permeten un control més intuïtiu i fluid de la pròtesi, que s'aproxima més al moviment natural del membre. Això fa que realitzar tasques quotidianes com agafar objectes, utilitzar eines i interactuar amb l'entorn sigui molt més senzill i eficient. A més, aquest tipus de pròtesis brinda als usuaris una major independència i llibertat, ja que poden realitzar una gamma més àmplia d'activitats sense les limitacions habituals.

Mitjançant la captació i interpretació de senyals mioelèctrics, aquestes pròtesis ofereixen un control més natural i precís dels membres artificials, obrint portes a noves oportunitats i possibilitats per a les persones que les utilitzen.



Pròtesis mioelèctrica. Font: imatge de l' Universidad Católica del Perú (20/07/2023)

3.2 Pròtesis biòniques:

Les pròtesis biòniques representen una evolució sorprenent en la tecnologia de les pròtesis, ja que aspiren a replicar la funcionalitat de les extremitats humanes amb una precisió i versatilitat excepcionals. Aquesta categoria de pròtesis ha estat influïda de manera significativa per les avançades tecnologies robòtiques i d'enginyeria, i el resultat és una col·lecció de solucions que permeten als usuaris gaudir d'una major mobilitat, autonomia i qualitat de vida.

Una de les característiques clau de les pròtesis biòniques és la seva capacitat per realitzar una àmplia varietat de moviments i funcions similars a les extremitats humanes. A través de motors, actuadors i altres components robòtics, aquestes pròtesis poden replicar accions com flexionar, estirar, girar i agafar objectes amb diferents nivells de força. Aquesta capacitat de reproduir moviments detallats és essencial perquè els usuaris puguin realitzar tasques quotidianas de manera eficient i sense restriccions.

La tecnologia que impulsa les pròtesis biòniques és diversa i avançada. Altres pròtesis utilitzen microprocessadors i sensors que interpreten els moviments desitjats del pacient. Aquest tipus de tecnologia permet als usuaris realitzar moviments específics amb més facilitat i precisió.

Un altre aspecte important és el disseny estètic de les pròtesis biòniques. A diferència de les pròtesis tradicionals, moltes pròtesis biòniques estan dissenyades per semblar-se més a les extremitats humanes reals. Aquesta atenció als detalls estètics no només millora la integració social i la confiança dels usuaris, sinó que també brinda una sensació més natural mentre es mouen i interactuen amb l'entorn.

Les pròtesis biòniques representen l'última frontissa en la tecnologia de les pròtesis, amb una combinació impressionant de robòtica, enginyeria i disseny. Mitjançant la seva capacitat per imitar els moviments i les funcions de les extremitats humanes, s'ofereix la possibilitat de realitzar una àmplia gamma d'activitats amb una major llibertat i confiança.



Pròtesis biònica. Font: imatge de nobbot (11/08/2023)

3.3 Pròtesis hidràuliques:

Gràcies a l'habilitat de les pròtesis hidràuliques per utilitzar líquids sota pressió per generar moviments precisos i coordinats, aquest tipus de pròtesis són valuosos exemples de com la tecnologia hidràulica pot ser aplicada per millorar la funcionalitat i la qualitat de vida de les persones amb discapacitats.

Una de les característiques més notables de les pròtesis hidràuliques és la seva capacitat per proporcionar moviments suaus i naturals. Aquesta qualitat és fonamental perquè els usuaris puguin realitzar activitats quotidianes amb facilitat i sense esforç excessiu. Els sistemes hidràulics utilitzen cilindres o pistons hidràulics que funcionen com a músculs artificials. Quan l'oli o el fluid hidràulic és pressionat, es genera una força que mou les articulacions de la pròtesi de manera controlada. Això permet als usuaris realitzar moviments coordinats i precisos, reproduint les funcions d'una manera molt semblant a les extremitats naturals.

La durabilitat i la resistència són altres avantatges significatius de les pròtesis hidràuliques. Els components hidràulics estan dissenyats per suportar càrregues i tensions, el que fa que aquest tipus de pròtesis sigui adequat per a persones amb nivells d'activitat més elevats. Això pot incloure des de persones que porten una pròtesi durant activitats esportives fins a aquelles que necessiten realitzar tasques físicament exigents en la seva vida quotidiana.

A més, les pròtesis hidràuliques són ajustables i personalitzables per adaptar-se a les necessitats individuals dels usuaris. Els professionals de la salut poden ajustar la pressió hidràulica i altres paràmetres segons les preferències i les capacitats de l'usuari. Aquest nivell de personalització assegura que la pròtesi sigui còmoda, fàcil d'utilitzar i adequada per a les activitats específiques que l'usuari vol realitzar.

Les pròtesis hidràuliques són una eina important per millorar la mobilitat i la funcionalitat de les persones amb discapacitats. La tecnologia hidràulica permet un control suau i natural del moviment, mentre que la durabilitat i la capacitat d'adaptació fan que aquestes pròtesis siguin una opció excel·lent per a persones amb diverses necessitats i nivells d'activitat.

4 PRÒTESIS ESTÈTIQUES

Les pròtesis estètiques, conegudes també com a pròtesis cosmètiques o pròtesis de substitució estètica, són dispositius o extensions artificials del cos dissenyades amb l'objectiu principal de millorar l'aparença física o corregir deformitats cosmètiques. A diferència de les pròtesis funcionals, que es creen amb l'objectiu de restaurar les funcions del cos, les pròtesis estètiques tenen una finalitat predominantment estètica.

Aquestes pròtesis són utilitzades per a persones que desitgen millorar la seva aparença o corregir aspectes específics del seu cos. Són personalitzades per ajustar-se a les necessitats i preferències individuals de cada pacient, tenint en compte factors com la forma, la grandària, el color i altres característiques per garantir que la pròtesi compleixi amb els objectius estètics desitjats.

Un molt bon exemple de pròtesis estètica són les pròtesis mamàries, les quals s'expliquen amb detall a l'apartat de parts on es poden utilitzar pròtesis.



Pròtesi mamària. Font: imatge de Dr. Juan Monreal (20/08/2023) Pròtesi mamària. Font: imatge de Dr. Juan Monreal (20/08/2023)

5 MATERIALS QUE S'UTILITZEN EN LES PRÒTESIS

Les pròtesis utilitzen una gran varietat de materials, cadascun amb les seves propietats específiques i avantatges. És molt important que una pròtesis estigui formada per materials duradors i que siguin resistents a canvis de temperatura, a temporals extrems o inclús a situacions on puguin perillar. També cal mencionar que els materials que estan amb més

contacte amb la pell han de ser adequats per no causar qualsevol mena de reacció amb el pacient, materials inadequats podrien causar irritacions a la pell, axemes, i a la llarga problemes més greus. Aquí hi ha alguns dels materials més comuns utilitzats en la fabricació de pròtesis:

5.1 Metalls:

Els metalls com l'alumini, l'acer inoxidable i el titani són àmpliament utilitzats en les pròtesis per la seva força, durabilitat i lleugeresa. Aquests materials són utilitzats principalment en l'esquelet o estructura de la pròtesi per proporcionar suport i resistència. Un bon exemple de pròtesis on s'hi utilitzen metalls són les dents, moltes pròtesis de la boca tenen una estructura de metalls com acer, alumini o titani.



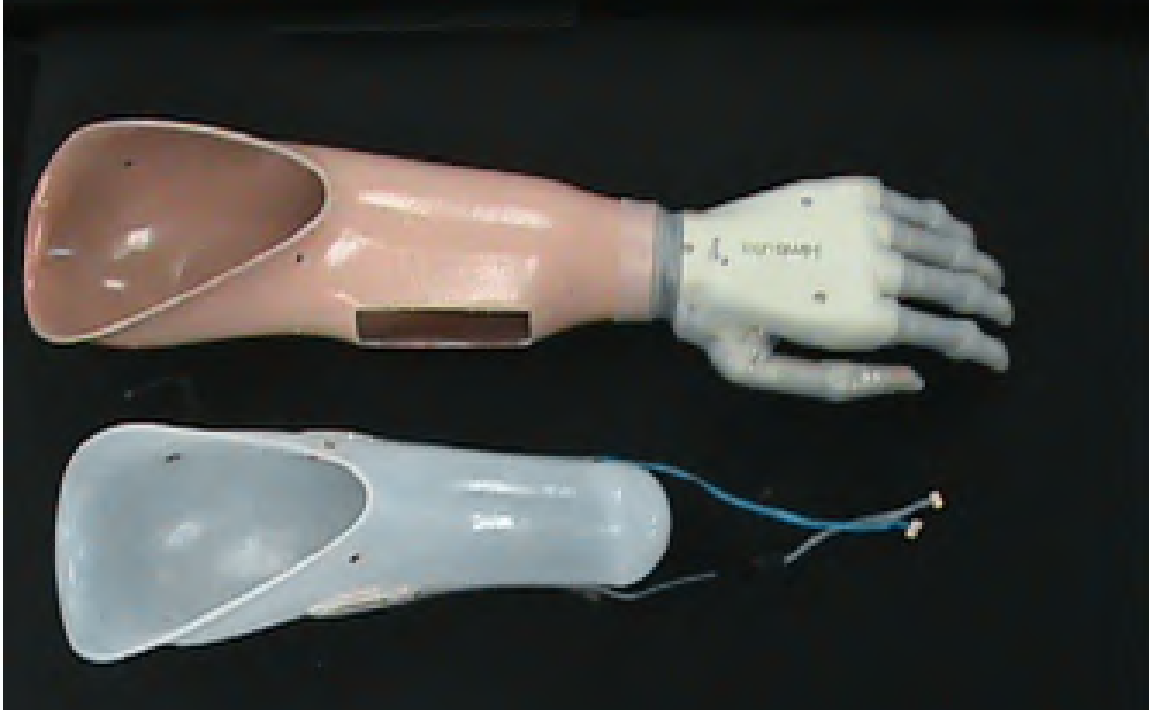
Pròtesis de boca. Font: imatge de ColDent (15/08/2023)



Pròtesis de boca. Font: imatge de ColDent (15/08/2023)

5.2 Plàstics:

Els plàstics com el polietilè, el polipropilè i el polimetilmetacrilat (PMMA) són utilitzats en diferents components de les pròtesis. Aquests materials són lleugers, resistent i tenen la capacitat de ser moldre i adaptar-se a les formes del cos. Són utilitzats en revestiments interns, revestiments de sockets i altres parts de la pròtesi que estan en contacte amb la pell.



Pròtesi de plàstica de braç i de mà. Font: imatge de github (14/08/2023)

5.3 Silicona:

La silicona és un material suau, flexible i resistent a l'aigua que s'utilitza principalment en els revestiments interns de les pròtesis. Proporciona una superfície suau i còmoda per a la pell i ajuda a reduir la fricció i la irritació.



Pròtesi de silicona. Font: imatge de EMP18 (20/07/2023)



Pròtesi de silicona. Font: imatge de Jorge Luis (20/07/2023)

5.4 Fibra de carboni:

La fibra de carboni és un material lleuger i fort que s'utilitza en les pròtesis per aconseguir una combinació de força i flexibilitat. És especialment útil en les pròtesis per a esportistes o persones que requereixen una alta activitat física, ja que ofereix una resposta dinàmica i absorció d'impactes.



Pròtesi de fibra de Carboni. Font: imatge de Ösur (18/08/2023)

5.5 Goma:

La goma o els elastòmers s'utilitzen en els components de les pròtesis que requereixen flexibilitat i amortiment, com ara els peus protètics. Aquests materials ajuden a simular el moviment natural i a absorbir l'impacte durant la marxa o l'activitat física.

5.6 Altres:

A més d'aquests materials principals, les pròtesis poden incloure altres components com ara ceràmica, fibra de vidre, níquel-titani (Nitinol) i materials biocompatibles especials per a implants interns.

La selecció dels materials en una pròtesi depèn de diversos factors, com ara l'objectiu funcional de la pròtesi, la zona del cos que es reemplaça, el nivell d'activitat del pacient i les preferències individuals.

6 PARTS ON ES PODEN UTILITZAR PRÒTESIS

Ja s'ha mencionat en els apartats de les pròtesis funcionals i estètiques molts dels llocs on es solen utilitzar pròtesis però n'hi ha moltes més que cal mencionar i explicar. Les pròtesis poden ser dissenyades i fabricades per a diferents parts del cos, segons les necessitats individuals del pacient. Les parts del cos més comunes on es poden utilitzar pròtesis inclouen:

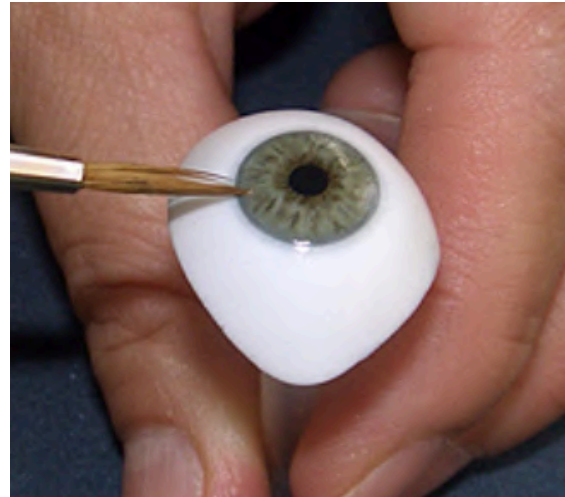
6.1 Cap, cara i crani:

6.1.1 Pròtesis Oculars:

Les pròtesis oculars, també conegudes com a ulls de vidre o ulls artificials, són dispositius dissenyats per a persones que han patit la pèrdua d'un ull o han experimentat una lesió ocular que requereix una substitució estètica de l'ull natural. Aquestes pròtesis tenen una importància significativa per a aquelles persones que han de fer front a la pèrdua de l'ull, ja que no només ajuden a millorar l'aparença estètica, sinó que també tenen un impacte positiu en la confiança i la qualitat de vida del pacient. Les pròtesis oculars no només milloren l'aspecte estètic, sinó que també ajuden a restablir la simetria facial. Quan una persona ha patit la pèrdua d'un ull, pot experimentar desequilibris visuals i estètics a la cara. Les pròtesis oculars contribueixen a corregir aquests desequilibris, permetent una millor simetria facial.



