

# Universidad Abierta Interamericana



**FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD  
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

**Trabajo Final:  
EJERCICIO PREVENTIVO DEL PIE DIABÉTICO**

**Autor:  
Marcos E. Chauvie**

**Tutor:  
Dr. Gabriel Neyro**

**Asesora metodológica:  
Lic. Beatriz Crespo**

*Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.  
Año 2022.*

## ***Dedicatoria:***

A mi esposa: Anabela, por ser el apoyo incondicional en mi vida, y quien me acompañó durante toda mi formación académica. Con su amor, sostén y respaldo, alcanzamos nuestros objetivos y sueños.

A mis hijos: Joaquín y Agustín.

A mis padres, abuelos y bisabuelos por haberme motivado a transitar este camino, de igual forma que mis tíos y suegros.

## ***Agradecimientos:***

Al Dr. Gabriel Neyro por su excelente predisposición durante el transcurso de la tutoría para elaborar el presente Trabajo Final.

A todo el plantel docente y administrativo de la Universidad Abierta Interamericana, perteneciente a la Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría por su gran inspiración para ejercer como profesionales de la salud con gran dedicación y vocación de servicio.

A mis compañeros de cursada.

# ÍNDICE GENERAL

<b>Resumen</b> .....	<b>6</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>8</b>
<b>Objetivo general</b> .....	<b>9</b>
<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>9</b>
<b>Marco conceptual</b> .....	<b>10</b>
Diabetes Mellitus .....	10
Pie diabético.....	11
Clasificación de Wagner .....	12
Fisiopatología.....	13
Factores predisponentes .....	14
Factores desencadenantes .....	14
Manifestaciones clínicas del pie diabético.....	16
Fisiopatología de las úlceras.....	22
Trastornos de la cicatrización en el paciente diabético .....	25
<b>Aspectos flebológicos en los pacientes diabéticos</b> .....	<b>26</b>
Fisiopatología.....	26
Manifestaciones clínicas .....	28
Clasificación de las úlceras .....	28
Diagnostico .....	30
Patologías desencadenantes del Pie diabético .....	31
Prevención primaria del pie diabético.....	34
Higiene .....	37
Vestimenta .....	38
Calzado .....	38

Actividades de prevención sobre el calzado .....	40
Alteraciones biomecánicas del pie .....	42
Ejercicio físico en pacientes diabéticos Tipo II .....	45
Prevención primaria del pie diabético.....	24
¿Cuál es el papel del Kinesiólogo en el abordaje del paciente diabético?.....	49
Protocolo para la elaboración de programas de actividad física para pacientes diabéticos.....	50
Acondicionamiento muscular .....	52
Contraindicaciones.....	54
Evaluación médica en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2 .....	57
Cuidados pre-ejercicios.....	59
Dosificación.....	61
Ejercicios miofasciocinéticos.....	66
Ejercicio de Buerguer-Allen.....	68
Ejercicios fuerza.....	70
Propuesta metodológica de ejercicios.....	72
<b>Diseño metodológico .....</b>	<b>75</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>78</b>
Beneficios del ejercicio físico en el diabético .....	79
Riesgos del ejercicio físico en el diabético .....	80
Prevención de las hipoglucemias durante el ejercicio .....	84
¿Por qué es tan importante prevenir -prevención primaria- el pie diabético?.....	86
<b>Conclusión .....</b>	<b>89</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>95</b>

## RESUMEN

El pie diabético es una de las complicaciones más frecuentes de la Diabetes Mellitus Tipo 2 y es una de las mayores causas de discapacidad por amputación, generando una importante repercusión a nivel psicológico y social del individuo. Los diabéticos poseen un potencial riesgo de sufrir una lesión cutánea en los pies, que podría llegar a evolucionar en una úlcera en el caso de no ser detectada a tiempo.

El presente trabajo es una Revisión de la literatura científica, donde se analizaron los efectos del ejercicio físico supervisado, gradual y planificado en los pacientes diabéticos con el objetivo de realizar una prevención primaria del Pie diabético. Se describieron las características y las distintas clasificaciones de ejercicios físicos en pacientes adultos, logrando identificar las distintas dosificaciones de los ejercicios, destinado a modificar los todos factores predisponentes la aparición del pie diabético. Se detallaron los tipos de ejercicios y sus características para dirigidas y planificadas que deben realizar la población que nos ocupa. Estos ejercicios deben ser realizados con un objetivo global (ejercicio aeróbico sistémico) y local.

Estos pacientes presentan alteraciones sensitivas (no perciben que han sufrido, ni que padece una lesión) que predisponen la aparición de la mencionada úlcera, además produce debilidad en las estructuras del pie, ocasionando deformidades en sus estructuras. Estas alteraciones sensitivas suelen ser complicaciones de las alteraciones circulatorias periféricas. La actividad física debe destinarse a los sistemas circulatorios (arterial, venosa y linfática) y ósteo-artro-muscular del pie.

Por lo tanto, el ejercicio debe ser planificado y aplicado con el objetivo de evitar las complicaciones t descriptas en el presente trabajo; y además generará beneficios en el bienestar general del sujeto. Se deben realizar ejercicios que favorezcan la circulación sanguínea, linfática y el retorno venoso.

### **Palabras clave:**

Pie diabético - Ejercicio – Diabetes Mellitus tipo 2 – prevención- úlcera diabética.

## INTRODUCCIÓN

El pie de diabético es uno de los peores cuadros clínicos al que podría evolucionar los pacientes que padecen Diabetes Mellitus Tipo 2, y que suele culminar con uno de los peores de los pronósticos: La amputación del miembro. El pie diabético es secundario a una úlcera que se produce en el pie.

Estos pacientes son descuidados (no se han realizado chequeos clínicos en un largo tiempo), añosos, con sobre peso, escasa experiencia deportiva o de entrenamiento, y sedentarios. Por lo dicho, se encuentran padeciendo Diabetes de muy larga evolución, sin haber sido diagnosticados.

Estos pacientes podrían poseer alteraciones sensitivas, es decir que el paciente no percibe si llegará a presentar una solución de continuidad.

El presente trabajo busca concientizar a la población en general la gravedad de padecer Diabetes Mellitus Tipo 2, y cómo con simples movimientos (actividad física) se logra modificar los factores predisponentes, y disminuir lo mayor posible la aparición de una úlcera.

Los profesionales de salud -sin importar título ni incumbencia- deberían realizar los pasos semiológicos correspondientes para detectar lesiones en el pie, y cómo educar al paciente y a su familia de los cuidados, auto examinarse, cómo higienizarse, comprar calzado y calcetines.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Organización Mundial de la Salud estima que el número de adultos con diabetes casi se ha cuadruplicado desde 1980, siendo de 108 millones en ese año y de 422 millones en el año 2014; registrando una prevalencia mundial de un 8,5% en adultos. Además, la mitad de esas personas no son conscientes de su condición de enfermos. El pie representa uno de las principales complicaciones del paciente diabético, siendo las úlceras una de las lesiones más recurrentes. Dichas ulceraciones se originan por pequeños traumatismos repetidos sobre un pie con compromiso de la sensibilidad y de la vascularización; cuya evolución final del cuadro puede concluir en amputación del segmento corporal afectado.

El 15% del total de los pacientes diabéticos presentarán al menos una úlcera a lo largo de su vida, es decir, tendrán un alto riesgo de padecer pie diabético. Es decir, entre el 14 y el 24% de los pacientes diabéticos con úlceras en los pies requerirán cirugía de amputación, siendo la diabetes la causa más frecuente de amputación no traumática en los miembros inferiores (entre un 45 y un 83 %).

El pie diabético es una complicación de la diabetes, de origen multifactorial y constituye una de las principales causas de discapacidad, con importante repercusión a nivel psicológico y social del individuo. Por eso, la prevención primaria es el mejor método para evitar esta complicación; especialmente desde la prescripción de ejercicio físico.

## **Objetivo general:**

- Revisar la efectividad de la prevención primaria de pie diabético a través de la realización de ejercicio físico y su alcance a la comunidad.

## **Objetivos específicos:**

- Describir las características y distintas clasificaciones de ejercicios físicos para prevención primaria de pie diabético en pacientes adultos.
- Identificar las distintas dosificaciones de ejercicio físico terapéutico preventivo para pie diabético en pacientes adultos con factores predisponentes.
- Evaluar la eficacia del ejercicio físico como instrumento de prevención primaria de pie diabético en pacientes adultos que padecen Diabetes Mellitus.

## MARCO CONCEPTUAL

### **Diabetes Mellitus:**

#### **Definición:**

La Organización Mundial de la Salud define diabetes como una enfermedad crónica, de origen multifactorial, que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza la insulina que produce de manera eficaz. La insulina es una hormona sintetizada en el páncreas, que regula las concentraciones de glucosa en sangre; es decir la glucemia.

La diabetes mellitus comprende un grupo de trastornos metabólicos frecuentes que comparten el fenotipo de la hiperglucemia. Los factores que contribuyen a la hiperglucemia son deficiencia de la secreción de insulina, disminución de la utilización de glucosa o aumento de la producción de la misma. Estos trastornos metabólicos provocan alteraciones fisiopatológicas secundarias en muchos sistemas orgánicos, desencadenando, a largo plazo enfermedades vasculares periféricas, neuropatías, nefropatías, retinopatías y cardiopatías.

#### **Epidemiología:**

La prevalencia mundial de la diabetes mellitus ha incrementado significativamente en los últimos 20 años; en 1985 se calculaba que había 30 millones de casos, mientras que en el año 2010 se calculó en 285 millones. La Federación Internacional de Diabetes (International Diabetes Federation) estima que, en el año 2030 habrá 438 millones de casos; por lo que esta enfermedad se ha convertido en la séptima causa de muerte a nivel mundial.

