

Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS BENEFICIOS TERAPÉUTICOS DEL FORTALECIMIENTO MUSCULOESQUELÉTICO EN LA ETAPA PRE PROTÉSICA EN PACIENTES FEMENINOS AMPUTADOS A NIVEL TRANSTIBIAL POR CAUSA DE LA DIABETES MELLITUS TIPO 2

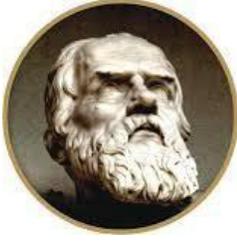


Que Presenta

Luis Enrique Maradiaga Erazo

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala 2024.



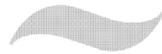
Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS BENEFICIOS TERAPÉUTICOS DEL FORTALECIMIENTO MUSCULOESQUELÉTICO EN LA ETAPA PRE PROTÉSICA EN PACIENTES FEMENINOS AMPUTADOS A NIVEL TRANSTIBIAL POR CAUSA DE LA DIABETES MELLITUS TIPO 2



Tesis profesional para obtener el Título de
Licenciado en Fisioterapia

Que Presenta

Luis Enrique Maradiaga Erazo

Ponente

LFT. Gabriel Hernández Linares

Director de Tesis

Mtra. María Isabel Díaz Sabán

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala 2024

Investigadores responsables

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente	Luis Enrique Maradiaga Erazo
Director de Tesis	LFT. Gabriel Hernández Linares
Asesor Metodológico	Mtra. María Isabel Díaz Sabán



Guatemala, 16 de marzo 2024

Estimado alumno:

Luis Enrique Maradiaga Erazo

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Revisión bibliográfica sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarlo y desearle éxito en el desempeño de su profesión.

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Dubilia Esmeralda
García Patzán
Secretario

Lic. Jose Carlos
Ochoa Pineda
Presidente

Lic. Flor de Maria
Molina Ortiz
Examinador



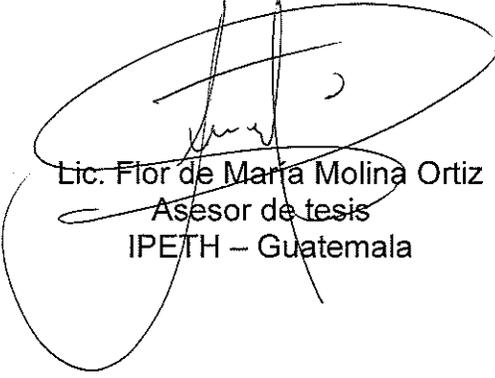
Guatemala, 25 de noviembre 2022

Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo
Respetable Doctora Chávez:

Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2”** del alumno **Luis Enrique Maradiaga Erazo**

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, el autor y el asesor se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente



Lic. Flor de María Molina Ortiz
Asesor de tesis
IPEETH – Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 28 de noviembre 2022

Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que el alumno **Luis Enrique Maradiaga Erazo** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón
Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala



Lista de cotejo tesina

IPETH, INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA DIRECTOR DE TESINA

Nombre del Director: LFT. Gabriel Hernández Linares
Nombre del Estudiante: Luis Enrique Maradiaga Erazo
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2
Fecha de realización: Otoño 2022

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

No.	Aspecto a Evaluar	Registro de Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1.	El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.	X		
2.	El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.	X		
3.	La identificación del problema de investigación plasma la importancia de la investigación.	X		
4.	El problema tiene relevancia y pertinencia social y ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.	X		
5.	El resumen es pertinente al proceso de investigación.	X		
6.	Los objetivos tanto generales como específicos han sido expuestos en forma correcta, en base al proceso de investigación realizado.	X		
7.	Justifica consistentemente su propuesta de estudio.	X		
8.	El planteamiento es claro y preciso, claramente en qué consiste su problema.	X		
9.	La pregunta es pertinente a la investigación realizada.	X		
10.	Los objetivos tanto generales como específicos, evidencia lo que se persigue realizar con la investigación.	X		
11.	Sus objetivos fueron verificados.	X		
12.	Los aportes han sido manifestados en forma correcta.	X		

13.	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	×		
14.	Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.	×		
15.	Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado	×		
16.	El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado en base a los antecedentes que debe contener.	×		
17.	En el capítulo II se explica y evidencia de forma correcta el problema de investigación.	×		
18.	El capítulo III plasma el proceso metodológico realizado en la investigación.	×		
19.	El capítulo IV proyecta los resultados, discusión, conclusiones y perspectivas pertinentes en base a la investigación realizada.	×		
20.	El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto.	×		
21.	Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.	×		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



LFT. Gabriel Hernández Linares
Nombre y Firma Del Director de Tesina



**IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESIS
ASESOR METODOLÓGICO**

Nombre del Asesor: Mtra. María Isabel Díaz Sabán
Nombre del Estudiante: Luis Enrique Maradiaga Erazo
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2
Fecha de realización: Otoño 2022

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesis del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESIS

<i>No.</i>	<i>Aspecto a evaluar</i>	<i>Registro de cumplimiento</i>		<i>Observaciones</i>
		<i>Si</i>	<i>No</i>	
1	<i>Formato de Página</i>			
a.	Hoja tamaño carta.	X		
b.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	X		
c.	Margen izquierdo a 3.5 cm.	X		
d.	Orientación vertical excepto gráficos.	X		
e.	Paginación correcta.	X		
f.	Números romanos en minúsculas.	X		
g.	Página de cada capítulo sin paginación.	X		
h.	Inicio de capítulo centrado, mayúsculas y negritas.	X		
i.	Número de capítulo estilo romano a 8 cm del borde superior de la hoja.	X		
j.	Título de capítulo a doble espacio por debajo del número de capítulo en mayúsculas.	X		
k.	Times New Roman (Tamaño 12).	X		
l.	Color fuente negro.	X		
m.	Estilo fuente normal.	X		
n.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	X		
o.	Texto alineado a la izquierda.	X		
p.	Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.	X		
q.	Interlineado a 2.0	X		
r.	Resumen sin sangrías.	X		

s.	Uso de viñetas estándares (círculos negros, guiones negros o flecha.	X		
t.	Títulos de primer orden con el formato adecuado 16 pts.	X		
u.	Títulos de segundo orden con el formato adecuado 14 pts.	X		
v.	Títulos de tercer orden con el formato adecuado 12 pts.	X		
2.	Formato Redacción	Si	No	Observaciones
a.	Sin faltas ortográficas.	X		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	X		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y medido.	X		
d.	Continuidad en los párrafos.	X		
e.	Párrafos con estructura correcta.	X		
f.	Sin uso de gerundios (ando, iendo)	X		
g.	Correcta escritura numérica.	X		
h.	Oraciones completas.	X		
i.	Adecuado uso de oraciones de enlace.	X		
j.	Uso correcto de signos de puntuación.	X		
k.	Uso correcto de tildes.	X		
	Empleo mínimo de paréntesis.	X		
l.	Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.	X		
m.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.	X		
n.	Continuidad de párrafos: sin embargo, por otra parte, al respecto, por lo tanto, en otro orden de ideas, en la misma línea, asimismo, en contraste, etcétera.	X		
o.	Indicación de grupos con números romanos.	X		
p.	Sin notas a pie de página.	X		
3.	Formato de Cita	Si	No	Observaciones
a.	Empleo mínimo de citas.	X		
b.	Citas textuales o directas: menores a 40 palabras, dentro de párrafo u oración y entrecomilladas.	X		
c.	Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en párrafo aparte, sin comillas y con sangría de lado izquierdo de 5 golpes.	X		
d.	Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para indicar que se ha omitido material de la oración original. Uso de cuatro puntos suspensivos para indicar cualquier omisión entre dos oraciones de la fuente original.	X		
e.	Uso de corchetes, para incluir agregados o explicaciones.	X		
4.	Formato referencias	Si	No	Observaciones
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	X		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente en su bibliografía.	X		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	X		
5.	Marco Metodológico	Si	No	Observaciones

a.	Agrupó y organizó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	X		
b.	Reunió información a partir de una variedad de sitios Web.	X		
c.	Seleccionó solamente la información que respondiese a su pregunta de investigación.	X		
d.	Revisó su búsqueda basado en la información encontrada.	X		
e.	Puso atención a la calidad de la información y a su procedencia de fuentes de confianza.	X		
f.	Pensó acerca de la actualidad de la información.	X		
g.	Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.	X		
h.	Tuvo cuidado con la información sesgada.	X		
i.	Comparó adecuadamente la información que recopiló de varias fuentes.	X		
j.	Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a comprender información conjunta.	X		
k.	Comunicó claramente su información.	X		
l.	Examinó las fortalezas y debilidades de su proceso de investigación y producto.	X		
m.	El método utilizado es el pertinente para el proceso de la investigación.	X		
n.	Los materiales utilizados fueron los correctos.	X		
o.	El marco metodológico se fundamenta en base a los elementos pertinentes.	X		
p.	El estudiante conoce la metodología aplicada en su proceso de investigación.	X		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



Mtra. María Isabel Díaz Sabán

Nombre y Firma del Asesor Metodológico

DICTAMEN DE TESINA

Siendo el día 28 del mes de noviembre del año 2022.

Los C.C.

Director de Tesina
Función

LFT. Gabriel Hernández Linares

Asesor Metodológico
Función

Mtra. Maria Isabel Díaz Sabán

Coordinador de Titulación
Función

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón

Autorizan la tesina con el nombre

Revisión bibliográfica sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2

Realizada por el Alumno:

Luis Enrique Maradiaga Erazo

Para que pueda realizar la segunda fase de su Examen Privado y de esta forma poder obtener el Título como Licenciado en Fisioterapia.

  **IPETH[®]**
Titulación Campus Guatemala

Firma y Sello de Coordinación de Titulación

En ejercicio de las atribuciones que le confiere el artículo 171 literal a) de la Constitución Política de la República de Guatemala y con fundamento en los Artículos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9,13, 15, 17, 18, 19, 21, 24, 43, 49, 63, 64, 65, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 83, 84, 104, 105, 106, 107,108, 112 y demás relativos a la Ley De Derecho De Autor Y Derechos Conexos De Guatemala Decreto Número 33-98 yo

Luis Enrique Maradiaga Erazo

como titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada Revisión bibliográfica sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2.

; otorgo de manera gratuita y permanente al IPETH, Instituto Profesional en Terapias y divulguen entre sus usuarios, profesores, estudiantes o terceras personas, sin que pueda recibir por tal divulgación una contraprestación.

Fecha 28 noviembre 2022

Luis Enrique Maradiaga Erazo


Firma de cesión de derechos

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a Dios, quien me brindo sabiduría a lo largo de mi carrera, escuchó cada una de mis oraciones y me seguirá guiando a lo largo de mi formación profesional, a mi abuela, que desde el inicio de mi formación estuvo apoyándome en todo aspecto. A la familia Taracena Bracamonte por no dudar de mí.

Luis Enrique Maradiaga Erazo.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios que me brindo sabiduría durante toda mi carrera, a mis licenciados que me compartieron su conocimiento a lo largo de mi aprendizaje, que se tomaron el tiempo de resolver mis dudas en todo momento. A mi familia que me apoyaron en todo momento y que se preocuparon por mí, agradezco a mis amigos que me dieron palabras de apoyo a lo largo de la carrera y que siempre me aconsejaron para tomar las mejores decisiones. Un agradecimiento especial a la familia Taracena Bracamonte que me brindaron la oportunidad de estudiar y porque siempre me han demostrado su apoyo dentro y fuera de mi aprendizaje. Agradezco a los lectores de este trabajo de investigación esperando que sea de mucha ayuda para futuras investigaciones. Y, por último, me agradezco por no rendirme y superar cada adversidad. Gracias.

Luis Enrique Maradiaga Erazo.

Palabras Clave

Ejercicios

Diabetes

Amputación

Fortalecimiento

Pre-protésica

Índice

Portadilla.....	i
Investigadores responsables	ii
Carta Galileo aprobación de examen privado	iii
Carta Galileo aprobación asesor de tesis.....	iv
Carta Galileo aprobación revisor lingüístico.....	v
Lista de cotejo tesina.....	vi
Dictamen de tesis	xi
Hoja titular de derechos	xii
Dedicatoria.....	xiii
Agradecimientos	xiv
Palabras Clave	xv
Resumen	1
Capítulo I.....	2
Marco teórico.....	2
1.1 Antecedentes generales	2
1.1.2 Anatomía del sistema óseo	16
1.1.3 Articulaciones de la rodilla.....	22
1.1.4 Definición	29
1.1.5 Clasificación	31

1.1.7 Factores de riesgo	33
1.1.8 Epidemiología.....	37
1.1.9 Fisiopatología	37
1.1.10 Sintomatología.....	38
1.1.11 Complicaciones	39
1.1.12 Diagnóstico médico	39
1.1.13 Valoración del paciente	40
1.2 Antecedentes específicos.....	42
1.2.1 Tratamiento farmacológico.....	42
1.2.2 Tratamiento fisioterapéutico convencional.....	43
1.2.3 Fortalecimiento muscular	45
1.2.4 Fortalecimiento en la etapa pre protésica	45
1.2.5 Ejercicio resistido manual y mecánicamente	49
1.2.6 Centro de gravedad en el paciente amputado	50
1.2.7 Precauciones y contraindicaciones del fortalecimiento muscular	50
Capítulo II.....	52
Planteamiento del problema.....	52
2.1 Planteamiento del problema	52
2.2 Justificación	55
2.3 Objetivos	60
2.3.1 Objetivo general	60
2.3.2 Objetivos específicos.....	60

Capítulo III.....	62
Marco metodológico	62
3.1 Materiales	62
3.2 Métodos	64
3.2.1 Enfoque de la investigación.....	64
3.2.2 Tipo de estudio	64
3.2.3 Método de estudio	64
3.2.4 Diseño de investigación.....	65
3.2.5 Criterios de selección.....	65
3.3 Variables.....	67
3.3.1 Variable independiente	67
3.3.2 Variable dependiente	67
3.3.3 Operacionalización de las variables.....	67
Capítulo IV	70
Resultados.....	70
4.1 Resultados	70
4.2 Discusión	92
4.3 Conclusiones.....	94
4.4 Perspectivas y/o aplicaciones prácticas	95
Anexos.....	97
Referencias	104

Índice de Tablas

Tabla 1 Clasificación, preferencia y expresión de sustrato de los GLUT conocidos	10
Tabla 2 Principales músculos de la cadera y muslo.....	25
Tabla 3 Clasificación de la diabetes	31
Tabla 4 Categorización del pie en riesgo de ulceración según la IWGDF.....	36
Tabla 5 Criterios de buena atención del servicio 407 de atención a pacientes con DM.....	40
Tabla 6 Criterios de selección	65
Tabla 7 Operacionalización de las variables	67

Índice de Figuras

Figura 1 Anatomía del sistema endocrino y funciones de las hormonas.....	3
Figura 2 Anatomía del páncreas y los islotes pancreáticos.....	5
Figura 3 Anatomía fisiológica de un islote pancreático	6
Figura 4 Anatomía macroscópica del hígado en su vista anterior y posterior	7
Figura 5 Anatomía microscópica del hígado.....	8
Figura 6 Ingreso de glucosa a través de la membrana celular	10
Figura 7 Regulación por retroalimentación negativa de la secreción de glucagón e insulina.	15
Figura 8 Anatomía del fémur en su vista anterior y posterior	17
Figura 9 Anatomía de la rótula en su vista anterior y posterior.....	18
Figura 10 Anatomía de la tibia en su vista anterior y posterior	19
Figura 11 Anatomía del peroné en su cara posterior, interna, externa y anterior	20
Figura 12 Anatomía de los huesos del pie.....	22
Figura 13 Extensión de la tibia sobre el fémur (A) y extensión del fémur sobre la tibia (B).	24
Figura 14 Contracción del cuádriceps con rotula (A) y en ausencia (B).....	25
Figura 15 Vendaje del muñón.....	45
Figura 16 Ejemplo de isométrico de estabilización	47
Figura 17 Ejemplo de cadena cinética abierta	48
Figura 18 Ejemplo de cadena cinética cerrada	48

Figura 19Ejemplo de resistencia.....49

Figura 20Base de datos de búsqueda.....63

Resumen

En el proceso de trabajo de esta investigación, que se realizó a través de una revisión bibliográfica, realizado sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2. Se puede encontrar que la diabetes mellitus tipo 2 es una enfermedad metabólica crónica mundial, que provoca enfermedades secundarias como las enfermedades vasculares, provocando daño a los tejidos de las extremidades inferiores llevando a la amputación, afectando la calidad de vida de los pacientes.

Por el cual el objetivo de este estudio fue identificar los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético para el correcto uso de este tratamiento, así mismo, como las personas diabéticas que han sufrido amputación de los miembros inferiores impacta en la calidad de vida de los pacientes.

El estudio se realizó de manera cualitativa y descriptiva a través de la recolección de datos de 53 evidencias científicas de diferentes bases de datos, con una antigüedad máxima de 5 años en inglés, español y portugués. De los cuales se logra identificar los beneficios del fortalecimiento musculoesquelético en los pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2. Donde se encuentran las diferentes etapas de la rehabilitación de las personas amputadas, describiendo su proceso de rehabilitación.

Capítulo I

Marco teórico

En el siguiente capítulo se presenta el marco teórico, el cual consiste en la recopilación de información donde se describen los antecedentes generales y específicos de la investigación, donde se incluye la descripción de la anatomía del sistema endocrino, anatomía del sistema óseo, fisiopatología, clasificación, por mencionar algunas, de la diabetes mellitus tipo 2 y la amputación transtibial. Se definen las diferentes maneras de fortalecimiento musculoesquelético y la forma en que actúa el cuerpo humano que ha sido diagnosticado con diabetes mellitus tipo 2 con el fin de obtener una mejor comprensión del estudio.

1.1 Antecedentes generales

En los antecedentes generales, se podrá encontrar una recopilación de información sobre la anatomía del sistema endocrino, la anatomía específica del páncreas y el hígado y sus hormonas reguladoras de glucosa como la insulina y el glucagón y las funciones de estas mismas, se describe también la anatomía sistema óseo y la importancia de las articulaciones de la rodilla, y por último la recopilación de información sobre la diabetes mellitus tipo 2, como su definición, clasificación, por mencionar algunas.

1.1.1 Anatomía del sistema endocrino. La glándula es un órgano o una célula que secreta diferentes sustancias que son usadas en otra parte del cuerpo o que son eliminadas

como desecho. El producto que secreta una glándula puede ser sintetizado por células glandulares, como las enzimas digestivas, o extraído de los tejidos y modificado por una glándula, por ejemplo, la orina. Se le conoce como secreción si el producto resulta útil para el cuerpo humano, como una enzima u hormona, y se le conoce como excreción si se trata de un producto de desecho, como la orina. Las glándulas del sistema endocrino están compuestas por un tejido epitelial, y suelen tener un marco y una capsula de tejido conjuntivo de soporte (Saladin, 2013).

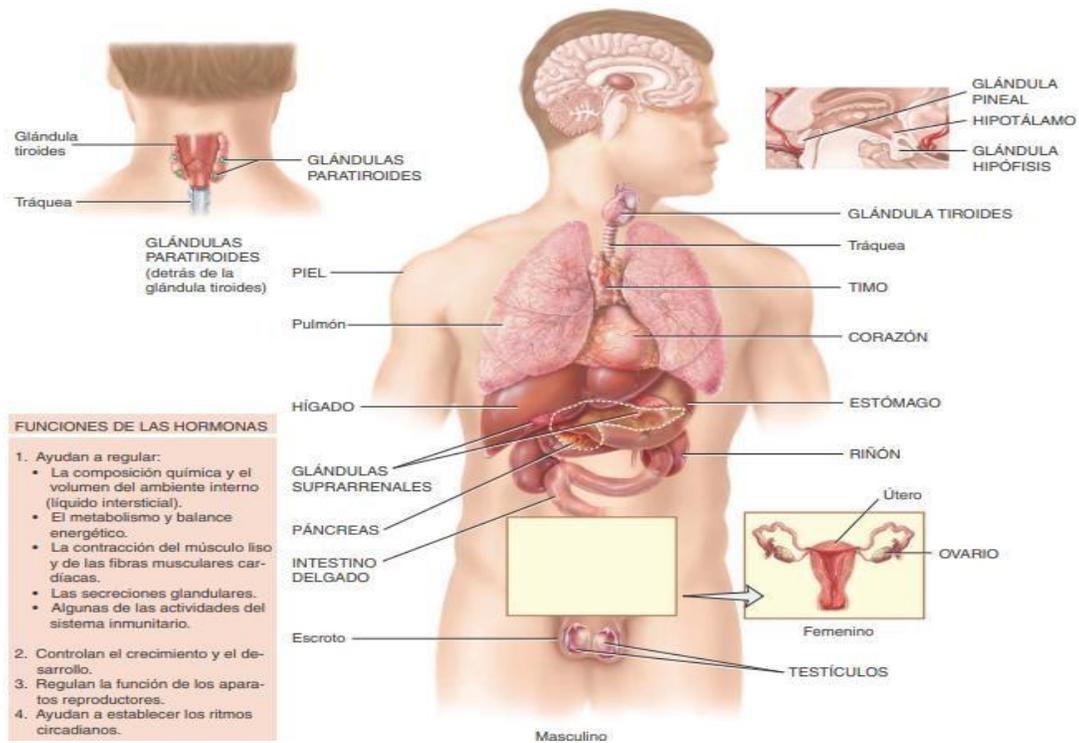


Figura 1 Anatomía del sistema endocrino y funciones de las hormonas

Fuente: Tortora y Derrickson, 2013

El sistema endocrino está dividido en glándulas endocrinas y exocrinas, las glándulas exocrinas secretan productos dentro de conductos y estos llevan las secreciones a las

cavidades corporales, a la superficie corporal o a la luz de un órgano, como por ejemplo las glándulas sudoríparas, mucosas, digestivas y sebáceas. Y las glándulas endocrinas secretan hormonas hacia el líquido intersticial, estas hormonas difunden hacia los capilares y la sangre que las lleva hacia las células diana distribuidas por todo el cuerpo, las glándulas endocrinas son los tejidos más vascularizados del cuerpo (Tortora y Derrickson, 2013).

1.1.1.2 Anatomía del páncreas. El páncreas es una glándula y retroperitoneal, se encuentra por detrás de la curvatura mayor del estómago, tiene un cuerpo, una cabeza y una cola, y se encuentra conectado con el duodeno. La cabeza es la porción más dilatada del órgano cerca de la curvatura del duodeno; a la izquierda y por encima de la cabeza se encuentra el cuerpo y la cola de forma ahusada. Los jugos pancreáticos secretan células exocrinas dentro de conductillos que íntimamente se unen para formar dos largos conductos, el conducto accesorio y pancreático, que vuelcan las secreciones en el intestino delgado. El páncreas está constituido por agrupaciones pequeñas de células epiteliales glandulares, el 99% de los racimos, llamados ácinos, estos constituyen la porción exocrina del órgano. Estas células acinosas secretan una mezcla de líquido llamada jugo pancreático. El 1% restante de los ácinos, los islotes pancreáticos o islotes de Langerhans forman la porción endocrina del páncreas, estas células secretan hormonas como la insulina, glucagón, somatostatina y el polipéptido pancreático (Tortora y Derrickson 2013).

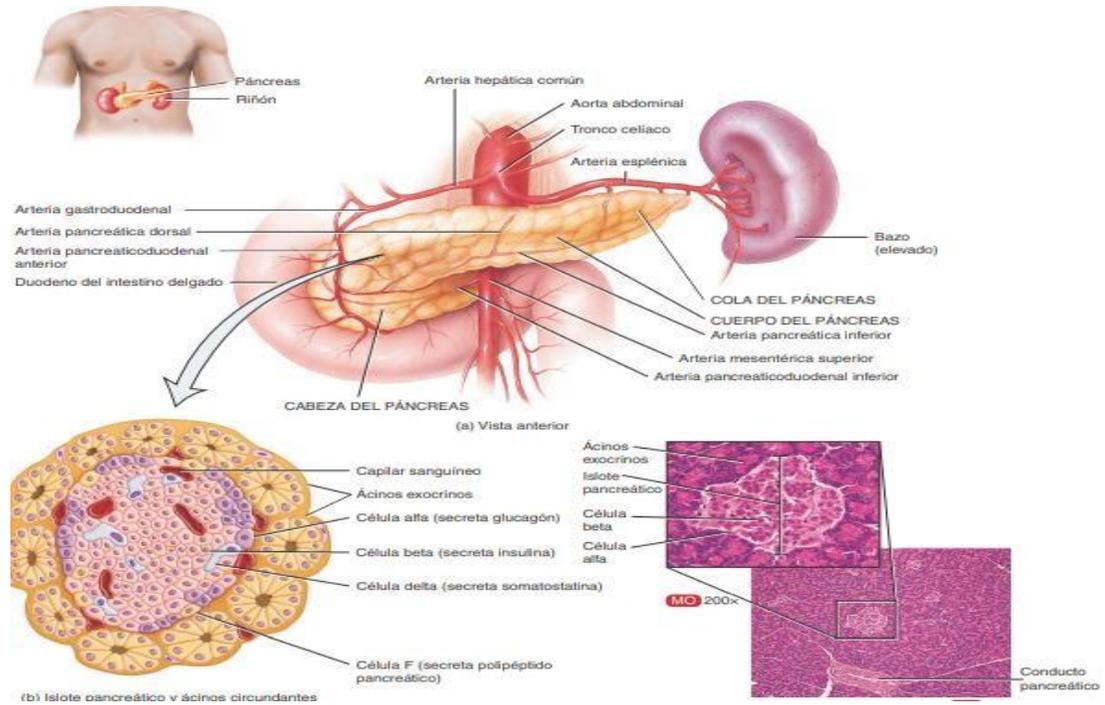


Figura 2 Anatomía del páncreas y los islotes pancreáticos

Fuente: Tortora y Derrickson, 2013

Según Tortora y Derrickson en 2013, hay 4 tipos celulares en los islotes pancreáticos (Ver Fig. 3) que son secretoras de hormonas:

1. Células Alfa o células A constituyen aproximadamente el 17% de las células de islotes Langerhans y secretan el glucagón.
2. Células Beta o células B forman aproximadamente el 70% de las células de islotes Langerhans y secretan la insulina.
3. Células Delta o células D forman cerca del 7% de las células de los islotes Langerhans y secretan somatostatina.
4. Las células F forman el resto de las células de los islotes de Langerhans y secretan polipéptido pancreático.