Pròtesi ocular. Font: imatge de Òptica Morató (13/ 08/ 2023)



Pròtesi ocular. Font: imatge de Òptica Morató (13/ 08/ 2023)

6.1.2 Pròtesis Auriculars:

Les pròtesis d'orella o auriculars, són dispositius dissenyats per a persones que han patit deformitats o lesions a l'orella i desitgen millorar la seva aparença estètica o corregir irregularitats auditives. Aquestes pròtesis tenen com a objectiu restaurar la forma i l'aparença de l'orella original, i es destaquen per la seva personalització i detall.

6.1.3 Pròtesis Dentals:

Les pròtesis dentals són dispositius dissenyats específicament per a persones que han patit la pèrdua de dents o que tenen deformitats dentals que afecten la seva funció i aparença. Aquestes pròtesis juguen un paper essencial en la restauració de la salut bucal, la masticació adequada i la confiança del pacient. Podem separar de la següent manera els diferents tipus de pròtesis dentals:

6.1.3.1 Pròtesis Fixes:

- **Corones Dentals:**

Les corones dentals són pròtesis fixes que es col·loquen sobre una dent danificada o debilitada. Són utilitzades per protegir i restaurar la forma i la funció d'una dent. Les corones poden estar fetes de diferents materials, com

ceràmica, porcellana o metalls, i es personalitzen per coincidir amb el color i la forma de les altres dents.



Pròtesi fixe. Font:imatge de la Clínica Dental Muñoz (04/ 08/ 2023)

- **Punts Dentals:**

Els punts dentals són pròtesis fixes que s'utilitzen per reemplaçar una o més dents perdudes. Aquests punts estan formats per una corona en cada extrem i un pont que connecta les dents. Són una opció eficaç per restaurar la mastiació i la funció d'una àrea bucal amb dents perdudes.



Pròtesi fixe. Font: imatge de la Clínica Dental Muñoz (04/ 08/ 2023)

6.1.3.2 Pròtesis Removibles:

- **Dentadures Completes:**

Les dentadures completes són pròtesis removibles dissenyades per a persones que han perdut tota la seva dentadura. Hi ha dentadures superiors

(per a la part superior de la boca) i inferiors (per a la part inferior). Aquestes pròtesis se subjecten a la boca mitjançant una combinació d'ajustament precís i succió natural. Les dentadures completes es personalitzen per assemblar-se a la forma i la grandària de la boca del pacient.



Pròtesi removable. Font: imatge d'Aidden(04/ 08/ 2023)

- **Dentadures Parcial:**

Les dentadures parcials són pròtesis removibles que s'utilitzen quan el pacient ha perdut només algunes dents i encara en té altres. Es subjecten a la boca mitjançant ganxos o altres connectors que s'agafen a les dents naturals restants. Aquestes pròtesis restitueixen l'aparença i la funció de les dents perdudes, evitant problemes com la migració de les dents restants.



Pròtesi removable. Font: imatge d'Aidden(04/ 08/ 2023)



Pròtesi removable. Font: imatge d'Aidenz (04/ 08/ 2023)

6.1.3.3 *Implants Dentals:*

Encara que no són pròtesis en el sentit tradicional, els implants dentals són dispositius que es col·loquen quirúrgicament en l'os de la mandíbula o la maxil·la per reemplaçar arrels de dents perdudes. Un cop els implants estan integrats amb l'os, poden ser utilitzats per col·locar corones dentals o altres tipus de pròtesis dentals, proporcionant una solució més permanent i estable.



Implant dental. Font: imatge de Glenferrie (20/08/2023)

6.1.4 *Pròtesis nasals:*

Les pròtesis nasals, també conegudes com a pròtesis de nas o implants nasals, són dispositius mèdics dissenyats per a persones que han patit pèrdua de teixit nasal a causa d'una lesió, una cirurgia o altres circumstàncies, i que busquen restaurar l'aparença i la funció del nas. Les pròtesis nasals són personalitzades per a cada pacient. Són fabricades a mida per assemblar-se amb precisió a la forma i les dimensions de la narina i el dors del nas de l'individu. Això assegura que la pròtesi s'adapti adequadament i proporcioni una aparença natural.



Pròtesi nasal. Font: imatge de MedicalExpo (17/08/2023)



Pròtesi nasal. Font: imatge de MedicalExpo (17/08/2023)

6.2 Tronc i cos:

6.2.1 Pròtesis mamàries:

Les pròtesis mamàries, també conegudes com a implants mamàries, són dispositius mèdics utilitzats per a la reconstrucció o l'augment dels pits en dones que han patit una mastectomia (l'extirpació completa o parcial d'un pit) o que simplement desitgen augmentar el volum de la seva mama amb finalitats estètiques.



Pròtesis mamàries. Font: Imatge de Dr. Balaguer (20/07/2023)

6.2.2 Pròtesis de pell:

Les pròtesis de pell, també conegudes com a pròtesis cutànies o pròtesis de pell artificial, són dispositius mèdics dissenyats per a persones que han sofert pèrdua de pell a causa de lesions, malalties de la pell, cremades o altres estats mèdics.

Aquestes pròtesis serveixen per restaurar l'aspecte i la funció de la pell afectada. Es poden separar en dos tipus:

6.2.2.1 Pròtesis de Pell Sintètica:

Aquestes pròtesis estan confeccionades amb materials sintètics com silicona mèdica o altres materials apropiats que es personalitzen per assemblar-se a la textura i el color de la pell natural. Són utilitzades per a la substitució de petites àrees de pell o per millorar la funció de pell danificada.

6.2.2.2 Pròtesis de Pell de Cadàver (Allografts) o del Propi Pacient (Autografts):

En alguns casos, les pròtesis de pell poden ser fetes amb pell real de cadàvers (allografts) o de l'individu mateix (autògrafs). Aquestes tècniques s'utilitzen en cirurgies més complexes per a la reconstrucció de grans àrees de pell.

6.2.3 Pròtesis de Cos Sencer:

Les pròtesis de cos sencer són dispositius especials dissenyats per a persones que han patit una pèrdua massiva o extensa de teixit corporal a causa de diverses circumstàncies, com ara accidents, malalties, o cirurgia. Aquestes pròtesis tenen com a objectiu restaurar l'aparença completa i equilibrada del cos, oferint als pacients una solució integral per millorar la seva qualitat de vida i la seva confiança.

6.3 Extremitats:

6.3.1 Pròtesis de extremitats superiors:

Les pròtesis d'extremitats superiors, són dispositius mèdics dissenyats per a persones que han perdut una part o tota l'extremitat superior, que inclou el braç, l'avantbraç, la mà o qualsevol combinació d'aquestes parts, ja sigui a causa d'un accident, una amputació o altres circumstàncies. Aquestes pròtesis estan dissenyades per ajudar els pacients a recuperar la funcionalitat i la independència a les seves activitats diàries.

6.3.1.1 Pròtesis de Mà:

Aquestes pròtesis es dissenyen per a persones que han perdut una o les dues mans. Poden ser pròtesis de mà completament funcionals que permeten agafar i realitzar una àmplia gamma de moviments o pròtesis més simples per a tasques bàsiques.



Pròtesi de Mà. Font: imatge de IEEE Spectrum (13/07/2023)



Pròtesi de Mà. Font: imatge de Arm Dynamics (13/07/2023)

6.3.1.2 Pròtesis d'Avantbraç i Braç:

Les pròtesis d'avenç de braç i braç estan destinades a aquells que han patit amputacions més altes a l'extremitat superior. Aquestes pròtesis inclouen una àmplia gamma de dissenys i funcionalitats per adaptar-se a les necessitats individuals del pacient.



Pròtesi de braç. Fontr: imatge d'Ottobock (11/09/2023)



Pròtesi de braç. Fontr: imatge d'Ottobock (11/09/2023)

6.3.2 Pròtesis de extremitats inferiors

Les pròtesis d'extremitats inferiors són dispositius mèdics dissenyats per a persones que han patit la pèrdua total o parcial d'una o totes les seves extremitats inferiors, com les cames o els peus, a causa d'accidents, amputacions, malformacions congènites o altres circumstàncies. Aquestes pròtesis estan dissenyades per ajudar els pacients a restaurar la funcionalitat i la mobilitat perdudes, permetent-los caminar, córrer i realitzar altres activitats quotidianes amb una certa normalitat.

6.3.2.1 Pròtesis de Peus i Peus Parcial:

Aquestes pròtesis estan dissenyades per a persones que han patit la pèrdua de peus o una part dels seus peus. Poden ser pròtesis simples que es col·loquen directament sobre la resta del peu o pròtesis més avançades amb funcions de moviment articulat i control.



Pròtesis d'extremitat inferior. Font: imatge de DYSO (14/07/2023)



Pròtesis d'extremitat inferior. Font: imatge de DYSO (14/07/2023)

6.3.2.2 Pròtesis de Cames:

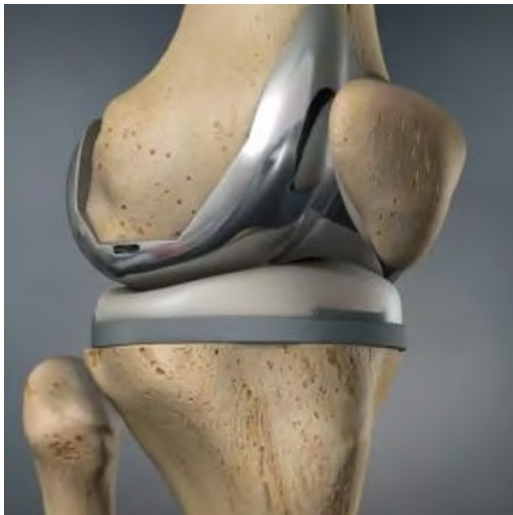
Les pròtesis de cames es dissenyen per a persones que han patit amputacions en l'àmbit de la cama o la part inferior de la cama. Aquestes pròtesis poden ser pròtesis de cames parcials o pròtesis de cames completes, segons la ubicació de l'amputació.



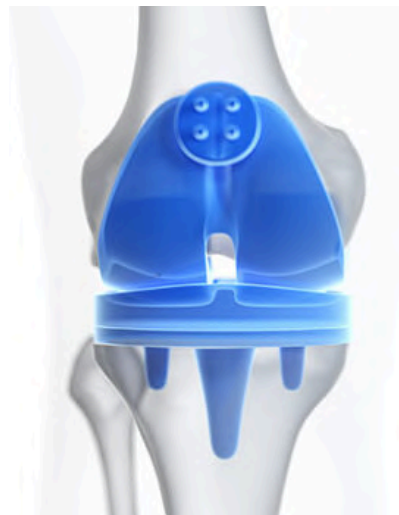
Pròtesi de Cama. Font: imatge de PrimeCare (09/08/2023)

6.3.2.3 Pròtesis de Genolls i Pròtesis Tibiofemorals:

Aquests tipus de pròtesis se centren en la restauració de les articulacions del genoll. Són especialment rellevants per als pacients que han patit amputacions a la cama superior o inferior.



Pròtesi de Genoll. Font: imatge de Ricardo Vargues (04/07/2023)



Pròtesi de Genoll. Font: imatge de Dr. Mahmut (04/07/2023)

7 CONSTRUCCIÓ D'UNA PRÒTESI

El procés per construir una pròtesi és molt llarg, pot arribar a tardar mesos. A la part pràctica del treball es pot veure com des de zero s'han construït dues pròtesis, per això és important explicar el procés que s'ha seguit amb detall i que segueixen els professionals. Per fer-ho s'explicarà la construcció d'una pròtesi funcional i una pròtesi estètica per separat, ja que segueixen passos i mètodes diferents.

Construcció d'una pròtesi estètica:

Com a primera part d'aquest procés, s'ha de visualitzar de quina part ha de ser la pròtesi. Un cop visualitzada la part que necessita la pròtesi s'ha de fer una avaluació per determinar el tipus de pròtesi i els millors materials per la zona. És molt diferent fer una pròtesi per a un pacient al qual li falta un braç que un pacient que necessita una pròtesis d'ull, la forma i els materials han d'estar especialment tractats per no causar cap dany al pacient.

El següent pas és prendre les mesures de la zona que necessita la pròtesis, la majoria de pròtesis es creen a partir de motlles negatius i positius, ja que és la forma més exacta de replicar una part del cos. Els motlles negatius són la rèplica tridimensional de l'espai buit que es vol omplir amb un material específic. En aquest tipus de motlle, l'exterior de l'objecte o àrea és el que es registra. Es crea directament a partir del contacte amb l'objecte o àrea que es vol replicar, de manera que enregistra l'espai, les superfícies i les característiques en relleu. El motlle positiu, en canvi, és una rèplica tridimensional de l'objecte o àrea del que es vol reproduir. Això significa que és una rèplica exacta de l'objecte o àrea en qüestió. Es crea a partir del motlle negatiu, omplint l'espai que aquest ha enregistrat amb el material desitjat (com argila, resina, ciment, silicona, etc.). El motlle positiu serveix com a base per a la creació d'objectes o estructures que reproduïen amb precisió les característiques originals de l'objecte o àrea. Aquest procés és la base de moltes pròtesis i la forma en la qual s'ha creat la pròtesi estètica del treball, per això cal explicar-la amb detall, però també existeixen altres mètodes com per exemple: la construcció manual, les pròtesis modulades o altres.