Su elevada incidencia y prevalencia se debe a cambios epidemiológicos, aumento de peso corporal causado por sobrealimentación e inactividad física; y el incremento de la esperanza de vida, así como control inapropiado de la diabetes y de los factores de riesgo.

La prevalencia de diabetes tipos 1 y 2 aumenta a nivel mundial, pero la del tipo 2 lo hace con mayor rapidez, al parecer por el incremento en la fre-

cuencia de obesidad y la disminución de actividad física conforme se industrializa un número cada vez mayor de países.

Casi 1.6 millones de personas (>20 años) se diagnosticaron por primera vez con diabetes en 2010. La frecuencia del trastorno aumenta con el envejecimiento.

La diabetes es la causa principal de muerte, pero algunos estudios indican que es probable que esta enfermedad no sea notificada con la frecuencia debida como causa de fallecimiento. En Estados Unidos, en el 2007 la diabetes ocupó el séptimo lugar como causa de muerte y el 7% de las muertes a nivel mundial fueron atribuidas a diabetes.

Las principales causas de la aparición de diabetes son: inactividad física, consumo de tabaco y alcohol, y malos hábitos nutricionales.

### **Pie diabético:**

#### **Definición:**

El pie diabético, según el Consenso Internacional sobre Pie Diabético es una infección, ulceración o destrucción de los tejidos profundos relacionados con alteraciones neurológicas y distintos grados de enfermedad vascular periférica en las extremidades inferiores que afecta a pacientes con diabetes mellitus.

Es importante remarcar que no debe confundirse “pie diabético” con el pie de una persona diabética, ya que no todos los diabéticos desarrollan esta complicación que depende en gran medida del control que se tenga de la enfermedad, de los factores intrínsecos y ambientales asociados al paciente y en definitiva del estado evolutivo de la patología de base.

#### **Epidemiología:**

El pie diabético es uno de los problemas más frecuentes y devastadores de la DM, dado que casi siempre está acompañado por el riesgo de perder la extremidad. Por otra parte, una de cada cinco hospitalizaciones es por problemas del pie y, además, termina siendo prolongada. Es muy importante destacar, que el riesgo de amputación en pacientes diabéticos es 15 veces

mayor que en caso de no existir la enfermedad. De las amputaciones no traumáticas, el 50% son en pacientes diabéticos.

### **Cuadro clínico:**

El pie diabético, por un síndrome que presenta demasiadas complicaciones, lo que implica problemas de definición. Según la Organización Mundial de la Salud es la infección, ulceración y destrucción de tejidos profundos de la extremidad inferior, relacionadas con trastornos neurológicos y diversos grados de enfermedad vascular periférica.

### **Clasificación:**

Existen diversas clasificaciones, elaboradas con enfoques diferentes; debido a la complejidad clínica que presenta el pie diabético. Día a día aparecen múltiples que variables, que contribuyen a la toma de decisiones en el tratamiento o en la prevención, y así lograr reducir la gravedad del problema o emitir un pronóstico.

En el presente trabajo, nos centramos en la clasificación de **Wagner**, ya que es la más difundida y utilizada en el mundo.

#### **❖ Clasificación de Wagner**

La clasificación de Wagner, como mencionamos anteriormente, es la clasificación más difundida y utilizada en el mundo, pero podríamos mencionar que es la más imprecisa debido a su por su flexibilidad, ya que no permite identificar la etiología de la lesión. Por ello, los especialistas que la utilizan, optan por agregar si es de predominio vascular, neuropático o mixto.

La clasificación de Wagner define seis grados de lesión, según la gravedad del daño que sufran los tejidos del pie (Cuadro N° 1).

Nosotros -en nuestro rol de kinesiólogos- centraremos nuestro estudio en el Grado 0, dado que no existen ninguna lesión tisular, pero debemos establecer un programa de prevención primaria porque no existe lesión y el paciente no presenta pie diabético. Sin embargo, todo paciente diabético presenta riesgo de padecerlo.

<b>Clasificación de Wagner</b>		
<b>Grado</b>	<b>Lesión</b>	<b>Características</b>
0	Ninguna	“Pie de riesgo”, callos gruesos, cabezas de metatarsianos prominentes, dedos en garra, deformidades óseas.
1	Úlceras superficiales	Destrucción del espesor total de la piel.
2	Úlcera profunda	Penetra piel, grasa, ligamentos sin afectar hueso. Infeccionada.
3	Úlcera profunda más absceso (osteomielitis)	Extensa y profunda, secreción, mal olor.
4	Gangrena limitada	Necrosis distal del pie.
5	Gangrena extensa	Todo el pie afectado.

**Cuadro N° 1:** Nótese en la Clasificación de Wagner, que establece el Grado de gravedad de la lesión según el daño tisular que posea el pie.

Es de suma importancia destacar, que el Grado 1 de lesión, también es nuestra incumbencia, dado que, al visualizar una lesión tisular en el pie, debemos suspender la actividad física y derivar inmediatamente al paciente a su médico tratante. Además, en los pacientes que posean estas lesiones en sus pies, la actividad física está totalmente contraindicada.

## **Fisiopatología**

Es necesario conocer la fisiopatología de las lesiones del pie, para lograr establecer el protocolo de prevención para el pie diabético. Sin embargo, el desconocimiento ha generado un enfoque incorrecto de la atención del pie diabético, ya que, erróneamente se catalogaba como una patología vascular, siendo en este caso, representa un 15% de los casos estudiados.

## **Etiología**

La etiología del Pie Diabético está determinada por *factores predisponentes, factores desencadenantes y factores agravantes:*

### **a) Factores predisponentes:**

Son aquellos que determinan el riesgo que posee un enfermo diabético de sufrir una lesión tisular.

La etapa inicial del pie diabético comienza por la combinación de una atrofia progresiva en musculatura del pie y sequedad en la piel asociada con isquemia. En esta situación, cualquier tipo de traumatismo dará lugar a una úlcera.

El primer síntoma es la disminución de la sensibilidad. En las etapas iniciales, la primera afectación se produce en la sensibilidad profunda y luego en la sensibilidad táctil superficial, dolorosa y térmica. La combinación de esos elementos ocasiona acortamiento en los tendones, generando una alteración en la distribución de carga que soporta el pie.

A nivel osteoarticular, son muy frecuentes la aparición de dedos en garra o en martillo, junto con el engrosamiento de la piel del pie, dando como resultado una restricción en la movilidad articular.

Por último, las arterias de mediano y gran calibre pueden afectarse por la isquemia, dado que sufren una calcificación; y por lo tanto, se produce una alteración en la presión arterial a nivel de las arterias tibiales.

### **b) Factores desencadenantes:**

Se produce por un traumatismo mecánico, ocasionando soluciones de continuidad en la piel, aparición de úlcera o necrosis del tejido.

La aparición de la lesión dependerá de:

- Nivel de respuesta sensitiva o del aumento del umbral de dolor.
- Tipo de foco aplicado, magnitud y duración del mismo.
- Capacidad de los tejidos para resistir la fuente de agresión externa.

Los factores desencadenantes pueden ser de tipo extrínseco o intrínseco.

**b.1) Extrínsecos:** Son de tipo traumático y son de origen mecánico, térmico y químico.

El *traumatismo mecánico* es causado por calzados mal ajustados y es el factor precipitante más importante, llegando a ocasionar hasta el 50% de nuevos casos de todos los tipos de úlcera.

El *traumatismo térmico* generalmente se produce al introducir el pie en agua a temperatura excesivamente elevada; uso de mantas eléctricas o bolsas de agua caliente, dejar los pies cerca de una fuente de calor como una estufa; andar descalzo por la arena caliente, o de no proteger los pies adecuadamente a temperaturas bajas. Es por ello, que es muy importante concientizar y educar al paciente, de lo importante que es tener todos recaudos correspondientes.

El *traumatismo químico* se produce por el uso inadecuado de agentes queratolíticos, cuyo máximo exponente es el ácido salicílico, que se suele cristalizar en forma de agujas y así lesionar la piel.

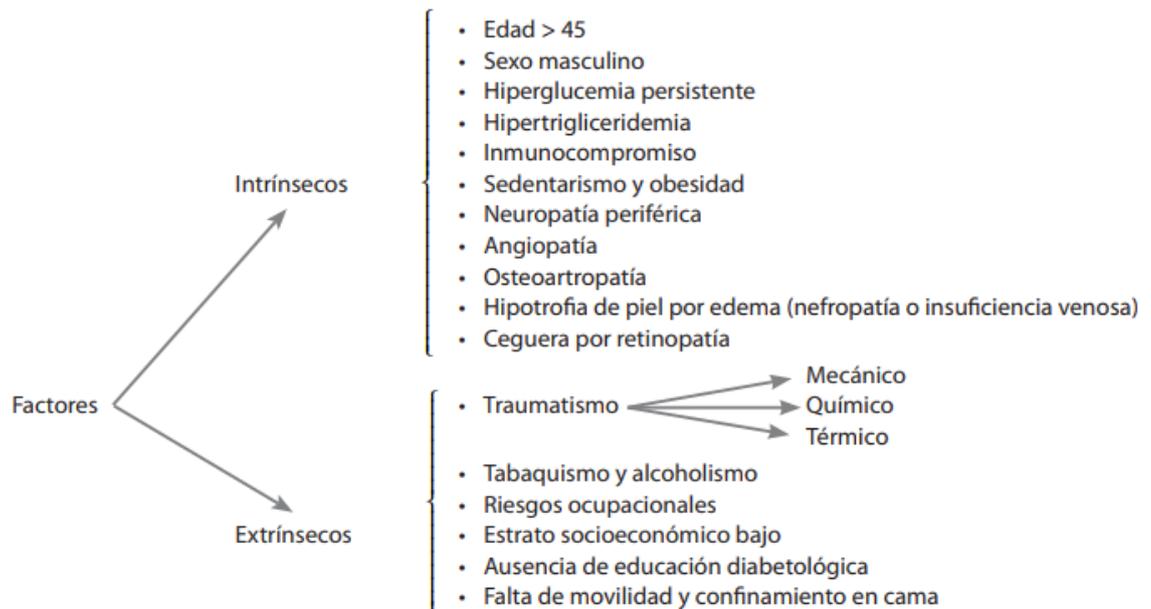
Debemos mencionar que los factores extrínsecos son modificables, y debemos educar y concientizar al individuo para que asimile una conducta de autocuidado. Por ejemplo, más adelante expondremos cómo se debe higienizar los pies.