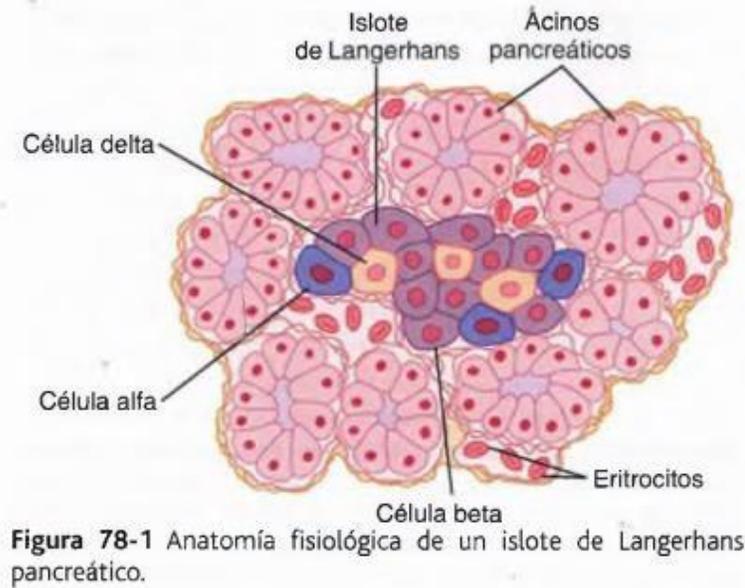


Figura 3 Anatomía fisiológica de un islote pancreático

Fuente: Tortora y Derrickson, 2013

Las células Beta secretan hormonas como la insulina y la amilina, hormona que suele liberarse en paralelo con la insulina, a pesar de que no se conoce bien su función. Las células Alfa secretan glucagón y las células Delta secretan somatostatina, y existe otro tipo de célula, la célula PP o células F, en mínima cantidad y que produce una hormona de función incierta llamada polipéptido pancreático, su acción principal es estimular las células principales gástricas, inhibe la secreción de bicarbonato (HCO_3^-) y de enzima pancreáticas, inhibe la secreción biliar y la motilidad intestinal (Guyton y Hall, 2011).

1.1.1.3 Hígado. Es una glándula de color café rojizo y se localiza en sentido inferior al diafragma; ocupa la mayor parte de las regiones epigástrica derecha e hipocondriaca, y es la glándula más grande del cuerpo. Cuando se habla de su anatomía macroscópica (Ver Fig. 4) el hígado tiene cuatro lóbulos: izquierdo, derecho, cuadrado y caudado. Desde su vista

anterior solo se puede observar el lóbulo derecho grande y el lóbulo izquierdo más pequeño. Estos están separados entre sí por un ligamento falciforme. Desde la vista inferior, se puede apreciar un lóbulo cuadrado cerca de la vesícula biliar y un lóbulo caudado posterior a éste. En la superficie inferior del hígado, la vesícula biliar se adhiere a una depresión entre los lóbulos derecho y cuadrado (Saladin, 2013).

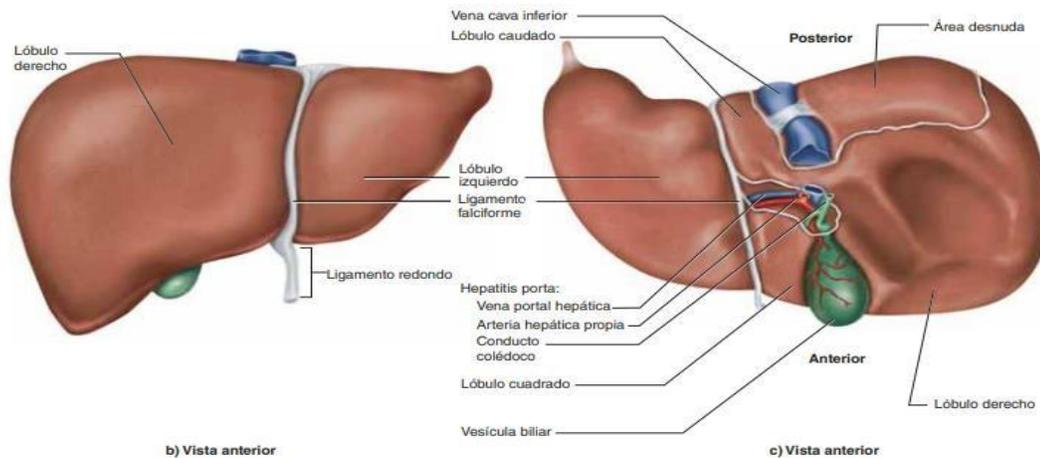


Figura 4 Anatomía macroscópica del hígado en su vista anterior y posterior Fuente: Saladin, 2013

Cuando se habla de su anatomía microscópica, el interior del hígado tiene una enorme cantidad de cilindros pequeños llamados lóbulos hepáticos, aproximadamente de 2 mm de largo y 1 mm de diámetro. Un lóbulo consta de una vena central que pasa debajo de su núcleo, el cual está rodeado por unas placas radiadas de células cilíndricas, llamadas hepatocitos. Los espacios que hay entre las placas de hepatocitos son canales que se encuentran llenos de sangre, llamados sinusoides hepáticos. Se encuentran recubiertos por un endotelio perforado y estos separan a los hepatocitos de las células sanguíneas, pero permiten

el paso de plasma sanguíneo en el espacio que hay entre los hepatocitos y el endotelio. La sangre que se filtra por medio de los sinusoides proviene de manera directa del estómago y los intestinos. Luego de una comida, los hepatocitos absorben aminoácidos, hierro, vitaminas, glucosa, y otros nutrimentos para el metabolismo o almacenamiento. También eliminan y degradan toxinas, pigmentos biliares, fármacos y hormonas. Al mismo tiempo, secretan lipoproteínas, factores de coagulación, albúmina, angiotensinógenos y otros productos en la sangre, con las comidas, extienden glucógeno almacenado y liberan glucosa en la circulación (Saladin, 2013).

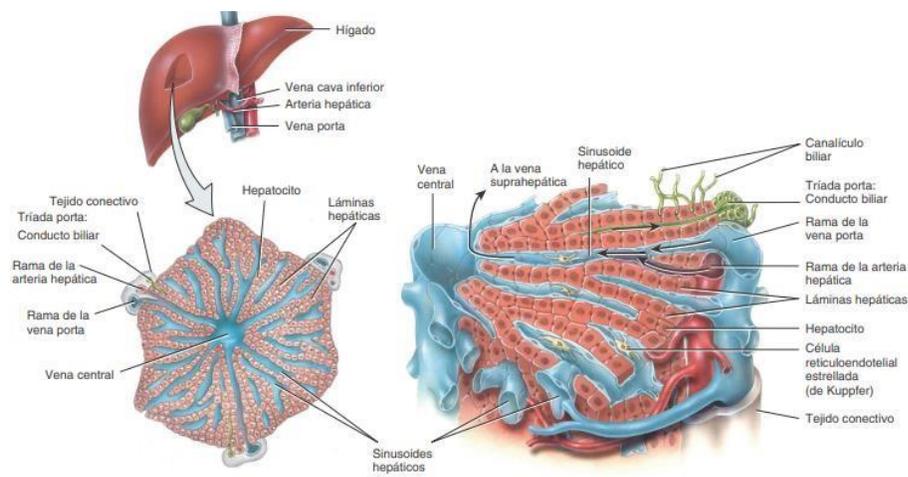


Figura 5 Anatomía microscópica del hígado.

Fuente: Tortora y Derrickson, 2013

1.1.1.4 Transportadores de glucosa. Los transportadores de glucosa son proteínas transmembrana, que utilizan gradientes electroquímicos para movilizar las moléculas entre ambos lados de la membrana y trabajan de una manera coordinada con receptores, factores hormonales y segundos mensajeros para mantener el flujo del metabolito en condiciones

normales. Se clasifican en 3 grandes familias: la familia de los transportadores de difusión facilitada (GLUT) distribuidos diferencialmente en los tejidos corporales, la familia de los co-transportadores de sodio/glucosa (SGLT) localizado en el intestino delgado, tejido renal, se encargan de la absorción y la reabsorción de nutrientes, y la familia de los transportadores dulces (SWEET) ubicados en el aparato de Golgi, en el interior de la célula y con poca expresión en la membrana plasmática (Machado y otros, 2019).

La glucosa no puede extenderse directamente al interior de las células, sino que entra gracias a uno de dos sistemas de transporte: por un sistema de cotransporte dependiente de sodio (Na^+) y Adenosín Trifosfato (ATP), o por un sistema de transporte independiente de Na^+ y ATP. El sistema de transporte de Na^+ y ATP es un sistema pasivo que se encuentra mediado por una familia de 14 isoformas de transportadores de glucosa, los GLUT, que se encuentran en las membranas celulares. Se numeran como GLUT-1 a GLUT-14, son transportadores monoméricos de proteínas que se encuentran en la membrana en dos estados conformacionales. La glucosa que se encuentra en el espacio extracelular se une al transportador, el cual altera su conformación y moviliza la glucosa a través de la membrana celular por medio de la difusión facilitada (en la difusión facilitada el movimiento de glucosa es a favor de un gradiente de concentración, esto quiere decir, desde una concentración alta a una más baja, por lo tanto, no requiere energía). Los GLUT son uniportadores, dado que los GLUT transportan una molécula a la vez (Ferrier, 2017).

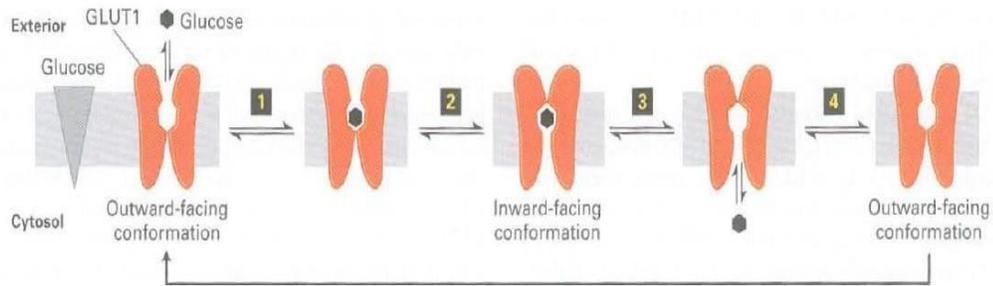


Figura 6 Ingreso de glucosa a través de la membrana celular.

Fuente: <https://slideplayer.com/amp/14648865/>

Según Ismail y otros en 2022, la familia GLUT se ha clasificado en tres clases según su función de su similitud de afinidad y secuencia de sustrato (Ver Tabla 1). Los GLUT clase I facilitan la captación de glucosa y otras hexosas, pero no la fructosa, los GLUT clase II son los verdaderos transportadores de fructosa, y los GLUT de clase III son estructuralmente atípicos.

Tabla 1 Clasificación, preferencia y expresión de sustrato de los GLUT conocidos.

Familia GLUT	Tejidos de Expresión	Sustratos principales	Clases
GLUT1	Eritrocitos, barreras de tejido sanguíneo	Glucosa, 2-DG	
GLUT2	Hígado, páncreas, intestino delgado	Glucosa, glucosamina	
GLUT3	Neuronas	Glucosa, 2-DG	Clase I

Familia GLUT	Tejidos de Expresión	Sustratos principales	Clases
GLUT4	Adipocitos, músculo, corazón	Glucosa, glucosamina	
GLUT14	Testículos	Desconocido	
GLUT5	Testículos, intestino, músculo	Fructosa	
GLUT7	Riñón, hígado, próstata	Fructosa, glucosa	
GLUT9	Riñón, hígado	Urato	
GLUT11	Páncreas, riñón, placenta, músculo	Fructosa, glucosa	
			Clase II
GLUT6	Cerebro, bazo, leucocitos	Glucosa	
GLUT8	Testículos, neuronas, adipocitos	Glucosa, trehalosa	
GLUT10	Hígado, páncreas	2-DG	Clase III
GLUT12	Corazón, próstata	Glucosa	

Elaboración propia con información de (Ismail y otros, 2022)

El sistema de cotransporte dependiente de sodio y ATP es un proceso que requiera energía, a diferencia del sistema de transporte independiente de sodio y ATP que no requiere energía. Este sistema transporta glucosa en contra de su gradiente de concentración, es decir, desde bajas concentraciones extracelulares hacia mayores concentraciones intracelulares. El Na^+ es transportado a favor de su gradiente electroquímico. Este proceso secundario de transporte activo necesita la captación concurrente de Na^+ , el transportador es un cotransportador de glucosa dependiente de sodio (SGLT) (Ferrier, 2017).

Recientemente se logró identificar una nueva clase de transportadores de glucosa, los SWEET, que han sido descubiertos en las plantas. Pertenecen a una nueva familia de transportadores, la semejanza al de las plantas también fue identificado en humanos y es representado por un solo miembro en el genoma humano (SWEET1) y es uniporte de glucosa (Machado y otros, 2019).

El GLUT2 se expresa principalmente en el riñón, hígado, células epiteliales de absorción de la mucosa intestinal y células beta pancreáticas secretoras de insulina. Su función principal es regular la absorción de glucosa en el tracto gastrointestinal y también participa en la captación de glucosa (Ismail y otros, 2022).

La liberación dependiente de glucosa en la insulina en la sangre se encuentra mediada por la elevación de la concentración de calcio (Ca^{2+}) en la célula B. la glucosa que ingresa en las células B a través de GLUT2 se fosforila y metaboliza en la producción del ATP. El Ca^{2+} provoca que las vesículas que mantienen la insulina salgan por exocitosis de la célula B. Las sulfonilureas, son agentes orales que se utilizan para tratar la diabetes tipo 2 (Ferrier, 2017).

El GLUT4 es el transportador de glucosa predominante en los tejidos adiposos y en el musculo estriado, y el segundo transportador más numeroso en el tejido cardiovascular. Su

sustrato principal es la glucosa. El GLUT4 está regulado por la insulina, ya que los receptores de unión de la insulina translocan GLUT4 a la superficie celular. El GLUT4 también transporta galactosa, manosa, glucosamina y ácido dehidroascórbico (Ismail y otros, 2022).

1.1.1.6 Insulina. La insulina es una proteína pequeña y se sintetiza dentro de las células B del páncreas, está compuesta de dos cadenas de aminoácidos, unidas entre sí por enlaces disulfuro. Si las dos cadenas se separan, desaparece la actividad funcional de la molécula de insulina. La secreción de la insulina está asociada con la abundancia energética, cuando la alimentación dispone de alimentos energéticos suficientes, en especial de un exceso de alimentos energéticos en la dieta, mayormente, de hidratos de carbono, aumenta la secreción de insulina. Al mismo tiempo, la insulina cumple una función primordial en el almacenamiento de la energía sobrante. Si se consumen hidratos de carbono en grandes cantidades, estos principalmente se depositarán como glucógeno en el hígado y en los músculos. Por efecto de la insulina, al mismo tiempo, el exceso de carbohidratos que no pueden almacenarse como glucógeno suele convertirse en grasa y se mantiene en el tejido adiposo. En relación a las proteínas, la insulina tiene un efecto directo para que las células absorban aminoácidos y los modifiquen en proteínas, esta hormona inhibe la degradación de las proteínas intracelulares (Guyton y Hall, 2011).

La secreción de la insulina en las células B pancreáticas está coordinada estrechamente por la secreción de glucagón en células A pancreáticas. Las cantidades liberadas de insulina y glucagón por lo general están reguladas de forma que la velocidad de producción de glucosa hepática se mantenga igual al uso de glucosa en los tejidos periféricos. Esto conserva a la glucosa sanguínea entre 70 y 140 mg/dL. En especial, la glucosa, las hormonas

peptídicas gastrointestinales y los aminoácidos aumentan la secreción de insulina (Ferrier, 2017).

1.1.1.7 Glucagón. El glucagón es una hormona que es secretada por las células Alfa de los islotes pancreáticos cuando la glucemia disminuye y cumple varias funciones opuestas a las de la insulina. El glucagón se secreta en cantidades tan altas casi como las de la insulina, y aumenta la concentración de glucosa en la sangre. Las acciones que lleva a cabo el glucagón son las recíprocas de las de la insulina, el glucagón estimula la liberación de glucosa hacia la sangre y estimula la síntesis de glucosa a partir de metabolitos de aminoácidos (glucogénesis) y la degradación de glucógeno en el hígado (glucogenólisis) (Pawlina y Ross, 2015).

La célula A responde ante varios estímulos que señalan hipoglucemia real o potencial. De manera específica, la secreción de glucagón aumenta cuando los niveles en sangre de glucosa, catecolaminas y aminoácidos son bajos. La disminución de glucosa en plasma es el primer estímulo para la liberación de glucagón, durante un ayuno de una noche o prolongado, los niveles de glucagón elevados evitan la hipoglucemia (Ferrier, 2017).

El glucagón es una hormona catabólica que provoca el mantenimiento de los niveles de glucosa en la sangre. Su objetivo principal es el hígado. Si se habla sobre sus efectos sobre el metabolismo de carbohidratos, la administración de glucagón conduce a un incremento inmediato de la glucosa sanguínea, esto se deriva por un incremento en la degradación del glucógeno hepático y por un aumento en la gluconeogénesis en el hígado. Si se habla sobre sus efectos en el metabolismo proteico, el glucagón incrementa la captación hepática de aminoácidos que son proporcionados por el músculo, por lo tanto, resulta en un aumento en

la disponibilidad de esqueletos carbonados para la gluconeogénesis. Por consecuencia, los niveles plasmáticos de aminoácidos disminuyen (Ferrier, 2017).

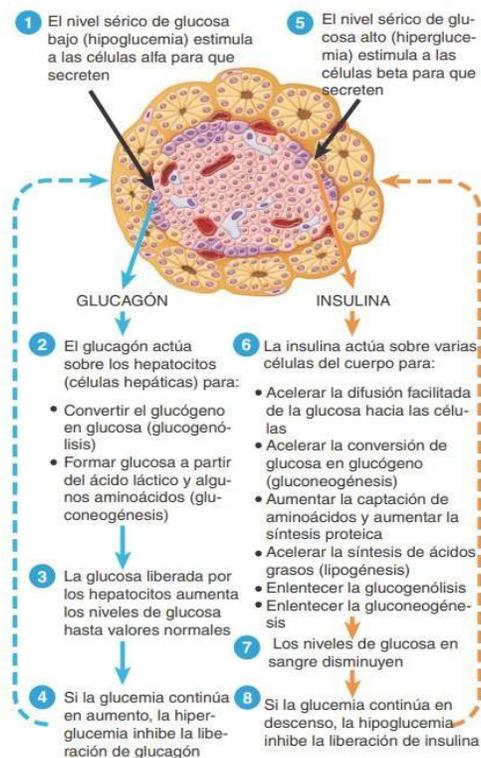


Figura 7 Regulación por retroalimentación negativa de la secreción de glucagón e insulina.

Fuente: Tortora y Derrickson, 2013.

1.1.1.8 Somatostatina. La somatostatina es secretada por las células D de los islotes de Langerhans, esta hormona es idéntica a la hormona secretada por el hipotálamo que regula la liberación de somatotropina desde la adenohipófisis (Pawlina y Ross, 2015).

La somatostatina es un polipéptido que consta de 14 aminoácidos y tiene una semivida sumamente corta, de tan solo 3 minutos en la sangre circulante. Los factores relacionados con la ingestión de alimentos estimulan la secreción de esta hormona: el aumento de la glucemia, el aumento de los ácidos grasos, aumento de los aminoácidos, y aumento de la

concentración de varias hormonas gastrointestinales liberadas desde la parte superior del aparato digestivo tras consumir alimentos (Guyton y Hall, 2011).

La somatostatina posee efectos inhibidores, principalmente actúa sobre los propios islotes de Langerhans y reduce la secreción de glucagón e insulina, reduce la motilidad del duodeno, estómago y vesícula biliar y también disminuye la absorción como la secreción por el tubo digestivo (Guyton y Hall, 2011).

1.1.2 Anatomía del sistema óseo. El esqueleto humano se divide en el esqueleto axial el cual está formado por los huesos de la pelvis, tórax, columna vertebral, cuello y cabeza, y el esqueleto apendicular, que son los huesos que conforman las extremidades superiores e inferiores.

1.1.2.1 Fémur. La zona más proximal del fémur consiste en una cabeza redondeada que se articula con el acetábulo del hueso coxal, esto forma la articulación coxofemoral. El trocánter menor y mayor son partes que se encuentran en la zona de unión del cuello y cabeza del fémur, estas zonas anatómicas sirven para la inserción de los tendones de algunos músculos de la nalga y del muslo. La zona más distal del fémur está conformada por el cóndilo lateral y medial, estos cóndilos se articulan con la tibia, y encima de estos cóndilos se encuentran los epicóndilos lateral y medial, en estos se insertan algunos ligamentos de la rodilla (Tortora y Derrickson, 2013).

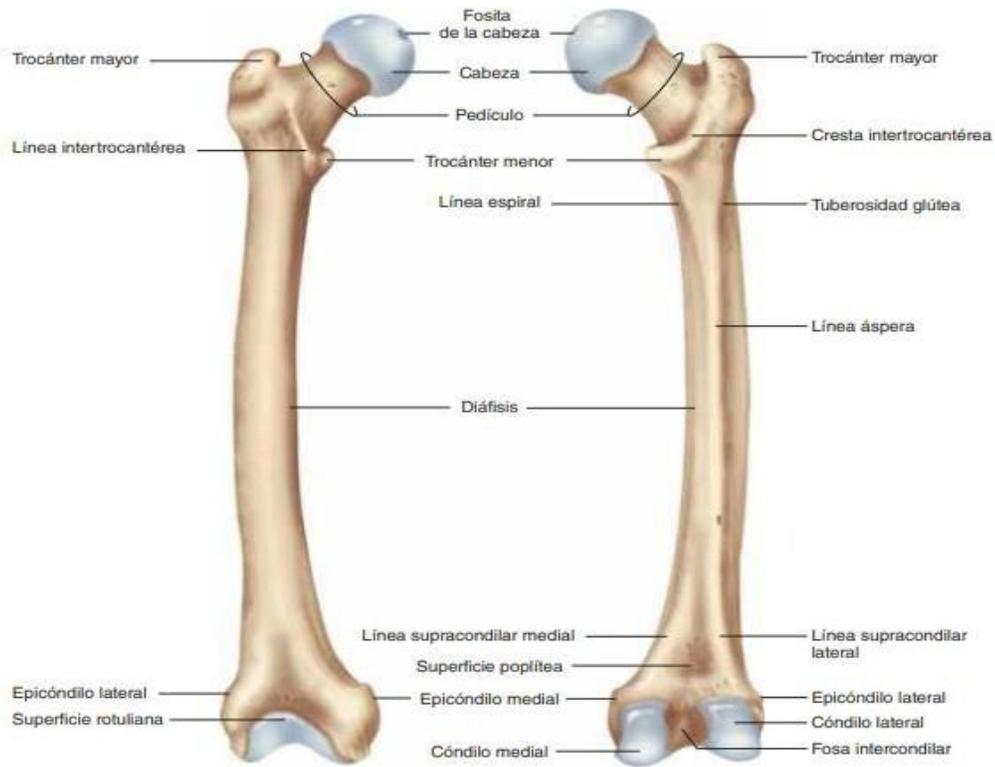


Figura 8 Anatomía del fémur en su vista anterior y posterior.