El tercer i últim pas per crear la pròtesi estètica seria afegir petits detalls com unghes, pèls, arrugues, ajustar el color i fer modificacions del que calgui. Aquest tercer pas és molt important, ja que és el que fa que la pròtesi sigui el més real possible quant a vista i tacte.

Seguint aquests passos es podria aconseguir efectuar una bona pròtesi estètica. Per últim, cal mencionar que en el tercer pas també s'hauria de buscar la millor forma per adherir la pròtesi al pacient, la forma més còmode per ell i com ell se senti bé.

Construcció d'una pròtesi funcional:

Igual que amb la pròtesi estètica, el primer pas que s'ha de seguir és avaluar la zona on s'ha de fer la pròtesi, com s'ha mencionat anteriorment és essencial per saber els materials i el mètode de construcció. El problema és que en aquest tipus de pròtesis hi entra el factor de la funcionalitat, no és el mateix fer una pròtesi que simplement s'obri i es tanqui que una

que respongui als estímuls nerviosos, tant el cost com el temps, com els mètodes i materials canvien dràsticament. En el cas de la part pràctica s'ha efectuat una pròtesis funcional bàsica, una que simplement obra i tanca la mà. Normalment, les pròtesis d'aquest tipus solen estar centrades en extremitats superiors i inferiors, ja que són les parts del cos que ofereixen més mobilitat per tant no és comú trobar-se pròtesis funcionals d'altres parts.

El segon pas es podria dividir en dues parts, la primera part constaria de l'elaboració física de la pròtesi amb els materials escollits i amb les mides prèviament establertes. La segona part, en canvi, es tractaria de programar els elements electrònics o mecànics necessaris per complir amb les mobilitats que ha d'oferir la pròtesi.

Un cop fet el segon pas, s'han d'adjuntar les dues parts i s'ha d'inserir la pròtesi al pacient de forma que ell la senti còmode i que no resulti una molèstia. A més, s'ha de comprovar que compleixi amb les funcions establertes, funcions com per exemple obrir i tancar o moure dits individualment.

8 CREIXEMENT AMB UNA PRÒTESI

Créixer amb una pròtesi pot ser molt desafiant, però també una oportunitat per desenvolupar resiliència, adaptabilitat i fortalesa. Aquest apartat pretén mostrar la diferència que hi ha entre haver d'utilitzar una pròtesi mentre que el cos d'una persona encara està en desenvolupament o quan una persona que ja és gran i el seu cos no ha de passar per més canvis ha d'utilitzar una pròtesi.

8.1 Adaptació física:

El cos d'un nen està en constant creixement i desenvolupament, el que significa que les pròtesis han de ser ajustades i substituïdes regularment per assegurar-se que encaixin adequadament. És essencial treballar amb un protesista o un equip mèdic especialitzat per garantir que la pròtesi s'ajusti correctament i permeti el desenvolupament adequat del nen.

8.2 Estimulació primerenca:

És important proporcionar una estimulació adequada i oportunitats al nen per explorar i desenvolupar habilitats amb la pròtesi. Això pot incloure exercicis, teràpia física i ocupacional, i participació en activitats recreatives. Estimular el moviment i l'ús de la pròtesi des de molt aviat pot ajudar al nen a adaptar-se i desenvolupar habilitats funcionals.

8.3 Suport emocional:

És normal que els nens que creixen amb una pròtesi experimentin emocions complexes, com ara frustració, tristesa o enveja cap als altres nens que no tenen pròtesis. Proporcionar un entorn de suport emocional, que inclogui el suport de la família, amics, terapeutes i grups de suport, pot ser de gran utilitat per ajudar el nen a enfrontar-se als reptes emocionals i a desenvolupar una autoestima positiva. Una persona madura no afronta de la mateixa manera una situació com la pèrdua o la falta d'un membre, un nen o nena segurament no entén ni la situació per la qual està passant. Aquesta petita diferència fa que l'edat influeix molt en la manera d'ajudar-lo emocionalment.

8.4 Autonomia i autoconeixement:

Conèixer les mateixes capacitats, limitacions i preferències és clau per a un nen que creix amb una pròtesi. Encoratjar la seva autonomia, donar-li espai per experimentar i prendre decisions en relació amb la seva pròtesi pot ser beneficiós per al seu creixement personal i desenvolupament de l'autonomia.

Créixer amb una pròtesi pot suposar desafiaments únics, però també pot donar lloc a un creixement personal i a un fort sentit d'identitat. Amb el suport adequat, la confiança i la determinació, els nens poden aprendre a adaptar-se, prosperar i viure plenament amb una pròtesi.

9 ADAPTACIÓ A UNA PRÒTESI

L'adaptació a una pròtesi és un procés important per a les persones que han perdut una extremitat i necessiten utilitzar una pròtesi per restaurar la funcionalitat. Aquest procés pot implicar diversos factors, incloent-hi l'ajustament físic, l'aprenentatge de l'ús de la pròtesi i l'adaptació emocional a aquest canvi.

Un dels aspectes clau de l'adaptació a una pròtesi és l'ajustament físic. Les pròtesis s'han de dissenyar i ajustar específicament per al pacient, tenint en compte les seves necessitats individuals. És essencial que la pròtesi s'adapti de manera adequada a l'àrea residual del cos per garantir una connexió segura i còmoda. Els professionals de la salut, com ara els protesistes o terapeutes ocupacionals, juguen un paper important en aquest procés, treballant de bracet amb els pacients per assegurar-se que la pròtesi s'ajusti de manera òptima.

Un dels problemes que es poden experimentar en l'adaptació a una pròtesi és el xoc amb la pell o les irritacions cutànies. A causa de l'ús constant de la pròtesi i del moviment repetitiu, la pell en contacte amb la pròtesi pot experimentar fricció, pressió i sudoració excessiva, el que pot provocar irritació i lesions cutànies. És important mantenir una bona higiene i cuidar la pell adequada per prevenir aquestes complicacions. L'ús de forrellatge o materials especials, com ara gels o protectors de pell, pot ajudar a reduir la fricció i protegir la pell dels efectes negatius de la pròtesi.

A més de l'ajustament físic i el maneig de les complicacions cutànies, l'adaptació a una pròtesi també implica l'aprenentatge de l'ús de la pròtesi i el desenvolupament de noves habilitats. Això pot incloure aprendre a moure's i realitzar activitats amb la pròtesi, com agafar objectes o caminar amb seguretat. Els pacients poden requerir teràpia física o ocupacional per aprendre a utilitzar eficaçment la pròtesi i desenvolupar força i equilibri.

Finalment, l'adaptació a una pròtesi també implica una dimensió emocional i psicològica. Algunes persones poden experimentar sentiments de pèrdua, frustració, ansietat o tristesa

en adaptar-se a la pèrdua d'una extremitat, conseqüències que s'especifiquen en el següent apartat.

10 CONSEQÜÈNCIES DE PORTAR UNA PRÓTESIS

Com s'ha mencionat en l'apartat anterior, la pèrdua d'una extremitat o part del cos pot tenir conseqüències tan físiques com psicològiques significatives per a la persona afectada. A continuació es presenten algunes de les principals conseqüències:

10.1 Conseqüències físiques:

10.1.1 Pèrdua de funcionalitat:

La pèrdua d'una extremitat o part del cos pot limitar o afectar la capacitat de realitzar activitats quotidianes, com caminar, manipular objectes, vestir-se o menjar. Això pot requerir adaptacions i rehabilitació per aprendre a utilitzar pròtesis o desenvolupar noves habilitats.

10.1.2 Canvis en la mobilitat:

Un altre factor que es pot donar és l'alteració de l'equilibri i la coordinació, el que pot afectar la capacitat per desplaçar-se de manera eficient i segura. A causa d'això, molts cops es requereixen l'ús d'ajudes tècniques com a mulettes, cadires de rodes o dispositius de mobilitat per compensar la pèrdua de l'extremitat.

10.1.3 Dolor i malestar:

Algunes persones experimenten dolor crònic en l'àrea de l'amputació o en l'extremitat residual. La presència de neuromes és la culpable i d'aquí sorgeix la malaltia del membre fantasma de la qual se'n parla en detall en el seu propi apartat, ja que és un tema de gran importància.

10.1.4 Dificultats en les activitats de la vida diària:

La pèrdua d'una extremitat pot crear reptes en l'execució d'activitats essencials com rentar-se, anar al lavabo, cuinar o acomplir tasques de neteja. Es poden requerir ajudes tècniques o adaptacions a l'entorn per facilitar aquestes activitats. Això és una conseqüència molt difícil d'afrontar, ja que molts cops després de perdre part del cos, una extremitat o qualsevol altra cosa que creï un gran canvi, pot afectar a l'entorn en el qual es vivia. Molt probablement s'hauran de fer adaptacions a la casa, a l'automòbil i molt altres llocs per poder viure independentment.

10.1.5 Risc d'alteracions de la salut:

En alguns casos, la pèrdua d'una extremitat pot augmentar el risc de problemes de salut com ara úlceres per pressió, dolors musculars i articularis, així com problemes de circulació en l'extremitat residual. Es requereix una atenció especialitzada per prevenir aquest tipus de problemes.

10.1.6 Necessitat de mantenir una bona higiene i cuidats de la pell:

Com s'ha mencionat anteriorment, l'extremitat residual requereix una atenció especial per evitar infeccions i promoure la cicatrització adequada. Això inclou netejar i inspeccionar regularment l'àrea, a més d'aplicar tractaments específics segons les indicacions dels professionals de la salut.

10.2 Conseqüències psicològiques:

10.2.1 Pèrdua de la imatge corporal i l'autoestima:

La pèrdua d'una extremitat o part del cos pot tenir un impacte significatiu en la imatge corporal i l'autoestima d'una persona. Poden sorgir sentiments de vergonya, incomoditat o preocupació per l'aparença física, el que pot afectar la confiança i les interaccions socials.

10.2.2 Estrès emocional i tristesa:

A l'utilitzar una pròtesi també es pot generar una àmplia gamma d'emocions, com tristesa, ràbia, frustració o ansietat. Pot requerir temps i suport emocional per processar i acceptar aquests canvis.

10.2.3 Depressió i ansietat:

Algunes persones poden desenvolupar símptomes de depressió i ansietat com a resultat de la pèrdua d'una extremitat. Això pot ser a causa dels reptes físics, l'ajustament psicològic, els canvis en l'estil de vida i la preocupació pel futur.

11 SÍNDROME DEL MEMBRE FANTASMA

Ja que s'han mencionat diferents problemes físics i psicològics que sorgeixen després de perdre una extremitat o part del cos, cal mencionar el síndrome del membre fantasma. Aquest és una condició que es produeix després de la pèrdua d'una extremitat, com per exemple una amputació. És una experiència en la qual la persona que ha perdut una part del cos continua sentint la presència i les sensacions de l'extremitat absent, tot i que no hi sigui físicament.

Les persones que pateixen el síndrome del membre fantasma poden experimentar diverses sensacions en l'extremitat perduda. Això pot incloure dolor, picor, formigueig, sensació de presència, calor o fred. Algunes persones també poden percebre moviments en l'extremitat fantasma, com si encara poguessin moure-la o flexionar-la.

La causa exacta del síndrome del membre fantasma encara no s'ha determinat del tot, però es creu que està relacionada amb la forma en què el cervell processa la informació sensorial després de la pèrdua de l'extremitat. Quan es produeix una amputació, les connexions nervioses que solien enviar senyals des de l'extremitat al cervell ja no existeixen, però el cervell continua esperant aquests senyals i pot interpretar-les com a sensacions en l'extremitat fantasma.

És una experiència real i pot ser molt pertorbadora per a les persones que ho pateixen. Pot afectar la qualitat de vida i el benestar emocional, ja que pot causar dolor crònic i interferir en les activitats diàries. No obstant això, hi ha diverses teràpies i tècniques que poden ajudar a alleujar els símptomes i a adaptar-se a aquesta condició. Això inclou l'ús de pròtesis adequades, teràpia física, tractaments farmacològics, estimulació nerviosa i tècniques de relaxació i visualització. L'abordatge multidisciplinari amb professionals de la salut, com ara metges, terapeutes ocupacionals i psicòlegs, pot ser útil per afrontar els efectes del síndrome del membre fantasma.

Mencionar que en el tractament del síndrome del membre fantasma, s'han utilitzat diversos tipus de medicaments amb l'objectiu de reduir els símptomes i proporcionar alleujament als pacients ja que és una condició que es caracteritza pel seu dolor. Algunes de les opcions farmacològiques més comunes inclouen:

11.1 Analgèsics:

Els analgèsics, com els antiinflamatoris no esteroides (AINE) o els opioides, són utilitzats per alleujar el dolor associat amb el síndrome del membre fantasma. Aquestes medicacions poden ajudar a reduir la intensitat del dolor i millorar la qualitat de vida dels pacients. No

obstant això, s'ha de tenir precaució en l'ús d'opioides, ja que poden tenir efectes secundaris i crear dependència.