**b.2) Intrínsecos:** en este apartado incluimos cualquier deformidad del pie, por ejemplo, dedos en martillo y en garra, hallux valgus, artropatía de Charcot o cualquier limitación en la movilidad articular.

Estos agentes condicionan un aumento de la presión plantar máxima en la zona, ocasionando la formación de callosidades, que pueden devenir en lesiones preulcerosas.

En la Figura N° 1, se encuentran los factores *intrínsecos* y *extrínsecos* enumerados.

**c) Factores agravantes:** son aquellos que facilitan la aparición de complicaciones y producen retraso de cicatrización.



**Figura Nº 1:** Se observan los factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos; estos últimos son modificables por parte del paciente.

### **Manifestaciones clínicas del pie diabético:**

- a. Úlceras.
- b. Pie artropático o artropatía de Charcot.
- c. Necrosis cutánea.
- d. Celulitis y linfangitis.
- e. Infección necrosante de tejidos blandos.
- f. Osteomielitis.

a. las úlceras pueden infectarse por distintos tipos de microorganismos, por ejemplo: estafilococos y estreptococos, entre otros. En caso de que las úlceras sean profundas, se hayan organismos aerobios y anaerobios como *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens*. Estos microorganismos pueden llegar a invadir los tejidos profundos ocasionando cuadros como celulitis y artritis séptica.

Las úlceras pueden clasificarse en:

1) Úlcera neuropática:

Es una ulceración en un punto de presión o deformación del pie. Presenta tres localizaciones principales: primer y quinto metatarsiano (porción distal); y en el calcáneo (extremo posterior).

Son ulceraciones de forma redondeada, con callosidad periulcerosa e indolora. Respecto a la perfusión arterial, los pulsos tibiales se encuentran presentes.

2) Úlcera neuroisquémica:

En esta etapa, se produce necrosis, que inicialmente es seca y generalmente se localiza en la cara laterodigital. Suele progresar rápidamente a húmeda y supurativa.

Los pulsos tibiales suelen estar abolidos y existe neuropatía previa asociada a desencadenar el cuadro clínico.

b. El pie artropático o artropatía de Charcot es una enfermedad que afecta huesos, articulaciones y tejidos blandos de los pies y tobillos. Es desencadenado por el daño a las terminales sensitivas de los pies debido a la diabetes u otras lesiones en los nervios.

La artropatía de Charcot se define por la presencia de subluxación plantar del tarso y pérdida de la concavidad medial del pie causada por el desplazamiento de la articulación calcaneoastragalina, asociada o no con luxación tarsometatarsiana.

Se produce como consecuencia directa de microtraumatismos durante un tiempo prolongado sobre la estructura ósea del pie ocasionando atrofia en la zona. En la primera fase, se presenta eritema, aumento de la temperatura cutánea y edema. Si observamos una Radiografía, se observan deformidades en las estructuras óseas, luxación tarsometatarsiana y subluxación plantar del tarso. Esta artropatía, presenta una alta prevalencia a las úlceras asociadas.



**Imagen N° 1:** Se visualiza la comparación de un pie normal con un pie que ha sido diagnosticado con Artropatía de Charcot.



**Imagen N° 2:** La radiografía muestra varias fracturas y dislocación del primer metatarsiano.



**Imagen Nº 3:**

En la fotografía anterior, se observa (Izquierda) que este paciente padece Artropatía de Charcot del tobillo y que ha desarrollado una deformidad que pone presión anormal en la cara externa del tobillo durante la bipedestación. En la imagen derecha, la presión excesiva en la cara externa del tobillo, desarrollando una úlcera, de difícil tratamiento y que podría desencadenar en el peor de los cuadros clínicos: la amputación.

c. La necrosis cutánea se define como la muerte patológica de un conjunto de células o de cualquier tipo de tejido del organismo, debido a que un agente nocivo ha provocado una lesión tan grave que no se puede curar o reparar. Estas lesiones, por ejemplo, son generadas por: aporte insuficiente de sangre al tejido (isquemia) o un traumatismo. Cabe destacar, que una vez producida y desarrollada la necrosis, es irreversible.

Al presentarse áreas extensas de muerte tisular debido a la falta de suministro de sangre y presentan infección bacteriana asociada y descomposición, se denomina gangrena.

La necrosis cutánea se presenta clínicamente con decoloración azul, violácea o negra, con pérdida de sensibilidad luego de un dolor intenso en el área y secreción maloliente. Suele estar cubierta por una escara necrótica, es decir, una necrosis circunscrita del tejido que se presenta a modo de una placa de color negro, de límites netos, dura y adherida.



Imagen N° 4:

d. Celulitis y linfangitis: son consecuencias de la infección de una úlcera a nivel local o que se propague por vía linfática. La linfangitis se caracteriza por el desarrollo de líneas eritematosas que ascienden por el dorso del pie y la pierna.

La linfangitis y la celulitis se suelen producir por infecciones producidas por gram positivos, llegando a causar fiebre y leucocitosis y en casos muy extremos pueden llegar a ser causa de shock séptico.



**Imagen N° 4:**



**Imagen N° 5:**

e. Infección necrosante de tejidos blandos: se produce cuando la infección sobrepasa el nivel subcutáneo involucrando espacios subfasciales, tendones y vainas tendinosas, tejido muscular, etc. Suelen ser polimicrobianas y a menudo están implicados gérmenes anaerobios.



Imagen Nº 6:

f. La osteomielitis es una infección del tejido óseo, causado por gérmenes y bacterias. Es el estadio final del pie diabético, previo a la amputación del miembro convaleciente.

Su localización más frecuente es en el primero, segundo y quinto dedo. Puede cursar de forma sintomática, pero también se puede presentar de forma asintomática y sin signos inflamatorios, por lo que es difícil establecer su diagnóstico diferencial con la artropatía no séptica.

### **Fisiopatología de las úlceras:**

Por definición, la diabetes mellitus se define por la presencia de la hiperglucemia persistente, que da como resultado un daño neuropático del endotelio vascular, de las capas arteriales y de la actividad inmunológica.

La **neuropatía sensitiva y motora o autonómica**; que junto con la isquemia, la infección y el edema, generan condiciones adversas para el desarrollo de una úlcera.

La **neuropatía sensitiva y motora** causa insensibilidad y disminución de la propiocepción, por lo tanto se produce la pérdida de la percepción del dolor, el cual es un importante mecanismo de protección y alarma ante un daño tisular. La propiocepción permite conocer la actitud del pie en reposo y durante la marcha en todo momento. La pérdida del tono muscular a causa

de la neuropatía motora, que producen contracturas musculares en ciertas áreas y debilidad en otras.

Desde la Biomecánica, se pierde paulatinamente el equilibrio de las fuerzas extensoras y flexoras del pie, hasta provocar la deformación conocida como “en garra” (imagen N° 7), es decir, el pie cambia su configuración y pierde los puntos de apoyo normales para la bipedestación y la marcha.



Imagen N° 7:

Los puntos de apoyo anormales se localizan en prominencias las óseas del metatarso. Los pies con atrofas musculares neuropáticas son más susceptibles a la deformación por calzado inadecuado, de modo que se produce presión de un ortejo sobre otro y la consiguiente formación de las úlceras.

La **neuropatía autonómica** genera un pie seco, debido al cese de la sudoración del pie que es regulada por esta vía nerviosa, y que además, si se combinase con hongos, incrementa la propensión a los agrietamientos de la piel. Es decir, se producen soluciones de continuidad de la piel del pie, siendo una zona propensa a producirse infección.

Si se presentan ambos trastornos neurológicos, el pie de los pacientes diabéticos se torna muy susceptible a ulceraciones, por lo que ante el menor traumatismo (de origen químico, físico, mecánico o térmico) es inevitable la presencia de una lesión, que por lo general se infecta y se ulcera.