Fuente: Saladin, 2013

1.1.2.2 Rótula. La patela o rótula, es un hueso sesamoideo, en su borde proximal se inserta el tendón del cuádriceps, formado por el recto femoral y los vastos, en su borde distal se inserta el tendón rotuliano, que recorre la cara anterior de la rótula y la tuberosidad anterior de la tibia. En su parte posterior tiene dos carillas articulares, una para el cóndilo lateral y la otra para el cóndilo medial del fémur. La patela eleva la acción de palanca que tiene el tendón del grupo muscular cuádriceps y también protege la articulación de la rodilla (Saragaglia y otros, 2018).

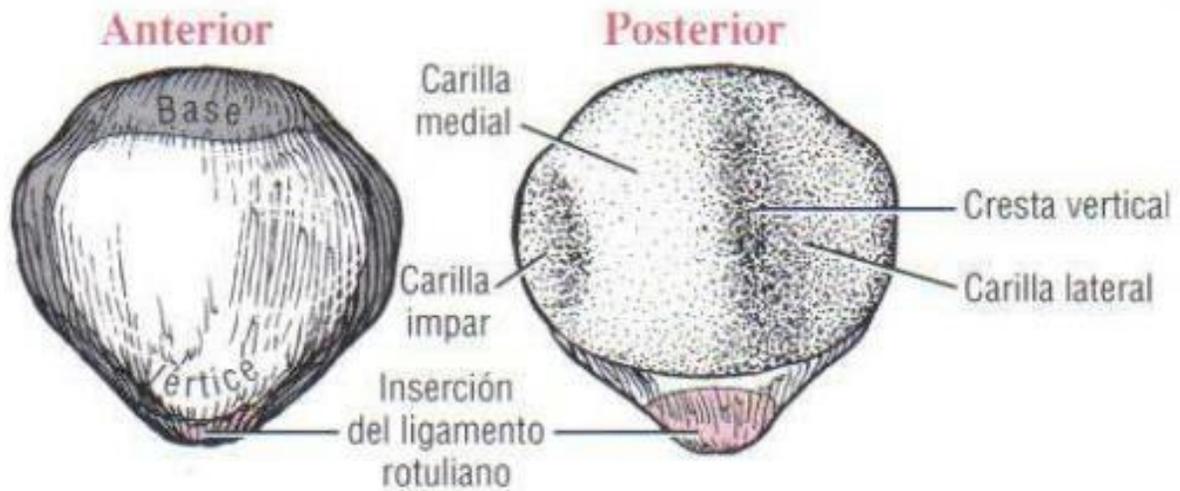


Figura 9 Anatomía de la rótula en su vista anterior y posterior Fuente:

Neumann, 2007

1.1.2.3 Tibia. La tibia soporta el peso del cuerpo, siendo el hueso más grande que se encuentra en la pierna. Este hueso se articula con su zona más proximal con el fémur y el peroné, y en su zona más distal con el peroné y el astrágalo del tobillo. En su zona proximal se encuentra un cóndilo medial y lateral, estos se articulan con los cóndilos del fémur. La tuberosidad de la tibia se encuentra en la cara anterior y es la inserción para el tendón rotuliano. En la zona distal de la tibia también se forma el maléolo medial. (Tortora y Derrickson, 2013).

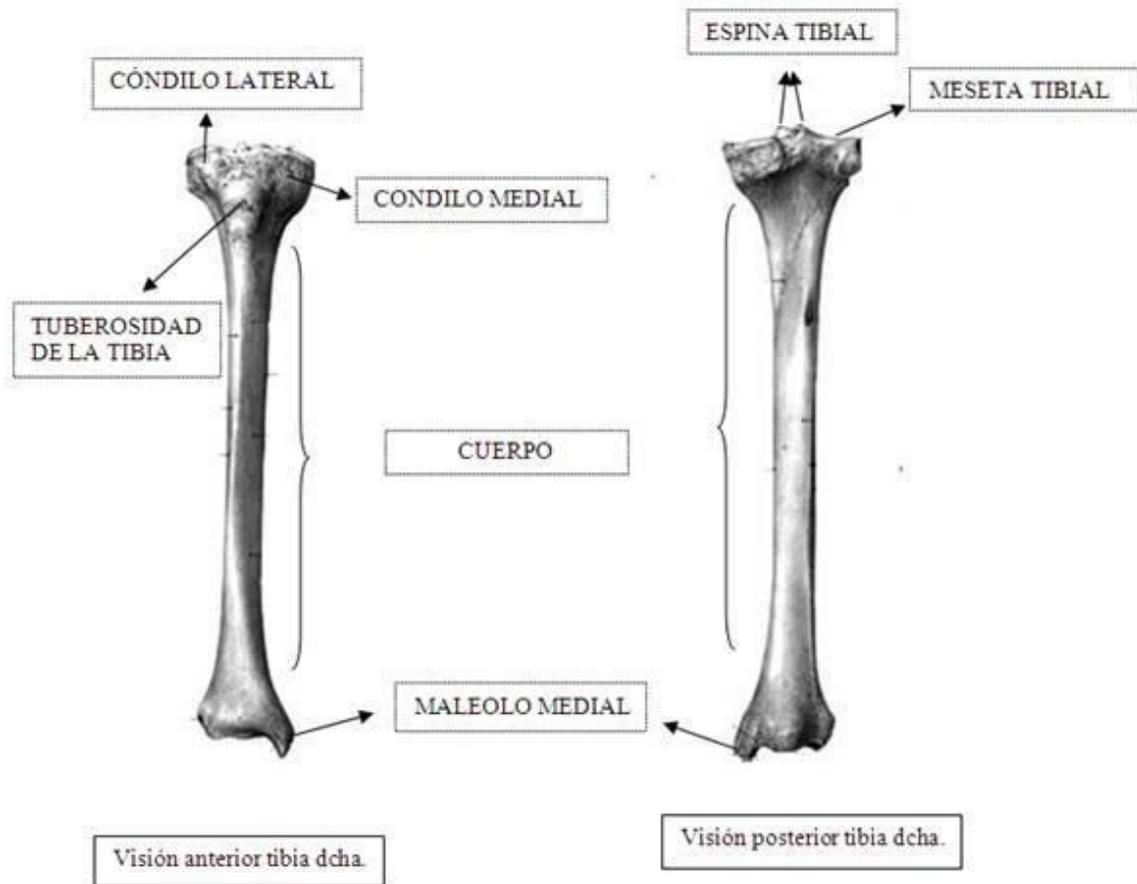


Figura 10 Anatomía de la tibia en su vista anterior y posterior

Fuente: <https://www.monografias.com>

1.1.2.4 Peroné. El peroné se encuentra lateral a la tibia, a diferencia de la tibia es un hueso más pequeño. La zona proximal del peroné se articula con el cóndilo lateral de la tibia en su superficie inferior, por debajo de la articulación de la rodilla, esto forma la articulación tibioperonea proximal, la zona distal se encuentra el maléolo lateral, este se articula con el astrágalo del tobillo. La tibia y el peroné forman la articulación tibioperonea distal (Tortora y Derrickson, 2013).

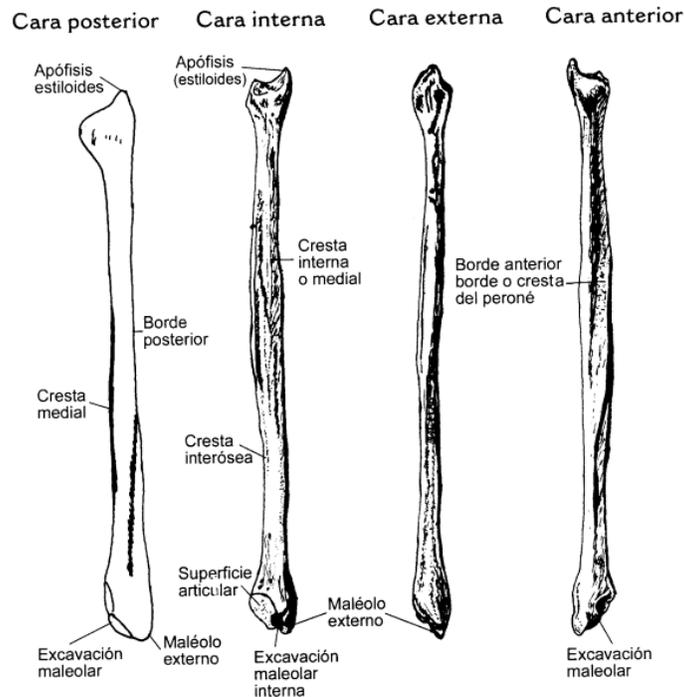


Figura 11 Anatomía del peroné en su cara posterior, interna, externa y anterior.

Fuente: <https://loshumerouno.wordpress.com>

1.1.2.5 Huesos del pie. Los huesos tarsianos del tobillo se establecen en grupos proximales y distales, de manera similar a los huesos carpianos de la muñeca. No obstante, debido a la función que desempeñan en el soporte de peso del tobillo, sus disposiciones y formas son totalmente diferentes de los huesos carpianos. El calcáneo es el hueso tarsiano más largo, esta forma el talón, su cara posterior es el punto de unión para el tendón de Aquiles de los músculos de la pantorrilla. El astrágalo es el segundo hueso más largo y el más superior, presenta tres superficies articulares: una superficie troclear superior que se articula con la tibia, una inferoposterior que se articula con el calcáneo, y una superficie anterior que se articula con el hueso tarsiano ancho y corto nombrado navicular. El

calcáneo, navicular y astrágalo se les considera la hilera próxima de los huesos tarsianos (Saladin, 2013).

El grupo distal se forma por una hilera de cuatro huesos. De medial a lateral, son los cuneiformes medial, intermedio y lateral, también el cuboide, este último es el más largo. Los huesos que restan del pie son parecidos en organización y nomenclatura a los de la mano. Los metatarsos proximales son parecidos a los metacarpos. Del medial al lateral se les ha llamado metatarsos I al V; el I es el proximal al dedo gordo, del metatarso I al III, estos se articulan con los cuneiformes primero al tercero; los metatarsos IV y V se articulan con el hueso cuboide. Los huesos de los dedos del pie son llamados igual que los de las manos, las falanges. El dedo gordo solamente contiene dos huesos: una falange proximal y distal I; los demás dedos contienen una falange proximal, medial y distal, y se numeran del II al V de medial a lateral. Los metatarsianos y las falanges poseen una base, un cuerpo o diáfisis y una cabeza, así como los huesos de las manos. Especialmente las falanges son más o menos cóncavos en el lado inferior o plantar (Saladin, 2013).

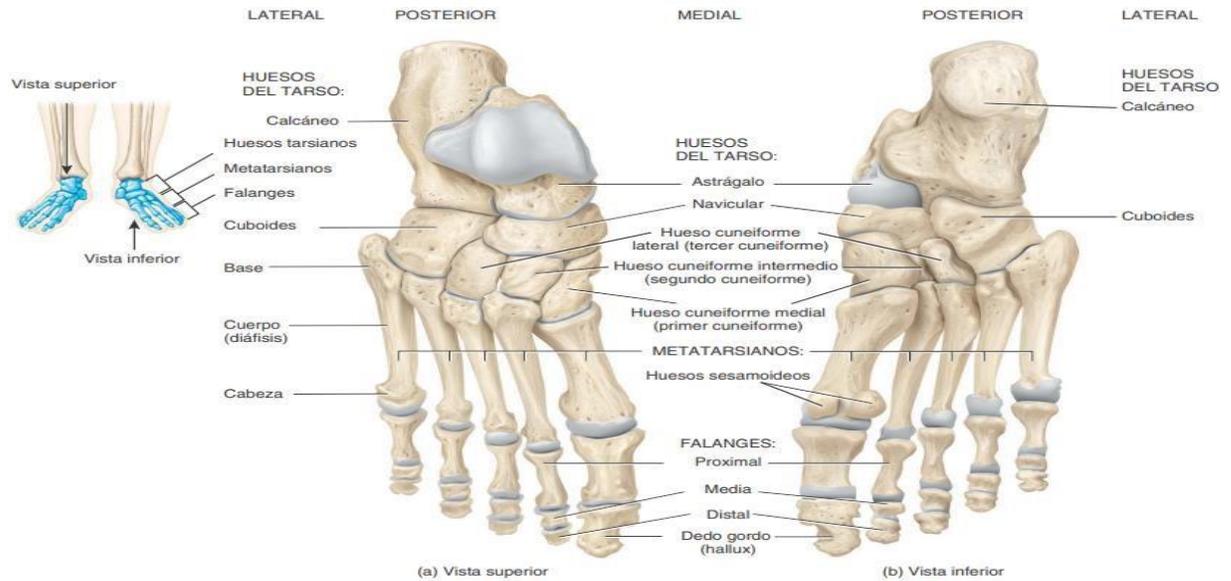


Figura 12 Anatomía de los huesos del pie.

Fuente: Tortora y Derrickson, 2013.

1.1.3 Articulaciones de la rodilla. La rodilla está compuesta por las articulaciones femorotibiales y la articulación femororrotuliana. Los movimientos de la rodilla se realizan en dos planos que permiten la extensión y la flexión en el plano sagital, y rotación externa e interna en el plano horizontal.

1.1.3.1 Articulación tibiofemoral. La articulación femorotibial lateral y medial se forman entre dos grandes cóndilos femorales convexos y los cóndilos más pequeños de la tibia casi planos. El área superficial de los cóndilos femorales permite a la rodilla un amplio movimiento en el plano sagital en diferentes actividades como ponerse de cuclillas, correr y trepar. La estabilidad articular no depende solo de los huesos, sino también de las fuerzas y la condición física de los músculos, capsula, ligamentos, meniscos y peso del cuerpo.

Cuando se habla sobre la osteocinemática de la articulación femorotibial, esta articulación

tiene 2 grados de libertad: extensión y flexión en el plano sagital, siempre y cuando la rodilla esta flexionada, la rotación externa e interna en el plano horizontal, los movimientos se pueden dar tanto del fémur sobre la tibia y la tibia sobre el fémur (Neumann, 2007).

El movimiento de la rodilla se produce de modo pasivo en el plano frontal, limitando unos 6 a 7 grados. La extensión y flexión de rodilla se produce sobre un eje transversal de rotación, el eje medial-lateral de la rotación en la extensión y flexión no es fijo, sino que migra con los cóndilos femorales. El eje migratorio de rotación tiene participación biomecánicas y clínicas, este eje altera la longitud del brazo de palanca del movimiento intrínseco de los músculos extensores y flexores, por lo tanto, el movimiento interno en esfuerzos máximos varía según la amplitud del movimiento.

Cuando se habla sobre artrocinemática de la articulación femorotibial, en la Figura 13, se puede evidenciar la artrocinemática de los últimos 90 grados de extensión activa de la rodilla. En la superficie articular durante la extensión de la tibia sobre el fémur, la tibia rueda y se desliza en sentido anterior sobre los cóndilos femorales. Los meniscos tienen la capacidad de soportar la tracción anterior ejercida por cuádriceps cuando se contrae. En el curso de la extensión del fémur sobre la tibia, por ejemplo, levantarse de una sentadilla completa, los cóndilos femorales simultáneamente ruedan en sentido anterior y se deslizan posteriormente sobre la superficie articular de la tibia como se pueden observar en la figura 13.

En la flexión activa de la rodilla la artrocinemática se produce de forma inversa como se puede observar en la figura 13, la articulación debe rotar primero internamente para desbloquear la rodilla por completo. Este movimiento depende del músculo poplíteo, el

músculo rota el fémur externamente para iniciar la flexión del fémur sobre la tibia, o también rotar la tibia internamente al iniciar la flexión de la tibia sobre el fémur (Neumann, 2007).

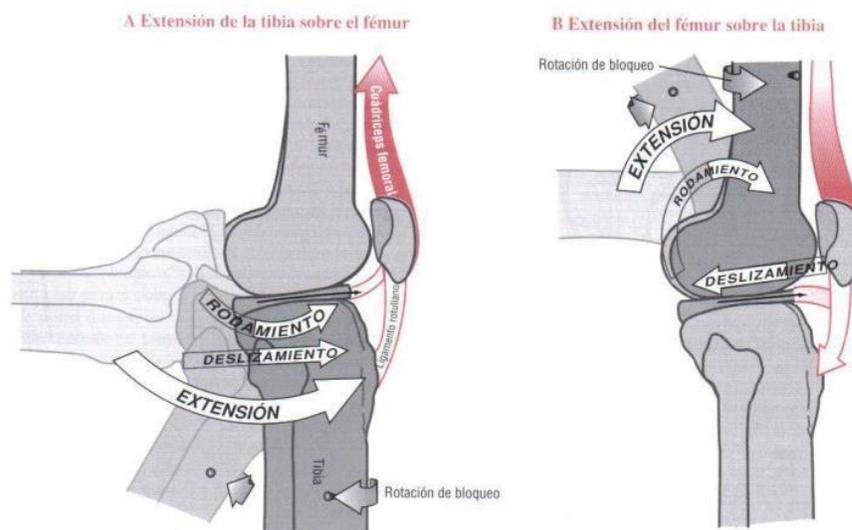


Figura 13 Extensión de la tibia sobre el fémur (A) y extensión del fémur sobre la tibia (B).

Fuente: Neumann, 2007.

1.1.3.2 Articulación patelofemoral. La articulación patelofemoral, también conocida como femorrotuliana es la interfaz entre el surco troclear en el fémur y la cara articular de la rótula, el músculo cuádriceps, las fibras retinaculares y las superficies articulares estabilizan la articulación, mientras la rodilla se flexión y extiende, la superficie articular de la rótula se desliza en el arco troclear del fémur. La rotula se desliza sobre el fémur durante la flexión de la tibia sobre el fémur y el fémur se desliza sobre la rótula durante la flexión del fémur sobre la tibia. La rotula aumenta el brazo de palanca extensor de la rodilla, ya que se desplaza el tendón del cuádriceps en sentido anterior y esto aumenta el brazo de palanca, de esta forma, la rótula aumenta el potencial del cuádriceps (Neumann, 2007).



Figura 14 Contracción del cuádriceps con rotula (A) y en ausencia (B).

Fuente: Neumann, 2007

1.1.3.3 Musculatura involucrada en el trabajo del movimiento de la prótesis de la rodilla. Según Kendall y otros en 2007, los principales músculos de la cadera y muslo con los siguientes:

Tabla 2 Principales músculos de la cadera y muslo.

Músculo	Origen	Inserción	Acción
Recto anterior	Espina iliaca anteroinferior y reborde acetabular	Borde proximal de la rótula hasta la tuberosidad de la tibia	Extiende la articulación de rodilla y flexiona la articulación de

Músculo	Origen	Inserción	Acción
			la cadera
Vasto externo	Porción proximal de la línea intertrocantérea, trocante mayor, tuberosidad glútea, línea áspera y tabique intermuscular	Borde proximal de la rótula hasta la tuberosidad de la tibia	Extiende la articulación de la cadera
Vasto medio	Dos tercios proximales del fémur, tercio distal de la línea áspera y tabique intermuscular	Borde proximal de la rótula hasta la tuberosidad de la tibia	Extiende la articulación de la cadera
Vasto interno	Mitad dista de la línea intertrocantérea, línea áspera, porción proximal de la línea	Borde proximal de la rótula hasta la tuberosidad de la tibia	Extiende la articulación de la cadera

Músculo	Origen	Inserción	Acción
	supracondílea interna		
Sartorio	Espina iliaca anterosuperior	Porción proximal de la superficie interna de la tibia	Flexión, rotación externa, y abducción de la articulación de la cadera
Tensor de la fascia lata	Labio externo de la cresta iliaca, espina iliaca anterosuperior	Cintilla iliotibial	Flexión, rotación interna, y abducción de la articulación de cadera
Pectíneo	Rama superior del pubis, eminencia iliopectínea y tubérculo del pubis	Línea pectínea del fémur	Aducción de cadera
Aductor mayor	Rama pubiana, rama del isquion y tuberosidad	Tuberosidad glútea, línea áspera, línea	Aducción de cadera

Músculo	Origen	Inserción	Acción
	isquiática	supracondílea interna y tubérculo aductor del cóndilo interno del fémur	
Aductor menor	Rama inferior del pubis	Línea pectínea y labio interno de la línea áspera	Aducción de cadera
Aductor mediano	Superficie anterior del pubis	Labio interno de la línea áspera	Aducción de cadera
Glúteo menor	Superficie externa del ilion y reborde de la escotadura ciática mayor	Trocánter mayor y cápsula de la articulación de cadera	Abducción y rotación interna de la articulación de cadera
Glúteo medio	Superficie externa del ilion, línea glútea anterior en la parte ventral, aponeurosis	Trocánter mayor	Abduce la cadera

Músculo	Origen	Inserción	Acción
	glútea		
Glúteo mayor	Línea glútea posterior del ilion, superficie posterior de la parte inferior del sacro, cara lateral del cóccix, ligamento sacrotuberoso y aponeurosis glútea	Cintilla iliotibial, y tuberosidad glútea del fémur	Extensión y rotación externa y aducción de la articulación de cadera, ayuda a la abducción por su inserción en la cintilla iliotibial

Elaboración propia con información de (Kendalls y otros, 2007)

1.1.4 Definición. La diabetes mellitus, también conocida como “diabetes” o “diabetes sacarina”, caracterizada por un grupo de trastornos metabólicos por la presencia de hiperglucemia en dado que no se reciba un tratamiento. La etiopatogenia comprende deficiencias en la actividad de la insulina, en la secreción de insulina o en ambas. Las complicaciones que conlleva la diabetes a largo plazo pueden ser como nefropatías, neuropatías y retinopatía. Las personas diabéticas tienen un riesgo mayor de sufrir otros trastornos, como arteriopatía periférica, cardiopatías, cataratas, afecciones cerebrovasculares,

hepatopatía grasa no alcohólica, disfunción eréctil, entre otras (Organización Panamericana de la salud, [2020]).

1.1.4.1 Pie diabético. El pie diabético (PD) es considerado la principal complicación dada principalmente por las vasculopatías, neuropatías y generadora de ulceración en el mismo. El pie diabético es el responsable de la amputación en miembros inferiores y creadora de limitación funcional en el paciente diabético, lo que compromete su desempeño e intervención social. Cuando se habla de PD se considera una de las complicaciones tardías y quizás devastadora que la persona diabética puede presentar ya que es una lesión degenerativa de los tejidos debido a la disfunción del nervio periférico o enfermedad vascular; caracterizada por la aparición de úlceras, infección o destrucción de los tejidos profundos del pie. La posibilidad de que una persona diabética pierda una de sus extremidades inferiores es 40 veces mayor que las personas que no padecen la enfermedad, esto lleva a consecuencias humanas y económicas bastantes elevadas, ya que en la persona amputada se ve afectado su esquema corporal, también se ve afectado su patrón de marcha y la realización de actividades de la vida diaria, con un proceso de rehabilitación las personas pueden incluirse nuevamente en la sociedad (Arroyo y otros, 2019).

El ataque del pie diabético puede presentar síntomas mínimos o simples que pueden describir sentirse “como la gripe”. La presencia de neuropatía autónoma, junto con la paresia inmune podría resultar en una regulación baja de las defensas sin signos evidentes de una respuesta inflamatoria local. Por consiguiente, también puede disminuir una respuesta sistémica. La neuropatía puede no manifestar características típicas asociadas con la enfermedad vascular periférica, en algunos pacientes, lamentablemente, el primer signo de presentación puede ser la necrosis del tejido distal en las extremidades (Vas y otros, 2018).

La neuropatía diabética periférica (NPD) tiene como presencia signos y síntomas de alteración del nervio periférico en los miembros inferiores en diabéticos después de la exclusión de otras causas. La enfermedad arterial periférica diabética (EAP) es un síndrome caracterizado por disfunción macrovascular de las arterias sin afectación coronaria, aórtica ni cerebral en diabéticos. La deformidad musculoesquelética del pie es un síndrome distinguido por deformidad rígida o flexible que abarca desde el antepié al retropié de origen idiopático sin causa secundaria o congénita (Rodríguez y otros, 2018).

1.1.5 Clasificación. Según la organización Panamericana de salud 2020, los tipos de Diabetes mellitus se clasifican y diferencian según su fisiopatología, historia natural y pronóstico.

Tabla 3 Clasificación de la diabetes.