11.2 Antidepressius tricíclics:

Aquests medicaments, com l'amitriptilina o la nortriptilina, s'utilitzen sovint per tractar el dolor neuropàtic, incloent-hi el dolor associat amb el síndrome. A més de les seves propietats antidepressives, aquests fàrmacs tenen un efecte analgèsic i poden ajudar a reduir les sensacions incòmodes.

11.3 Anticonvulsionants:

Alguns anticonvulsionants, com la gabapentina o la pregabalina, s'han utilitzat per tractar el dolor neuropàtic i les sensacions anormals associades amb el síndrome del membre fantasma. Aquests medicaments actuen en els nervis per reduir la sensibilitat al dolor.

11.4 Bloquejadors dels receptors NMDA:

Aquests fàrmacs, com la memantina, s'han utilitzat experimentalment en el tractament del síndrome del membre fantasma. Es creu que actuen en els receptors NMDA (àcid N-metil-D-aspartic) per modular les transmissions nervioses i reduir el dolor neuropàtic.

És important destacar que l'elecció del medicament i la dosificació específica depenen de cada pacient i de la seva resposta individual al tractament. Els medicaments sempre s'han de prescriure i gestionar sota la supervisió d'un professional mèdic qualificat, qui determinarà la millor opció terapèutica basada en les necessitats i les circumstàncies particulars de cada pacient.

12 ANATOMIA D'UNA MÀ APLICADA A UNA PRÒTESI

La mà és una de les parts més fonamentals del cos humà, ja que ens permet interactuar amb l'entorn i manipular-lo. L'anatomia d'una mà és complexa i implica una estructura altament especialitzada que permet una àmplia gamma de moviments i funcions. Quan es dissenya una pròtesi de mà, es busca replicar aquesta anatomia per proporcionar als portadors la major funcionalitat i semblança possible a un membre real. És important recalcar aquest apartat, ja que gran part de la part pràctica consta de pròtesis d'extremitats superiors ja siguin mans o braços.

12.1 Ossos i articulacions:

La mà humana conté 27 ossos, incloent-hi els ossos del carpus (ossets de la polsera), els metacarpians (ossos de la mà) i les falanges (ossos dels dits). Les articulacions permeten la flexió, l'extensió i la rotació de la mà i els dits. En el nostre cas els ossos més importants són les falanges. Pel nostre treball cal tenir en compte la seva estructura i replicar-la per tal d'una major semblança de la pròtesi amb una mà real.

12.2 Músculs:

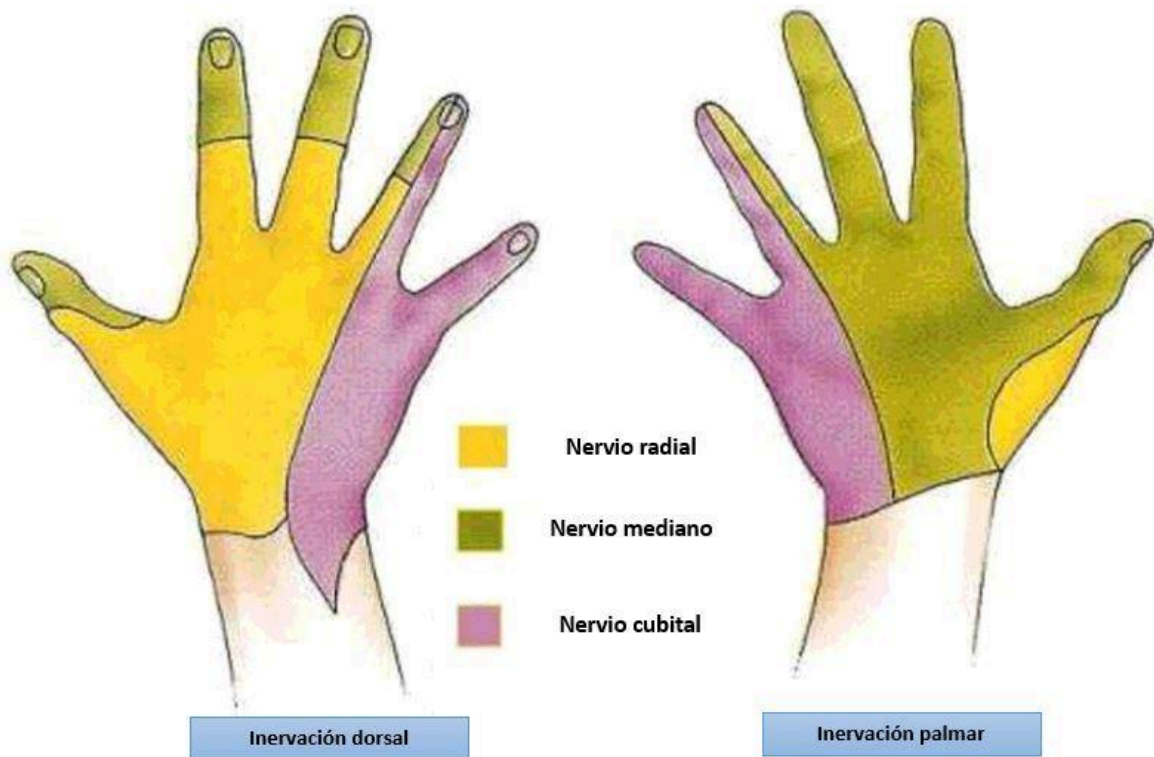
Són els encarregats d'executar els moviments. La mà compta amb diferents estructures musculars que es poden dividir en tres principals grups:

- **Músculs extensors:** Es troben a la part posterior de la mà i són responsables del moviment de l'extensió dels dits i el canell. Són vitals per obrir la mà.
- **Músculs flexors:** Es troben a la part anterior de la mà i estan al càrrec de la flexió dels dits i canell. Són crítics a l'hora de tancar la mà i fer pinça.
- **Músculs intrínsecs de la mà:** Són petits músculs ubicats a dins la mà estan encarregats dels moviments més precisos i delicats.

12.3 Tendons i lligaments:

Els tendons i lligaments són els encarregats d'unir els músculs i ossos del cos així com transmetre la força feta pels músculs a les articulacions. A la mà els tendons s'estructuren exactament igual que els músculs, extensors i flexors, acompanyen el moviment dels músculs amb el mateix nom.

- Dits: Els dits són la part de la mà que s'encarrega de fer pinça, la característica més important de la nostra espècie així com de la nostra mà. En el nostre cas els dits també prenen molta importància, ja que són el que decideix quanta força pot exercir la nostra mà sobre un objecte així com la delicadesa amb la qual l'opera.
- Sistema nerviós de la mà: La mà com tota la resta està connectada al cervell per via nerviosa. En el cas de la mà, aquesta està coordinada per base de tres nervis principals que són:
 - **Radial**: Encarregat de la part del palmell i les parts superiors dels dits
 - **Cubital**: Encarregat del dit petit i l'anular
 - **Mitjà**: Encarregat de la part m



Esquema distributiu dels nervis. Font: imatge de Dolopedia (20/09/2023)

13 FISIOPATOLOGIA D'UNA MÀ

La fisiopatologia de la mà es refereix a l'estudi de les anormalitats i trastorns que poden afectar el funcionament habitual d'aquest òrgan altament complex. Aquí s'enumeren diverses condicions que poden impactar la mà, juntament amb una breu explicació de com poden interferir en el seu funcionament:

13.1 Artritis:

- L'artrosi és el resultat del desgast del cartílag a les articulacions de la mà, el que provoca dolor, rigidesa i problemes per moure els dits i la mà.
- L'artritis reumatoide és una malaltia autoimmunitària que causa inflamació a les articulacions, incloent les de la mà. Aquesta condició pot provocar deformitats i restriccions en la mobilitat.

13.2 Lesions Traumàtiques:

- Les fractures d'ossos de la mà poden ocasionar dolor, deformitats i limitacions en el moviment.
- Les luxacions es produeixen quan una articulació es desplaça de la seva posició normal, provocant molèsties i dificultat per moure la mà.

13.3 Síndrome del Túnel Carpià:

- Aquest trastorn es dona quan el nervi mitjà, que passa pel túnel carpià al canell, es comprimeix. Això pot ocasionar dolor, formigueig i debilitat als dits i la mà.

13.4 Tenosinovitis De Quervain:

- Es tracta d'una inflamació dels tendons del dit gros. Això pot causar dolor i dificultats per moure el dit gros i la canell.

13.5 Contractura de Dupuytren:

- Es caracteritza per l'engrossiment i contractura dels teixits a la palma de la mà, el que pot conduir a la incapacitat d'estendre completament els dits.

13.6 Síndrome de Raynaud:

- Aquest trastorn afecta el flux sanguini als dits, provocant canvis de color a la pell i sensació d'entumiment o fredor.

13.7 Malalties Neurològiques:

- Condicions com la neuropatia perifèrica o lesions en els nervis poden afectar la sensibilitat i el control muscular de la mà.

13.8 Tumors i Mases:

- La presència de tumors o quists en els teixits de la mà pot causar dolor, deformitats i limitacions en el moviment.

13.9 Malalties Sistèmiques:

- Algunes estats mèdics com la diabetis, la gota o trastorns autoimmunitaris poden tenir manifestacions a la mà, afectant la funció i el confort.

14 EMPRESES I CENTRES CAPD'AVANTERES EN EL SECTOR DE LES PRÒTESIS:

És important mencionar les empreses i centres com podrien ser universitats, ortopèdies o hospitals que fan evolucionar el sector de les pròtesis i, per tant, a continuació es mencionen les tres en les que s'ha inspirat el treball i d'on s'ha extret la major part d'informació:

14.1 ORTOPÈDIA ARBÓS

L'ampli sector de l'ortopèdia ha donat lloc a la creació d'innumerables empreses amb l'objectiu d'ajudar i facilitar la vida de les persones víctimes d'una lesió que immobilitza una part del seu cos. Una d'aquestes clíniques és l'Ortopèdia Arbós, fundada l'any 1974 a Barcelona, on encara té la seva seu. Va començar com un petit taller ortopèdic, però la seva popularitat i la seva manera de realitzar els projectes els van dur en poc temps a la primera línia de l'estat espanyol i la Unió Europea. L'Ortopèdia ofereix diferents àrees, des de productes de suport (com ara orinals personalitzats) i ortopèdia tècnica (com correctors d'escoliosis) fins al sector més popular: les pròtesis de silicona adaptades. Dins aquestes pròtesis, podem trobar dos subsectors: les facials i les corporals.

En el cas de les pròtesis facials, el benefici és exclusivament psicològic i estètic. Com afirmen ells mateixos: "És evident que mai podrem restituir la part del cos que s'ha perdut, però el

seu realisme fa que passi desapercbut per a la resta de la societat. El benefici psicològic és, sens dubte, de gran importància en aquesta classe de pròtesis, i és un dels factors que tenim més en compte en la nostra feina diària" (Ortopèdia Arbós, pròtesis facials).

D'altra banda, les pròtesis corporals poden proporcionar beneficis més enllà de l'estètica, tot i que això no és l'objectiu principal de l'Ortopèdia Arbós. Prefereixen abordar projectes on els pacients hagin perdut una part visible del cos i creguin necessària una pròtesi per millorar la seva lesió des del punt de vista psicològic.

L'Ortopèdia Arbós ha desenvolupat pròtesis de tota mena, des de pròtesis craniofacials, com pròtesis auriculars, oculo-palpebrals i pròtesis nasals, fins a pròtesis de diverses parts de la cara i del crani, així com pròtesis d'extremitats tant inferiors com superiors. Sempre utilitzen silicones que han estat provades mèdicament per garantir que no causin al·lèrgies ni malestar als pacients, i per realitzar aquestes pròtesis, es valen de diversos tipus d'implants.

Aquí podem veure una sèrie d'imatges on es mostra l'abans i el després d'alguns dels pacients així com la pròtesi ja en el seu lloc i abans de ser col·locada.



Treball de l'ortopedia. Font: imatge de l'ortopedia Arbós (02/07/2023)



Treball de l'ortopedia. Font: imatge de l'ortopedia Arbós (02/07/2023)

14.2 ÖSSUR

Fonamentada en els seus orígens islandesos, Össur ha crescut fins a esdevenir una companyia multinacional altament influent en el camp de les solucions ortopèdiques. Des de la seva fundació el 1971 a Reykjavik, Islàndia, l'empresa ha establert una reputació excepcional en la indústria, combinant habilitats tècniques avançades amb un profund compromís amb la millora de la qualitat de vida de les persones amb necessitats de mobilitat especials.

L'èxit de Össur es deu en gran part a la seva dedicació constant a la innovació. L'empresa ha estat pionera en el desenvolupament de tecnologies revolucionàries en l'àmbit de les pròtesis, incloent-hi pròtesis bioniques que incorporen avenços d'última generació. Aquesta dedicació a la innovació ha marcat la diferència per a milers de persones al voltant del món, permetent-los recuperar o millorar la seva mobilitat i, en molts casos, recuperar una part essencial de les seves vides.

A més de la seva excel·lència tècnica, Össur també és coneguda per la seva àmplia gamma de productes, que abasten des de pròtesis específiques per a esports fins a solucions personalitzades per a diferents necessitats ortopèdiques. Això permet a l'empresa adaptar-se a les necessitats individuals de cada client, oferint una gran varietat d'opcions per a tota mena de situacions i estils de vida.

Una de les característiques més notables de Össur és la seva àmplia presència global. Amb oficines i centres de producció repartits per tot el món, l'empresa té la capacitat de servir a clients en una àmplia gamma de països i cultures. Això no només demostra la seva influència en l'àmbit internacional, sinó que també demostra el seu compromís amb el suport i la millora de les comunitats a tot el món.