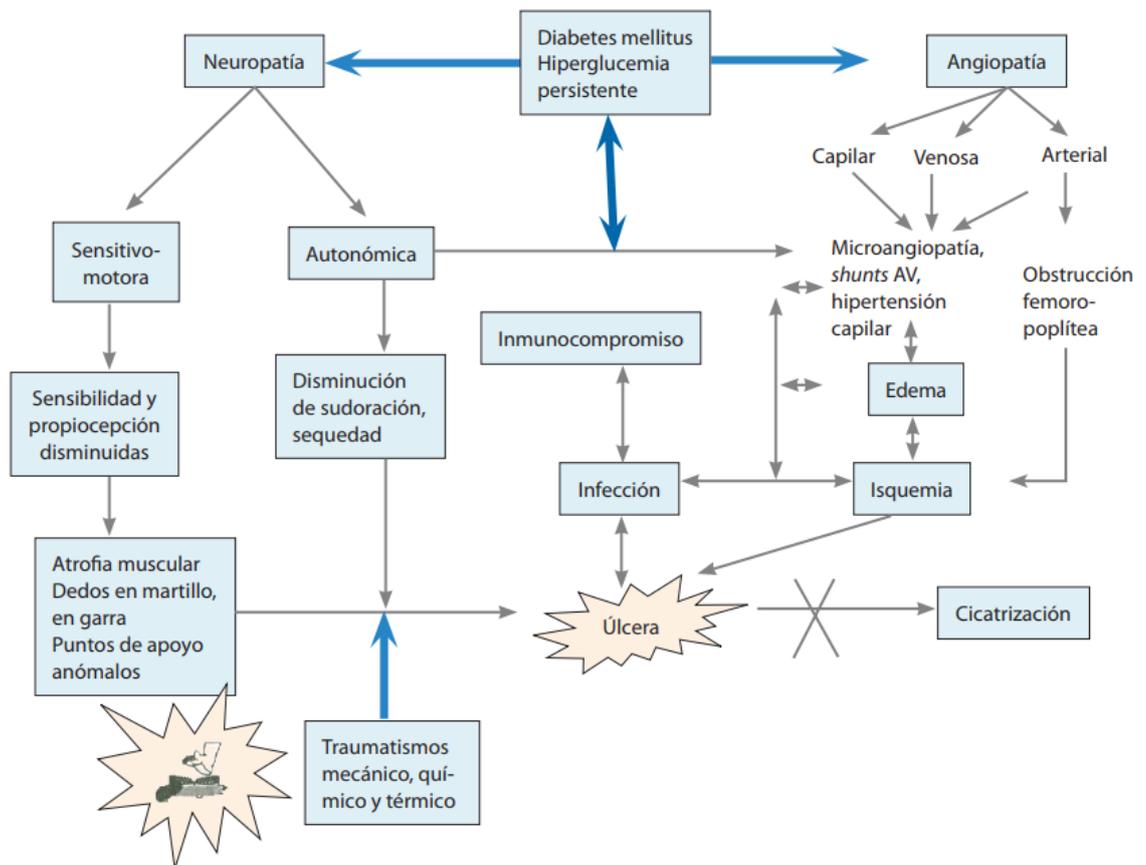
La neuropatía periférica en las arteriolas genera cortocircuitos arteriovenosos. Esto se encuadra dentro de la clasificación de patologías denominadas angiopatías, la cual se define como una afectación de los vasos sanguí-

neos en el entorno arterial, venoso y capilar, que produce isquemia del pie en la zona afectada.

La insuficiencia venosa y la afección capilar por infección generan edema, que comprimen nervios, arterias; y por lo tanto exacerba la neuropatía y la isquemia, desencadenando la hipoxia de los tejidos.

Los puentes arteriovenosos se relacionan directamente con el grado de neuropatía autonómica, sobre todo en los casos de neuropatía sensitiva y motora avanzada. Como consecuencia en el pie del paciente diabético, se presenta la gangrena o la cronicidad de las úlceras neuropáticas. Esto explica que el componente sea mixto a pesar del predominio neuropático.

La isquemia favorece la persistencia o el incremento de la sepsis, pues impide la óptima oxigenación de los tejidos y el correcto flujo sanguíneo en el sitio de la lesión; lo que indica que al resolverse el edema, la cicatrización mejora.



**Figura Nº 2:** Martínez de Jesús, F. (2010). Nótese que la hiperglucemia persistente desencadena las Neuropatías y Angiopatías, predisponiendo la aparición de la Úlcera.

## **Trastornos de la cicatrización en el paciente diabético:**

La cicatrización en el paciente diabético puede o no ser anómala, y que caso de presentar una herida, esta puede tornarse crónica y no cerrar.

La cicatrización anormal es un aspecto clínico importante del paciente con diabetes mellitus, y si bien es fácil suponer que esta falla se debe a la microangiopatía del diabético, tiene relación con múltiples factores, siendo los más importantes: la imposibilidad de que se produzca una respuesta inflamatoria adecuada y una angiogénesis deficiente.

Actualmente se desconoce la relación entre el control metabólico y la cicatrización, que suele describirse como un proceso lento y de escasa resistencia, y además posee una elevada incidencia de infecciones.

El óxido nítrico se sintetiza hacia el final de la fase inflamatoria a partir de la sintasa inducible de óxido nítrico, estimulada por una elevación en las concentraciones de interleucina 1 y el factor de necrosis tumoral alfa. En la fase inflamatoria, es bactericida (especialmente contra *Staphylococcus aureus*), y también estimula la vasodilatación. En la fase proliferativa, las células endoteliales sintetizan óxido nítrico como respuesta a la hipoxia. A su vez, el óxido nítrico estimula la proliferación de células endoteliales y queratinocitos. También se ha demostrado que el óxido nítrico protege a las células endoteliales de la apoptosis, además, desempeña una función crucial en la angiogénesis. En el paciente diabético se observa un déficit en el funcionamiento de la sintasa endotelial de óxido nítrico, de tal forma que las células endoteliales progenitoras no pueden ser movilizadas de la médula ósea al tejido afectado.

Por último, además de la disminución de la respuesta inflamatoria, el paciente diabético presenta macroangiopatía y microangiopatía. Las deficiencias de la microcirculación aparecen precozmente en la enfermedad; incluyen reducción en el tamaño de los capilares y engrosamiento de la membrana basal, además de hialinosis arteriolar. El engrosamiento de la membrana basal interfiere con procesos fisiológicos como la migración leucocitaria y disminuye la capacidad de hiperemia. Por otra parte, se relaciona con disfunción endotelial, que conlleva deficiencias del funcionamiento de la sintasa endotelial del óxido nítrico.

## **Aspectos flebológicos en los pacientes diabéticos:**

El pie diabético es una patología que tiene consecuencias en los sistemas circulatorio y neurológico; sin embargo, se ha encontrado que el sistema venoso tiene un papel muy importante en el cuadro clínico, la evolución y el tratamiento de este padecimiento.

La insuficiencia venosa es una enfermedad progresiva que empeora gradualmente y va desde síntomas leves hasta situaciones graves, evolucionando en úlceras, afectando la calidad de vida.

### **FISIOPATOLOGÍA**

Para entender la patología circulatoria, no debemos omitir integrar los aspectos básicos de la microcirculación arterial, venosa y linfática; y el papel que juegan las células sanguíneas, el endotelio y la interacción entre ambos. En los últimos años se ha estudiado las interacciones entre los leucocitos y la pared vascular, siendo los granulocitos (leucocitos) de mayor influencia, que mantienen interacción con el endotelio. Debido a la estasis venosa, los leucocitos son atrapados al nivel anatómico de la microcirculación y se trasladan hacia la periferia del flujo laminar sanguíneo para luego rodar y adherirse a lo largo de la pared endotelial del capilar. Al mismo tiempo las células endoteliales, así como los leucocitos, comienzan a secretar moléculas de adhesión como consecuencia de un proceso de activación que puede ser una respuesta frente a la fuerza de roce. Posteriormente, mediante la secreción de las moléculas de adhesión, los leucocitos se adhieren fuertemente al endotelio capilar. Esto va seguido de la migración de los leucocitos atrapados a través de la pared capilar hacia el espacio intersticial.

Esta migración de los leucocitos determina la liberación de mediadores de la inflamación, como la histamina, la bradicinina y el factor activador plaquetario, que aumentan dramáticamente la permeabilidad de la pared capilar y determinan así un aumento en la fuga de líquido y la extravasación plasmática hacia el espacio intersticial.

Debido a esta importante extravasación mixta, plasmática y celular, el líquido comienza a acumularse en el espacio intersticial, dando como resultado una congestión progresiva al espacio extravascular. En condiciones normales, el sistema linfático traslada este líquido desde el espacio intersticial hacia los colectores linfáticos. Cabe destacar, que el sistema linfático tiene un papel fundamental que no puede ser realizado por los capilares: trasladar moléculas proteicas y partículas de gran tamaño desde el espacio intersticial.

En los estadios iniciales de la insuficiencia venosa, el índice de filtración no es importante y puede ser compensado por el drenaje linfático, ya que la acumulación de líquido en el espacio intersticial es soportada por el sistema linfático, en condiciones normales. Sin embargo, una vez que el índice de filtración supera el retorno linfático, el sistema ya no es capaz de garantizar totalmente la evacuación del líquido, se presenta el edema.

Como consecuencia de ello, se observa un gradiente entre la filtración capilar y el drenaje linfático: la producción del líquido y el transporte del mismo, que conduce a la tumefacción de los tejidos, generando un edema molesto y sintomático.

La hipertensión venosa se asocia con un aumento de la presión transcapilar y genera edema perineural, es decir **neuropatía periférica**, debido a la disminución del flujo sanguíneo neural; dando como resultado daño neural por isquemia.

Los pacientes con IVC (Insuficiencia Venosa Crónica) pueden presentar disestesias, parestesias, dolores y calambres. La isquemia que sufre el nervio tiene gran importancia en la aparición de estos síntomas.

En un estudio realizado por el Dr. E. Gozke en 65 piernas, en el cual 35 pacientes con insuficiencia venosa crónica fueron comparados con 30 personas sanas. Se encontró una alteración motora o sensitiva (o de ambos tipos) en los nervios peroneo, tibial y sural.

## **MANIFESTACIONES CLÍNICAS**

Dentro de los signos y síntomas más frecuentes de la enfermedad venosa se encuentra el dolor como principal motivo de consulta, que puede ir de leve a grave, agudo y crónico. Además, suele estar presente el edema, por lo que es importante hacer un buen diagnóstico diferencial para dar el tratamiento adecuado. Cuando el paciente diabético presenta claudicación venosa, se debe un estudio más detallado para clasificar si es de origen venoso o arterial.

### **Lipodermatoesclerosis:**

Se le considera el desencadenante de la úlcera, donde ya están involucrados la piel y el tejido graso.

Para determinar el origen de una úlcera es necesario hacer un buen diagnóstico diferencial entre aquellas de origen arterial, venoso, neuropático o mixto, tomando en cuenta su localización y las características propias de cada una (tamaño, tiempo de evolución y el número de lesiones) y su incidencia.

Los bordes de la úlcera venosa son suaves, de color violáceo y brillante. El color del fondo de la úlcera depende del estado en que se encuentre y de su cronicidad. En la mayoría de los casos es color rojo, reflejando la congestión, con abundante tejido de granulación, amarillento o con costras hemáticas secreción purulenta y muy dolorosa si presenta infección agregada.