Tipo de diabetes	Descripción
Diabetes de tipo 1	Se produce por una deficiencia absoluta de insulina; normalmente puede aparecer durante la niñez y en la edad adulta. También se produce por una destrucción de las células beta, normalmente por mecanismos inmunitarios.
Diabetes de tipo 2	Este es el tipo más común; se encuentran diversos grados de disfunción en las células beta y resistencia a la insulina, a menudo combinado con sobrepeso y obesidad.
Formas híbridas de diabetes	
Diabetes de origen inmunitario y	Suele ser similar a la diabetes tipo 1, con

evolución lenta en personas adultas	una evolución lenta en las personas mayores, pero se observan con mayor frecuencia características del síndrome metabólico y un autoanticuerpo que actúa contra la GAD y conserva una mayor función de las células beta.
Diabetes de tipo 2 con propensión a la cetosis	Comúnmente, suele presentarse con evidencia de cetosis y deficiencia de insulina, pero luego no requiere insulina, son comunes los episodios de cetosis y no tiene mecanismo inmunitario.
Otros tipos específicos	
Diabetes monogénica:	Causada por mutaciones en algunos genes.
a) Defectos monogénicos del funcionamiento de las células beta	Evidencia cuadros clínicos que requieren un tratamiento diferente; suele aparecer en la infancia y a veces en la edad adulta temprana.
b) B) defectos monogénicos de la actividad de la insulina	Causada por mutaciones en algunos genes. Evidencia características de resistencia severa a la insulina sin obesidad; la diabetes ocurre cuando las células beta no pueden superar la resistencia a la insulina.
Enfermedades del páncreas exocrino	Se presentan ciertos padecimientos que afectan al páncreas que pueden dar lugar a la hiperglucemia (tumores, inflamación, traumatismos, etc.).
Trastornos endocrinos	Son enfermedades que entrañan una secreción intensa de hormonas que son antagonistas de la insulina.
Diabetes inducida por fármacos o	Algunos productos químicos y

sustancias químicas	medicamentos que afectan la secreción o acción de la insulina, algunos pueden destruir las células beta.
Diabetes de origen infeccioso	Ciertos virus se relacionan con la destrucción directa de las células beta.
Formas específicas y esporádicas de diabetes de origen inmunitario	Se familiariza con enfermedades inmunitarias extrañas.
Otros síndromes genéticos que en ocasiones se asocian con la diabetes	Anomalías cromosómicas y muchos trastornos genéticos que aumentan el riesgo de padecer diabetes.
Diabetes no clasificada	Se utiliza para describir la diabetes que no encaja del todo con otras categorías. Esta categoría es para uso temporal. Cuando no hay una categoría de diagnóstico clara, especialmente en el momento del diagnóstico.
Hiper glucemia detectada por primera vez durante el embarazo	
Diabetes mellitus del embarazo	Durante el embarazo se puede realizar un diagnóstico de diabetes tipo 1 o de tipo 2.
Diabetes mellitus gestacional	La hiper glucemia se encuentra por debajo de los umbrales de diagnóstico para la diabetes durante el embarazo.

Elaboración propia con información de (Organización Panamericana de salud, 2020)

1.1.7 Factores de riesgo. Uno de los factores de riesgo importante para el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2 es el exceso de peso corporal. Además, la obesidad como el sobrepeso y la DM se asocian con una mayor morbilidad y mortalidad, debido a estas

razones y el aumento mundial de la obesidad y la diabetes, estas dos condiciones se han convertido en problemas de salud pública de alta prioridad (Basterra y otros, 2017).

Llevar una vida sedentaria es otro factor de riesgo para la DM2, según demuestra el estudio de salud de la mujer y el estudio del factor de riesgo de la enfermedad cardiaca isquémica de Kuopio, identifico una reducción del 34% y una reducción del 56% en participantes con DM2 que caminan 40 minutos por semana o 2-3 horas por semana. La actividad física tiene tres beneficios principales para retrasar la aparición de DM2. Como primer punto, la contracción de las células del sistema musculoesquelético eleva el flujo de sangre al músculo, lo que mejora la absorción de glucosa del plasma, como segundo punto, la grasa abdominal visible se reduce por la actividad física, la grasa abdominal es un factor de riesgo conocido que promueve la RI. Y como último punto, el ejercicio de intensidad moderada ha demostrado una mejora en la absorción de glucosa en un 40%. La actividad física mejora la sensibilidad a la insulina y la absorción de glucosa, pero también puede mejorar o revertir el estrés oxidativo y la inflamación, que son factores de la DM2 (Galicia y otros, 2020).

1.1.6.1 Factores de riesgo del pie diabético. Según Arroyo y otros en 2019, existen factores predisponentes, desencadenantes y agravantes, los cuales se describen a continuación:

- Factores predisponentes: son aquellos que en una persona diabética van a ocasionar riesgo de sufrir lesión. Relacionado con la isquemia ocasionada por la vasculopatía por los cambios iniciales como la sequedad de la piel, lo que ocasiona la aparición de úlceras antes de cualquier traumatismo, y la neuropatía, que es el principal

síntoma en los pacientes por la disminución de la sensibilidad profunda, térmica, táctil y superficial.

- Factores desencadenantes: son aquellos que actúan sobre un pie de riesgo, provocando úlceras o necrosis, los factores extrínsecos se dividen según su causa en traumáticos, como caídas o golpes; mecánicos como un calzado mal ajustado considerado como el responsable de más de 40% de la aparición de úlceras; térmico, al utilizar agua caliente en los pie o bolsas calientes. Y los factores intrínsecos incluyen las deformidades como el hallux valgus, artropatía de Charcot, dedos en garra que pueden generar presión plantar, esto ocasiona callosidades la cuales terminar en lesiones pre ulcerosas.
- Factores agravantes o perpetuantes: aquí se encuentran los microorganismos que en un pie diabético van a facilitar la aparición de complicaciones y retrasar la cicatrización. Los microorganismos en su mayoría de naturaleza saprófita, como estreptococos, estafilococos, por mencionar algunos. También pueden encontrarse si las úlceras son muy profundas, organismos anaerobios y aerobios como Escherichia Coli y Clostridium Perfringens, microorganismos que puede llegar a los tejidos profundos y ocasionar artritis séptica y celulitis.

Entre otros factores del pie diabético se puede encontrar la falta de adherencia al tratamiento, el abandono al tratamiento, malos hábitos como la ingesta de alcohol y el estado depresivo en el que el paciente se encuentra, el personal de enfermería es importante para prevenir nuevas lesiones y así evitar las posibles amputaciones que se pueden dar en un futuro (Pulla y otros, 2018).

1.1.6.2 Sistema de diagnóstico de la International Working Group on the Diabetic Foot

(*IWGDF*). El Sistema de diagnóstico de la *IWGDF* tiene a consideración como prueba neurológica (PN) los síntomas como adormecimiento y otros, la evaluación de la vibración con el diapasón 128 Hz, y la evaluación táctil como el monofilamento de 10 g; la prueba arterial (PA) considera los síntomas de claudicación, la palpación de pulsos de la arteria pedía y tibial posterior, el cálculo del índice brazo tobillo de cualquiera de las arterias mencionadas y el uso de detector de Doppler; y la prueba musculoesquelética (PMSK) tiene a consideración las deformidades fijas del ante pie y la deformidad en el arco plantar interno por podoscopía (Rodríguez, 2018).

La clasificación describe como grado 0 sin neuropatía periférica diabética (NPD) o enfermedad arterial periférica (EAP) o deformidad musculo esquelética (DMSK) o úlcera, el grado 1 con NPD sin EAP ni DMSK, el grado 2 con NPD, EAP, y DMSK y el grado 3 con antecedentes de úlcera en el pie. El grado 0 y 1 se considera con bajo riesgo y los grados 2 y 3 como alto riesgo.

Tabla 4 Categorización del pie en riesgo de ulceración según la *IWGDF*

Categoría	Componentes	Riesgo
0	Sin NPD	Ninguno
1	Con NPD	Leve
2	Con NPD y EAP y/o deformación	Moderado
3	Antecedentes de úlcera o amputación	Alto

Elaboración propia con información de (Rodríguez y otros, 2018)

1.1.8 Epidemiología. Algunos datos epidemiológicos demuestran valores alarmantes para la población, se pronostica un futuro preocupante para la DM2. Según la federación internacional de Diabetes (FID), en el año 2019 463 millones de adultos de entre 20 y 79 años de edad tenían diabetes, un número que seguramente alcanzará los 700 millones para el 2045, la diabetes en 2019 provoco 4,2 millones de muertes. La diabetes es la causa de aproximadamente 720 mil millones de dólares en gastos de atención médica en 2019, además la verdadera carga de la DM2 puede estar sub representada, ya que 1 de cada 3 personas con diabetes han sido infradiagnosticadas, esto es igual a 232 millones de personas. El rango de edad de personas con diabetes es entre 40 y 59 años (Galicía y otros, 2020).

1.1.9 Fisiopatología. El mal funcionamiento de los bucles de retroalimentación entre la secreción de insulina y la acción de insulina da como resultado niveles anormalmente altos de glucosa en la sangre. La disfunción de las células b, se reduce la secreción de insulina, lo que disminuye la capacidad del organismo de mantener los niveles fisiológicos de glucosa. Por otro lado, la resistencia a la insulina llevará a elevar la producción de glucosa en el hígado y disminuir la captación de glucosa en el hígado, músculo y tejido adiposo. Inclusive si ambos procesos tienen lugar tempranamente en la patogenia y asiste al desarrollo de la enfermedad, la disfunción de las células B suele ser más difícil que la resistencia a la insulina (RI). Sin embargo, cuando se encuentran presentes tanto la disfunción de las células como la RI, la hiperglucemia se amplía y conduce a la progresión de la DM2 (Galicía y otros, 2020).

El mal funcionamiento de las células B se caracteriza con la muerte de las células B, pero la evidencia reciente nos dice que el mal funcionamiento de las células B en la DM2 podría deberse a una red más complicada de interacciones por diferentes vías moleculares implicadas en la biología celular y entre el medio ambiente. En un excesivo estado

nutricional, parecido al que se presenta en la obesidad, suele presentarse hiperlipidemia e hiperglucemia favoreciendo la resistencia a la insulina y la inflamación crónica. Esta situación de las células B, debido a las diferencias en su susceptibilidad genética, están a presiones tóxicas que incluyen estrés oxidativo, inflamación, estrés amiloide, estrés metabólico/oxidativo, con el potencial de llevar en última instancia a una pérdida de la integridad de los islotes. El exceso de hiperglucemia y ácidos grasos libres conlleva a una mala función de las células B al inducir el estrés del retículo sarcoplasmático por medio de la activación de las vías de respuesta apoptótica de la proteína desplegada. En verdad, la glucotoxicidad, lipotoxicidad y la glucolipotoxicidad que se produce en la obesidad inducen estrés oxidativo y metabólico que llevan al daño de las células B. Este estrés derivado de altos niveles de ácidos grasos libres saturados puede activar la vía de respuesta apoptótica desplegada por diferentes mecanismos, incluyendo la inhibición de Calcio (Ca^{2+}) ATPasa del retículo endoplásmico/sarco (SERCA). Los niveles altos sostenidos de glucosa aumentan los péptidos amiloides de los islotes y biosíntesis de proinsulina en las células B, lo que lleva a la acumulación de insulina mal plegada polipéptidos amiloides de los islotes y elevan la producción de especies reactivas de oxígeno mediadas por el plegamiento de proteínas oxidativas (Galicia y otros, 2020).

1.1.10 Sintomatología. Ante la presencia de cetoacidosis diabética, los pacientes pueden presentar un aumento de necesidad de comer (polifagia), micción excesiva (poliuria) y un incremento de la sed (polidipsia) pero también pueden presentar posibles escenarios como náuseas, vómito, y dolor abdominal debido a la disminución de contracciones del tubo digestivo que permite la progresión de su contenido desde el estómago hacia el ano, llamado peristaltismo (Torres y otros, 2020).

Según Méndez y otros en 2018, la presencia de estado hiperglicémico hiperosmolar, su sintomatología puede darse a las semanas del inicio de los cambios fisiopatológicos; sus principales síntomas se encuentran la pérdida de peso, astenia, poliuria, polidipsia, y adinamia.

1.1.11 Complicaciones. La cetoacidosis diabética (CAD) es una complicación aguda de la diabetes mellitus principalmente caracterizada por presentar un estado de hiperglicemia, acidosis metabólica y cetosis, es común en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 pero también suele presentarse en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 que presentan insulinopenia. Los principales factores que generan la CAD son el déficit de insulina y aumento de cortisol, catecolaminas, glucagón y hormona del crecimiento, esto produce un aumento de ácidos grasos en el torrente sanguíneo que provienen del tejido adiposo, los ácidos grasos liberados, sufren posteriormente el proceso de oxidación tisular hepática, esto conlleva a sustancias cetónicas como acetoacetato e hidroxibutirato, dando lugar a la acidosis metabólica (Torres y otros, 2020).

En ausencia de acidosis y cetosis se denomina estado hiperglicémico hiperosmolar, siendo la cohesión entre hiperglucemia extrema, deshidratación e hiperosmolaridad sérica que conduce a una alteración de la conciencia capaz de inducir un coma. Es una de las complicaciones agudas más frecuentes por descompensación de la diabetes mellitus, en especial en la diabetes mellitus tipo 2 (Méndez y otros, 2018).

1.1.12 Diagnóstico médico. La diabetes de tipo 2, generalmente se diagnostica en base al azúcar en la sangre como un hallazgo temprano en personas mayores de 35 años con sobrepeso cuando su índice de masa corporal ha alcanzado 25 kg/m² a lo largo de su vida con signos de síndrome metabólico que reflejan resistencia a la insulina, un diagnóstico

sencillo se basa en una observación de la glucemia en ayunas superior a 1,26 g/l, gracias a la importancia de este diagnóstico, la hiperglucemia se muestra tras 2 determinaciones, pero con una única cifra superior a 2 g/l basta con la presencia de signos clínicos (Rigalleau y otros, 2021).

1.1.13 Valoración del paciente. El servicio 407 está dirigido a la atención de los pacientes adultos con diabetes mellitus y se incluyen 4 criterios de buena atención (CBA) que describen las recomendaciones recomendadas para que se realice la valoración y el seguimiento de las personas con diabetes mellitus y su periodicidad (Bayón y otros, 2020).

Tabla 5 Criterios de buena atención del servicio 407 de atención a pacientes con DM

Criterios de buena atención	Intervenciones que realizar	Periodicidad de realización
CBA 1. Valoración inicial	Tipo de diabetes y edad de inicio Antecedentes familiares de VCE precoz Antecedentes personales de HTA, ECV, dislipidemia, consumo de tabaco y alcohol Valoración: percepción de salud, nutrición,	Al menos en una ocasión tras el diagnóstico

Criterios de buena atención	Intervenciones que realizar	Periodicidad de realización
	eliminación y ejercicio	
CBA 2. Exploración física de	IMC, presión arterial, índice tobillo/brazo Presencia de edemas en miembros inferiores Reflejos osteotendinosos Sensibilidad Examen de los pies	1 vez/año
CBA 3. Pruebas complementarias	Electrocardiograma Fondo de ojo Estudio analítico básico HbA1c	1 vez/ 5 años 1 vez/2 años 1 vez/ año Con mal control: 1 vez/ 3 meses Con buen control: 1 vez/ 6 meses
CBA 4. Seguimiento y controles periódicos	Peso Síntomas de hipoglucemia Revisión plan de cuidados Revisión del tratamiento farmacológico	Cada 2 meses si insulina Cada 3 meses si antidiabéticos por vía oral Cada 12 meses si solo dieta y ejercicio

Criterios de buena atención	Intervenciones que realizar	Periodicidad de realización
	Adherencia al plan	
	terapéutico	
	Consejos sobre consumo	
	de tabaco	
	Consejo sobre consumo de	
	alcohol	

Elaboración propia con información de (Bayón y otros, 2020)

1.2 Antecedentes específicos

En los antecedentes específicos se podrá encontrar una recopilación de información sobre el tratamiento farmacológico para la diabetes mellitus tipo 2, tratamiento convencional fisioterapéutico y el tratamiento de fortalecimiento musculoesquelético.

1.2.1 Tratamiento farmacológico. Para la diabetes mellitus se utiliza los siguientes medicamentos:

- Inhibidores de dipeptidil peptidasa-4 (DPP-4): Este fármaco previene la degradación endógena de glucagón-like peptide-1. En pacientes con diabetes tipo 2, inhiben la secreción de glucagón, incrementan la secreción de insulina y mejoran la función de las células beta. La respuesta a la incretina se ve afectada en pacientes con diabetes tipo 2, por lo que la inhibición de la Inhibidores de dipeptidil peptidasa-4 tiene como objetivo a restaurar los efectos de la incretina aumentando los niveles de GLP-1 biológicamente activo. La inhibición de Inhibidores de dipeptidil peptidasa-4 afecta la secreción de insulina dependiente de glucosa y la

liberación de glucagón, por lo tanto, los inhibidores de Inhibidores de dipeptidil peptidasa-4 tiene efectos menores insulíntrópicos en relación con las sulfonilureas y causan poca o ninguna hipoglucemia, por lo tanto, no es necesario aumentar la ingesta de energía para compensar la hipoglucemia (Mellado y otros, 2019).

- Agonistas del receptor de glucagón-like peptide-1 (GLP-1): La secreción de glucagón-like peptide-1 (GLP-1) puede verse afectada en los pacientes con diabetes tipo 2, esto lleva a una disminución de GLP-1 en respuesta a la ingesta de los alimentos. A diferencia de otros fármacos, como las sulfonilureas, los agonistas de GLP-1 reducen la glucosa al estimular la secreción de insulina en relación con las concentraciones de glucosa plasmática, por lo que tienen un riesgo muy bajo de hipoglucemia. El GLP-1 también inhibe la secreción excesiva del glucagón, lo que da como resultado la inhibición de la producción de glucosa hepática y aumenta la saciedad al frenar la inhibición de la secreción de ácido y vaciamiento gástricos (Gómez y otros, 2018).

1.2.2 Tratamiento fisioterapéutico convencional. Cualquier movimiento corporal se refiere a la actividad física que aumenta el gasto de energía, a diferencia del ejercicio, es una actividad física estructurada, planificada y repetitiva para mejorar la condición física. El beneficio de la actividad física es que mejora la sensibilidad a la insulina, los factores de riesgo cardiovascular, la condición física, el peso corporal, el nivel de lípidos, la presión arterial y el bienestar general, y reduce el riesgo de mortalidad y morbilidad cardiovascular.

Los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 no solo mejoran el control glucémico, sino también la presión arterial y el peso corporal (Raveendran y otros, 2018).

- Amputación transtibial: Se le llama amputación transtibial a la resección de componentes óseos y tejidos blandos de la zona distal a la rodilla o cóndilos tibiales. La amputación provoca un mal funcionamiento corporal, que usualmente, afecta en la capacidad funcional, también se ve afectado el rol social, laboral, físico y familiar. La amputación trae problemas en los sistemas sensoriales y musculoesquelético, trayendo modificaciones en el funcionamiento de los segmentos indirectos y directos implicados (Rendón y otros, 2020).

Algunas dificultades principales que se presenta tras las amputaciones es el dolor de miembro fantasma, la cual es la percepción dolorosa que se origina en el área correspondiente al segmento amputado tras sufrir de una amputación. La terapia en espejo consiste en crear la ilusión de estar moviendo el miembro amputado mediante la visualización del reflejo de los movimientos del miembro no amputado en el espejo. Durante la terapia en espejo se debe colocar un espejo delante del paciente en una posición parasagital para provocar la ilusión que ha recupera el miembro amputado y se le pide al paciente que realice movimientos con ambos miembros, el paciente debe imaginar que mueve el miembro amputado mientras observa el miembro sano y la imagen formada en el espejo, esta técnica se utiliza para favorecer la reorganización cortical positiva (Viscasillas y otros, 2020).

El vendaje del muñón puede hacerse una vez retirado los drenajes quirúrgicos. El vendaje no se debe realizar si el muñón presenta una herida quirúrgica a gran tensión y en muñones intervenidos que cicatrizan por segunda intención. En la fase postoperatoria del tratamiento,

el paciente debe estar vendado las 24 horas, de día y de noche, solo se retirará la venda para realizar el aseo diario y observar el estado del muñón. Las vendas deben ser de compresión fuerte (Zambudio, 2009).

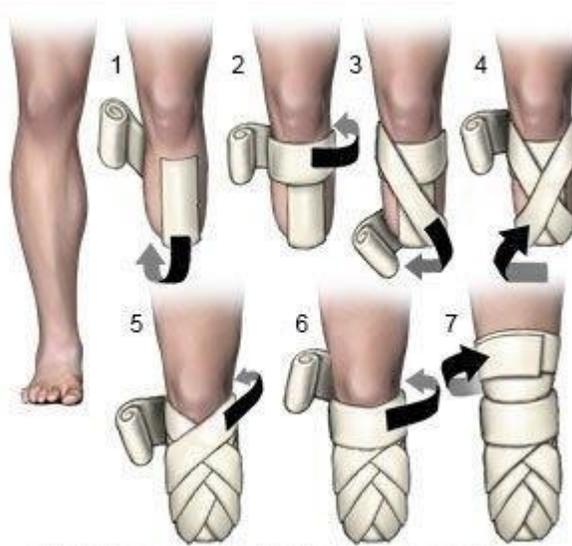


Figura 15 Vendaje del muñón

Fuente <https://www.drugs.com>

1.2.3 Fortalecimiento muscular. Cuando se ejerce resistencia en un músculo que se contrae, este se adaptará y será más fuerte con el tiempo. Estos cambios se producen en el músculo cuando las capacidades metabólicas se someten a sobrecargas progresivas, esto se da mediante el ejercicio terapéutico. El músculo, que es un tejido contráctil, como resultado de un aumento del reclutamiento de unidades motoras y de la hipertrofia de las fibras musculares se vuelve más fuerte. Con el tiempo en que aumenta la fuerza de un músculo, también mejora la potencia y la resistencia (Kisner y Colby, 2005).

1.2.4 Fortalecimiento en la etapa pre protésica. Por consecuencia de la amputación, los grupos musculares deben fortalecerse y realizar un entrenamiento de resistencia para poder

realizar de manera correcta las funciones musculares perdidas y aumentar la fuerza. El fortalecimiento que se debe aplicar son los ejercicios isotónicos, estos deben ser aplicados con pocas repeticiones contra una alta resistencia. Y para mejorar la resistencia, se deben hacer un número mayor de repeticiones y series y se debe disminuir la resistencia, para esto se recomiendan ejercicios aeróbicos ergonómicos, natación en pacientes adecuados, ejercicios en el agua y algunas actividades deportivas. Los músculos más importantes deben fortalecerse en todos los planos, teniendo en cuenta los movimientos de rotación, esto trae beneficios al paciente para mejorar la estabilización, ya que se en la marcha protésica debe ser lo más normal posible, principalmente hay que hacer énfasis en los músculos extensores y abductores de la cadera para fortalecer (Demir y otros, 2018).

1.2.4.1 Ejercicio isométrico de estabilización. Se produce cuando el músculo se contrae, pero no produce un cambio de longitud del músculo o no hay movimiento articular visible, el músculo produce mucha fuerza y tensión, también produce cambios adaptativos como la fuerza y resistencia, las contracciones isométricas se mantendrán mínimo 6 segundos. Esto dejara un tiempo de desarrollo de tensión para iniciar los cambios metabólicos en el músculo en cada contracción. Los ejercicios de estabilización deben realizarse en posturas de carga dentro de una cadena cinética cerrada, dentro de sus precauciones, el ejercicio isométrico se realiza ante una resistencia, y se asocia con la respuesta de presión dando resultado la maniobra de Valsalva, esto causa un aumento rápido de la presión arterial (Kisner y Colby, 2005).



Figura 16 Ejemplo de isométrico de estabilización

Fuente <https://www.fisio-sports.es>

1.2.4.2 Ejercicio en cadena cinética abierta. Este ejercicio se comprende donde el segmento distal, sea el pie o la mano, se mueve con libertad en el espacio, este ejercicio se puede realizar en modo estático y dinámico (concéntrico o excéntrico), este ejercicio no prepara al paciente en actividades como caminar o subir escaleras. La mayoría de las rutinas de ejercicio resistido se han empleado en cadena cinética abierta y quizá sea la única opción si el ejercicio en carga está contraindicado (Kisner y Colby, 2005).

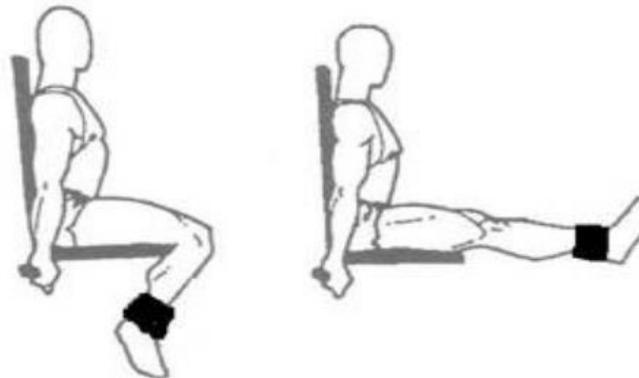


Figura 17 Ejemplo de cadena cinética abierta

Fuente <https://forocoche.com>

1.2.4.3 Ejercicio en cadena cinética cerrada. Estos ejercicios estimula las cocontracciones musculares, comprenden el movimiento que se produce en el que el cuerpo se mueve sobre un segmento distal fijo, por ejemplo, en una posición de carga cuando el pie está apoyado en el suelo y la contracción muscular eleva o baja el cuerpo, estos ejercicios pueden implicar una acción muscular concéntrica, isométrica y excéntrica, además se someten a carga las articulaciones, los huesos, tejidos blandos no contráctiles como ligamentos, tendones, capsulares articulares. Además de estimular las cocontracciones, proporcionan una estabilización dinámica y sustentación ortostática en la articulación. Los ejercicios en cadena cinética cerrada ayudan a producir exigencias mayores impuestas de las actividades de la vida diaria y emplea un patrón de reclutamiento más natural de las contracciones musculares (Carrie y Brody, 2006).