Össur és molt més que una empresa de pròtesis; és una institució que ha establert estàndards excepcionals en la indústria ortopèdica en l'àmbit mundial. El seu llegat d'innovació, dedicació a la millora de la qualitat de vida i presència global són testaments a la seva influència i impacte durador en les vides de milers de persones.

14.3 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (UPV)

La Universitat Politècnica de València (UPV) és una de les institucions acadèmiques més importants i influents d'Espanya en l'àmbit de l'enginyeria, la tecnologia i les ciències aplicades. Fundada el 1968, la UPV s'ha guanyat una excel·lent reputació tant a nivell nacional com internacional pel seu compromís amb l'excel·lència acadèmica i la recerca de vanguardia.

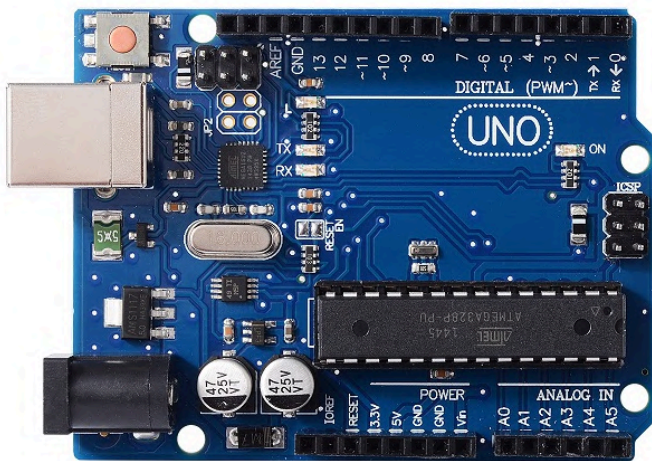
Dins del context de l'enginyeria biomèdica, la UPV es distingeix per ser un centre de referència en el desenvolupament de tecnologies orientades a millorar la salut i la qualitat de vida de les persones. Això inclou la investigació i el desenvolupament de pròtesis, així com altres dispositius ortopèdics que tenen un impacte significatiu en el benestar i la rehabilitació de les persones amb discapacitats físiques.

El departament d'enginyeria electrònica i biomèdica és el principal encarregat d'investigar tot el relacionat amb les pròtesis juntament amb l'Institut de Biomecànica de València (IBV). Es dediquen a buscar millores constants als diferents dissenys ja existents. Gràcies a moltes

d'aquestes millores s'han aconseguit grans canvis en la construcció i elaboració de pròtesis actuals.

15 ARDUINO, QUE ÉS, COM FUNCIONA I EN QUÈ ENS ÉS ÚTIL.

L'Arduino és una plataforma de prototipatge electrònic molt popular entre els aficionats a l'electrònica. Aquest apartat és important, ja que en la part pràctica s'ha utilitzat una petita part d'electronica bàsica. L'Arduino consta d'una placa de circuit imprès a la que es poden connectar diferents motors, sensors o altres dispositius a partir de cables i corrents. Aquesta placa es pot programar amb el llenguatge de programació C++ o amb altres llenguatges més simples creats pels usuaris, com per exemple Arduino blocs. Aquesta és una plataforma feta pels usuaris que proposa una forma alternativa al C++ de programar, fent més fàcil la feina als qui volen crear un programa d'Arduino.



Placa de circuit imprès. Font: imatge de l'Amazon (03/08/2023)

Arduino no seria res si no fos per als seus components, aquests van des de motors a sensors de tacte passant per altres components com per exemple sensors de posició o de moviment. En definitiva els components són una gran part de l'Arduino i tot i que pel treball només s'utilitza un motor bàsic, és important mencionar alguns aspectes de l'àmbit de l'electrònica.



Servo motor d'arduino. Font: imatge de l'Amazon (03/08/2023)

Arduino representa una petita part del treball pràctic, però és la clau darrere la part de la mà funcional. Per això és molt important tenir clar de que es tracta l'Arduino i les seves funcions principals, és fonamental per entendre de manera detallada tot el treball.

16 IMPRESSIÓ EN 3D

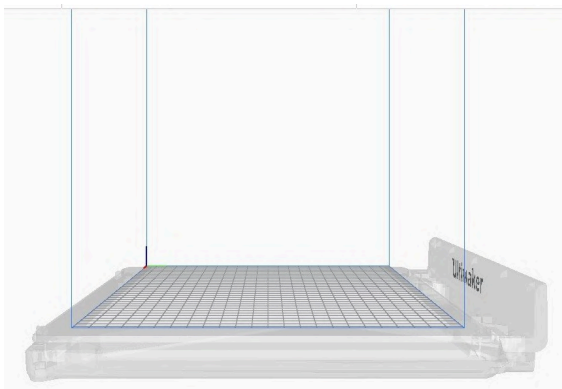
Ja que gran part de la part pràctica està feta amb una impressora 3D, és important explicar els conceptes clau per així entendre millor tots els processos que s'han seguit en la creació de la pròtesi funcional. En aquest apartat s'explicarà el funcionament primordial d'una impressora i les seves limitacions principals. A més, s'intentarà deixar clar la dificultat del procés.

La impressora 3D és un mecanisme que es va inventar als anys vuitanta i fins a l'actualitat han sortit diferents variacions cada vegada més complexes. Tot i els avenços, però, el mecanisme funciona de la mateixa forma. A partir d'un petit motor que escalfa a una temperatura d'entre 200 i 220 graus, es desfan diferents plàstics (com per exemple PLA, ABS, PVA ...) i es deixen anar a una placa que està entre 40 i 60 graus per tal que es tornin a refredar i quedin compactes. En seguir aquest procés es formen diferents patrons i acaben sorgint figures, objectes o qualsevol altra cosa que s'hagi prèviament programat.

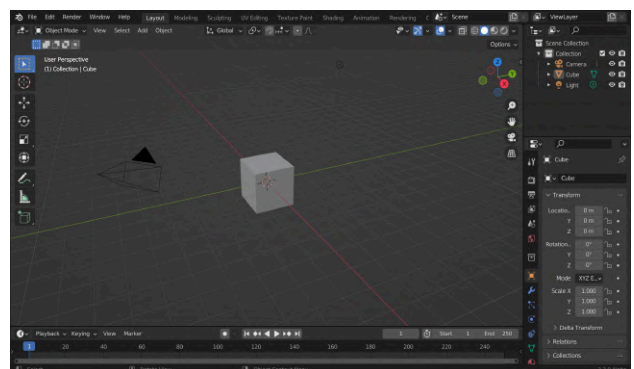


Exemples de filament PVC. Font: imatge de Thinkverse (22/07/2023)

El cas és que per tal de fer que la impressora segueixi un patró s'ha d'haver programat prèviament amb un ordinador. Existeixen diferents programes com per exemple Ultimaker Cura, PrusaSlicer, MatterControl, Simplify3D i altres. Aquest es diuen "slicers" i serveixen per crear un espai 3D on poder programar tot allò que es vulgui imprimir, aquests programes et permeten fer una previsualització del que s'ha d'imprimir. Simplement mencionar que en aquest projecte s'ha utilitzat l'UltiakerCura.



UltimakerCura. Font: pròpia (22/07/2023)



Blender. Font:pròpia (22/07/2023)

Els “slicers” serveixen per programar l'objecte, però si s'ha de crear o modificar, es necessita un altre tipus de programa com per exemple Blender o SketchUp que et permeten dissenyar o moure parts de l'objecte. En cas que no es tingui experiència en aquest àmbit, pot resultar la part més difícil, ja que per dissenyar s'ha d'aprendre un llenguatge completament nou, un llenguatge que et permet fer modificacions i creacions.

Com es menciona a l'inici d'aquest apartat, utilitzar una impressora 3D és d'allò més complicat i no només pels diferents passos, la dedicació i el temps que porta cada un d'ells sinó perquè molts cops ja sigui perquè la impressora està mal establitzada, perquè el disseny està mal format o per qualsevol inconvenient, tot el procés seguit no serveix de res i s'ha de tornar a començar.

17 TREBALL PRÀCTIC

Dins aquest apartat es distingeixen tres experiments diferents, primerament un experiment el qual es tracta de la creació d'una mà estètica juntament amb tot el procés pel qual ha passat. Com a segon apartat es parlarà de la creació pas a pas d'una pròtesi funcional. Dins de l'experiment de la mà estètica i de la pròtesi funcional també s'inclourà un subapartat on es parlarà del preu que té una pròtesi com les que s'han elaborat. Finalment com a últim pas experimental s'ha elaborat un senzill experiment sobre la malaltia del membre fantasma que serveix per empatitzar i intentar experimentar allò que les persones que ho pateixen senten.

17.1 ELABORACIÓ DE LA MÀ ESTÈTICA

Durant aquest treball de recerca un dels primers objectius que es van marcar tant en parella com amb el tutor va estar que a la part pràctica no es podia donar l'abast si s'intentava fer una mà tant funcional com estètica, ja que es trigaria molt i no es tenien els recursos per fer-ho. És per això que es va arribar a la conclusió que el més adient a aquesta situació seria

fer dues mans, un prototip de mà funcional i una mà estètica com les de les ortopèdies punteres al sector.

Un cop presa la decisió ens vam posar mans a l'obra i ens vam informar dels passos que s'haurien de seguir per elaborar aquesta pròtesi estètica (tota aquesta recerca es pot trobar resumida i comprimida al marc teòric així com a la bibliografia web es pot trobar les pàgines usades en la recerca). Després de moltes lectures i de preguntes a ortopèdies com l'ortopèdia Arbós, es va aconseguir un full de ruta per elaborar la mà. Es van seguir un continu d'experiments o proves per finalment arribar a un resultat final.

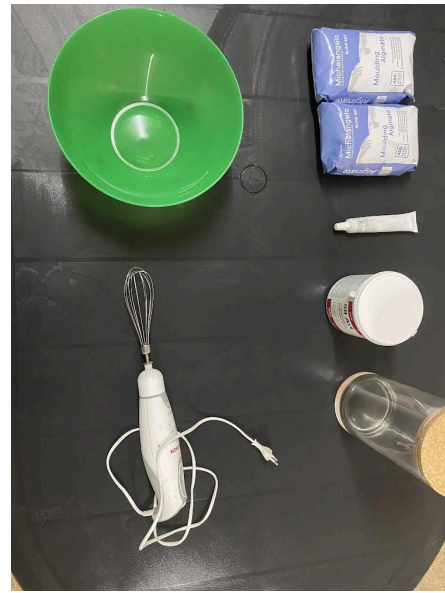
17.1.1 Primera prova:

Després de la recerca es va arribar a la conclusió que la millor forma per crear aquesta mà estètica era seguir el mètode d'emmotllament, utilitzar un motlle negatiu i posteriorment un de positiu. En la primera prova es va partir del no-res, ja que no es tenia experiència fent motlles de cap classe i tampoc es tenia clar de qui havia de ser el model del motlle. En aquest primer experiment tampoc era necessari saber qui seria el model, ja que l'objectiu principal era determinar els materials i les quantitats que es necessitaven per així fer-ho de forma exacta en futurs experiments.

El primer material que es va utilitzar va estar l'alginat, un material utilitzat sobretot en l'àmbit de la medicina per fer motlles negatius. Un bon exemple el trobem en l'odontologia, quan s'ha de fer un motlle de les dents s'usa l'alginat. És un material que en barrejar-lo amb aigua se solidifica i, per tant, permet una gran varietat d'aplicacions. S'ha de barrejar la mateixa quantitat d'alginat que d'aigua per tal de fer una bona barreja, seguint aquests passos es va provar de fer un primer motlle negatiu. Un cop barrejat l'alginat amb l'aigua s'havia de determinar quant tardava a solidificar-se, però al no tenir experiència i en esperar més del compte es va solidificar abans de poder fer el motlle. A causa d'això es va perdre més de la meitat de l'alginat, per la qual cosa es va haver de fer un segon intent on el motlle no cobria tota la mà a causa de la falta de material.



Materials usats. Font: pròpia,(01/07/2023)



Materials usats. Font: pròpia,(01/07/2023)

Un cop abocat l'alginat dins el recipient, era essencial determinar la posició que aquesta havia d'adoptar per tal que la mà es mantingués en una natural. Després que s'assequés l'alginat i que el model retires la mà es va obtenir el primer motlle negatiu.



Motlle negatiu de la mà. Font: pròpia,(01/07/2023)



Motlle negatiu de la mà. Font: pròpia,(01/07/2023)

Ja que s'havia aconseguit el motlle negatiu, era el moment per comprovar un segon material, el material que havia d'emplenar aquest motlle negatiu i crear el motlle positiu, el cautxú de silicona. El problema va sorgir quan el cautxú de silicona no era l'indicat, era un cautxú sòlid i se'n necessitava un de líquid. Per aquesta raó es va haver de descartar la prova d'aquest segon material i així va concloure aquest primer experiment. Per sort, però, no va estar un experiment sense resultats, gràcies a ell es va poder calcular el temps que tardava l'alginat a solidificar-se, la quantitat de material que es necessitava i per últim el tipus de cautxú que s'havia d'aplicar.



Cautxú inadequat Font: pròpia (01/07/2023)

17.1.2 Segona prova:

Una vegada completada la primera prova i amb tot el coneixement adquirit, es va tornar a repetir l'experiment anterior però aquest cop amb uns objectius diferents. Aquest cop ja es tenia el coneixement per manejar l'alginat, però s'havia de comprovar si el cautxú de silicona era el material adequat.