La úlcera se localiza en el área perimaleolar media, preferentemente en la región interna del tercio inferior de la pierna.

### **Clasificación de úlceras:**

La úlcera es una lesión cutánea por pérdida de sustancia, de extensión y profundidad variable, y puede ser de origen espontánea o secundaria, se localiza en el tercio distal de la pierna y desafortunadamente es cronificada en el tiempo. Se considera que entre 85 y 90% de todas las úlceras de la extremidad inferior son de etiología venosa, 5% de etiología arterial, 5% pueden ser mixtas (arterial y venosa) y otro 5% de otras causas (neuropatía diabética, artritis reumatoide, neoplásicas, etcétera).

### **Clasificación etiológica:**

Por todo investigado hasta aquí, podemos afirmar que el agente etiológico de las úlceras es multicausal, es decir de origen:

- De origen venoso.
- De origen arterial.
- De origen neuropático.

El hecho de clasificar las úlceras según su etiopatogenia, además de ser importante a la hora de aplicar un tratamiento correcto, es sumamente importante a la hora de realizar actividades de prevención primaria para indicar a los pacientes de riesgo y transmitirles a los pacientes los factores de riesgo y agravantes.

### **Clasificación según el nivel de riesgo:**

- *Riesgo bajo:* Sin factores de riesgo. Se debe controlar anualmente y tiene que recibir indicaciones del profesional de cómo prevenir la lesión ulceroosa.
- *Riesgo moderado:* Alteración de apoyo del apoyo plantar. Debe asistir al control médico cada seis meses.
- *Riesgo alto:* Alteración del apoyo plantar, sumado a padecer neuropatía o vasculopatía. El paciente se debe realizar control metabólico y ser evaluado cada tres meses.
- *Riesgo muy alto:* lo presenta aquel paciente que en su historial clínico posee antecedentes de úlceras o amputación previa, o lesión preulceroosa. El paciente se debe realizar controles metabólicos muy estrictos y evaluación mensual o cada 15 días.

Por todo lo enunciado hasta aquí, la prevención del pie diabético en su totalidad, no estaría completa si no se tienen en cuenta los aspectos flebológicos, dado que se encuentran presentes en la mayoría de los casos.

## **Diagnostico:**

En nuestra labor diaria como agentes de salud, debemos conocer los signos clínicos que presenta el pie diabético, para realizar inmediatamente la derivación al galeno tratante.

Los signos clínicos podemos detectarlos mediante la clínica y la exploración física. La evaluación de la isquemia es un sistema útil que empieza con la palpación de los pulsos periféricos.

Los signos clínicos de los pacientes diabéticos no son tan evidentes como en los no diabéticos; sobre todo en el caso de infección, ya que los estudios de laboratorio no reflejan la gravedad de la infección, como en los pacientes no diabéticos.

En todos los afectados por el pie diabético se deben evaluar inicial y subsecuentemente, los 10 factores de la clasificación de San Elián, quien publicó el “**Protocolo diagnóstico del Centro de Prevención y Salvamento del Pie Diabético San Elián**”, determinando lo siguiente: 1) localización de la zona inicial de la herida; 2) aspecto anatómico afectado; 3) número de zonas afectadas; 4) isquemia; 5) infección; 6) edema; 7) neuropatía; 8) profundidad; 9) área, y 10) fase de cicatrización.

Las manifestaciones clínicas vasculares son a) claudicación intermitente, b) dolor en reposo y c) signos clínicos:

a) **Claudicación intermitente:** se considera como el dolor que se presenta con el ejercicio físico, aunque también puede presentarse como debilidad o calambres.

La claudicación intermitente se relaciona directamente con el grado de estenosis arterial, con la disminución del aporte sanguíneo que produce dicha estenosis y con las demandas que en ese momento tenga la extremidad afectada.

b) **Dolor en reposo:** Se presenta cuando el flujo sanguíneo está muy afectado y la necesidad de oxígeno y nutrición no se cubren ni siquiera en reposo; generalmente se relaciona con estenosis múltiples u obstrucción total en segmentos arteriales largos. El sitio en que se presenta el dolor suele indicar el sitio de obstrucción.

- c) **Signos:** Entre los signos clínicos de la insuficiencia arterial se incluyen:
- Cambios de coloración (palidez del pie al elevarlo y rubor al bajarlo).
  - Soplos (cuando la obstrucción rebasa 50% del calibre).
  - Disminución del llenado capilar (>2 segundos).
  - Llenado venoso (>20 segundos).
  - Cambios de temperatura.
  - Cambios en las uñas.
  - Atrofia de grupos musculares (en el nivel interóseo).
  - Modificaciones de la sensibilidad al dolor y vibratoria.
  - Deformaciones óseas.

### **Patologías desencadenantes del Pie diabético:**

Por todo lo visto hasta aquí, podríamos enunciar distintas patologías que evolucionan al “Pie Diabético”, e incluso sería redundante mencionar nuevamente la diabetes mellitus. Sin embargo, mencionaremos algunas de ellas:

La enfermedad microvascular es un problema de consideración para los pacientes diabéticos y también puede incidir en la ulceración del pie.

La diabetes es conocida como una enfermedad de pequeños vasos, sin embargo, se ha aceptado que no hay lesiones microvasculares específicas relacionadas con la misma. Ninguna de las consecuencias de la obliteración microvascular puede ser corregida con procedimientos quirúrgicos, por ello es importante que el paciente mantenga un estricto control de la glucosa y el peso, y que deje de fumar, para disminuir el avance de la microangiopatía.

La **ateroesclerosis** es más frecuente en diabéticos y de predominio microvascular, consecuencia que se añade a la posibilidad de padecer isquemia, la cual la origina o la incrementa las lesiones. Es importante mencionar que la isquemia disminuye los síntomas que alertan sobre el daño hístico y demora la detección por el propio paciente.

La **neuropatía diabética periférica** ocasiona la pérdida parcial o total de la sensibilidad del pie o la extremidad. En estos casos, el paciente refiere cosquilleo u hormigueo en la zona inervada.

La neuropatía impide al paciente toda percepción, es decir, cualquier corte o traumatismo podría pasar inadvertido por días o semanas. No existe cura para la neuropatía, pero el control estricto de la glucemia disminuye su progresión.

Debemos citar nuevamente el **pie de Charcot**, que es una deformidad producida por la disminución de la sensibilidad. Cuando la sensación en los pies es normal, se define de manera automática qué presión ejercer en un área específica de los mismos, y una vez identificada, el cuerpo cambia instintivamente la posición para aliviarla.

La neuropatía puede afectar la inervación de los pequeños músculos intrínsecos del pie y disminuir la sensibilidad y la percepción del dolor, así como la inervación simpática, y provocar una disminución de la sudación, y esta resequedad produce grietas que se convierten en focos de infección, y en consecuencia, se desarrollan isquemia y necrosis. Las microfracturas óseas de los pies pasan inadvertidas y no se tratan, y de ahí la deformidad, la inflamación crónica y las prominencias óseas adicionales. La obesidad incrementa el peso del cuerpo en las prominencias óseas en un pie ya deformado, “en garra”, que es consecuencia de la atrofia muscular neuropática.

La diabetes al ser una enfermedad polisistémica, genera disminución de la agudeza visual, la cual acentúa el descuido del paciente y aumenta la posibilidad de un traumatismo externo al deambular, sumándole la dificultad que presenta para inspeccionar sus pies.

### **Disminución del retorno venoso**

Es otro de los factores que incrementan la presión en el pie afectado; genera edema y cambios tróficos en la piel que pueden convertirse en una lesión.

## Traumatismo externo

Las úlceras del pie no se desarrollan sin un traumatismo menor externo, ya sea un zapato apretado, un corte de uñas incorrecto, un callo, una piedra o un clavo en el zapato.

La típica lesión del pie incluye paroniquia, infección de los tejidos blandos que rodean el lecho ungueal, además de infecciones interdigitales, lesiones del tercio medio del pie por traumatismo indoloro y mal perforante plantar que pone en riesgo la zona del pie sobre la cabeza de los metatarsianos. Cualquier lesión o traumatismo puede derivar en úlceras del pie o infección en casos de pie neuropático o isquémico.

Las tensiones mecánicas se componen de fuerzas verticales, perpendiculares a la superficie de soporte, y fuerzas de fricción, que son componentes paralelos u oblicuos. Las fuerzas verticales son áreas de presión visibles que se manifiestan como deformidades estructurales en la superficie plantar del pie. La presión excesiva produce callosidades plantares que con el tiempo se vuelven más gruesas. Podemos destacar, que mediante la observación y la palpación de los pies, podemos detectar estas zonas engrosadas.

En el diabético con neuropatía, la deambulación ocasiona hemorragia, abscesos y ulceración en esos sitios, en tanto que los zapatos ajustados causan ulceración en el dorso del pie o en los lados. La fricción se produce cuando los tejidos superficiales se deslizan sobre los profundos al caminar normalmente con la planta apoyada con firmeza en el piso. La bolsa sinovial y los tendones permiten el deslizamiento muscular y el movimiento e impiden el daño que la fricción podría ocasionar en tejidos normales. Cuando hay antecedentes de una úlcera que sanó, el tejido cicatrizal incluye en bloque todos los tejidos e impide la movilidad normal de deslizamiento.

La deambulación ocasiona fricción, pero ésta no puede ser disipada y se produce una lesión.

## **Prevención primaria del pie diabético:**

Antes de iniciar la lectura de este apartado, debemos decir que todo pie diabético, es un pie en riesgo. Según la clasificación 0 de Wagner, el pie en riesgo es aquel que no tiene lesión pero que presenta deformación neurotrófica, sequedad y pérdida de puntos de apoyo normales; en su expresión más grave se conoce como “pie en garra”.