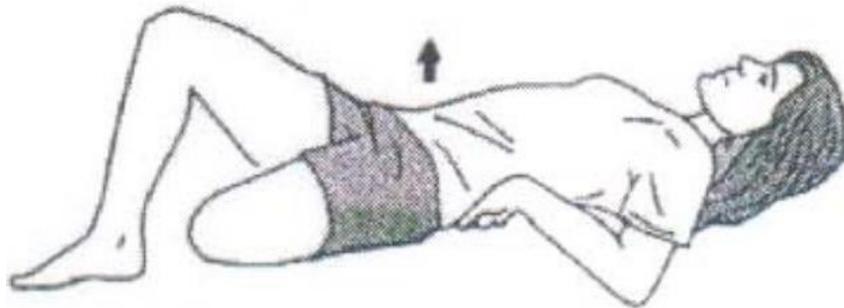


Figura 18 Ejemplo de cadena cinética cerrada

Fuente <https://docplayer.es>

1.2.5 Ejercicio resistido manual y mecánicamente. Los ejercicios resistidos manuales son ejercicios donde la resistencia la coloca el fisioterapeuta u otro profesional, el problema es que cuantitativamente la resistencia no puede medirse, pero esta técnica es bastante útil en las iniciales de un programa de ejercicio porque el músculo se encuentra débil y solo puede superar una resistencia de leve a moderada. También se utiliza cuando la amplitud de movimiento articular se debe controlar. En el ejercicio resistido manualmente la resistencia se encuentra limitada porque la fuerza solo la ejerce el fisioterapeuta u otro profesional. A diferencia del ejercicio resistido mecánicamente, este se aplica a través de un equipamiento o aparato mecánico, la resistencia acá si se puede medir cuantitativamente y se puede ir progresando con el tiempo. Es bastante útil cuando se requiere aplicar mayor resistencia que la que el fisioterapeuta puede aplicar manualmente (Kisner y Colby, 2005).

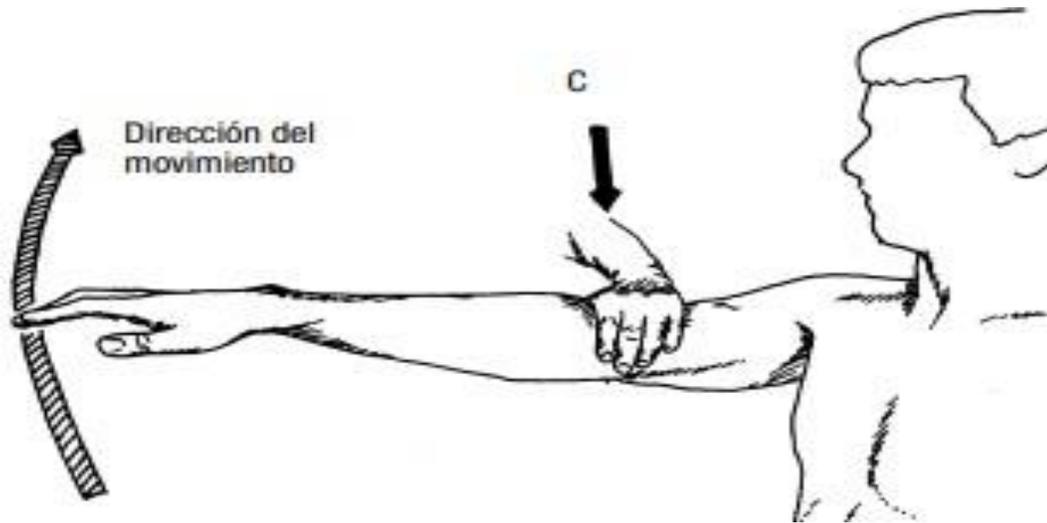


Figura 19 Ejemplo de resistencia Fuente:

Kisner y Colby, 2005

1.2.6 Centro de gravedad en el paciente amputado. En el humano, el centro de gravedad normalmente se encuentra justo delante de la segunda vértebra sacra, este se ve alterado debido a la amputación y se encuentra desplazado hacia arriba y hacia la extremidad no amputada, esto causa una interrupción de la biomecánica y provoca la interrupción de los equilibrios dinámicos y estáticos. Es esencial mejorar la propiocepción y el equilibrio para así mismo aumentar la estabilidad del tronco, ya que estos son importantes para el equilibrio durante la marcha.

En estas alteraciones que sufre la persona amputada es necesario fortalecer los músculos de la espalda y abdominales para mejorar progresivamente la estabilidad del tronco. Los programas de ejercicios deben ser los adecuados para el nivel de la amputación. En las amputaciones transtibial se encuentra con frecuencia contracturas en flexión de la rodilla. Hay un desequilibrio de los músculos agonistas y antagonistas y esto debe prevenirse por medio del fortalecimiento de los músculos extensores y abductores de cadera (Demir y otros, 2018).

1.2.7 Precauciones y contraindicaciones del fortalecimiento muscular. Según Kisner y Colby en 2005, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Precauciones cardiovasculares: la maniobra de Valsalva debe evitarse durante el ejercicio, si una persona ejerce un esfuerzo intenso y prolongado puede producirse este fenómeno.
- Fatiga: este es un fenómeno que afecta el rendimiento funcional, y se debe tener en cuenta en todo programa de ejercicio terapéutico.

- **Sobre entrenamiento:** si en un programa de ejercicio se aplica mucha carga o intensidad o se realiza entrenamientos agotadores repetidamente se debe avanzar con precaución.
- **Movimientos sustitutivos (compensaciones):** para evitar las compensaciones en los programas de ejercicio, se debe aplicar una cantidad de resistencia adecuada, sea manualmente o con el equipamiento.
- **Inflamación:** no se recomienda aplicar ejercicios contra resistencia cuando el músculo o una articulación se encuentra hinchada o inflamada, esto solo causaría más daños. El ejercicio isométrico de baja intensidad es aplicable en presencia de una inflamación solamente si la actividad no aumenta el dolor.
- **Dolor:** si el paciente presenta dolor muscular o articular que aumenta durante el ejercicio o permanece más de 24 horas después del ejercicio, se eliminara la actividad por completo. El terapeuta volverá a realizar una evaluación cuidado de la causa del dolor.

Capítulo II

Planteamiento del problema

La diabetes conlleva a diferentes complicaciones a largo plazo entre las más comunes nefropatías, retinopatías, neuropatías o amputaciones. Algunos factores de riesgo que llevan al desarrollo de la diabetes puede ser el exceso de peso corporal y una vida sedentaria, la actividad física tiene diferentes beneficios para retrasar la aparición de la diabetes. Las complicaciones de la diabetes también pueden observarse cuando las personas no tienen acceso al medicamento lo que conlleva a problemas cardiacos, amputaciones, complicaciones arteriales, por mencionar algunas.

2.1 Planteamiento del problema

La diabetes es una enfermedad metabólica crónica con niveles elevados de glucosa en la sangre, que con el tiempo conlleva a producir daños graves en los vasos sanguíneos, corazón, ojos, riñones y los nervios. La diabetes más común es el tipo 2, generalmente en adultos, esto ocurre cuando el cuerpo no produce insulina o cuando se vuelve resistente a la insulina (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es un fenómeno con grandes impactos, no solo en la salud sino también en la sociedad y la economía, con un aumento incontrolable en los últimos años. Por eso, ha sido clasificada en el puesto como emergencia mundial en la agenda de salud pública. Durante las últimas décadas, la popularidad de la DM2 ha registrado un aumento de carácter pandémico. El motivo de esta pandemia radica en el aumento de una mala alimentación y sedentarismo. Algunos de los factores relevantes que dan origen y desarrollo a la DM2 se encuentran: obesidad, mala alimentación, inactividad física, antecedentes familiares con DM2 y edad adulta. La obesidad, especialmente el depósito grasa visceral-abdominal, es el más grande riesgo, ya que causa resistencia a la insulina (Ofman y otros, 2019).

La diabetes mellitus tipo 2 está bien establecido que representa aproximadamente el 90% de todos los casos de diabetes, está asociada con una variedad de factores de riesgo no modificables y modificables, los factores de riesgo modificables incluyen la obesidad, la mala alimentación, el tabaquismo, consumo de alcohol, inactividad física, entre otros. Y los factores de riesgo no modificables incluyen la genética, factores socio demográficos y la edad (Awad y otros, 2020).

La amputación transtibial es la resección de tejidos blandos y las estructuras óseas distales de la rodilla y cóndilos tibiales. Las estructuras corporales y sus funciones usualmente impactan de una manera negativa en la capacidad funcional del paciente, se ve afectado el rol laboral, físico, social y familiar, esto trae consigo alteraciones en los sistemas musculoesqueléticos y sistema sensorial, así mismo modificando su funcionamiento tanto indirectamente como directamente, por lo tanto, las personas con una amputación transtibial suelen experimentar dificultades en la estabilidad (Rendón y otros, 2020).

Algunas de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) destaca la diabetes mellitus (DM), se estima que, en el año 2040, 640 millones de personas entre los 20 y 79 años de edad podrían verse afectadas, lo que la hace una de las enfermedades crónicas a nivel mundial, llevando a la aparición de enfermedades vasculares que tienen consecuencias serias para los riñones, corazón, y circulación periférica de miembros inferiores. Una de las complicaciones más comunes de la DM se encuentra el pie diabético, se estima que el 20% de la población total diabética tiende a desarrollar problemas en los pies, 5-10% úlceras en los pies y hasta 3% adquieren amputaciones por causa de la enfermedad. En Estados Unidos el 6% de la población fue diagnosticada con DM y se cree que el 15% de las personas desarrollen ulceración en el pie y el 14% al 20% de los casos requieran amputación. La neuropatía y la insuficiencia arterial son los principales factores de riesgo para una persona diabética que la hace más susceptible a la infección, a formación de lesiones y la no cicatrización del miembro, por lo tanto, las personas con pie diabético tienen hasta el 60% de probabilidades de someterse a una segunda amputación de la extremidad en hasta 5 años luego de realizarse la primera amputación. El pie diabético se encuentra como un grave problema de salud colectiva, que causa la amputación de miembros inferiores, llevando a la incapacidad, exacerbación de invalidez y jubilación precoz (Barbosa y otros, 2018).

Los principales objetivos de los ejercicios de rehabilitación de amputados son prevenir la atrofia muscular, aumentar la resistencia al ejercicio, mantener un equilibrio entre la fuerza de los músculos agonistas y antagonistas y aumentar la capacidad cardiopulmonar. El objetivo principal de la rehabilitación es poder regresar a la vida social con el mayor nivel de función física posible para el amputado. Se debe iniciar con ejercicios de fortalecimiento isométrico, si la condición del paciente lo permite, y el control del dolor se mantiene durante

la primera semana. Seguido de fortalecimiento del tronco y de los músculos de la extremidad intacta, dependiendo el nivel de amputación, en el caso de la amputación transtibial, se observa con frecuencia la flexión en la rodilla por la contractura de los músculos isquiosurales, los ejercicios de estiramientos deben realizarse según el estado general del paciente (Demir y otros, 2020).

En la etapa pre protésica, se busca aumentar el desarrollo físico general de lo que es la capacidad de fuerza muscular y la resistencia del miembro que fue amputado y de los miembros intactos para prepararlos a su futura prótesis, los ejercicios que se deben trabajar en esta etapa incluyen los ejercicios de fortalecimiento para todos los planos musculares, ponerse de pie y sentarse, ejercicios de coordinación, transferencias de peso y mantener el equilibrio, por lo tanto, se obtendrá un aumento de la resistencia general y el paciente tendrá el desempeño adecuado para la etapa protésica (Adeen y otros, 2020). Es por ello que se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial por causa de la diabetes mellitus tipo 2?

2.2 Justificación

Trascendencia. Durante la etapa pre protésica, el edema, el manejo de la herida quirúrgica, el dolor, la localización, prevención de los acortamientos musculares y los ejercicios son esencialmente claves para el programa de rehabilitación, Además, se debe mantener el rango de movimiento (ROM) y la fuerza muscular para poder dar la forma cónica al muñón, de igual forma manteniendo la capacidad física de las extremidades. La importancia en esta etapa es brindar una educación para las diferentes actividades de la vida

diaria del paciente y apoyo tanto psicológico como social y a sus familiares (Demir y otros, 2020).

Magnitud. La prevalencia mundial de la diabetes tipo 2 ha aumentado considerablemente en los últimos años, mayormente en países de medios y bajos recursos. La diabetes tipo 2 tiene una prevalencia en América del sur y central de 8,0%, en muchos de los casos, sin diagnosticar. Entre 2001 y 2003, la quinta causa de muerte entre las mujeres de Guatemala fue la diabetes y la octava causa de muerte en el total de la población (Colleen y otros, 2018).

En 2014, el 8,5% de las personas mayores de 18 años tenían diabetes. En el año 2019 esta patología fue la causa directa de 1,5 millones de decesos y de todas estas muertes por diabetes, el 48% tuvo lugar antes de los 70 años de edad. Entre los años 2000 y 2016, antes de los 70 años de edad, las tasas de mortalidad por diabetes aumentaron un 5%, en los países de alta renta, la tasa de mortalidad disminuyó entre 2000 y 2010, pero para el año 2016 la tasa de mortalidad volvió a subir en los países de renta mediana o baja (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

La mortalidad y la prevalencia de la diabetes va en aumento en Guatemala, según los datos del departamento de epidemiología del ministerio de salud pública y asistencia social (MSPAS), la prevalencia que se registra en los servicios de salud a través del formulario SIGSA 3 ha incrementado de 347 casos por 100,000 habitantes en 2008, a 780 casos por 100,000 habitantes en 2019, con la razón mujeres: hombres que ha ido de 2:1 a 3:1. Las fuentes muestran que se encuentran variaciones interanuales, los principales departamentos donde se encuentra una mayor tasa de prevalencia se han registrado en Petén, Zacapa, Santa Rosa, Escuintla, El progreso, Retalhuleu y Guatemala. La mortalidad de la diabetes ha ido en aumento desde menos de 20 muertes por 100,000 habitantes en 2001, aumentando el

número de 35 muertes por 100,000 habitantes entre 2014 y 2018 con tasas similares para hombres y mujeres (Cerón y otros, 2021).

Varios estudios en América latina han documentado un tratamiento inadecuado de la diabetes, incluida la falta de control glucémico y niveles adecuados de lípidos. La falta de educación y las creencias de medicina tradicional pueden dificultar el tratamiento de la diabetes. El gobierno de Guatemala ha ampliado los servicios de salud a las poblaciones y ha creado pautas para los pacientes diabéticos, lastimosamente, en el tratamiento de la diabetes siguen existiendo barreras, incluida la infraestructura rota y los altos costos de los medicamentos y la desconfianza que existe sobre el sistema de salud del país. Los tratamientos tradicionales, como el uso de plantas medicinales para la diabetes se utilizan ampliamente en América Central, incluida Guatemala. La mayoría de las personas con diabetes toman medicamentos esporádicamente combinándolos con tratamientos tradicionales. El riesgo existe en algunas plantas que pueden ser potencialmente tóxicas y pueden interferir en las medidas biomédicas. Un mejor conocimiento del uso de las plantas medicinales puede mejorar la calidad y la seguridad del tratamiento de la diabetes (Colleen y otros, 2018).

Impacto. Todos los datos demográficos indican hasta qué punto la mala condición física y los bajos niveles de actividad preoperatoria, posiblemente a este grupo de pacientes, pueden afectar la vida de una persona. Generalmente, el estado físico de estos pacientes ya se encontraba deteriorado antes de la cirugía debido a la enfermedad, por lo general, se puede tratar de una enfermedad vascular periférica crónica asociada con diabetes. Esto conduce a la amputación, lo que lleva a una mayor disminución del estado físico. Las actividades físicas de muchos amputados debido a una enfermedad vascular periférica crónica asociada con

diabetes están severamente limitadas en las semanas o meses antes de la cirugía debido a la claudicación vascular, gangrena u osteomielitis, que es causada principalmente por la inactividad física persistente y un mal manejo del estilo de vida del paciente. Dicho deterioro funcional antes de la cirugía puede representar un riesgo para el funcionamiento físico, social y psicológico del paciente, prolongar el tiempo de recuperación postoperatoria, aumenta el riesgo de complicaciones al momento de usar una prótesis y limita la capacidad del paciente para funcionar de manera óptima con prótesis, lo que lleva a una reducción de calidad de vida y permanente discapacidad, con un aumento de la mortalidad. Además, la marcha protésica, a diferencia de la marcha normal, requiere un mayor gasto energético. Por lo tanto, el paciente debe tener una buena condición física antes de la cirugía ya que es clave para tolerar las mayores demandas de energía después de la amputación, además de estar físicamente preparado para la cirugía, es importante que los profesionales médicos estén atentos a la salud del paciente. Tomando en cuenta que las familias necesitan un ajuste social y psicológico a la pérdida de la extremidad, por lo tanto, brindar atención psicológica como apoyo. El uso preoperatorio de estas opciones como tratamiento puede reducir la morbilidad psicológica y psicosocial postoperatoria en los amputados y puede mejorar su capacidad para adaptarse a la cirugía y estar mayormente preparado después de perder la extremidad (Dekker y otros, 2018).

Vulnerabilidad. El dolor de neuroma y dolor fantasma es muy común en los amputados y reduce significativamente su calidad de vida, el dolor fantasma después de la amputación se basa en mecanismos multifactoriales que se puede encontrar en casi el 90% de los pacientes amputados. El neuroma, es causado por un neuroma terminal, ocurre en un gran porcentaje de pacientes amputados, y afecta no solo la vida del paciente, sino también la tolerancia al

uso de la prótesis, la falta de percepción de información de la extremidad amputada es uno de los factores que llevan al dolor fantasma. Crear una nueva vía de información y restablecer la extremidad en el cerebro, podría ser un paso importante en el tratamiento del dolor fantasma. Se ha demostrado que la reinervación sensorial dirigida del nervio residual en la extremidad superior residual produce una sensación realista de la extremidad perdida, esta retroalimentación sensorial es importante para mejorar el control de una futura prótesis y el alivio del dolor fantasma. El problema con este tratamiento es que hay pocos informes sobre la aplicación de sistemas de retroalimentación sensorial en la extremidad amputada. En particular, hasta donde se sabe, no se ha publicado ninguna técnica de este tipo para una futura interacción entre la reinervación sensorial dirigida y las prótesis con un sistema de retroalimentación sensorial (Gardetto y otros, 2021).

Las personas con amputaciones de miembros inferiores tienen delimitaciones musculoesqueléticas por resultado de su amputación. Los pacientes amputados de miembro inferior experimentan disminución de la fuerza del muñón, rango de movimiento reducido y la velocidad de la marcha suele ser más lenta y se presentan una marcha asimétrica y un control postural deteriorado (Schafer y otros, 2018).

Alcance. Los pacientes con diabetes mellitus tienden a desarrollar pie diabético, puede estar relacionado con los efectos de la diabetes en los vasos cerebrales y el corazón. La diabetes mellitus es un grupo de alteraciones metabólicas que tiene como características la hiperglucemia crónica. El metabolismo anormal de la diabetes mellitus conduce a cambios en la función y la estructura de las arterias. Estos cambios pueden ocurrir incluso antes del diagnóstico de la diabetes. Es común en pacientes con diabetes la enfermedad arterial

periférica, es una enfermedad oclusiva de las extremidades inferiores pero los síntomas clínicos no son claros (Wu y otros, 2021).

Factibilidad. Según la evidencia del tratamiento fisioterapéutico, los pacientes amputados de miembro inferior deben pasar por diferentes etapas en su proceso de rehabilitación, sin quitarle importancia a ninguna etapa. Los pacientes que han sufrido de una amputación de miembro inferior suelen presentar una gran debilidad muscular, por lo tanto, al paciente se le debe preparar en las diferentes etapas incluyendo el fortalecimiento musculoesquelético para disminuir el riesgo de caídas y mejorar su capacidad para el uso de su futura prótesis. El proceso de rehabilitación que se lleva en la etapa pre protésica, al paciente se le prepara físicamente para poder desarrollarse adecuadamente en la etapa protésica trabajando principalmente en el fortalecimiento muscular, equilibrio y propiocepción sin el uso de una prótesis, porque en las siguientes etapas y a lo largo de su vida el paciente debe tener estar totalmente activo con o sin prótesis, sin caer en el sedentarismo, ya que lo que se busca en el paciente amputado de miembro inferior es reintegrarlo a sus actividades de la vida diaria, tanto como laborales, sociales y familiares.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

- Identificar los beneficios terapéuticos del fortalecimiento musculoesquelético en la etapa pre protésica en pacientes femeninos amputados a nivel transtibial.

2.3.2 Objetivos específicos

- Revisar mediante la literatura científica los principales grupos musculares a fortalecer para preparar al paciente amputado a la etapa protésica.

- Mostrar los ejercicios que se trabajan en la etapa pre protésica en el paciente amputado a nivel transtibial para un correcto uso de la movilidad de la prótesis.
- Explicar los beneficios terapéuticos del fortalecimiento muscular como tratamiento fisioterapéutico para mejorar el cuadro clínico de una amputación transtibial en pacientes femeninos en etapa pre protésica.

Capítulo III

Marco metodológico

En el siguiente capítulo se presenta el diseño de investigación, tipo y método de estudio que se utilizó para esta investigación, teniendo en cuenta los materiales para la extracción de información donde se incluyó artículos, libros y páginas web oficiales donde se menciona acerca de la amputación y su relación con la diabetes mellitus tipo 2. También se presenta los criterios de inclusión y exclusión que forman parte de la búsqueda de información para la investigación realizada.

3.1 Materiales

Para esta investigación se tomó en cuenta los siguientes recursos bibliográficos como libros sobre diabetes, bioquímica, anatomía del sistema endocrino y sistema musculoesquelético, uso de prótesis en miembro inferior, rehabilitación en el amputado de

miembro inferior y ejercicios de rehabilitación, y artículos científicos de las siguientes bases de datos: PubMed, Elsevier, SciELO, Google académico, ADA, Recimundo, MDPI. Además, se incluyó páginas web de fuentes oficiales, Esto nos brindó información acerca de datos sobre la fisiopatología de la diabetes mellitus tipo 2, tratamiento médico y fisioterapéutico para la amputación causada por la diabetes.

Base de datos

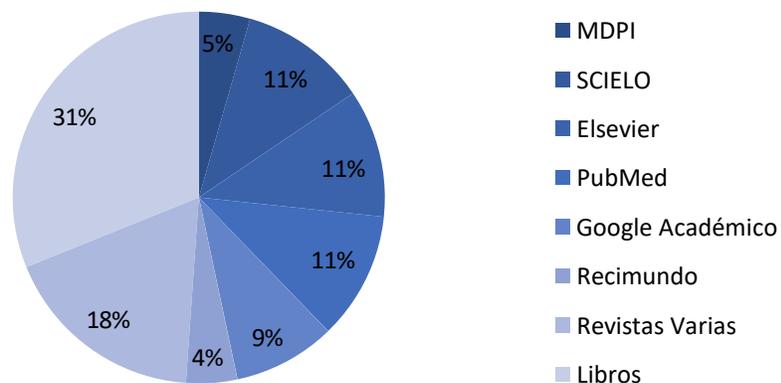


Figura 20 Base de datos de búsqueda.

Fuente: Elaboración propia

Palabras claves: diabetes, amputación, pie diabético, etapa pre protésica, ejercicios, fortalecimiento, sistema endocrino, sistema musculoesquelético.

3.2 Métodos

El método significa el camino que se debe seguir por medio de una serie de reglas prefijadas y operaciones de antemano para lograr alcanzar el resultado propuesto, esto procura establecer los procedimientos a seguirse, en el orden de las observaciones, experimentaciones, experiencia y razonamientos (Baena, 2017).

3.2.1 Enfoque de la investigación. La investigación realizada tiene como enfoque cualitativo. Una de las características más importantes de este enfoque es que utiliza la recolección y análisis de datos para poder relevar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación o afinar las preguntas de investigación (Hernández Sampieri y otros, 2014). Este estudio es cualitativo, ya que las variables de estudio han sido investigadas en base a la técnica de recolección de información de palabras tales como: amputación por Diabetes Mellitus tipo 2, y la variable independiente que es el fortalecimiento musculoesquelético.