Per aquesta prova es va haver de crear un altre cop un motlle negatiu, ja que a mesura que passa el temps l'alginat es fa malbé i l'anterior motlle no hagués servit de res. També cal mencionar, però que tot i que pugui semblar una despesa innecessària ens va ajudar a conèixer millor el material i guanyar experiència vers les següents creacions.

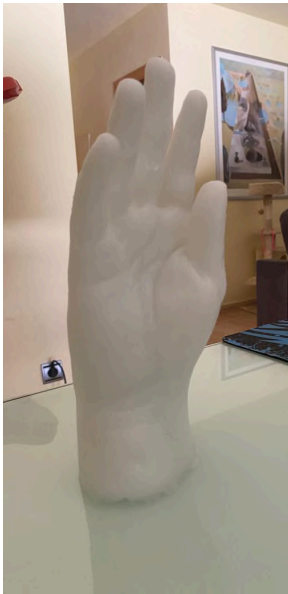


Motlle negatiu. Font: pròpia (13/07/2023)



Motlle negatiu. Font: pròpia (13/07/2023)

Un cop elaborat el motlle negatiu, es va evocar la nova silicona, aquest cop una silicona líquida, la qual s'havia de barrejar amb un catalitzador que s'encarregava d'accelerar el procés de solidificació d'orquestra. Després d'un període d'unes 6 h (l'especificat al paquet i diferent a cada silicona) es va retirar la mà del motlle amb un espectacular resultat. L'únic problema era que al no barrejar de forma correcta la silicona per por a que es solidifiqués van quedar bombolles d'aire al motlle i, per tant, en solidificar-se algunes parts de la pròtesi van quedar amb forats.



Resultat de la prova. Font: pròpia (14/07/2023)



Resultat de la prova. Font: pròpia (14/07/2023)

A tall de conclusió, després de fer aquesta prova es va poder entendre com funcionava el procés d'abocar la silicona i com es podia millorar per tal de no tornar a presentar els mateixos errors en els futurs tempteigs.

17.1.3 Tercera prova

Després de les dues últimes proves on es va poder tractar i experimentar amb els materials com a grup es va veure la necessitat de colorar la mà per tal de donar-li una estètica realista i més dissimulada. És per això que es van adquirir una sèrie de colorants i es va elaborar un altre prova on poder experimentar amb la coloració de la mà de tres formes diferents d'acord amb dues idees que es tenien en vers a com poder colorar la silicona. Amb aquesta prova es buscava trobar la manera més efectiva d'aconseguir un color a la mà.

La primera idea va estar pintar la mà amb pintura comuna i corrent, potser no sembla la més adient, però si era la més barata i amb la que es podia regular més el color. Vist que no funcionava, es va decidir anar per la segona idea. La segona idea era colorar la silicona durant la barreja. Aquesta segona idea era molt més difícil, ja que en fer la barreja hi havia molts altres productes que tenien colors molt forts i els quals no se sabia com reaccionarien amb el colorant.

Un cop decidit es va tornar a fer tot el procés de les anteriors proves, però aquest cop a l'hora de barrejar el cautxú de silicona amb el seu catalitzador, s'hi evocaria colorant de color carn. Només de fer-ho es va veure que el color blau de la silicona predominava sobre el colorant i, per tant, la barreja no va sortir del color esperat. Va quedar un color fruit de la barreja de tots els productes i el qual no s'acostava gens al color carn que es necessitava.



Resultat de la segona mà. Font: pròpia (04/08/2023)



Resultat de la segona mà. Font: pròpia (04/08/2023)

Igual que en tots els altres experiments, tot i haver estat un fracàs, es van extreure diferents conclusions que van ajudar a aconseguir un resultat final. Aquesta vegada es va determinar que si es volia obtenir un color carn, la silicona havia de ser transparent o blanca, ja que eren colors que no afectarien el colorant. A part d'això també es va assolir una mà sense bombolles d'aire perquè aquest cop es va barrejar molt millor que en l'anterior prova.

17.1.4 Quarta prova

Després de l'anterior prova, aquesta entrava en els nostres plans com la vegada on es faria la mà definitiva. Per tant, es va iniciar un procés de treball on es tenien en compte tots els errors anteriors.

Com en tots els altres experiments es va començar fent el motlle negatiu a partir de l'alginat i seguidament es va col·locar el model de mà definitiu dins el recipient juntament amb el material. Un cop assecat l'alginat es va retirar el model i es va començar a fer la barreja de la silicona juntament amb el colorant aquest cop, però amb una silicona transparent i que no generessin bombolles. Un cop ben barrejat es va evocar dins el motlle i es va esperar el temps necessari. Clarament, aquest cop el color havia sortit quasi perfecte i no hi havia rastre de bombolles a la silicona.



Elaboració de la mà final. Font: pròpia (10/08/2023)



)Elaboració de la mà final. Font: pròpia (10/08/2023)

Un cop passat el temps i assegurant que la silicona ja s'havia assecat, es va treure del motlle per així valorar el resultat final. Després d'observar el resultat es va determinar tot un èxit, la pròtesi era idèntica a la mà del pacient en molts detalls i el color era quasi perfecte, ja només faltaven els últims retocs.



Mà final. Font: pròpia (11/08/2023)



Mà final. Font: pròpia (11/08/2023)



Mà final. Font: pròpia (11/08/2023)



Mà final. Font: pròpia (11/08/2023)

17.1.5 Cinquena prova

Un cop ja feta la mà estètica definitiva (quarta prova) faltava donar-li els últims retocs, en aquest cas les ungles de gel i els pèls. Per tal que la mà final no tingués errors es van aprofitar les mans de proves anteriors per fer les proves pertinents. Seguint aquesta dinàmica es va assegurar un marge d'error que donava espai per errors dels que aprendre i aplicar els coneixements a la mà definitiva.

Es van afegir ungles transparents ja que després de provar diferents colors i tonalitats eren les més realistes i pel que fa als pèls es va utilitzar una agulla com a eina, ja que és la forma de crear els diferents forats per on s'hi han d'insertar pèls.

17.1.6 Cost d'una pròtesi estètica

En aquest apartat es parlarà sobre el cost d'una pròtesi estètica o també anomenada passiva. Cal tenir en compte que el cost d'una pròtesi bé donat en gran part pel preu que proposen les federacions de tècnics ortoprotètics amb conveni amb l'AEMPS (agència espanyola del medicament i productes sanitaris). Aquest preu es pot consultar al catàleg de prestacions ortopèdiques. La pròtesi efectuada en el treball es classifica com a pròtesi passiva de desarticulació de canell, el seu codi és PSN 000A i segons el catàleg el seu import màxim de facturació és de 2.166 €. No només s'ha de tenir en compte la pròtesi sinó que també es necessita un encaix supracondili interior de termoplàstic tou per a pròtesi passiva, el seu codi és PSN 900I i el seu import màxim és de 412,5 €. Un cop recaptada tota aquesta informació del catàleg de prestacions ortopèdiques, es pot afirmar que una pròtesi passiva com la que s'ha efectuat en el treball té un valor aproximat a 2578,5€. En cas que el pacient decideix no utilitzar la seguretat social i contractar la pròtesi a una empresa privada, el preu canvia totalment, ja que depèn dels materials i condicions de l'empresa entre altres factors.

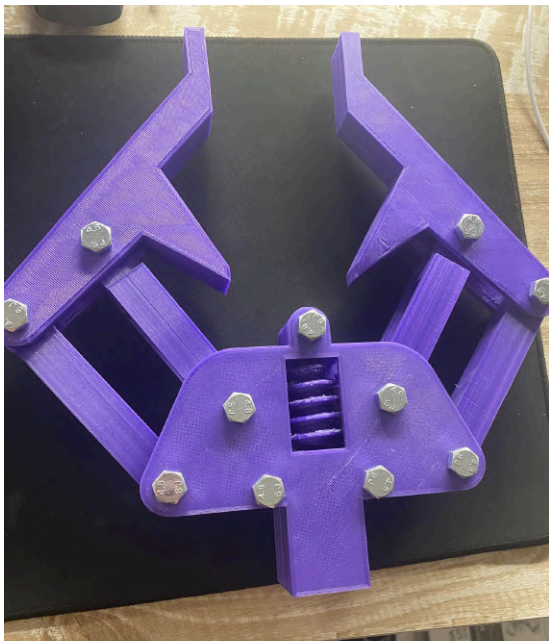
17.2 ELABORACIÓ DE LA MÀ FUNCIONAL:

L'elaboració de la mà funcional es va dur a terme simultàniament amb la creació de la mà estètica, ja que un dels objectius inicials de la recerca era desenvolupar una pròtesi mecànica capaç de realitzar funcions útils, com ara ser capaç d'obrir-se i tancar-se per així

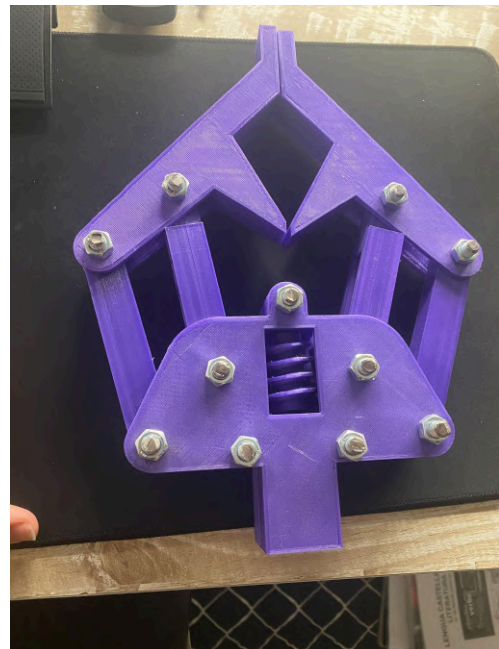
agafar objectes com una llauna o un estri de cuina. Per aconseguir la mà mecànica, es va passar per un total de 5 experiments diferents:

17.2.1 Primer experiment:

En primer lloc, es va dur a terme la cerca d'un material adequat per construir les pròtesis, i es va decidir que la millor opció era utilitzar una impressora 3D, ja que es tenia a mà i era un bon material. Es va dissenyar i imprimir un primer prototip que complia amb la funció principal d'una mà, és a dir, la funció de pinça. Aquesta funció és essencial per a la majoria dels moviments de la mà i es realitza principalment amb els dits índex o cor i el polze. La funció principal d'aquest primer intent era si més no començar a entendre el moviment que havia de fer la pròtesi final. El prototip està construït a partir d'un programa de disseny i consta d'una estructura molt bàsica, les diferents parts impreses estan subjectades entre elles gràcies a diferents caragols i femelles.



Primer prototip experimenta. Font: pròpia (29/06/2023)



Primer prototip experimenta. Font: pròpia (29/06/2023)

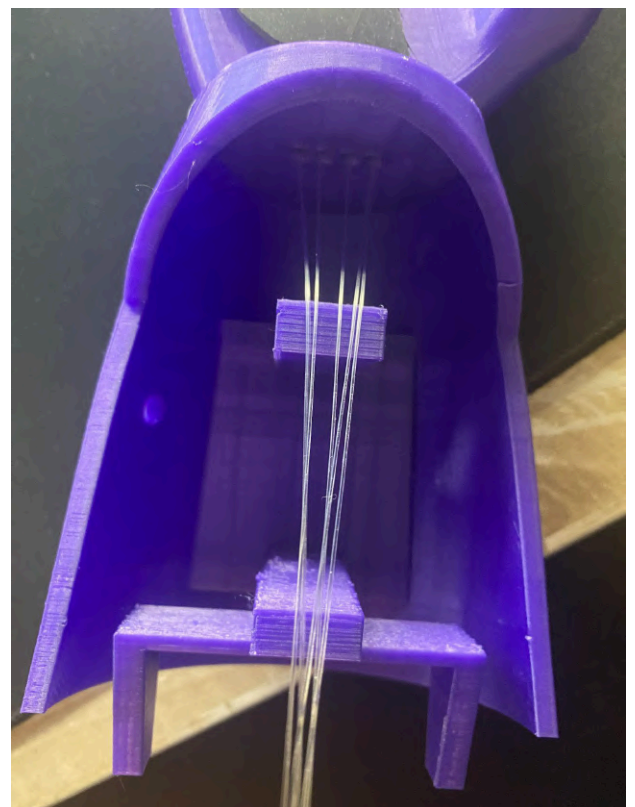
Tot i que aquest primer prototip semblava una bona idea, es va descartar perquè es buscava una pròtesi més compacta i amb una forma de mà més realista. Malgrat això, aquest primer prototip va ajudar a comprendre millor el tipus de moviment que havia de realitzar la pròtesi final, el que va portar a l'inici del procés de construcció d'un segon prototip.

17.2.2 Segon experiment:

Després de reconsiderar el tipus de pròtesi que es volia desenvolupar, es va crear un segon prototip utilitzant igualment la impressora 3D. A partir d'un model tridimensional d'una mà, es va modificar usant el Blender per tal que es mogués amb un mecanisme més elaborat. Aquest segon prototip constava de diverses peces més complexes, ja que incloïa els cinc dits, cadascun amb les seves falanges. Amb l'ajuda de fils que connectaven els dits, aquest segon prototip podia realitzar moviments més complets que el primer, sent capaç de moure dit per dit i amb un recorregut complet.