Se deben aplicar medidas preventivas junto con educación y cuidados del pie en riesgo. El establecimiento de un módulo de pacientes diabéticos con pie en riesgo en las unidades de atención primaria, hospitales generales y hospitales de alta especialidad puede evitar el desarrollo de lesiones en pacientes ambulatorios con pie en riesgo.

Para prevenir el pie diabético, debemos identificar factores de riesgo modificables y no modificables (ver Figura Nº 1. Página 14). Dentro de prevención primaria, debemos incorporar la promoción y educación, guiar al paciente en qué conductas y hábitos debe realizar para prevenir las ulceraciones. La educación se dirige al paciente, a la familia y a la sociedad y se maneja por niveles de atención, y así el paciente diabético logrará adquirir hábitos saludables. Estos pacientes se deben someter al menos a dos revisiones anuales por el podólogo o el profesional actuante.

Las modalidades educativas deben incluir los siguientes aspectos de enseñanza:

1. Actitud del paciente hacia el valor e importancia de los cuidados del pie.
2. Conocimiento por parte de los pacientes sobre los cuidados del pie.
3. Conocimiento por parte de los profesionales de la salud sobre el cuidado de los pies.

En nuestra labor como agentes de salud, no debemos olvidar que dentro de la prevención primaria, la actividad más importante a realizar es la educación al paciente y a su familia.

Al momento de organizar nuestros conocimientos, sobre cómo transmitimos a los grupos de riesgos la información pertinente para que en sus acti-

vidades de la vida diaria puedan lesionarse. Este orden, podríamos determinarlo mediante la propuesta de objetivos generales y específicos.

Por lo tanto, los **objetivos generales** incluyen: a) aumentar los conocimientos y prácticas higiénicas de la persona diabética; b) ayudar a prevenir los problemas y lesiones que puedan aparecer; c) identificar los factores de riesgo para sufrir lesiones en los pies, y c) disminuir las lesiones en extremidades inferiores.

En cuanto a los **objetivos específicos**, incluyen: 1) prestar atención cuidadosa a los pies; 2) entender la importancia del baño diario y conocer la forma adecuada de llevarlo a cabo; 3) encargarse del cuidado del pie, dejar de fumar y mantener un buen control metabólico; 4) informar al paciente de la importancia del cuidado de sus pies desde el inicio de su enfermedad; 5) recomendar las normas necesarias para prevenir las lesiones en los pies; 6) proporcionar el adiestramiento suficiente para que sea el paciente el que tome la responsabilidad; 7) facilitar los elementos necesarios de motivación individual para mejorar el estado de salud de los pies; 8) provocar un cambio en el estilo de vida de los pacientes en concordancia con la prevención y los cuidados personales, y 9) corregir aquellos errores que habitualmente se producen en los cuidados diarios.

Se debe crear conciencia en el paciente, que su salud depende de él y que el éxito radica en la educación diabetológica, la prevención, el buen control metabólico y el correcto proceder en cuanto a los cuidados personales.

Es de suma importancia repetir nuevamente que todo pie de una persona con diabetes es un pie en riesgo, sobre todo si se suman padecer diabetes mellitus de más de 10 años de evolución, antecedentes de lesiones, infecciones; síntomas y signos de neuropatía, vasculopatía o ambas, trastornos ortopédicos, hipertensión arterial, tabaquismo, obesidad, sedentarismo, control glucémico inadecuado, dislipidemias, higiene deficiente, presencia de retinopatía y nefropatía, factores ocupacionales, económicos, sociales y culturales, uso de calzado inapropiado, presencia de edema, déficit de educación diabetológica, neuropatía periférica, enfermedad vascular periférica, antecedentes de úlcera o amputación, deformidades en los pies, y sequedad. Algunos de estos factores no son modificables (edad del paciente y

años de evolución), pero sobre otros sí es posible influir para controlar la evolución de la diabetes y prevenir las lesiones en los pies.

Una vez determinado el nivel de riesgo se procede a seguir las pautas de educación sanitaria, sobre todo en los pacientes de alto riesgo. Así, se debe informar al sujeto desde el inicio de su enfermedad (tanto de forma oral como por escrito mediante un folleto o un instructivo de lectura coloquial) sobre la importancia del cuidado de sus pies.

El primer paso es indagar cuáles son las actitudes diarias del paciente en cuanto al cuidado de los pies para que, con base en esta información y en la observación del médico, se le aconseje de forma práctica sobre las actividades que tienden a mejorar su salud. En segundo lugar, hay que motivar al individuo para que forme parte de este proceso, reforzando la información con datos escritos en un formato de lectura sencilla.

Una vez obtenidos los antecedentes clínicos, previo a realizar la planificación de las actividades preventivas, debemos examinar al paciente, en busca de síntomas de neuropatía periférica, como dolor, quemazón, hormigueos o calambres; y explorar la enfermedad vascular periférica. También debemos inspeccionar los pies, en busca de durezas o callosidades, cuya localización debe hacer pensar en el motivo que los produce y sus posibles soluciones.

Las callosidades en los pies no son normales, ya que su presencia indica que algo no funciona, bien sea por un problema mecánico o por uno de origen extrínseco, como por ejemplo el uso de calzado inadecuado.

Debemos detectar el origen de las callosidades, para así corregirlas o evitarlas, y no solamente eliminarlas; dado que suprimiríamos la causa, pero no el origen.

La observación de las uñas también debe ser minuciosa, ya que los cambios en su aspecto, como pérdida de su transparencia y mayor grosor, indican un proceso patológico de las mismas o constituyen el signo de un problema sistémico.

Hay acuerdo en que la única forma realmente efectiva para prevenir estas complicaciones es a partir de una detección precoz y la consiguiente intervención, fundamentalmente educativa.

Se ha demostrado que la educación dirigida al cuidado de los pies para prevenir lesiones reduce el número y la severidad de las mismas.

Durante la exploración, el educador debe basarse en la inspección visual del pie, la cual inicia desde que el paciente se quita los zapatos y se dirige a la camilla, pues en ese momento es posible notar cómo pisa y la forma que adopta al poner el pie en el suelo, así como qué tipo de calzado utiliza. Una vez en la camilla, se conduce una exploración metódica en busca de hiperqueratosis, callos, deformidades, “ojos de gallo”, fisuras, grietas, úlceras, calor, frío, sequedad o sudación, micosis u onicomicosis, onicogriposis, durezas, descamaciones y zonas de enrojecimiento. Además, se registra la colocación, higiene general, uñas y planta del pie, calcetines, zapatos (por dentro y por fuera), espacios interdigitales, técnica de corte de las uñas y cumplimiento con el examen diario de los pies. Esta exploración se lleva a cabo con una periodicidad ajustada al riesgo percibido; en el pie diabético sano suele ser de cuando menos una vez al año.

### **Higiene:**

Los pies se deben lavar diario con agua fría o tibia. La valoración de la temperatura se realiza con un termómetro o empleando el antebrazo (Imagen N° 8). Asimismo, el tiempo es muy importante, pues no debe ser mayor de 5 minutos para evitar la maceración. Los productos utilizados deben incluir un gel o jabón de pH ácido, y una manopla para evitar arañazos.

Los espacios interdigitales se deben lavar perfectamente, al tiempo que se observan bien los pies poniendo atención a su color, aspecto y temperatura. Por último, hay que secarlos suavemente y sin frotar, utilizando toallas de tejidos suaves y secando minuciosamente los espacios interdigitales.



**Imagen Nº 8:** Valoración de temperatura del agua previo al aseo de los pies.

## **HIDRATACIÓN**

La hidratación de los pies es una medida importante, por lo que se debe aplicar una crema hidratante a base de lanolina, la cual se utiliza una vez realizada la limpieza diaria; se aplica sobre todo en las zonas que presenten sequedad o grietas, así como en las zonas de roce excesivo, como el talón o cabezas metatarsianas, y en las zonas con callosidad abundante. Si la sudación es excesiva se debe consultar al podólogo o al endocrinólogo.

## **VESTIMENTAS**

Se recomiendan los calcetines de hilo, lana o algodón sin costuras. Para las mujeres se recomiendan medias o pantimedias de tonos claros que no compriman el pie.

Si el paciente tiene los pies fríos, debe ponerse patucos al acostarse. Asimismo, hay que cambiar los calcetines a diario y éstos siempre deben adaptarse bien al pie y no formar arrugas.

## **CALZADO**

Los diabéticos deben usar calzado fisiológico, es decir, uno que se adapte a la forma del pie y a las necesidades de la actividad que se realiza, considerando tanto el terreno como el clima. Puesto que detrás de todo calzado deportivo hay, según las marcas, existen estudios biomecánicos aplicados al

diseño, es necesario saber escoger el más adecuado a las necesidades particulares de cada individuo.

Hay que recordar que los zapatos deben comprarse por la tarde, cuando el pie tiene las dimensiones oportunas (a las 18:00 horas).

Al momento de elegir el calzado hay que optar por uno que tenga una punta ancha y redondeada, con suela de cuero; igualmente, siempre hay que revisar su interior para verificar que no tenga costuras ni pliegues. Los zapatos deben inspeccionarse por dentro antes de ponerlos y hay que probarlos de pie debido al aumento de tamaño por el peso. Una vez puesto hay que comprobar que no presente irritación o rozadura; de cualquier modo, se recomienda comprarlo media talla más grande para que no apriete ni provoque rozaduras. Si se tiene el empeine ancho, hay que comprar un zapato con esa parte ancha y flexible. Al momento de realizar la compra cabe recordar que no deben comprarse sandalias ni zapatos de tacón elevado, pues es más importante la comodidad y el bienestar del pie que la estética; el zapato debe proteger, y no agredir a la piel.

Es Recomendable que el calzado se ajuste por medio de cordones o velcro. Además, debe contarse con varios pares de zapatos para cada tipo de ejercicio.