3.2.2 Tipo de estudio. La presente investigación se considera de tipo descriptivo, la cual busca especificar características importantes y propiedades de cualquier fenómeno que se analice, también busca especificar los perfiles de personas, procesos, comunidades, objetos y cualquier otra manifestación que se someta a un análisis (Hernández-Sampieri y otros, 2014). Esta investigación es de tipo descriptivo porque se considera como patología la amputación por diabetes, describiendo sus elementos como la anatomía y fisiopatología. Además, detallar conceptos como la definición para lograr un mejor conocimiento del estudio con respecto al fortalecimiento musculoesquelético en pacientes amputados por diabetes mellitus tipo 2.

3.2.3 Método de estudio. La presente investigación se desarrolla con base en el método de análisis y síntesis, no se consideró otro método de estudio. El método de análisis y

síntesis, inicia estudiando los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para así poder estudiarlas y aprenderlas de una manera individual (análisis), y posteriormente se incorporan esas partes para estudiarlas de una manera integral y holística (síntesis) (Bernal, 2010).

3.2.4 Diseño de investigación. La presente investigación se desarrolla con base al diseño de investigación no experimental y de corte transversal. La investigación no experimental quiere decir que los estudios se realizaron sin manipular intencionalmente las variables y en los que los fenómenos se observaron solo en su entorno natural para realizarlos (Hernández Sampieri y otros, 2014).

El propósito de describir las variables y estudiar interrelación e incidencia en un momento dado se refiere a la investigación transversal, este recolecta información de un solo momento, en un tiempo único (Hernández Sampieri y otros, 2014).

3.2.5 Criterios de selección. Para realizar esta investigación se tomó en cuenta algunos criterios de selección, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 6 Criterios de selección

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> • Artículos en inglés, portugués y español • Artículos que hablen sobre la diabetes mellitus tipo 2 • Artículos que hablen sobre la epidemiología y fisiopatología de la diabetes mellitus tipo 2 	<ul style="list-style-type: none"> • Información que no tenga respaldo de una fuente científica • Artículos que hablen sobre los tipos de diabetes • Artículos de pacientes que padecen de diabetes, pero tienen otra patología

-
- Artículos que hablan sobre la diabetes en pacientes amputados de miembro inferior
 - Libros que hablan de la anatomía musculoesquelética y biomecánica
 - Libros de bioquímica y fisiología
 - Artículos que hablan sobre el pie diabético
 - Artículos con identificadores de publicaciones
 - Artículos que hablan sobre el tratamiento farmacológico de la diabetes mellitus tipo 2
 - Artículos científicos no mayores a 5 años de antigüedad
 - Libros no mayores a 20 años de antigüedad
 - Artículos que hablan sobre enfermedades vasculares periféricas
 - Artículos que hablan sobre las enfermedades relacionadas con la diabetes
 - Artículos de las amputaciones más distales de miembro inferior
 - Artículos que hablan sobre el amputado con adaptación adecuada de la prótesis
 - Artículos científicos mayores a 10 años de antigüedad
 - Libros mayores a 20 años de antigüedad
-

Fuente: Elaboración propia

3.3 Variables

Una variable se define como una propiedad que puede cambiar, esta variación es susceptible de observarse y medirse. Las hipótesis pueden ser casi específicas o generales, e involucrar 2 o más variables (Cortés y otros, 2004).

3.3.1 Variable independiente. Una variable independiente se refiere a la propiedad o característica que supone la causa de un fenómeno estudiado que no se puede controlar (Baena, 2017).

En esta presente investigación se analiza como la variable independiente el fortalecimiento muscular.

3.3.2 Variable dependiente. Una variable dependiente es aquella que cuyos valores o modalidades tienen relación con los cambios de la variable dependiente, pero que si es posible de controlarse científicamente (Baena, 2017).

En esta presente investigación se analiza como la variable dependiente la amputación por diabetes.

3.3.3 Operacionalización de las variables. Se establece como un conjunto de procedimientos que describen actividades que un observador realiza para recibir impresiones sensoriales, estas indican la realidad de un concepto teórico de menor o mayor grado (Hernández Sampieri y otros, 2014).

Tabla 7 Operacionalización de las variables

Tipo	Nombre	Definición conceptual	Definición operacional	Fuentes
Independiente	Fortalecimiento musculoesquelético	Iniciar el ROM articular en el límite del dolor y ejercicios de fortalecimiento isométrico para la extremidad amputada y, luego, se debe iniciar el fortalecimiento de los músculos de la extremidad intacta y del tronco	Mantener el ROM articular y el equilibrio de la fuerza muscular agonista-antagonista, prevenir atrofias y aumentar la capacidad cardiopulmonar y la resistencia al ejercicio	(Demir y otros, 2020)

Dependiente	Amputación por diabetes	La diabetes mellitus es una enfermedad metabólica crónica caracterizada por niveles elevados de glucosa en la sangre, lo que conduce con el tiempo a daños en el corazón, la vasculatura, los ojos, los riñones y los nervios.	Después de una amputación la persona puede sufrir diferentes cambios, tanto que la persona puede sentir como si la extremidad amputada aún estuviera ahí, a esto se le llama sensación del miembro fantasma. La formación del muñón debe realizarse a través de un vendaje que dará a la forma cónica y necesaria para el uso de la prótesis	(Orellana, 2022)
--------------------	-------------------------	--	--	------------------

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV

Resultados

En el siguiente capítulo se expone los resultados obtenidos de la investigación, cada objetivo planteado se responde mediante la búsqueda de diferentes artículos basando la variable dependiente e independiente de la investigación, se presenta el apartado de discusión de los resultados y la conclusión luego de obtener la información requerida, se presentan las perspectivas y/o aplicaciones para los futuros investigadores.

4.1 Resultados

Con los resultados se busca defender los objetivos propuestos, tomando en cuenta la variable independiente “fortalecimiento musculoesquelético” y la variable dependiente “amputación por diabetes”. Donde se realiza una revisión de diversos artículos y dar una respuesta a los objetivos.

- **Primer objetivo:** Revisar mediante la literatura científica los principales grupos musculares a fortalecer para preparar al paciente amputado a la etapa protésica.

(Finco, M. y otros, 2022). *A review of musculoskeletal adaptations in individuals following major lower-limb amputation.* Este estudio es una revisión sistemática, el propósito de esta revisión es proporcionar un resumen de la literatura existente que investiga las adaptaciones musculoesqueléticas en personas con amputaciones importantes de miembros inferiores para informar la práctica clínica y proporcionar instrucciones para

futuras investigaciones. Se realizó una búsqueda el 1 de diciembre de 2021 en Google Scholar, PubMed y Scopus para abarcar artículos de investigación originales revisados por pares sobre adaptaciones musculoesqueléticas estructurales en individuos después de la amputación, como la densidad mineral ósea y la arquitectura muscular. Se incluyeron artículos de investigación originales si investigaban las propiedades musculoesqueléticas estructurales subyacentes, definidas como componentes anatómicos o fisiológicos en las extremidades inferiores de personas de cualquier edad después de una cirugía de amputación transtibial o transfemoral, se excluyeron los títulos de artículos que no incluían personas con amputaciones o que no eran estudios de investigación originales. Se excluyeron los resúmenes si no fueron revisados por pares o si eran informes de casos, definidos como menos de cinco participantes y se excluyeron los artículos de texto completo si no estaban disponibles en inglés, si usaban modelos informáticos en lugar de las pruebas de los participantes o si no contenían una metodología musculoesquelética estructural. Se incluyeron un total de veintisiete estudios después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Las metodologías musculares utilizadas para cada parámetro fueron aún menos consistentes. Se empleó histología ($n = 3$) para medir las estructuras de las fibras, composición/tamaño de las fibras, se empleó ultrasonido para medir varios grosores musculares, el vasto lateral ($n = 3$), el recto femoral ($n = 2$), el vasto interno ($n = 2$), y vasto intermedio ($n = 2$). Se utilizó resonancia magnética ($n = 4$) para medir la degeneración grasa, así como el volumen del fémur y del músculo. Los estudios que investigaron las adaptaciones musculares encontraron una disminución en el área transversal (CSA) del muslo y el grosor del cuádriceps, un aumento en la cantidad de grasa del muslo y más atrofia de la fibra muscular en la extremidad amputada en comparación con la extremidad intacta.

La CSA del músculo del muslo se redujo en la extremidad amputada en comparación con la extremidad intacta en tres estudios, a pesar de informar datos en diferentes unidades. Solo un estudio incluyó un grupo de control y encontró que las extremidades de control tenían valores de CSA similares a los de las extremidades intactas en individuos con amputaciones transtibiales y transfemorales. El CSA y el volumen reducido del muslo indican una capacidad reducida para generar fuerza, lo que puede impedir el impulso durante la marcha y contribuir a la asimetría entre las extremidades. Los tres estudios que informaron el grosor del músculo cuádriceps encontraron una reducción del grosor del músculo cuádriceps en el miembro amputado en comparación con el miembro intacto, lo que indica una reducción de fuerza del cuádriceps. Los cuádriceps son importantes en el control protésico, particularmente en términos de extensión de la rodilla para la estabilidad y flexión de la cadera para el espacio protésico a lo largo de la marcha, independientemente del nivel de amputación, la falta de fuerza del cuádriceps podría aumentar potencialmente la prevalencia de desviaciones de la marcha y el riesgo de caídas.

(Christiansen, C. y otros, 2019). *Behavior-change intervention targeting physical function, walking, and disability after dysvascular amputation: A randomized controlled pilot trial.* Este estudio es un ensayo piloto controlado aleatorio simple ciego con asignación 1: 1 al grupo de intervención de cambio de comportamiento (INT) basado en el hogar o grupo de control de atención (CTL). El objetivo de este estudio es determinar la eficacia preliminar de una intervención de cambio de comportamiento en el hogar diseñada para promover el ejercicio, la actividad de caminar y el autocontrol de la enfermedad. Los participantes fueron treinta y ocho participantes asignados al azar al grupo de intervención de cambio de

comportamiento (INT; n = 19) o control de atención (CTL; n = 19). Todos los participantes recibieron sesiones telefónicas semanales de 30 minutos con un fisioterapeuta durante 12 semanas, el grupo INT recibió una intervención de cambio de comportamiento, basada en las teorías de control o cognición social del cambio de comportamiento que se enfocó en el ejercicio físico, la actividad de caminar y el autocontrol de la enfermedad. La sesión incluyó el establecimiento colaborativo de objetivos en tres áreas: 1) ejercicio en el hogar, 2) actividad de caminar y 3) autocontrol de la enfermedad. Los participantes realizaron ejercicios y actividades de caminata en el hogar y/o ambiente comunitario, sin equipo especializado. Los ejercicios (fuerza y estiramiento) se eligieron de un folleto proporcionado a los participantes del grupo INT, que se desarrolló con el aporte de los fisioterapeutas interesados. Los grupos de músculos clave a los que se dirigieron los ejercicios de fuerza fueron los extensores de la cadera, los extensores de la rodilla, los abductores de la cadera y los estabilizadores de la columna lumbar. Ejercicios de estiramiento enfocados a promover la extensión de cadera y rodilla. Los recorridos a pie se identificaron de forma colaborativa con cada participante. Los objetivos de autocontrol de la enfermedad se centraron en el control del ajuste de la prótesis, el control del azúcar en la sangre u otros temas relevantes para las condiciones de salud individuales. Y el grupo CTL, sin intervención, comenzó cada sesión con el resumen del estado de salud, seguido de una discusión dirigida por el terapeuta sobre los detalles planteados y luego el terapeuta y el participante discutieron las actividades de la vida planificadas por el participante, finalmente, se revisó el programa de estudio, con recordatorios de las próximas sesiones telefónicas y de prueba. El porcentaje más alto de objetivos semanales autoseleccionados del grupo INT fue el ejercicio (48%), que incluía múltiples modos. El fortalecimiento (25%) fue el modo de ejercicio elegido con más

frecuencia. Las tasas de eventos adversos fueron similares entre los grupos, sin diferencias significativas en las caídas (INT = 16 caídas, 11 participantes; CTL = 13 caídas, 9 participantes), sin caídas durante la actividad o el ejercicio relacionados con el estudio. El riesgo relativo de caídas en el grupo INT fue de 1,22 (0,66; 2,25). La mayoría de las caídas ocurrieron en el hogar. En la función física no hubo diferencias entre los grupos en las puntuaciones de cambio para ninguna medida de función física a lo largo del tiempo caminata de 2 minutos. El grupo INT mostro una mayor distancia de en caminata de 2 minutos (TMW) de 12,9 m desde el inicio hasta las 24 sesiones ($p = 0,02$), mayor velocidad en la marcha de 0,18 m/s desde el inicio hasta las 12 semanas ($p = 0,001$) y una mayor velocidad de la marcha de 0,19 m/s desde el inicio hasta las 24 semanas ($p < 0,001$). No hubo cambios en la función física dentro del grupo de CTL a lo largo del tiempo. El grupo INT redujo el sedentarismo en comparación con el grupo CTL ($p = 0,04$) a las 24 semanas. El tiempo de sedentarismo disminuyo un 4,8% ($p = 0,003$), la actividad de intensidad ligera aumento un 4,2 % ($p = 0,007$) y la actividad de intensidad moderada/vigorosa aumento un 0,6% ($p = 0,001$) desde el inicio hasta el final. El grupo CTL, el porcentaje de tiempo en las diversas intensidades de actividades no cambio.

(Ülger Ö, y otros, 2018). *A systematic literature review of physiotherapy and rehabilitation approaches to lower-limb amputation*. Este estudio es una revisión sistemática, el método de búsqueda de la literatura fue identificar artículos mayormente relevantes para la rehabilitación protésica para personas con amputación de miembro inferior, se realizó una búsqueda en: PubMed, Web of Science, Cochrane, CINAHL, EMBASE, SCOPUS y EMB. La última búsqueda se realizó en diciembre de 2015, el

objetivo de este estudio es investigar si hay algún cambio en los programas de rehabilitación paralelos a los avances en tecnologías de prótesis de extremidades inferiores. 9 artículos cumplieron con los criterios y fueron examinados para la revisión. Los resultados según la calidad de la evidencia sobre los enfoques de ejercicios, tres estudios examinados por esta literatura sistemática, informo que los ejercicios específicos para personas con amputaciones tuvieron resultados positivos sobre el consumo de oxígeno y energía (Nolan, 2012) nivel de rendimiento funcional (Rau y Bonvin, 2007) y cicatrización de heridas al afectar la circulación (Van Ross, Johnson y Abbott, 2009). El programa de cuidados y rehabilitación para pacientes hospitalizados, se utilizaron ejercicios de fortalecimiento y rango de movimiento. Con frecuencia de una o dos sesiones los fines de semana y tres o cuatro sesiones entre semana que se movilizó con aplicación temprana de prótesis. A estos pacientes se les aconsejo que debían someterse a un entrenamiento de transferencia, extremidades superiores e inferiores de fortalecimiento, entrenamiento de equilibrio en sedente y ejercicios para las prevenciones de la contractura en flexión, y realizar actividades con pesas para caminar con la ayuda neumática para la movilidad posterior a la amputación con una frecuencia de 5 sesiones de 45 minutos por sesión como un programa de fisioterapia individualizado. Los ejercicios grupales se dieron durante 5 sesiones de 60 minutos, las sesiones incluyeron fortalecimiento muscular, ejercicios de flexibilidad y rango de movimiento.

- **Segundo objetivo:** Mostrar los ejercicios que se trabajan en la etapa pre protésica en el paciente amputado a nivel transtibial para un correcto uso de la movilidad de la prótesis.

(Vargas, L. y otros, 2021). *A low-cost easily implementable physiotherapy intervention clinically improves gait implying better adaptation to lower limb prosthesis: a randomized clinical trial.* Este estudio es un ensayo clínico aleatorizado registrado con el identificador Brasileño de Registro de Ensayos Clínicos RBR-4s5nkh aprobado por el comité de ética en investigación de la Universidad Estadual de Campinas. El objetivo de este estudio fue desarrollar un protocolo de rehabilitación simple y de bajo costo, teniendo en cuenta el uso generalizado de un tipo de prótesis funcionalmente pobre que ofrecen las unidades de rehabilitación del sector públicos en muchos países, verificando el potencial de aplicar este protocolo en aquellas unidades con pocos recursos. En este estudio se recopilieron datos con un total de 26 participantes, incluidos 16 participantes con amputación que fueron divididos en grupo de intervención y control y 10 personas sin discapacidad. Las personas sin discapacidad se sometieron a la misma evaluación cinética y cinemática de la marcha realizada por los grupos de personas con amputación, todos los individuos entrevistados con amputación aceptaron participar en el estudio y fueron aleatorizados de forma ciega durante el reclutamiento, un investigador independiente dividió la muestra en grupos de control y de intervención manipulándolos en sobres elegidos a ciegas que contenían el grupo asignado, el grupo de intervención se sometió a la rehabilitación de un protocolo realizado para la pre-prótesis donde se describe los siguientes ejercicios: en decúbito dorsal, ejercicios para fortalecimiento de los músculos abdominales (recto, oblicuos y transversos); 3 series con repeticiones de 10, 12 y 14 usando un balón, en decúbito ventral, ejercicios concéntricos y excéntricos de fortalecimiento de los músculos extensores de cadera; 3 series de 10, 12 y 14 repeticiones utilizando un lazo de banda con resistencia creciente, en decúbito dorsal,

ejercicios de fortalecimiento de los músculos aductores de la cadera concéntricos y excéntricos; 3 series de 10, 12 y 14 repeticiones en bucle de banda, en posición ortostática, ejercicio de soporte de peso completo del muñón mientras pisa diferentes tipos de superficies y sostiene barras paralelas. Los ejercicios se centraron en ejercicios de core, predominantemente en la región abdominal y en la activación de los músculos de la cadera. El protocolo fue diseñado para satisfacer las necesidades de capacidad y demanda, es decir, hacer malabarismos entre desarrollar la capacidad física necesaria y adaptarse al uso de prótesis, la fase pre protésica se realiza durante 12 semanas, con 2 sesiones de 1 hora cada semana, totalizando 24 sesiones. En los resultados de la cinemática del grupo control vs intervención, entre los miembros amputados y contralaterales, se observaron diferencias en la articulación de tobillo, la articulación de la rodilla y la articulación de la cadera, entre los grupos de personas con amputación, se observó una mayor flexión plantar en el grupo de intervención durante el contacto inicial en comparación con el grupo control, en los resultados de la cinética del grupo de intervención vs control, en la comparación entre miembros y grupos, para la articulación del tobillo, se encontró un momento de flexión plantar más bajo durante el contacto inicial y un momento de flexión dorsal más bajo durante la posición media en el miembro contralateral en el grupo de intervención. Para la articulación de la rodilla, entre las extremidades, se encontró un mayor momento de flexión durante la respuesta de carga, la postura media y la postura terminal en la extremidad contralateral; entre los puntos de tiempo, se encontró un momento de flexión más bajo durante el contacto inicial después de la intervención, y la articulación de la cadera, entre las extremidades, se encontró menor momento de flexión durante el pre-balanceo en la extremidad contralateral; entre grupos se encontró menor momento de extensión durante el contacto inicial en el grupo de

intervención; pre-intervención entre miembros, se encontró mayor momento de extensión durante el inicial en el miembro contralateral; después de la intervención entre los grupos, se encontró un mayor momento de flexión durante la posición media en el grupo de intervención; dentro del grupo de control entre los puntos de tiempo, se encontró un mayor momento de extensión durante la posición media.

(Godlwana, L. y otros, 2019). *The effect of a home exercise intervention on persons with lower limb amputations: a randomized controlled trial.* Este estudio es un ensayo controlado aleatorizado simple ciego (RCT) bloqueado con 154 participantes (54 mujeres; edad media 58) comparó un programa de educación y ejercicio en el hogar (n = 77) con la atención habitual (control) (n = 77). El objetivo de este estudio fue establecer un programa de educación y ejercicio domiciliario es más efectivo que el tratamiento habitual para mejorar la función, la movilidad y la calidad de vida en pacientes con amputación de miembros inferiores debido a enfermedad vascular periférica. Los participantes fueron asignados al azar al grupo de intervención o de control utilizando números aleatorios bloqueados generados por computadora; así, 77 participantes fueron incluidos en cada grupo, asegurando un total de 154 participantes para el estudio, los participantes se midieron al inicio, inmediatamente después de la intervención a los tres meses y después de otros meses sin ninguna intervención, las medidas de resultado fueron el índice de Barthel, la escala de participación, el EuroQol 5D, índice de capacidad locomotora modificada y la prueba de Timed Up and Go. El grupo de intervención como el de control recibieron la atención hospitalaria habitual que se ofrece en los sitios de estudio, incluyendo ejercicios tempranos en la cama para prevenir el edema, la deformidad del muñón, mantener la fuerza general y la movilidad articular y la deambulaci3n

con muletas solo en las salas del hospital, el grupo de intervención recibió un programa de educación y ejercicio en el hogar, fue informado por Robinson y otros. Y Broomhead y otros. El programa incluye educación, posicionamiento del muñón para evitar contracturas, técnicas de transferencia segura, ejercicios de estiramiento, ejercicios de fortalecimiento para los músculos que controlan la pierna amputada y la pierna no afectada, reeducación del equilibrio, movilidad, prevención de contracturas, transferencias funcionales seguras, todas las explicaciones de los ejercicios se complementaron con un folleto entregado a cada participante. Los resultados obtenidos de los grupos fueron comparables al inicio del índice de Barthel, el grupo de intervención demostró una disminución no significativa ($P = 0,197$) más pequeña en los niveles de actividad a los tres meses después de la operación en comparación con el grupo de control, y volvió casi a los niveles iniciales a los 6 meses, nuevamente sin una diferencia significativa entre los grupos. El grupo de intervención demostró significativamente menos ($P = 0,011$) restricciones de participación a los tres meses después de la operación en comparación con el grupo de control. El grupo de intervención muestra restricciones de participación “leve”, mientras que el grupo de control mostró restricciones de participación “moderadas” durante este periodo de seguimiento. Ambos grupos mostraron restricciones de participación “leves” seis meses después de la operación ($P = 0,088$) los grupos eran comparables al inicio en la escala analógica visual, pero en el grupo de intervención tenía una puntuación de índice mejor ($P = 0,045$) en la medida de calidad de vida, el Euroqol-5D. El grupo de intervención demostró puntuaciones significativamente superiores ($P = 0,003$) en la escala analógica visual y el índice ($P = 0,025$) a los tres meses después de la operación en comparación con el grupo de control, y a los seis meses de seguimiento, la escala analógica visual del Euroqol5D fue aún significativamente mayor en la intervención que en el puntaje del grupo control ($P = 0,033$),

pero los puntajes del índice fueron similares ($P = 0,318$). El grupo de intervención demostró niveles más bajos ($P = 0,034$) de limitación de la actividad a los tres meses después de la operación en comparación con el grupo de control, según lo medido por el índice de capacidades locomotoras modificadas. A los seis meses de seguimiento, los niveles de actividad no mostraron ($P = 0,189$) diferencias entre los grupos. El grupo de intervención demostró una movilidad mejorada, aunque todavía en la categoría de “deterioro”, por lo que tenía un riesgo menor de caídas (mejor capacidad de equilibrio) a los 3 meses, pero no significativamente mejor que el grupo control, según lo medido en la escala Timed Up and Go. Sin embargo, el grupo de control todavía cayó en la categoría de “alto riesgo de caídas” ($P = 0,192$) a los seis meses ($P = 0,0189$) después de la operación, el grupo de intervención estaba en la categoría de “riesgo variable” en comparación con el grupo de control que estaba en la categoría de “deterioro”