Primer resultat de la mà funcional. Font: pròpia (10/08/2023)

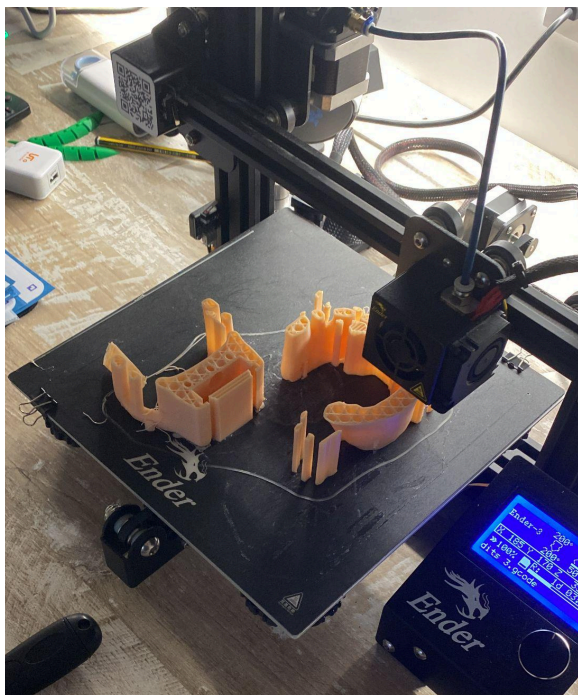


Primer resultat de la mà funcional. Font: pròpia (10/08/2023)

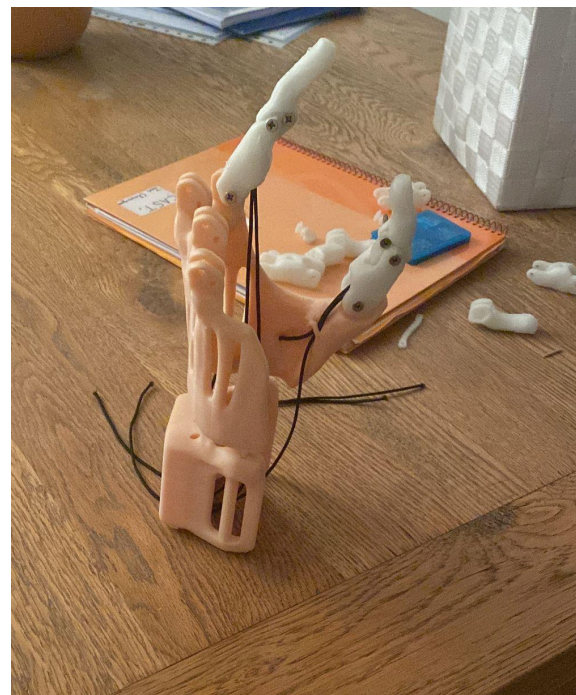
Aquest segon prototip ja era més complex, però, tot i això, tenia alguns problemes. El principal problema amb aquest segon prototip era que, a causa de la seva superfície de plàstic llisa, qualsevol objecte que s'intentava agafar relliscava i l'objectiu de la pròtesi funcional era poder agafar un objecte com una llauna, un estri de cuina o un altre per aquesta raó, es va decidir intentar construir un tercer prototip.

17.2.3 Tercer experiment:

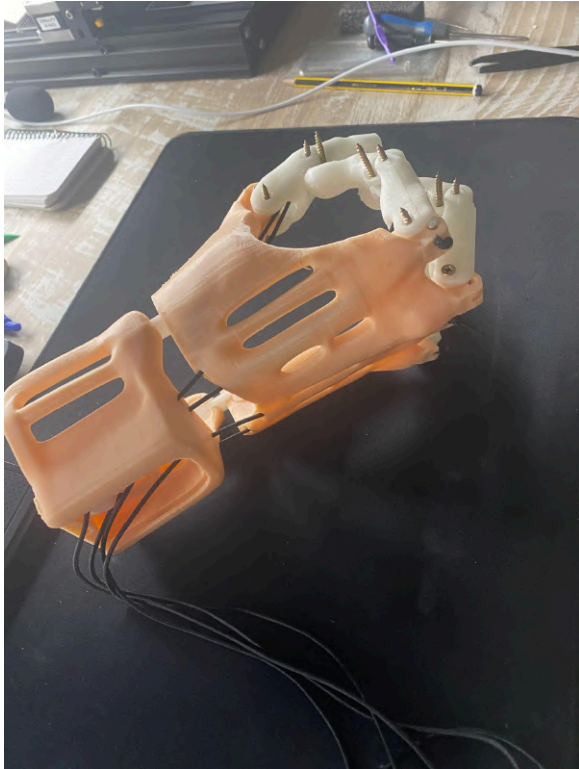
Un cop avaluat el segon prototip, es va buscar crear un tercer prototip més enfocat als objectius del projecte. En aquesta ocasió, es va buscar una superfície més arrodonida per millorar la capacitat d'agafar l'objecte. Aquesta vegada la pròtesi era més completa en quant els colors i fins i tot constava de parts que s'il·luminaven a la foscor gràcies a un tipus de filament especial utilitzat en la impressora 3D. Tot i això, després d'haver imprès les diferents parts i de muntar-la es va veure que no estava ben dissenyada i redissenyar-la portaria molt de temps, per tant, es va decidir deixar el prototip de banda i partir un altre cop de l'anterior creació.



Resultats del tercer experiment. Font: pròpia (18/08/2023)



Resultats del tercer experiment. Font: pròpia (18/08/2023)



Resultats del tercer experiment. Font: pròpia (18/08/2023)



Resultats del tercer experiment. Font: pròpia (18/08/2023)

S'ha de tenir en compte que fer cada un dels prototips porta molta feina, ja que s'han de dissenyar, programar, imprimir i finalment muntar així que era impossible crear un prototip totalment nou o modificar aquest.

17.2.4 Quart experiment:

Finalment, en el quart experiment, es va construir la pròtesi definitiva a partir dels errors comesos en els anteriors experiments. Per resoldre el problema de la manca de fricció en la superfície, es va decidir utilitzar goma, un material que crea fricció a la seva superfície. Petits trossos de plàstic es van adherir a la palma de la mà i a les falanges dels dits per aconseguir aquest efecte de fricció.



Últims retocs a la mà final. Font: pròpia (14/09/2023)



Últims retocs a la mà final. Font: pròpia (14/09/2023)



Posada a prova final. Font: pròpia (16/09/2023)

Aquest quart experiment va marcar un avenç important en la creació de la mà funcional perquè finalment es va poder resoldre el problema principal de la manca de fricció a les superfícies de la pròtesi. Gràcies a la goma la pròtesi ja era capaç d'agafar objectes sense que rellisquessin.

17.2.5 Cinquè experiment:

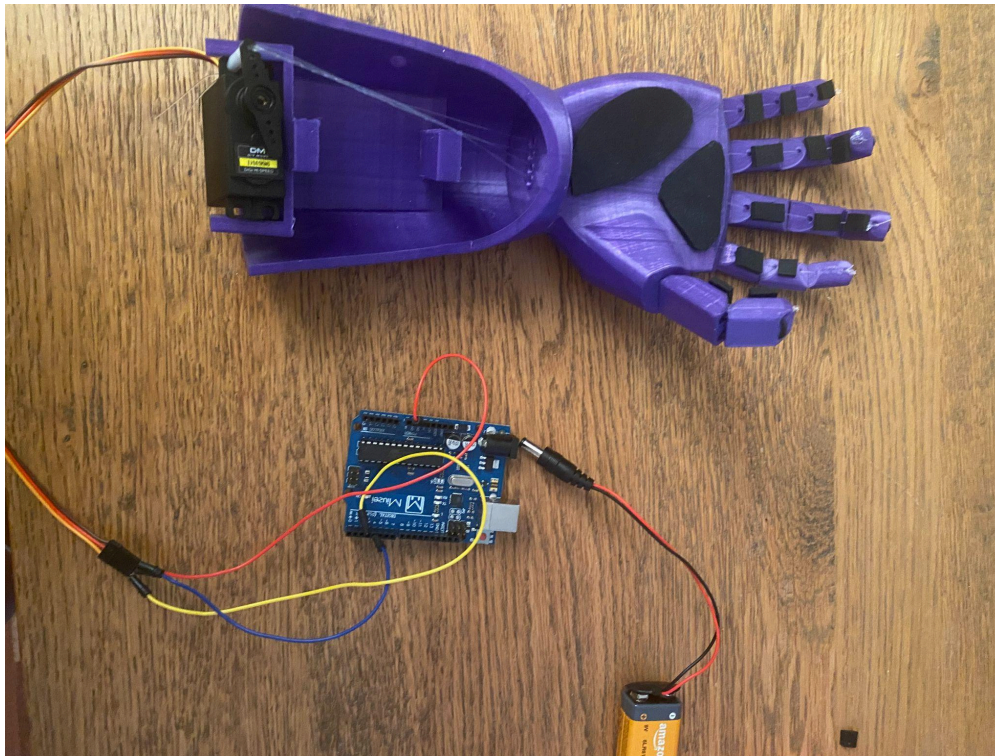
El cinquè experiment implica l'ús de l'Arduino per connectar el prototip definitiu de la mà mecànica amb un servomotor, amb l'objectiu de permetre que la mà es pugui obrir i tancar de manera automàtica. Aquesta integració entre la mà mecànica i el servomotor es realitzaria mitjançant una programació específica en l'Arduino, la qual controlaria el moviment del servomotor per aconseguir l'obertura i el tancament de la mà. Per tal d'aconseguir aquest moviment s'haurien de seguir els següents passos:

Pas 1: Selecció del servomotor adequat

En primer lloc, es va seleccionar un servomotor adequat per a la tasca. S'havia d'assegurar que el servomotor tingués prou força i precisió per obtenir l'obertura i el tancament de la mà de manera fiable i precisa.

Pas 2: Disseny de les connexions

Es van dissenyar les connexions elèctriques i mecàniques necessàries per connectar el servomotor a la mà mecànica. Això pot incloure la creació de peces o adaptadors que permetin al servomotor interactuar amb els mecanismes de la mà, com les falanges i els dits.



Connexions elèctriques. Font: pròpia (18/09/2023)

Pas 3: Programació de l'Arduino

Es va programar l'Arduino per controlar el moviment del servomotor. Això implica escriure un codi que determini quins angles i quina seqüència de moviments s'han de realitzar per obrir i tancar la mà amb èxit. Per exemple, es podria programar l'Arduino perquè, quan es prem un botó o es porta a cap una acció específica, el servomotor es mogui a una posició determinada per obrir la mà, i quan es faci una altra acció, el servomotor torni a la seva posició inicial per tancar la mà.

Pas 4: Proves i ajustaments

Es van dur a terme proves amb el prototip definitiu de la mà mecànica connectat al servomotor mitjançant l'Arduino. Durant aquestes proves es van identificar possibles problemes de moviment, com ara velocitats o angles inadequats, i es van realitzar els ajustaments necessaris en la programació de l'Arduino per millorar el funcionament de la mà.

Pas 5: Optimització i acabament

Un cop s'havien realitzat els ajustaments i es va assolir un moviment fluid i precís de la mà mecànica amb el servomotor, es va optimitzar la programació i es van realitzar els acabats finals per assegurar-se que el sistema fos fiable i pràctic per a l'ús previst.

17.2.6 Cost d'una pròtesi funcional:

En aquest apartat igual que amb la pròtesi estètica es parlarà sobre el cost d'una pròtesi però en aquest cas funcional o també anomenada mecànica. També cal tenir en compte que el cost d'una pròtesi bé donat en gran part pel preu que proposen les federacions de tècnics ortoprotètics amb conveni amb l'AEMPS (agència espanyola del medicament i productes sanitaris). La pròtesi efectuada en el treball es classifica com a pròtesi mecànica de desarticulació de canell, el seu codi és PSN 010A i segons el catàleg el seu import màxim de facturació és de 1.344 €. La pròtesi funcional igual que l'estètica necessita un encaix que es classifica com a encaix supracondili exterior rígid per a pròtesi mecànica, el seu codi és PSN 900B i té un valor de 1473,75€. Amb aquestes dades es pot calcular que el valor de la pròtesi efectuada en el treball ronda els 2817.75 €. En cas que el pacient decideix no utilitzar la seguretat social i contractar la pròtesi a una empresa privada, el preu canvia totalment, ja que depèn dels materials i condicions de l'empresa entre altres factors.

17.3 EXPERIMENT DEL MEMBRE FANTASMA

Com bé s'ha explicat al marc teòric el síndrome del membre fantasma és una patologia pròpia de pacients amb la manca d'una de les extremitats. Aquest experiment busca replicar i experimentar, en la major mesura possible, les sensacions que sent víctima d'aquesta patologia. Per aconseguir aquesta sensació es requereix el següent material:

- Mà prostètica.
- Algun tipus de fusta/placa que no permeti a la persona que forma part de l'experiment veure a l'altra banda.

Un cop es tingui el material, s'ha de muntar de la següent manera:



Muntatge. Font: pròpia (20/09/2023)

Un cop fet el muntatge corresponent s'ha de procedir a donar estímuls coordinats a les dues mans alhora. És de vital importància per aconseguir un bon resultat que els estímuls que es donen a les mans estiguin perfectament coordinats i a la mateixa zona, de no ser així el que pateix l'experiment no sentirà res. És de vital importància que la persona no vegi la seva pròpia mà, s'ha de concentrar en la mà falsa. Després d'una estona d'estimular les mans el pacient començarà a sentir una sensació molt estranya, això és degut al fet que el seu cervell associarà la mà falsa a les sensacions reals. D'aquesta manera es demostrarà el funcionament del síndrome del membre fantasma.