El zapato se va acomodando al pie con periodos cortos de uso, cambiando las plantillas cada tres meses y los zapatos cada año. Si se tiene neuropatía, hay que buscar ayuda cuando se busquen zapatos, pues se tiende a comprarlos pequeños para poder sentirlos; es decir un talle incorrecto al indicado.

Los zapatos deben ventilarse y oreearse de forma adecuada a fin de eliminar la humedad, que es una fuente de bacterias y hongos que propician la aparición del mal olor. Esto es particularmente necesario con los zapatos deportivos, ya que acumulan mayor humedad y contienen espumas y tejidos en los que es fácil que se acumulen detritos celulares; por tanto, hay que alternar entre varios pares y no prestárselos a otra persona.

A continuación, se observa a modo de síntesis las actividades de prevención sobre el calzado:

<b>ACTIVIDADES DE PREVENCIÓN SOBRE EL CALZADO</b>
<b>¿Qué debemos enseñar a pacientes y familiares o cuidadores?</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No usar sandalias u otro calzado que deje los dedos al descubierto, tampoco calzado con costuras internas.</li> <li>2. Siempre usar zapatos con medias.</li> <li>3. Evitar zapatos con tacón mayor de 3 cm y terminados en punta.</li> <li>4. No usar calzado incómodo o ajustado que roce o lesione los pies. Si ha tenido problemas con algún par de zapatos, debe ser desechado.</li> <li>5. Comprar el calzado nuevo al final del día, cuando los pies están edematizados.</li> <li>6. Ablandar los zapatos nuevos, poco a poco; usarlos no más de una hora por día durante varios días.</li> <li>7. Cambiar el calzado y las medias todos los días.</li> <li>8. Revisar el interior y exterior del calzado todos los días para controlar que no haya elementos lesivos o cuerpos extraños.</li> <li>9. Caminar siempre con calzado, nunca caminar descalzo ni siquiera en la alcoba o el baño.</li> </ol>

Tabla N° 1: Elaborado por Pinilla E. et al (2013)

### ***¿Qué debemos evitar?***

En el cuidado de los pies deben evitarse las tijeras o instrumentos con punta afilada, las limas metálicas, los cortaúñas o alicates curvos, los cuchillos o navajas, las cuchillas de afeitar para los callos, los callicidas u otros productos y las agujas o palillos. Se sugiere utilizar instrumentos sin punta (no cortantes) y limas de cartón para las uñas.

En lo referente a las uñas, hay que evitar tenerlas demasiado largas y por sobre todo: evitar cortarlas al ras de los dedos. Para ello no deben utilizarse cortaúñas o tijeras (aunque sean de bordes romos) y los bordes no deben cortarse demasiado; de igual modo hay que evitar los antisépticos coloreados. Se recomienda concurrir al podólogo para que corte e inspeccione las uñas, por motivo de que estos pacientes suelen padecer disminución visual y podrían lesionarse ellos mismos involuntariamente.

Por otro lado, es importante que estos pacientes sepan cómo examinarse ellos mismos, por ejemplo: las plantas de los pies deben revisarse con un espejo y si es necesario utilizar gafas si no se ve bien (de requerirse, hay que apoyarse con una lupa). La revisión se realiza con luz adecuada y se complementa con la revisión por el podólogo.

No deben usarse polvos de talco, ni hidratar los espacios interdigitales.

Deben evitarse las medias de material sintético que tengan costuras, al igual que las ligas o elementos de soporte que aprieten. Tampoco deben usarse zapatos sin la protección de alguna media, que de ningún modo puede ser de color oscuro, dado que si una herida supura no se ve.

Si el pie está frío, deben evitarse las bolsas de calor y los calefactores aplicados de forma directa, por el riesgo a sufrir quemaduras.

<b>ACTIVIDADES DE TAMIZAJE DE CONDUCTAS DE RIESGO</b>	
<b>Qué hacer</b>	<b>Qué no hacer</b>
Lavar los pies todos los días con agua tibia y jabón suave.	Caminar descalzo.
Secar bien los pies, especialmente entre los dedos.	Dejar humedad entre los dedos. Revisar solo el dorso de los pies
Examinar los pies todos los días para buscar: flictenas, úlceras, fisuras, infecciones o abrasión. Usar un espejo para observar la planta. Si presenta limitación física o visual, buscar ayuda del cuidador. Reportar cualquier lesión al médico.	Usar botellas o bolsas para calentar los pies.
Cortar y limar las uñas de forma recta y no profundizar el corte en el borde.	Poner en remojo los pies por más de cinco minutos.

Aplicar crema o loción para humectar los pies, excepto entre los dedos.	Usar medias delgadas o desgastadas.
Usar siempre medias de color blanco o claro para ver cualquier secreción	Usar medias con banda elástica apretada en la parte superior, con costuras internas o de nylon.
Usar medias con banda elástica apretada en la parte superior con costuras internas o de nylon.	
Observar la aparición de callos y consultar de inmediato para disminuir la presión local causada por el calzado.	Usar callicidas

Tabla Nº 2: Pinilla et al (2013).

## ALTERACIONES BIOMECÁNICAS DEL PIE

El paciente diabético de “alto riesgo podológico” es aquel en que coinciden alteraciones estructurales en sus pies con un aumento de las presiones en zonas de carga, además de ir acompañado -en la gran mayoría de los casos- de una diabetes cuya evolución tiene o ha tenido un escaso control.

Cuando se altera la función biomecánica del pie se origina una modificación en las presiones plantares, que constituyen un factor de riesgo predecible, para el desarrollo de la ulceración en el pie diabético.

Las presiones excesivas y/o repetitivas son un factor causante de las lesiones en la piel. Existen tres mecanismos que explican la producción de estas presiones.

1. El tiempo de duración de las presiones.
2. La magnitud creciente de presiones.
3. El número de presiones recibidas.

En estos mecanismos se incluyen las presiones bajas, mantenidas un largo período de tiempo, que producen isquemia de los tejidos. Esta isquemia, en caso de mantenerse en el tiempo, conduce a la muerte de la célula y a la formación de la herida.

En caso que un pie presente una alteración estructural -sea o no un paciente diabético- estará sometido a mayores presiones. Se ha demostrado que cuando existen alteraciones estructurales como el pie plano, las presiones son más altas, que en un pie estructuralmente alineado y con una biomecánica normal (retropié y antepié neutro y un arco con una morfología normal).

Se asocia la localización de la deformidad del pie con la aparición del patrón de hiperqueratosis, callo o heloma y de la úlcera.

Es importante mencionar, que las presiones anormales no se producen exclusivamente por los efectos de la diabetes, sino que el paciente presenta alterada las estructuras de su pie previo al comienzo de su enfermedad. Sin embargo, debido a su patología de base, lo hace más vulnerable ante la ulceración del pie, frente a pacientes diabéticos con una morfología normal de su pie.

En cuanto a las alteraciones biomecánicas, es importantísimo hablar de la reducción de la movilidad articular. La etiología de la limitación en la movilidad articular es desconocida, aunque podría decirse que es producida por una alteración de la glicosilación no enzimática del colágeno; que origina un engrosamiento de la piel, tendones, ligamentos, y cápsulas articulares, de tal modo que se reduce la flexibilidad en las articulaciones. La disminución en la movilidad de la articulación metatarsofalángica, está asociada a la ulceración del primer dedo.

Se ha demostrado que el paciente diabético con neuropatía sufre una alteración del ciclo normal de la marcha. La marcha se acorta en unas fases y se alarga en otras, provocando sobrecargas en determinadas áreas del pie.

La neuropatía motora provoca una alteración funcional de la musculatura tibial, sobre todo en la acción del músculo tibial anterior y el tibial posterior, en la fase de contacto del talón. Al encontrarse estos músculos debilitados, su acción de contracción excéntrica en el momento del choque del talón en el suelo está disminuida y hace que el pie pase muy rápido a la fase de contacto, y por lo tanto que se incrementen las presiones en el antepié; produciendo el fenómeno llamado "Equino funcional del pie"; causando el mayor número de lesiones se encuentren en el antepié.

Las deformidades en el pie son causadas debido a la pérdida del equilibrio de la musculatura extrínseca e intrínseca del pie, que provoca la formación de los dedos en garra o en martillo, con el consiguiente desplazamiento anterior de la almohadilla grasa plantar que protege a los metatarsianos. Este desplazamiento vuelve prominente las cabezas de los metatarsianos e incrementa el riesgo de lesión a este nivel por aumento de la presión en su nivel anatómico.

La limitación de la movilidad articular ocasionada por la glucosilación no enzimática del colágeno tipo 1 agrava la afección biomecánica debido a reducción de los rangos de movilidad articular, lo cual provoca un pie más rígido, generando un incremento en la presión en zonas de apoyo.

Varios estudios han demostrado mayor limitación del rango de movimiento de la articulación tibioperonea astragalina en pacientes diabéticos con neuropatía, desarrollando un pie equino funcional o estructural, lo que aumentaría la presión en el antepié.

La **articulación subastragalina** también se encuentra limitada, pero la articulación que más se ve afectada en su rango de movilidad es la primera articulación metatarsofalángica, presentando el desarrollo de hallux limitus, con aumento del roce y la presión en la articulación interfalángica del primer dedo; esto da lugar a la aparición de úlceras a este nivel, y llega a representar entre 20 y 30% de las úlceras del pie diabético.

La asociación entre limitación de la movilidad articular y ciertas deformidades del pie aumenta la presión soportada en determinadas zonas, y favorece la formación de hiperqueratosis, las cuales debido a la ausencia de sensibilidad se convierten en úlceras por el efecto mantenido de la presión en la zona.