(Bouzas, S. y otros, 2021). *Effects of exercise on the physical fitness and functionality of people with amputations: Systematic review and meta-analysis.* Este estudio es una revisión sistemática y metanálisis, su objetivo es identificar si las personas con amputaciones que participan en un programa de entrenamiento físico pueden beneficiarse de las mejoras en su estado de salud medido por los cambios en sus niveles de aptitud fisiológica y funcionalidad. Se realizaron búsquedas sistemáticas en las siguientes bases de datos electrónicas desde sus inicios hasta octubre de 2019: PubMed, MEDLINE, CINAHL, SPORTDiscus y Scopus. Los criterios de inclusión fueron: estudios de ensayos aleatorizados que usaron una intervención de ejercicio para examinar la aptitud física y/o niveles de funcionalidad de los pacientes a cualquier edad; que haya sufrido una amputación de cualquier etiología; pacientes con prótesis o sin prótesis; y fuera de la fase de rehabilitación protésica en caso de implantación de prótesis,

se excluyeron las investigaciones si: aplicaron exclusivamente técnicas de fisioterapia que no involucró ejercicio (es decir, electroterapia, espejo fantasma, crioterapia, etc.); la intervención solo involucro una sola sesión de ejercicios de entrenamiento con ejercicios; el texto completo del estudio no estaba disponible; el manuscrito no fue en inglés o español o habían sido identificados en otra base de datos. Los estudios se clasificaron según el tipo de intervención de ejercicio realizado. Por lo tanto, distinguimos los siguientes tipos de intervención: intervenciones de resistencia muscular, cuyo objetivo es aumentar la capacidad de un grupo muscular para poder realizar repetidas contracciones durante un largo de tiempo sin presentar fatiga, y que se realiza con cargas bajas y alto número de repeticiones. Intervenciones de fuerza muscular, cuyo objetivo es aumentar la fuerza máxima de un grupo muscular, y que es realizado con cargas más altas y menor número de repeticiones. Intervenciones aeróbicas o entrenamiento cardiorrespiratorio realizado por debajo del umbral anaeróbico. Intervenciones de flexibilidad, enfocados en desarrollar un rango de movimiento en los principales grupos músculo-tendón aplicando diferentes tipos de movimientos de estiramiento. Intervenciones combinadas, aquellos programas que incluyen más o una de estas modalidades de ejercicio. Intervenciones funcionales, ejercicios que incorporan habilidades motoras como el equilibrio, coordinación, agilidad, marcha y entrenamiento propioceptivo. Se realizó un metanálisis si el mismo resultado se había medido cuantitativamente en dos o más estudios utilizando datos previos y posteriores a la prueba tanto para el estudio experimental y grupos de control. Los efectos agrupados se examinaron con un modelo de efectos fijos y un modelo de efectos aleatorios. Se seleccionó el modelo apropiado para cada análisis según el nivel de heterogeneidad, se generaron diagramas de bosque y medidas estandarizadas e intervalos de confianza para comparar los efectos de la intervención de dos maneras: para medidas previas

y posteriores a la intervención en los grupos que realizan ejercicio estratificados en experimentales y controles y comparar los grupos experimentales con los de control. Los resultados muestran 203 referencias examinadas inicialmente, se seleccionaron únicamente 10 estudios para su inclusión en el análisis. Se agruparon cinco estudios en el metanálisis, ya que incluían estudios previos y previos comparables. Datos de resultados posteriores a la prueba para los grupos experimental y de control. Los resultados de búsqueda incluyeron efectos del ejercicio sobre la distancia recorrida, la movilidad funcional y la capacidad funcional. En total se incluyeron 335 participantes, con un rango de edad de 20-78 años. Se encontró una mayor participación de hombres que de mujeres. Casi todos los participantes tenían pérdida unilateral de miembro inferior, siendo la amputación transtibial la más frecuente seguida de la amputación transfemoral. Los estudios realizaron intervenciones combinadas que incluían, al menos ejercicios de resistencia muscular y ejercicio funcional, tres de estas intervenciones incluye ejercicios aeróbicos, otros tres estudios incorporan la flexibilidad. Las intervenciones combinadas duraron entre 3 días y 10 semanas, con una frecuencia de 2 a 7 días a la semana, se utilizaron sacos de arena, mancuernas, bandas elásticas y equipos similares para realizar ejercicios musculares. En tres de estos estudios los principios de propiocepción se aplicó la facilitación neuromuscular como eje principal para su ejecución. El ejercicio de resistencia se centró principalmente en la parte inferior del cuerpo en todos los estudios. Los parámetros de carga se reportaron en cuatro estudios. Aplicaron esfuerzo según al criterio subjetivo de percepción para establecer la intensidad, mientras que otros tres estudios la intensidad la controlaban a través de la cantidad de peso. En cuanto al volumen, se realizó un rango de 4 a 9 ejercicios diferentes de resistencia muscular, y la información sobre series y repeticiones fue reportado en pocos casos, involucrando entre 1 a 3 series de 10 a 15

repeticiones en dos estudios. Y tantas repeticiones como sea posible en 60 segundos de trabajo con 30 segundos de descanso para cada ejercicio en otro estudio. El entrenamiento aeróbico se realizó durante 20 a 60 minutos por sesión, y los parámetros de intensidad fueron individualizados en todos los casos. Nolan aplicó una intensidad “fácil” por cada sujeto, Imam y otros, propusieron una progresión “de niveles más fáciles a niveles avanzados” para cada participante y Schafer y otros indicaron un ritmo de ejecución “cómodo” en función de cada participante. El entrenamiento de ejercicios funcionales centrados en el equilibrio estático y dinámico, coordinación y agilidad se realizó en todos los estudios, utilizando equipos como barras paralelas, escalones, obstáculos, etc. Los datos específicos sobre el volumen (número de ejercicios, tiempo, series y repeticiones solo se informaron en dos estudios, con 17 ejercicios diferentes. El entrenamiento de la flexibilidad se propuso en tres estudios que involucraron ejercicios de flexibilidad estáticos y dinámicos centros en miembros inferiores, los parámetros de entrenamiento no se especificaron en cualquiera de estos estudios, hubo un periodo de seguimiento en cinco de los estudios que realizaron intervenciones, y tres de ellos informan efectos residuales relacionados con el aumento de flexibilidad del tronco, mayor actividad al caminar y mejoría en la coordinación. Solo un ensayo controlado aleatorizado se centró exclusivamente en el fortalecimiento muscular, que se centró en el acondicionamiento de los abductores de la cadera, mediante el uso de máquinas de gimnasia, duro 8 semanas, con una frecuencia de entrenamiento de 2 días a la semana, se siguieron las pautas de la *American College of Sports Medicine (ACSM)* para el entrenamiento de fuerza, con un volumen de 3 series y 10 repeticiones de un solo ejercicio en sesiones de 15 minutos utilizando el máximo de repeticiones para controlar la intensidad, 10RM aumentando 5 libras cuando el sujeto fue capaz de alcanzar las 30 repeticiones. Tres ejercicios diferentes fueron realizados, en sesiones

de 15 minutos. No hubo una fase de seguimiento en este estudio. Los resultados a nivel cardiovascular se evaluaron en dos estudios y se encontraron cambios positivos significativos con respecto a algunas de las variables vinculadas a la aptitud física, incluyendo coste fisiológico y consumo de oxígeno, tanto a nivel intragrupo (pre-post- intervención) como a nivel intergrupo (grupo experimental vs grupo control). Los resultados de la aptitud muscular se evaluaron en tres estudios, midiendo los niveles de fuerza en los principales grupos musculares del muslo por medio de la dinamometría isocinética en diferentes posiciones, encontrando mejoras estadísticamente significativas en la fuerza de los flexores de la cadera y extensores, en la fuerza de los abductores de cadera en posición sedente, estos cambios se observaron solo en intergrupos en dos estudios, el tercero encontró mejoras en ambos niveles. Los resultados de flexibilidad, solo un estudio evaluó los niveles de flexibilidad dinámica midiendo distancias entre puntos de referencia anatómicos antes y después de realizar movimientos activos de extensión, flexiones laterales, rotaciones y flexión de tronco, en las comparaciones intragrupo, el experimental informó mejoras significativas en todos estos resultados después de un mes de terminar el programa, y en ambos grupos, experimental y control, a los 3 meses.

- **Tercer objetivo:** Explicar los beneficios terapéuticos del fortalecimiento muscular como tratamiento fisioterapéutico para mejorar el cuadro clínico de una amputación transtibial en pacientes femeninos en etapa pre protésica.

(Schafer, Z. y otros, 2018). *A personalised exercise programme for individuals with lower limb amputation reduces falls and improves gait biomechanics: A block randomised controlled trial.* Este estudio es un ensayo controlado aleatorio en bloque con quince pacientes amputados de miembro inferior (LLA) reclutados de su centro local de servicios protésicos,

fueron bloque aleatorizado, por edad y nivel de amputación, en dos grupos: grupo de ejercicio (transfemoral, n = 5; transtibial, n = 2) y grupo control (transfemoral, n = 5, transtibial, = 3). El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de un programa de ejercicio personalizado sobre la prevención de caídas y los parámetros de marcha en amputados de miembro inferior. El grupo de ejercicio completo un programa de 12 semanas, centrándose en la fuerza, equilibrio, flexibilidad y resistencia al caminar, impartido en sesiones grupales en la Universidad y combinado con un programa personalizado de ejercicios en el hogar. Los parámetros de la marcha cinéticos, cinemáticos 3D y temporo espaciales se recogieron al inicio y después de la intervención. La incidencia de caídas también se siguió a los 12 meses. Hubo una disminución significativamente en el ángulo máximo de flexión de la cadera de la extremidad afectada para el grupo de ejercicio en pre-oscilación, mientras que se observaron aumentos bilaterales para el ángulo máximo de extensión de cadera de la postura terminal, en el grupo de ejercicio. Los datos de caídas y los parámetros espaciotemporales muestran una reducción del número de caídas. Fue observado durante el periodo de 12 meses desde la aleatorización, en comparación con el promedio de tasa anual al inicio, para el grupo de ejercicio. El grupo de ejercicio también registro significativamente menos caídas que el grupo de control durante el periodo de seguimiento de 12 meses, con una interacción grupo-tiempo significativa. una reducción de las caídas puede disminuir la carga económica debida a menos visitas a los servicios de salud y los efectos secundarios beneficiosos tales como una mayor confianza en el equilibrio, menos miedo a caerse y mayor participación en actividades diarias y sociales, aumento de los niveles de actividad física puede reducir el riesgo de condiciones comórbidas.

(Wong, C. y otros, 2016). *Exercise programs to improve gait performance in people with lower limb amputation: a systematic review*. Este estudio es una revisión sistemática, el objetivo es resumir los efectos de los programas de ejercicio sobre el rendimiento de la marcha y evaluar la calidad general de la evidencia para adultos que deambulan con prótesis de pierna. Este estudio incluye criterios de inclusión como diseños experimentales y cuasi-experimentales que incluyen estudios de cohorte y pre-post de un grupo, ensayos de control y controles de dos grupos, participantes con usuarios de prótesis de al menos 16 años de edad con amputación unilateral o bilateral por encima del tobillo, como transtibial y transfemoral, condiciones de experimental que enfatizaron el ejercicio y obtenían resultados en la velocidad de la marcha, medidas de marcha temporales, espaciales, cinéticas y cinemáticas. Y en los criterios de exclusión son los diseños que incluyen estudios de casos y series de casos con menos de tres sujetos, participantes que no usaron prótesis y personas sin discapacidad, intervenciones basadas en iniciar prótesis o cambiar componentes protésicos, y medidas de resultado limitadas a aquellas a que no pudieron convertirse en velocidad de la marcha. La estrategia de búsqueda dio como resultado 623 citas de artículos para su posible inclusión después de eliminar los duplicados, solo se incluyeron 8 estudios, tres estudios fueron ensayos controlados aleatorios y cinco eran diseños de prueba previa y posterior. Las exposiciones a condiciones experimentales y de comparación incluyeron programas de ejercicios, en 3 ensayos de control aleatorizado, las condiciones de comparación consistieron principalmente en caminar supervisado con entrenamiento específico de la marcha utilizado en un estudio. Las condiciones experimentales utilizaron diferentes tipos de ejercicio que se pueden caracterizar como ejercicios específicos de fortalecimiento muscular, entrenamiento del equilibrio, entrenamiento de la marcha de parte a todo y entrenamiento funcional de la marcha

y la actividad, por lo tanto, había 5 categorías de exposición al ejercicio: 1) caminata supervisada que consistía en participantes que caminaban con y sin señales físicas y verbales. 2) fortalecimiento específico, se utilizó entrenamiento isocinético a diferentes velocidades para fortalecer los músculos de flexión y extensión de rodilla y se empleó ejercicios de estabilización de la columna con un programa educativo para desarrollar la fuerza y estabilidad de los músculos abdominales. 3) entrenamiento de equilibrio, es un elemento básico para el entrenamiento protésico y no protésico. 4) entrenamiento de la marcha, los cuales se enfatizaron en el desarrollo de partes específicas del ciclo de la marcha y luego la progresión a la práctica de todo ciclo de la marcha. 5) entrenamiento funcional, se emplearon programas de ejercicios funcionales que se centraron en ejercicios de coordinación y actividades de la marcha diaria más allá de caminar y subir escaleras. Los resultados de medida primaria, todos informaron la velocidad de la marcha autoseleccionada, la cual se informó en metros por segundo en seis estudios. En los tres ensayos controlados aleatorios, los tamaños del efecto para las mejoras en la velocidad de la marcha después de las condiciones experimentales versus las de comparación fueron pequeño $d = 0,40$, mediano $d = 0,64$, y grande $d = 1,38$. La velocidad de la marcha autoseleccionada se convirtió a metros por segundo para los estudios que proporcionaron datos de tiempo y distancia, como los resultados de la prueba de marcha de 10 m, y tiempo para caminar 30 m, también se informaron otras medidas de la marcha. La marcha rápida, definida como una velocidad de marcha rápida autoseleccionada, mejoró después del entrenamiento y se mantuvo durante el seguimiento en un estudio de un grupo sin pruebas de significación. Un estudio informó la relación entre la longitud de las extremidades inferiores y la velocidad de la marcha sin los datos necesarios para convertir las unidades a metros por segundo. Se observaron aumentos

significativos dentro del grupo para ambos grupos que recibieron ejercicios de entrenamiento de la marcha el 50% o el 90% del tiempo de tratamiento. Un estudio informó un aumento de promedio del 13% en la velocidad de la marcha sin valores de tiempo o distancia; por lo tanto, no se pudo calcular el tamaño del efecto. Y los resultados como medidas secundarias incluyeron datos cinemáticos para el rendimiento y la calidad de la marcha, medidas de rendimiento multidimensionales y resultados de autoinforme. La cadencia medida en pasos por minuto se registró en tres estudios, en un ensayo de control aleatorizado, la cadencia aumentó significativamente en ambas condiciones de exposición con la diferencia entre los grupos a favor del entrenamiento de marcha experimental de parte a todo con resistencia en comparación con ninguna resistencia. La longitud de zancada fue registrada por dos estudios con diferentes diseños, el estudio de diseño previo y posterior a la prueba encontró un aumento significativo de 3 cm después del tratamiento, el control aleatorio no encontró diferencias dentro o entre los grupos. La base de sustentación se registró en dos estudios, uno informó una reducción significativa de la anchura de los pasos después de los tratamientos de ejercicios experimentales y de comparación, con resultados a favor del programa de ejercicios de entrenamiento de la marcha con resistencia, el otro no informó cambios. La prueba Timed And Go combina la marcha funcional y la capacidad de transferencias de sentarse a ponerse de pie. No se informaron cambios significativos entre los grupos. El índice de costo fisiológico evalúa la respuesta del sistema cardiovascular al caminar comparando la frecuencia cardíaca en reposo y después de caminar y se mostró una diferencia significativa entre las mejoras entre los grupos después del entrenamiento funcional en comparación con el supervisado. La puntuación del índice de capacidades locomotoras es una evaluación de autoinforme de 14 habilidades locomotoras básicas y avanzadas, cada una calificada en una

escala ordinal de cuatro puntos, no se observaron cambios significativos después del entrenamiento.

(Miller, C. y otros, 2017). *The effect of a supervised community-based exercise program on balance, balance confidence, and gait in individuals with lower limb amputation.* Este estudio es un diseño de medidas repetidas. El objetivo de este estudio fue explorar el impacto de un programa de ejercicio comunitario supervisado sobre el equilibrio, la confianza en el equilibrio y la forma de andar en personas con amputación de extremidades inferiores. Se reclutó una muestra de conveniencia de hombres y mujeres de 18 años, que ya no participaban en rehabilitación estructurada, de una clínica de prótesis de práctica privada.

Los criterios de inclusión para el estudio fueron adultos que vivían en la comunidad de amputación de miembro inferior, ajuste adecuado de prótesis según lo determinado por los protésicos remitentes, deambulación bípeda independiente con o sin un dispositivo de asistencia adicional y capacidad para leer/escribir en inglés. En las medidas de resultados clínicos se utilizó la prueba de caminata en forma de 8 (F8W) utilizada para medir la habilidad de andar y el equilibrio dinámico, se utilizó la escala de confianza en el equilibrio específica de la actividad (ABC) para calificar la confianza en el equilibrio, en una escala de 0% a 100% mientras se realizaban diversas actividades ambulatorias, la escala ABC produce una fuerte confiabilidad test-retest en adultos mayores y en personas con amputación de miembro inferior. Los parámetros espacio-temporales de la deambulación se evaluaron utilizando GAITRite, en participantes sanos las mediciones de GAITRite arrojan valores de coeficiente de correlación intraclase entre 0,80 y 0,92 a velocidad de caminata preferidas y entre 0,79 y 0,89 a velocidades de caminata rápida (FWS) GAITRite Functional Ambulation Performance

(FAP) comprende la relación lineal entre la longitud del paso y la longitud de la pierna con respecto al tiempo del paso cuando la velocidad se “normaliza” con respecto a la longitud de la pierna. En adultos sanos, las puntuaciones FAP oscilan entre 95 y 100 puntos y tienen una fiabilidad entre evaluadores de > 99 . Los datos normativos para personas con amputación de miembro inferior no se informan en la literatura. Los participantes se ubicaron en uno de dos grupos de ejercicios: transfemoral (TF) o transtibial (TT); el individuo con TF más TT se colocó en el grupo TF. El programa de ejercicio supervisado cumplió 1 hora, dos veces por semana durante 6 semanas. El programa de ejercicios se centró en estiramientos, ejercicios de fuerza y flexibilidad de la base (tronco) y de las extremidades inferiores, y actividades estáticas y dinámicas de equilibrio y marcha. El nivel de resistencia inicial para el fortalecimiento de las extremidades inferiores con bandas elásticas de resistencia se determinó utilizando una prueba de máxima de 10 repeticiones en la prueba previa. El participante debía estirar la banda dos veces la longitud de reposo y completar 10 repeticiones con dificultad moderada. La reevaluación del nivel de resistencia, la velocidad del movimiento y el número de repeticiones de todos los ejercicios se realizó semanalmente, y la resistencia y/o la intensidad se incrementaron en consecuencia. En los resultados un total de 16 participantes completaron este estudio. Se presentan los factores demográficos, relacionados con la amputación y el tipo de dispositivos de ayuda utilizados. La edad media de los participantes fue de 50,8 (rango: 22-87) años; el 68,8% eran mujeres y el 31,2% hombres; y el 87,5% amputación unilateral y el 12,5% amputación bilateral. Los resultados de la prueba F8W ilustraron disminuciones en el tiempo para completar y la amplitud, lo que refleja un aumento en el equilibrio dinámico. Las puntuaciones medias para el tiempo de finalización y la amplitud no arrojaron una diferencia significativa en el tiempo cuando se comenzó desde el

lado protésico frente al no protésico; por lo tanto, se promediaron las puntuaciones de estas variables. Los resultados de la escala ABC revelaron un aumento en la puntuación media del grupo total del 63,4% al 73,7%. Al finalizar el estudio, se observó que la confianza en el equilibrio era mayor en el grupo TT que en el grupo TF, 76,1% y 71,3%, respectivamente. En el 37,5% del total de participantes, la puntuación media ABC aumentó en más del 10%; dos participantes tuvieron una disminución del 5% en la puntuación media de confianza en el equilibrio; una participante de TF señaló en la encuesta que había experimentado una caída una semana antes de la prueba posterior y que estaba “más preocupada por la caídas” solo el 25% del grupo total en la prueba previa y el 31% en la prueba posterior lograron una puntuación promedio del 80% o más, lo que indica una función física de alto nivel. Los parámetros espacio-temporales GAITRite adicionales evaluados incluyeron velocidad, cadencia, longitud de paso protésica y no protésica, la longitud de zancada, soporte de una sola extremidad y FAP. Durante la velocidad de marcha cómoda (CWS) en la prueba posterior, velocidad promedio de los 16 participantes aumentó en 0,14 m/s; la velocidad promedio aumentó en 0,17 m/s para el grupo TT y en 0,13 m/s para el grupo TF. La velocidad de marcha rápida (FWS) también reveló aumentos de puntuación media en la velocidad, cadencia, longitud de zancada protésica y no protésica, y en apoyo protésico y no protésico de una sola extremidad.

4.2 Discusión

Finco y otros en 2022 realizó un estudio que investiga las adaptaciones musculoesqueléticas en personas con amputaciones importantes de miembro inferior, por lo tanto, informa que tres estudios investigaron las adaptaciones musculares encontrando una disminución en el área transversal del muslo y el grosor del cuádriceps, un aumento de la

grasa del muslo y atrofia de la fibra muscular en la extremidad amputada, los volúmenes reducidos del cuádriceps indican una capacidad reducida para generar fuerza, lo que impide el impulso durante la marcha, por lo tanto, comenta que el cuádriceps es importante en el control protésico, independientemente del nivel de amputación, la falta de fuerza pone en riesgo de caídas al paciente. Así mismo, Christiansen y otros en 2019, realizó un estudio con una duración de 12 semanas con una intervención para promover el ejercicio, afirmando que los grupos musculares clave a los que se dirigieron los ejercicios de fuerza fueron los extensores de cadera, los extensores de rodilla, los abductores de cadera y los estabilizadores de la columna lumbar, informando que el fortalecimiento con un 25% fue el modo de ejercicio elegido con más frecuencia.

Vargas y otros en 2021, realizó un estudio con el objetivo de desarrollar un protocolo de rehabilitación simple y de bajo costo teniendo en cuenta el uso de prótesis funcionalmente pobre. El protocolo consiste en realizar ejercicios de fortalecimiento en diferentes posiciones, de los músculos abdominales, como el recto abdominal, oblicuo y transverso, fortalecimiento excéntrico y concéntrico de los extensores de cadera, fortalecimiento de los aductores de cadera, con 3 series de 10 a 14 repeticiones, utilizando diferente material como bandas, barras paralelas y pelotas. Por otro lado, Bouzas y otros en 2021, realizó un estudio con el objetivo de identificar si las personas con amputaciones participaban en un programa de entrenamiento físico para obtener beneficios en su salud. Los estudios investigados se clasificaron según su intervención, como de resistencia muscular, fuerza muscular, entrenamiento cardiorrespiratorio e intervenciones combinadas. Las intervenciones combinadas duraron entre 3 días a 10 semanas, con una frecuencia de 2 a 7 días a la semana, utilizando diferentes materiales como sacos de arena, mancuernas, bandas elásticas y equipos similares para realizar

ejercicios musculares, los ejercicios de resistencia se realizaron en un rango de 4 a 9 ejercicios diferentes, involucrando entre 1 a 3 series de 10 a 15 repeticiones o tantas repeticiones como sea posible en 60 segundos con 30 segundos de descanso para cada ejercicio, y el entrenamiento aeróbico se realizó durante 20 a 60 minutos por sesión, con parámetros de intensidad individualizados.

Miller y otros en 2017, realizó un estudio con el objetivo de explorar el impacto de un programa de ejercicio supervisado sobre el equilibrio, la confianza en el equilibrio y la forma de andar en personas con amputación de miembro inferior. El programa de ejercicio cumplió 1 hora, dos veces por semana durante 6 semanas, donde se incluyeron ejercicios de estiramientos, ejercicios de fuerza y flexibilidad del tronco y de las extremidades inferiores, utilizando bandas elásticas de resistencia con una prueba máxima de 10 repeticiones, la cual fue incrementando según la intensidad y consecuencia. Obteniendo como beneficios un aumento en el equilibrio dinámico, mayor confianza en el equilibrio, mayor velocidad, cadencia, longitud de paso protésica y no protésica, obteniendo una velocidad de marcha cómoda y una velocidad de marcha rápida, Por otra parte, Schafer y otros en 2018, realizó un estudio con el objetivo de evaluar los efectos de un programa de ejercicio para la prevención de caídas y los parámetros de marcha en amputados de miembro inferior. El programa consistió en 12 semanas, centrándose en la fuerza, equilibrio, flexibilidad y resistencia al caminar, obteniendo un aumento bilateral para el ángulo máximo de extensión de cadera en la postural terminal, una disminución del riesgo de caídas, una disminución de la carga económica, mayor confianza en el equilibrio, menor temor a caerse, mayor participación en actividades diarias y sociales, y un aumento de los niveles de actividad física.

4.3 Conclusiones

Según la literatura científica, las personas que han sufrido una amputación de miembro inferior suelen ser personas sedentarias, y cuando se someten a una amputación, suelen pasar más tiempo sin alguna actividad física, ocasionando una disminución de la fuerza muscular y capacidades físicas, retrasando mucho más su rehabilitación, en la cual es necesaria el fortalecimiento de las extremidades inferiores, tomando en cuenta músculos importantes como el cuádriceps que ayudan a tener un mejor control protésico, además de fortalecer el core, como el recto abdominal, oblicuo interno y externo y transversal abdominal. La musculatura de la cadera, como el glúteo medio, glúteo mayor y aductores. Y tener en cuenta el fortalecimiento de las extremidades superiores en los pacientes que utilizan andadores o muletas.

En la recopilación de datos se encontró un patrón en los componentes de la dosificación en el que se inicia con la práctica de ejercicios de fortalecimiento musculoesquelético, con diferentes intervenciones de ejercicio, como ejercicios de resistencia, ejercicios combinados, ejercicios aeróbicos, teniendo en cuenta el tipo de contracción como es el concéntrico y excéntrico. La recomendación sería con una duración de 8 a 12 semanas, con 3 a 5 series y 10 a 15 repeticiones, las intensidades y los ejercicios pueden variar según los estudios, teniendo en cuenta los principios del entrenamiento destacando el principio de individualidad biológica para ajustar los parámetros del ejercicio a cada uno de estos pacientes individualmente, estos parámetros se dosifican para que el paciente pueda tener diferentes beneficios y obtener un correcto uso de prótesis. Y se evidencia que el ejercicio mejora la capacidad funcional del paciente y su calidad de vida.