Experiment. Font: pròpia (20/09/2023)

Aquest experiment ha ajudat a confirmar el que s'esperava, la propiocepció del cervell no sempre encerta i en algunes accions determinades pot ser manipulat per fer-lo creure determinades coses.

Després de dur a terme aquest experiment, l'experimentat (Pol Espuche Llorens) qualifica l'experiència amb frases com: "La sensació de sentir els teus membres descoordinats és raríssima" o "Aquest experiment m'ha obert la ment, ara entenc una mica més com se senten les persones amputades" transmeten la seva primera impressió. Aquest experiment busca precisament això per tant, es pot concloure que ha estat un èxit i que s'ha demostrat que realment existeix una relació amb la pèrdua d'una extremitat i la sensació que pateixen les persones amputades, realment el cervell genera impulsos nerviosos que causen aquest dolor intens.

18 CONCLUSIONS

Després de tot aquest procés s'han pogut extreure certes conclusions és per això que cal explicar detalladament tot el que s'ha après i valorar tant els passos seguits com els mètodes empleats en el treball. És important fer un repàs dels objectius marcats en un inici i comparar-los amb els resultats finals, també s'ha de parlar de com ha ajudat personalment el treball i fer una bona valoració personal.

En vers al primer objectiu establert, al començament del treball es pot dir amb certesa que s'ha assolit. Cal recordar que el primer objectiu proposava l'exploració de tot allò relacionat amb les pròtesis tant funcionals com estètiques. Això compren des dels materials als mètodes de construcció, passant per temes com l'adaptació dels pacients i la seva comoditat o compatibilitat. També cal remarcar que aquesta primera fita era la manera d'informar-se i poder entrar en un primer contacte amb el món de les pròtesis. Com es pot veure en el marc teòric, la recerca s'ha pogut completar amb èxit i ha donat pas a poder complir els altres dos objectius que són, la construcció econòmica d'una pròtesi funcional i la construcció d'una pròtesi estètica. Durant el treball sempre s'ha tingut en compte les capacitats i les infraestructures de les quals es disposava, adaptant-les per tal que els productes finals siguin el més semblant possible a les pròtesis que elaboren els professionals. Igual que en el primer objectiu, els dos altres objectius s'han completat al cent per cent i han desembocat en un resultat inigualable que ni els propis creadors es podien imaginar en iniciar el treball. Respecte a la mà estètica, s'ha aconseguit un prototip idèntic al model, una pròtesi que imita a la perfecció totes les rugositats, formes i detalls de la mà original i pel que fa a la pròtesi funcional, com molt bé s'especificava en els objectius, s'ha aconseguit elaborar un prototip amb la funció d'agafar objectes, amb la capacitat d'obrir i tancar la mà.

Gràcies a tot aquest període de recerca i experimentacions, es poden determinar unes clares conclusions. Per començar, de la part de recerca es pot dir que el tema de les pròtesis és molt complet i que toca molts àmbits. És una gran branca on la medicina i la tecnologia tenen molt per avançar. Amb el capital i personal adequat pot créixer de manera exponencial en els pròxims anys, ajudant encara més a les persones amb amputacions o

altres discapacitats. Pel que fa a l'experimentació del membre fantasma també se'n poden extreure els seus resultats. Després de fer la prova s'ha demostrat que realment existeix una síndrome i que el cervell relaciona la mà falsa amb les sensacions que pateix la real. Això com molt bé s'ha mencionat anteriorment, es deu a la part que el cervell adjudica a la mà en qüestió. També cal parlar de les dues pròtesis de mans, gràcies a les quals s'ha entès el llarg procés de creació de pròtesis tant funcionals com estètiques, això ha justificat en certa manera el seu elevat preu un preu que pot semblar excessiu a primera vista, però després de mirar detalladament cada un dels passos que se segueixen a l'hora d'elaborar els prototips, aquest preu es justifica i s'acaba de consolidar un cop se suma tot el temps i experiència necessària per crear una pròtesi professional.

Tot i que el procés haig acabat amb molts bons resultats, no ha estat absent d'entrebancs i obstacles. En el procés de recerca no hi ha hagut dificultats significatives, ja que la informació s'ha obtingut fàcilment gràcies a la tecnologia actual i a la gran quantitat de fonts útils. Els problemes han sorgit a la part pràctica, sobretot a l'hora de construir les pròtesis el que ha portat a l'adaptació i a la millora del procediment. A la mà funcional la principal dificultat ha sorgit a l'hora d'agafar objectes, sobretot objectes de grans dimensions o molt pesants que per culpa del poc fregament exercit pel material de la mà eren incapaçes de mantenir-se estables. On també s'han trobat complicacions ha estat al col·locar el dit polze. No es trobava una zona òptima per la col·locació del dit, es dubtava entre una col·locació més interior o més exterior respecte el palmell, ja que el dit polze té molt poc recorregut i no arribava a agafar tot l'objecte en si. Per altra banda a la pròtesi estètica han sortit més problemes amb relació als materials. Com s'especifica anteriorment a l'explicació del treball pràctic, en alguns casos l'adquisició dels materials no ha estat la indicada. Això ha provocat la repetició dels experiments en varies ocasions i ha fet pujar molt el preu final de la pròtesi. No es tenia gran coneixement ni pràctica amb materials com l'alginat o la silicona per això molts cops no s'han seleccionat els productes indicats. Una dificultat molt important durant el treball han estat els llargs períodes de temps que es tarda a fer cada un dels experiments. En el cas de la mà estètica, molts dels materials que s'han utilitzat s'havien de comprar per internet i, per tant, tardava un temps a arribar. En quan a la pròtesi funcional, el disseny de cada un dels prototips és un procés molt llarg i a més, la impressió 3D també és molt lenta. Cada una de les peces pot arribar a tardar entre 5 o 8 hores. Finalment, mencionar com a

obstacle la manca de capital, si no hi hagués un límit quant als diners, tot hagués estat més fàcil, però s'ha de dir que la limitació ha ajudat a adaptar-se i a no malgastar res.

Després de veure la gran quantitat d'errors comesos durant el treball, es pot valorar el mètode seguit com a extraordinari. En prevenir que tot el treball serien un constant de canvis i entrebancs, es va decidir utilitzar el mètode de prova i error el qual permet una millora constant. Si no s'hagués seguit aquest mètode, segurament no s'haurien obtingut ni la meitat dels resultats i el projecte no s'hagués completat. Per sort s'han pogut complir tots els objectius proposats en un inici i s'ha arribat a on es volia.

En general, aquest ha estat un gran i divertit treball de recerca que ha resultat entretingut per a nosaltres, fent de cada dia un nou repte i obligant-nos a aprendre, investigar i estar al dia amb les evolucions constants. El fet de començar a investigar i portar a terme tots aquests experiments ha fet que empatitzem molt més amb les persones que depenen d'una pròtesi. Després d'afrontar i viure més de prop les seves debilitats i problemes, s'ha generat un canvi personal i ètic en cadascun de nosaltres. Abans no érem conscients del patiment o dificultat de portar una pròtesi, però ara entenem molt millor com s'han de sentir aquestes persones, l'aïllament que els exclou de la normalitat i l'estabilitat emocional que han de tenir per no caure en una depressió. Simplement, ha fet que ens replantegéssim molts conceptes i pensaments respecte a les pròtesis o les persones amb discapacitats. D'altra banda, el treball també ha servit com a una superació personal. El fet d'haver de complir uns objectius és com una reflexió de la vida. Marcar-nos uns límits o haver-nos d'adaptar segons el capital, els materials o les facilitats de les quals disposem és un gran aprenentatge que no només va relacionat amb un treball de recerca, sinó que té similituds amb el dia a dia. Ha estat un gran treball i si haguéssim de tornar a plantejar-nos-ho, ho faríem de la mateixa manera.

Per a continuar millorant i avançant en l'àmbit de les pròtesis, és fonamental establir nous objectius i seguir un enfocament metodològic rigorós. Una possible línia d'avenç serial incorporar nous moviments a la mà funcional, així com aconseguir un major realisme en el disseny de les pròtesis estètiques. Això implica una investigació continuada i un aprofundiment en els últims avenços tecnològics i materials disponibles. A més, seria essencial establir col·laboracions amb professionals de la salut i experts en la matèria per

garantir que les pròtesis desenvolupades satisfacin de manera òptima les necessitats dels usuaris. Aquesta interacció amb la comunitat mèdica i amb les persones que depenen de les pròtesis pot proporcionar una perspectiva vital i guiar l'evolució dels dissenys. L'element clau per a l'avenç en aquest camp és la contínua experimentació i avaluació dels nous prototips. Cada fase d'investigació i desenvolupament hauria de culminar amb un anàlisi exhaustiu, permetent l'extracció de conclusions que guiaran les properes iteracions. Això assegura un procés d'aprenentatge continu i una millora constant en la qualitat i eficàcia de les pròtesis. No s'ha de descartar la possibilitat d'explorar altres àmbits relacionats, com la incorporació de sensors avançats per millorar la interacció entre l'usuari i la pròtesi, o l'ús de materials més lleugers i resilients per a una major comoditat i durabilitat. Aquesta combinació d'elements assegurarà un desenvolupament continu i una millora constant en les pròtesis, millorant la qualitat de vida de les persones que en depenen.

19 BIBLIOGRAFIA

American Cancer Society. (s. d.). Prótesis.

<https://www.cancer.org/es/cancer/como-sobrellevar-el-cancer/efectos-secundarios/protesis.html>

Colaboradores de Wikipedia. (2022). Miembro fantasma. Wikipedia, la enciclopedia libre.

https://es.wikipedia.org/wiki/Miembro_fantasma

Colaboradores de Wikipedia. (2023). Impresora 3D. Wikipedia, la enciclopedia libre.

https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora_3D

Cultura tecnológica: ¿Qué es una impresora 3D? (s. d.). GCFGlobal.org.

<https://edu.gcfglobal.org/es/cultura-tecnologica/que-es-una-impresora-3d/1/>

Default - Stanford Medicine Children's health. (s. d.).

<https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomyofthehand-85-P04195>

Dolor de un miembro fantasma: MedlinePlus Enciclopedia Médica. (s.d.).

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000050.htm>

Elavancedelasprotesis. (2018, 3 mayo). Psicología tras una prótesis – El avance de las prótesis. El Avance de las Prótesis.

<https://elavancedelasprotesis.wordpress.com/category/psicologia-tras-una-protesis/>

José, R. M. M. (2022, 16 junio). Análisis del comportamiento biomecánico de una prótesis de muela. <https://riunet.upv.es/handle/10251/183324>

Las prótesis a través del tiempo | NIH MedlinePlus Magazine. (s.d.). NIH MedlinePlus Magazine.

<https://magazine.medlineplus.gov/es/art%C3%ADculo/las-protesis-a-traves-del-tiempo>

Materiales usados en la protésica - segunda parte - Amputee Coalition. (2017, 18 diciembre). Amputee Coalition.

<https://www.amputee-coalition.org/resources/spanish-materials-prosthetics-part-2/>

Ortopedia garcia ferriz, protesis funcionales cinematicas o de tracción (s.d).

<https://www.ortopediagarciaferriz.com/es/product/6726211-protesis-funcionales-cinematicas-o-de-traccion>

Ortopedia arbos. Saumell, J. (s. f.). Ortopedia Arbos. <https://ortoarbos.com/>

PMedic. (2023, 14 mayo). La mano humana: explorando su anatomía, fisiología y relevancia en la fisioterapia - PMedic. PMedic.

<https://pmedic.es/la-mano-humana-explorando-su-anatomia-fisiologia-y-relevancia-en-la-fisioterapia/>

Prótesis. (s. d.). American Cancer Society.

<https://www.cancer.org/es/cancer/como-sobrellevar-el-cancer/efectos-secundarios/protesis.html>

Prótesis biónica: qué es, síntomas y tratamiento | Top Doctors. (s. d.). Top Doctors.

<https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/protesis-bionica>

Prótesis de miembro inferior y superior | Össur. (s. d.). <https://www.ossur.com/es-es>

Prótesis estética | Ortopedia Jens Muller. (s. d.).

<http://ortopediajensmuller.com/servicio-de-fabricacion/protesis-de-miembro-superior/protesis-estatica/>

Universidad Politécnica Salesiana, Diseño, construcción e implementación de una prótesis biomecánica de mano derecha (2013)

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13709/1/UPS-CT002743.pdf>

UCM, TEMA 17. PATOLOGÍA DE LA MANO (s.d.)

<https://www.ucm.es/data/cont/docs/420-2014-02-18-17%20Patologia%20de%20la%20Mano.pdf>

Un breve recorrido por la historia de la prótesis - Amputee Coalition. (2018, 26 octubre). Amputee Coalition.

<https://www.amputee-coalition.org/resources/spanish-history-prosthetics/>

¿Cuáles son los diferentes tipos de prótesis? | PrimeCare. (2022, 26 noviembre).

<https://primecareprosthetics.com/es/blog/what-are-the-different-types-of-prosthetics#:~:text=Existen%20muchos%20tipos%20de%20pr%C3%B3tesis,parte%20del%20cuerpo%20que%20falte.>

¿De qué material están hechas las prótesis? (s. d.).

<https://www.surbone.com/de-que-material-estan-hechas-las-protesis/>

ANNEX I

Aquest annex és un recull dels diferents dissenys que s'han utilitzat per fabricar el prototip de pròtesis funcional. Són tots els diferents models que s'han fabricat.