Los resultados de los diferentes estudios que incluían en su rehabilitación el fortalecimiento musculoesquelético tienen diferentes beneficios, de los cuales podemos

puntualizar los siguientes; mejoras en las actividades de la vida diaria, aumento en la cadencia de la marcha, también en las capacidades físicas del paciente como mejoras en el equilibrio estático y dinámico, así mismo, una disminución de las caídas y disminución de la carga económica, los pacientes pueden tener más seguridad en ellos mismos para continuar con el tratamiento, evitan una vida sedentaria y logran una vida mucho más independiente.

4.4 Perspectivas y/o aplicaciones prácticas

Se recomienda y se hace énfasis en que es necesaria la realización de más investigaciones sobre el fortalecimiento musculoesquelético en los pacientes amputados de miembro inferior y como la falta de tratamiento fisioterapéutico puede afectar en las actividades de la vida diaria, para así poder ampliar el conocimiento y poder abarcar a más pacientes con los diferentes niveles de amputación, ya que, sea cual sea el nivel amputación, no discrimina sexo, raza, etnia o edad.

Se busca que en un futuro se pueda realizar estudios de la importancia del fortalecimiento muscular en las diferentes etapas que pasan las personas amputadas, debido que la mayoría de artículos engloban de manera general el fortalecimiento de las extremidades inferiores omitiendo la importancia del fortalecimiento del core y de las extremidades superiores, en algunos casos, omitiendo el fortalecimiento muscular de todo el cuerpo, provocando así, que el paciente no pueda obtener una óptima recuperación y no pueda utilizar su prótesis correctamente.

El campo de investigación sobre el fortalecimiento muscular en pacientes amputados aún es poco investigado, es por eso que se sugiere aumentar las investigaciones en esta área para generar nuevos conocimientos sobre abordajes

adecuados y generar una mejor rehabilitación para los pacientes.

Se sugiere tomar como referencia para futuras investigaciones la importancia del fortalecimiento muscular en pacientes amputados de las extremidades inferiores, así como base para la creación de diferentes protocolos utilizando mejores equipos e ideas más eficaces para fomentar a las personas amputadas, la importancia del fortalecimiento muscular y así poder llevar una vida cotidiana común con el uso de la prótesis y realizar sus actividades de la vida diaria sin complicaciones.

Anexos

Artículo	Metodología	Resultados
<p><i>A review of musculoskeletal adaptations in individuals following major lower-limb amputation</i> (Finco, M. y otros, 2022).</p>	<p>Revisión sistemática, se realizó una búsqueda en Google Scholar, PubMed y Scopus sobre las adaptaciones musculoesqueléticas, se incluyeron un total de 27 artículos luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión</p>	<p>Los estudios que investigaron las adaptaciones musculares encontraron una disminución en el área transversal del muslo y grosor del cuádriceps, aumento de la grasa del muslo y atrofia de la fibra muscular en la extremidad amputada en comparación con la intacta. Los volúmenes reducidos del muslo indican una capacidad reducida para generar fuerza, indicando que el cuádriceps es importante en el control protésico, particularmente en términos de extensión de la rodilla para la estabilidad y flexión de la cadera a lo largo de la marcha.</p>
<p><i>Behavior-change intervention targeting physical function, walking, and disability after dysvascular amputation: A randomized controlled pilot</i></p>	<p>Estudio de ensayo piloto controlado aleatorio simple ciego, con un grupo de intervención de cambio de comportamiento y grupo control de atención, los</p>	<p>Para los participantes del grupo de intervención, los grupos de músculos clave a los que se dirigieron los ejercicios de fuerza fueron los extensores de la cadera, los extensores de rodilla, abductores de la cadera y estabilizadores de la columna lumbar, y el grupo control, sin intervención, comenzó cada sesión con el resumen del estado de salud, seguido de una discusión dirigida por el terapeuta sobre los</p>

<p><i>trial</i>(Christiansen, C. y otros, 2019).</p>	<p>participantes fueron treinta y ocho, asignados al azar.</p>	<p>detalles planteados. Se mostró un riesgo relativo de caídas para el grupo de intervención, también mostro mayor distancia de caminata, mayor velocidad en la marcha., hubo reducción del sedentarismo. No hubo cambios en la función física del grupo control.</p>
<p><i>A systematic literature review of physiotherapy and rehabilitation approaches to lower-limb amputation</i> (Ulger, O. y otros, 2018).</p>	<p>Este estudio es una revisión sistemática, el método de búsqueda fue identificar artículos para la rehabilitación protésica, se realizó una búsqueda en PubMed, Web of Science, Cochrane, CINAHL, EMBASE, SCOPUS y EMB, finalmente, solo 9 artículos cumplieron los criterios para la revisión</p>	<p>Tres estudios examinados informaron que los ejercicios específicos para personas con amputaciones tuvieron resultados positivos sobre el consumo de oxígeno, energía y nivel de rendimiento funcional, el programa de cuidados y rehabilitación, se utilizaron ejercicios de fortalecimiento y rango de movimiento, se les aconsejo someterse a un entrenamiento de transferencia, extremidades superiores e inferiores de fortalecimiento, entrenamiento de equilibrio en sedente y ejercicios para prevenir las contracturas en flexión, con una frecuencia de 5 sesiones de 45 minutos por sesión.</p>
<p><i>A low-cost easily implementable physiotherapy</i></p>	<p>Este es un estudio de ensayo clínico aleatorizado, se</p>	<p>El grupo de intervención se sometió a la rehabilitación de un protocolo para pre-prótesis, realizando ejercicios de fortalecimiento en</p>

<p><i>intervention clinically improves gait implying better adaptation to lower limb prosthesis: a randomized clinical trial (Vargas, L. y otros, 2021).</i></p>	<p>recopilaron 26 participantes, 16 participantes que fueron divididos en grupo de intervención y control y 10 personas sin discapacidad, las personas sin discapacidad se sometieron a la misma evaluación cinética y cinemática de la marcha realizada por los grupos de personas con amputación.</p>	<p>diferentes posiciones, utilizando materiales como balones y bandas elásticas, con dosificaciones de 3 series de 10 a 14 repeticiones. Los ejercicios se centraron en la región abdominal y músculos de la cadera. Los resultados de la cinemática del grupo control vs intervención, observaron diferencias en la articulación de tobillo, articulación de rodilla y cadera, para la articulación de tobillo, se observó una flexión plantar más bajo durante el contacto inicial y flexión dorsal más bajo para el grupo de intervención, en la articulación de rodilla, se encontró mayor flexión durante la respuesta de carga, postura media y postura terminal, y la articulación de cadera, menor flexión durante el pre-balanceo, entre grupos menor momento de extensión en el contacto inicial en el grupo de intervención.</p>
<p><i>The effect of a home exercise intervention on persons with lower limb amputations: a randomized controlled trial. (Godlwana, L. y</i></p>	<p>Este estudio es un ensayo controlado aleatorizado simple ciego. Con 154 participantes, comparó un programa de educación y</p>	<p>El grupo de intervención recibió un programa de educación y ejercicio en el hogar que incluye, educación, posicionamiento del muñón para evitar contracturas, técnicas de transferencia segura, ejercicios de estiramiento y ejercicios de fortalecimiento para los músculos que controlan la pierna amputada y</p>

<p>otros, 2019).</p>	<p>ejercicio en el hogar (n = 77) con la atención habitual (control (n = 77). Las medidas de resultado fueron el índice de Barthel, EuroQol 5D, índice de capacidad locomotora y prueba de timed up and go,</p>	<p>pierna no afectada, reeducación del equilibrio, movilidad, prevención de contracturas. El grupo de intervención muestra restricciones de participación leve, y el grupo de control restricciones moderadas durante el periodo de seguimiento, ambos mostraron restricciones leves seis meses después de la operación, el grupo intervención demostró una movilidad mejorada, aunque todavía en la categoría de deterioro.</p>
<p><i>Effects of exercise on the physical fitness and functionality of people with amputations:</i> <i>Systematic review and meta- analysis</i> (Bouzas, S. y otros, 2021).</p>	<p>Este estudio es una revisión sistemática y metanálisis. Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed, MEDLINE, CINAHL, SPORTDiscus y Scopus. De 203 resultados, se seleccionaron únicamente 10 estudios para su inclusión en el</p>	<p>Se incluyeron 335 participantes, con un rango de edad de 20-78 años, los estudios realizaron intervenciones combinadas que incluían, al menos ejercicios de resistencia muscular y ejercicio funcional, ejercicios aeróbicos y de flexibilidad. El ejercicio de resistencia se centró en la parte inferior del cuerpo, realizando de 4 a 9 ejercicios diferentes, el entrenamiento aeróbico se realizó durante 20 a 60 minutos por sesión con una progresión de niveles fáciles a niveles avanzados. El entrenamiento de ejercicios funcionales centrados en equilibrio estático y dinámico, coordinación y agilidad, utilizando equipos como barras paralelas,</p>

	análisis.	escalones y obstáculos. Un estudio ce centro exclusivamente en el fortalecimiento muscular en los abductores de la cadera, en los resultados se obtuvieron cambios positivos a nivel cardiopulmonar, mejoría en la fuerza de los flexores de cadera y extensores de cadera, abductores, y mayor flexibilidad dinámica.
<i>A personalised exercise programme for individuals with lower limb amputation reduces falls and improves gait biomechanics: A block randomised controlled trial</i> (Schafer, Z. y otros, 2018).	Este estudio es un ensayo controlado aleatorio en bloque con 15 pacientes amputados de miembro inferior, se realizaron dos grupos: grupo de ejercicio y grupo control. El grupo de ejercicio completo un programa de 12 semanas, centrándose en fuerza, equilibrio, flexibilidad y resistencia al caminar	Los parámetros de la marcha cinéticos, cinemáticos 3D y temporoespaciales se recogieron al inicio y después de la intervención, la incidencia de caídas también se siguió a los 12 meses. Hubo una disminución en el ángulo máximo de flexión de cadera en la extremidad afectada para el grupo de ejercicio en pre-oscilación, y aumentos bilaterales para el ángulo máximo de extensión de cadera en la postura terminal en el grupo de ejercicio. Los datos de caídas y espaciotemporales muestran reducción del número de caídas. El grupo de ejercicio también registro menos caídas que el grupo de control durante el seguimiento de 12 meses, se observó mayor confianza en el equilibrio y menor miedo a caerse, aumento de niveles de actividad física y disminución de la carga económica.

<p><i>Exercise programs to improve gait performance in people with lower limb amputation: a systematic review</i></p> <p>(Wong, C. y otros, 2016).</p>	<p>Este estudio es una revisión bibliográfica, de 623 citas de artículos solo se incluyeron 8 estudios.</p>	<p>Había 5 categorías de exposición al ejercicio: 1) caminata supervisada. 2) fortalecimiento específico para la flexión y extensión de rodilla. 3) entrenamiento de equilibrio. 4) entrenamiento de la marcha, 5) entrenamiento funcional. Se obtuvieron resultados de medida primaria, en 3 ensayos controlados se obtuvieron tamaños del efecto de la velocidad de la marcha, la cual mejoro después del entrenamiento. Se observaron aumentos significativos en el entrenamiento de la marcha, un estudio informó un aumento de promedio del 13% en la velocidad de la marcha sin valores de tiempo o distancia. Los resultados de medidas secundarias se informó un aumento de la cadencia en el entrenamiento de la marcha, dos estudios registraron la longitud de zancada encontró un aumento significativo de 3 cm después del entrenamiento, se informó una reducción significativa de la anchura de los pasos después de los tratamientos de ejercicio.</p>
<p><i>The effect of a supervised community-based exercise program on</i></p>	<p>Este estudio es un diseño de medidas repetidas. Se recluto una muestra de</p>	<p>El programa de ejercicio supervisado cumplió 1 hora, dos veces por semana durante 6 semanas. El programa de ejercicios se centró en estiramientos, ejercicios de fuerza y flexibilidad</p>

<p><i>balance, balance confidence, and gait in individuals with lower limb amputation (Miller, C. y otros, 2017).</i></p>	<p>conveniencia de hombres y mujeres de 18 años, un total de 16 participantes completaron este estudio. Los participantes se ubicaron en grupos de ejercicio: transfemoral y transtibial.</p>	<p>de la base (tronco) y de las extremidades inferiores, y actividades estáticas y dinámicas de equilibrio y marcha. Se obtuvieron resultados como un aumento en el equilibrio dinámico, mayor confianza en el grupo transtibial que en el grupo transfemoral, una función física de alto nivel y aumentos de puntuación media en la velocidad, cadencia, longitud de zancada protésica y no protésica</p>
---	---	--

Referencias

- Adeen, M. Costa, J. García, A. Rubio, M. Rubio, A. (2020). Programa de ejercicios físicos terapéuticos para pacientes amputados. *Revista pódium. Revista de ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 15(3), 494 – 508.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522020000300494&lng=es&tlng=es.
- Arroyo, L, Burbano, J. (2019). Diabetes and diabetic foot: a world problem addressed from physiotherapy. *Revista colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*, 6(3), 199-208. doi.org/10.53853/encr.6.3.534
- Awad, S. Al-Mawali, A. Al-Lawati, J. Morsi, M. Critchley, J. Abu-Raddad, A. (2020). Forecasting the type 2 diabetes mellitus epidemic and the role of key risk factors in Oman up to 2050: Mathematical modeling analyses. *Journal of Diabetes investigation*, 12(7) 1162-1174. doi.org/10.1111/jdi.13452
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. México. Grupo Editorial Patria, S.A de C.V.
- Barbosa, A. Sales da Silva, L. Moreira, T. Torres, R. (2018). Asociación entre hospitalización por diabetes mellitus y amputación de pie diabéticos. *Enfermería Global*, 17(51), 238-266. <https://dx.doi.org/10.6018/eglobal.17.3.286181>
- Basterra, F. Rastrollo, M. Ruiz, M. Gea, A. Martínez, M. (2017). Prevalencia de obesidad y diabetes en adultos españoles, 1987-2012. *Medicina clínica*, 148(6) 250-256. doi.org/10.1016/j.medcli.2016.11.022
- Bayón, M. Pérez, F. Zamora, A. de Las Heras, J. Rojas, B. y otros. (2020). Control del paciente diabético en atención primaria: influencia de cartera de servicios y otros factores. *Atención primaria*. 52(9) 617-626 10.1016/j.aprim.2020.02.015
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia. Pearson educación.
- Bouzas, S. Molina, A. Fernández-Villa, T. Miller, K. Ayán, C. y otros. (2021). Effects of exercise on the physical fitness and functionality of people with amputatio

- Systematic Review and meta-analysis. *Disability and health journal*, 14(1) 100976.
doi.org/10.1016/j.dhjo.2020.100976
- Carrie, M. Brody, L. (2006). *Ejercicio terapéutico recuperación funcional*.
Barcelona: Editorial Paidotribo
- Cerón, A. Goldstein, G. (2021). Mortalidad por diabetes en Guatemala 2018: patrones e
inequidades. *Revista Análisis de la realidad nacional, Universidad de San Carlos de
Guatemala*, 10(198), 76-98. [http://ipn.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2021/02/IPN-
RD-198.pdf](http://ipn.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2021/02/IPN-RD-198.pdf)
- Christiansen, C. Miller, M. Murray, A. Stephenson, R. Stevens-Lapsley, J. y otros. (2018)
Behavior-change intervention targeting physical function, walking, and disability after
dysvascular amputation: A randomized controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*,
99(11) 2160-2167. doi.org/ 10.1016/j.apmr.2018.04.011
- Colleen, M. Wyne, K. Svenson, E. (2018). The use of traditional And Complementary Medicine
for Diabetes in Rural Guatemala. *Journal of heal care for the poor and underserved*,
29(4) 1188-1208. doi.org/10.1353/hpu.2018.0092
- Cortés, M. Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre metodología de la investigación*. México.
Universidad Autónoma del Carmen.
- Dekker, R. Hristova, Y. Hijmans, J. Geertzen, J. (2018). Pre-operative rehabilitation for
dysvascular lower-limb amputee patients: A focus group study involving medical
professionals. *PlosOne*, 13(10) e0204726. doi.org/10.1371/journal.pone.0204726
- Del pozo, J. Rozas, J. Díaz, V. (2019). Revisión bibliográfica sobre el uso de terapia de espejo
para tratar el dolor fantasma de personas amputadas. *Rev.enferm.vasc.* 2(4) 10-6
doi.org/10.35999/rdev.v2i4.45
- Demir, Y. Aydemir, K. (2020). Gúlhane lower extremity amputee rehabilitation protocol: A
nationwide, 123-yearr experience. *Turkish journal of physical medicine and
rehabilitation*, 66(4) 373-382. doi.org/10.5606%2Fftfrd.2020.7637
- Ferrier, D. (2017). *Bioquímica*. Philadelphia: Wolters Kluwer

- Finco, M. Kim, S. Ngo, W. Menegaz, R. (2022) A review of musculoskeletal adaptations in individuals following major lower-limb amputation, *Journal of musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 22(2), 269-283. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35642706>
- Galicia, U. Vicente, A. Jebari, S. Sebal, A. Siddiqi, H. Uribe, K. y otros. (2020). Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. *Int. J. Mol. Sci*, 21(17), 6275. doi.org/10.3390/ijms21176275
- Gardetto, A. Baur, M. Prahm, C. Smekal, V. Jeschke, J. Peterzell, G, y otros. (2021). Reduction of phantom limb pain and improved proprioception through a TSR-based surgical technique: a case series of four patients with lower limb amputation. *Journal of clinical medicine*, 10(17), 4029. doi.org/10.3390/jcm10174029
- Godlwana, L. Stewart, A. (2019). The effect of a home exercise intervention on persons with lower limb amputations: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 34(1) 99-110. doi.org/10.1177/0269215519880295
- Gómez, F. Escalada, F. Menéndez, E. Mata, M. Ferrer, J. Ezkurra, P. y otros. (2018). Recomendaciones de la sociedad Española de Diabetes (SED) para el tratamiento farmacológico de la hiperglucemia en la diabetes tipo2: Actualización 2018. *Endocrinología, diabetes y nutrición*, 65(10) 611-624. doi.org/10.1016/j.endinu.2018.08.004
- Guyton y Hall. (2011). *Tratado de fisiología*. Barcelona: Editorial Elsevier
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- Ismail, A. Tanasova, M. (2022). Importance of GLUT transporters in Disease Diagnosis and Treatment. *International Journals of Molecular Sciences*. 23(15) 8698. doi.org/10.3390/ijms23158698
- Kendall's, F. (2007). *Músculos, pruebas funcionales, postura y dolor*. Philadelphia: Editorial Marbán.
- Kisner, C. y Colby, L. (2005). *Ejercicio terapéutico*. Barcelona. Editorial Paidotribo.

- Machado, K. Cardenas, A. Navarro, E. (2019). Transportadores de glucosa: características genéticas, moleculares y fisiopatologías. *Acta Médica del Centro*. 13(4), 584-600. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2709-79272019000400584
- Mellado, R. Salinas, E. Sánchez, D. Guajardo, J. Díaz, E. y otros. (2019). Tratamiento Farmacológico de la diabetes mellitus tipo 2 dirigido a pacientes con sobrepeso y obesidad. *Medicina interna de México*, 35(4), 525-536. doi.org/10.24245/mim.v35i4.2486
- Méndez, Y. Barrera, M. Ruiz, M. Masmela, K. Parada, Y. Peña, y otros. (2018). Complicaciones agudas de la diabetes mellitus, visión práctica para el médico en urgencias: Cetoacidosis diabética, Estado Hiperosmolar e Hipoglucemia. *Revista Cuarzo*. 24(2) 27-43 doi.org/10.26752/cuarzo.v24.n2.352
- Miller, C. Williams, J. Smith, J. Durham, K. Hom, S. (2017) The effect of a supervised community-based exercise program on balance, balance confidence, and gait in individuals with lower limb amputation. *Prosthetics and Orthotics international*. 41(5) 446-454. doi.org/10.1177/0309364616683818
- Neumann, D. (2007). *Fundamentos de la rehabilitación física, cinesiología del sistema musculoesquelético*. Wisconsin: Editorial Paidotribo.
- Ofman, S. Taverna, M. Dorina, S. (2019). Importancia de considerar los factores psicosociales en la diabetes mellitus tipo 2. *Revista Cubana de Endocrinología*, 30(2) 144. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532019000200010
- Organización mundial de la salud. (2021). Diabetes. *Organización mundial de la salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- Organización Panamericana de Salud. (2020). Diagnóstico y manejo de la diabetes de tipo 2 (HEARTS-D). Washington, D.C. *Organización Panamericana de salud*. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53007>
- Pawlina, W. y Ross, M. (2015). *Histología texto y atlas*. Philadelphia: Wolters Kluwer

- Pulla, V. Vélez, K. Figueroa, S. (2018). Factores desencadenantes del pie diabético en paciente de sexo femenino de 34 años de edad. *Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento*. 2(4), 70-89. doi.org/10.26820/recimundo/2.(4).octubre.2018.70-89
- Raveendran, A. Chacko, E. Pappachan, J. (2018). Non-pharmacological Treatment Options in the Management of Diabetes Mellitus. *European Endocrinology*, 14(2) 31-39. doi.org/10.17925%2FEE.2018.14.2.31
- Rigalleau, V. Monlun, M. Foussard, N. Blanco, L. Mohammedi, K. (2021). Diagnóstico de diabetes. *EMC – Tratado de medicina*, 25(2) 1-7. doi.org/10.1016/S16315410(21)45110-X
- Rodríguez, D. Mercedes, F. Rodríguez, D. Polo, T. Rivera, A. y otros. (2018). Prevalencia moderada de pie en riesgo de ulceración en diabéticos tipo 2 según IGWDF en el contexto de la atención primaria. *Horizonte Médico (Lima)*, 18(4), 9-18. 10.24265/horizmed.2018.v18n4.02
- Saladin, K. (2013). *Anatomía y fisiología, la unidad entre forma y función*. México: McGraw-Hill
- Saraglia, D. (2018). Rupturas del aparato extensor de la rodilla y fracturas de la rótula. *EMC – Técnicas Quirúrgicas – Ortopedia y Traumatología*, 10(1), 1-13. doi.org/10.1016/S2211-033X(18)87892-6
- Schafer, Z. Perry, J. Vanicek, N. (2018). A personalised exercise programme for individuals with lower limb amputation reduces falls and improves gait biomechanics: a block randomised controlled trial. *Gait & Posture*, 63(1), 282-289. doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.04.030
- Torres, R. Acosta, M. Rodriguez, D. Barrera, M. (2020). Complicaciones agudas de la diabetes tipo 2. *Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento*. 4(1) 46-57 10.26820/recimundo/4.(1).esp.marzo.2020.46-57

- Tortora, G. y Derrickson, B. (2013). *Principios de anatomía y fisiología*. Buenos aires. Editorial medica panamericana.
- Ülger Ö, Yıldırım Şahan T, Celik SE. (2017). A systematic literature review of physiotherapy and rehabilitation approaches to lower-limb amputation, *Physiotherapy Theory and Practice*, 34(11), 821-834. doi.org/10.1080/09593985.2018.1425938
- Vargas, L. Arakaki, C. Sakanaka, T. Cliquet, A. (2021). A low-cost easily implementable physiotherapy intervention clinically improves gait implying better adaptation to lower limb prosthesis: a randomized clinical trial. *Scientific Reports*, 11(1) 21228, doi.org/10.1038/s41598-021-00686-9
- Vas, P. Edmonds, M. Papanas, N. (2018). The diabetic Foot Attack: “tis too late to retreat”. *The international journal of lower extremity wounds*. 17(1): 7-10.1177/1534734618755582
- Viscasillas, L. Tabuenca, N. Betés, M. Arregui, R. (2020). Tratamiento fisioterápico en pacientes amputados de miembro inferior. *Revista sanitaria de investigación*. Recuperado de <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/tratamiento-fisioterapico-en-pacientes-amputados-de-miembro-inferior/>
- Wong, C. Ehrlich, J. Varca, M. Ersing, J. Maroldi, N. y otros. (2016). Exercise programs to improve gait performance in people with lower limb amputation: A systematic review. *Prosthetics and Orthotics international*. 40(1) 8-17. doi.org/10.1177/0309364614546926
- Wu, Y., Shen, Y., Sun, H. (2021). Intelligent algorithm-base analysis on ultrasound image characteristics of patients with lower extremity arteriosclerosis occlusion and its correlation with diabetic mellitus foot. *Journal of healthcare engineering*, 2021, 13. doi.org/10.1155/2021/7758206
- Zambudio, R. (2009). *Prótesis, órtesis y ayudas técnicas*. Barcelona: Editorial Elsevier