Se ha demostrado mediante la utilización de la resonancia magnética nuclear, que el debilitamiento de la musculatura intrínseca del pie en los pacientes diabéticos es anterior a la neuropatía, lo que demuestra reducción del volumen de los músculos lumbricales e interóseos en los pacientes diabéticos, en comparación con un grupo control. Es decir, que la limitación de la movilidad articular es de aparición precoz en diabéticos tipo 1.

Frost estudió la posible asociación de limitación de la movilidad articular en la mano, con la enfermedad microvascular y macrovascular, para definir

este signo como marcador precoz de riesgo vascular y de complicaciones renales y oculares en diabéticos tipo 1.

La afección motora puede agravar o producir deformidades en el pie, que junto a la afección sensitiva propician la úlcera en el pie diabético. Es decir, pie insensible sumado a deformidad lo convierte en un pie de alto riesgo de sufrir lesiones en el paciente diabético.

La retracción del tendón de Aquiles, la disminución del rango de flexión dorsal del pie, las alteraciones de movilidad del primer radio y las retracciones digitales son signos característicos del pie diabético con neuropatía motora.

En relación a las presiones plantares en el paciente diabético, se observó que la presión se concentra en mayor proporción en la zona interna del antepié, en el apoyo del primer metatarsiano, en los metatarsianos centrales del segundo al cuarto, y en los dedos medios del segundo al quinto. Sin embargo, la presión está disminuida en el sujeto diabético -con neuropatía- en el talón y en el apoyo de la columna externa del pie o mediopié, debido al desarrollo de una moderada deformidad en equino, característica del pie diabético neuropático.

## **Ejercicio físico en pacientes diabéticos Tipo II**

### **Fundamentación**

El sedentarismo es la epidemia del siglo XXI en los países desarrollados; dado que la realización de actividad física disminuye el riesgo de padecer enfermedades como Diabetes Mellitus, obesidad, afecciones cardiacas, algunos tipos de cáncer. Por otro lado, no debemos olvidar los beneficios psicológicos que produce su realización (Márquez, Rodríguez & De Abajo, 2006). Es sumamente importante realizar ejercicio físico con una intensidad de moderada a vigorosa en hombres de 18 a 75 años y en mujeres mayores

de 45 años con riesgo de sufrir Diabetes Mellitus Tipo 2 (Wijndaele, et al., 2009).

La actividad física en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 proporciona numerosos beneficios y efectos positivos que ayudan al tratamiento de la enfermedad, favoreciendo al control glucémico, previniendo problemas cardiovasculares y alteraciones de la masa corporal. (Novials, 2006).

El ejercicio practicado con regularidad es esencial para mantenerse en condiciones óptimas de salud, sin distinción de edad, sexo o características étnicas. Numerosos estudios han demostrado el beneficio del ejercicio físico, dado que actúa como método preventivo de muchas enfermedades y hoy es utilizado como tratamiento fisioterapéutico -en países desarrollados- de diabetes mellitus tipo II, síndrome metabólico o las afecciones cardiovasculares. (Kines, 2010).

El estilo de vida sedentario es el causante principal de dos trastornos metabólicos y endocrinos importantes como son: la obesidad y la diabetes. Ninguna de estas enfermedades son causales importantes de muerte, las dos tienen tendencias a desarrollar enfermedades con altos índices de morbilidad, como son las enfermedades cardiovasculares (hipertensión y enfermedades de arterias coronarias).

En oposición al sedentarismo encontramos la actividad física, siendo la falta de ésta un factor de riesgo modificable que debería recibir mayor importancia para disminuir la probabilidad de padecer Diabetes Mellitus Tipo 2 (Galbo, Tobin & van Loon, 2007).

El ejercicio físico resulta un tratamiento eficaz, seguro y agradable para los sujetos con Diabetes Mellitus Tipo 2. Los programas de acondicionamiento neuromuscular deben generar sinergia con el ejercicio cardiovascular y otros tratamientos. Debemos mencionar la importancia de que el paciente sea abordado mediante un equipo interdisciplinario, ya que el ejercicio físico debe ser acompañado por la supervisión del aspecto nutricional.

Las personas con Diabetes mellitus deberían realizar como mínimo 150 minutos de ejercicio aeróbico a la semana, a una intensidad moderada (50-70% de ritmo cardíaco máximo) y realizar entrenamiento de resistencia 3 veces por semana, a menos que esté contraindicado por la presencia de alguna complicación (American College of Sports Medicine, 2015).

Durante la actividad física, el organismo aumenta el consumo de oxígeno de manera considerable, lo que es mayor en los músculos en funciones. Bajo estas condiciones, el músculo esquelético utiliza sus propias reservas de glucógeno, triglicéridos, y también de los ácidos grasos libres (AGL) junto con la glucosa liberada por el hígado. Los niveles de glucosa en sangre son mantenidos de modo adecuado durante la actividad física para conservar la función del sistema nervioso central.

Los efectos beneficiosos de la actividad física sobre la sensibilidad a la insulina parecen ser el resultado final de la suma de los efectos específicos sobre el contenido de los receptores GLUT, capacidad oxidativa y densidad capilar del músculo esquelético. El transporte de glucosa independiente de la insulina inducidos por el ejercicio, está suscitado por el aumento de la producción endotelial y muscular de óxido nítrico [ON]. Por lo tanto, el ejercicio físico puede mejorar los niveles de ON y también la disfunción endotelial observada en los pacientes diabéticos.

La realización de ejercicio físico aumenta los niveles de la proteína transportadora Glut 4, observándose cambios a nivel molecular no sólo a nivel del receptor de la insulina, sino también en el camino de señalización intracelular (Kirwan & del Águila, 2003). Esta práctica regular de actividad física, proporciona un aumento de la vascularización del músculo esquelético, permitiendo así, un mayor flujo sanguíneo a nivel muscular y por lo tanto, un mayor transporte de glucosa a las células musculares (Wasserman & Ayala, 1989) y una mayor actividad de la enzima glucógeno sintetasa que ejerce, una acción directa sobre el transporte de la glucosa desde la circulación sanguínea hacia el interior celular para almacenar la glucosa en forma de glucógeno (Fell, Terblanche, Ivy, Young & Holloszy, 1982). Está demostrado que la contracción muscular provocada por el ejercicio físico, estimula el transporte de glucosa independientemente de la acción de la insulina, dicho aumento provocado por la contracción muscular puede durar hasta 18 horas después de haber realizado dicho entrenamiento, volviendo a sus niveles iniciales posteriormente (Kirwan & del Águila, 2003; O'Gorman, del Águila, Williamson, Krishnan & Kirwan, 2000).

Según las Guías de la Asociación Latinoamericana de Diabetes del año 2017, recomienda el ejercicio aeróbico (caminar, trotar, nadar, ciclismo, entre otros) de intensidad moderada con una duración de 30 minutos diarios y una frecuencia de 3 o 4 días a la semana. Debemos tener en cuenta que la mayoría son pacientes sedentarios, con sobrepeso y añosos, por lo que no se debe prescribir ejercicios de complejas ejecuciones e intensidades elevadas. Otros investigadores recomiendan que estas personas acumulen a diario 30 min de actividad física de intensidad moderada.

Las adaptaciones hormonales están esencialmente disminuidas en personas con deficiencia de insulina (Diabetes Mellitus tipo 1) y en consecuencia, cuando estas personas tienen muy poca insulina en su circulación, debido a una terapia insulínica inadecuada y/o una liberación excesiva de hormonas antagónicas de insulina durante la actividad física, pueden aumentar los niveles de la glucemia y de los cuerpos cetónicos; lo que puede conducir a cetosis o cetoacidosis diabética. Inversamente, la presencia de niveles altos de insulina, debido a la administración exógena de insulina, puede atenuar o impedir la movilización aumentada de glucosa y de otros sustratos inducidos por la actividad física y, por lo tanto, se pueden producir cuadros de hipoglucemia.

Para los pacientes diabéticos, el énfasis debe estar dirigido a ajustar un régimen terapéutico que permita la participación segura de toda forma de actividad física, teniendo en consideración los deseos del individuo y las metas a alcanzar.

En los pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2, la actividad física puede mejorar la sensibilidad a la insulina y contribuir a disminuir los elevados niveles de glucosa en sangre a un rango normal, así como reducir el consumo de fármacos hipoglucemiantes.

Existen suficientes pruebas en la literatura que justifican la indicación del ejercicio físico, como una herramienta terapéutica para la prevención y el tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2. Se ha demostrado que, en los pacientes con tolerancia alterada a la glucosa, los programas de dieta y ejercicio disminuyen en 60 % el riesgo de desarrollar DM tipo 2 (Balon T, 2017).

En estos pacientes la dieta y el ejercicio físico producen pérdida de peso, lo que favorece la reducción del uso y la dosificación de los hipogluce-

miantes orales y/o de la insulina significativamente mayor que si se utiliza solo dieta.

Se ha confirmado que la intervención a través de ejercicio físico es efectiva en reducir el índice de masa corporal (IMC), el riesgo coronario y el costo del tratamiento, y lo más importante: Disminución de la mortalidad.

El ejercicio aeróbico ha sido el modo de entrenamiento tradicionalmente prescrito para la prevención y control de la diabetes. Incluso con una semana de entrenamiento aeróbico en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2 puede mejorar la sensibilidad a la insulina en todo el cuerpo (Winnick, et al., 2007). Diversos estudios han demostrado que realizar actividad aeróbica a una intensidad de moderada y vigorosa, ayuda a mejorar la sensibilidad a la insulina (Evans, et al., 2005; Galbo, Tobin & van Loon, 2007, Houmand, et al., 2004), aunque sólo durante un período corto de tiempo de unas horas o pocos días (King, et al., 1995).

Se debe tener en cuenta el nivel de entrenamiento aeróbico de un individuo ya que afecta a la utilización de los hidratos de carbono durante una actividad aeróbica. El ejercicio aumenta la utilización de las grasas durante una sesión de duración similar de baja o moderada intensidad hecha después del entrenamiento, ahorrando así glucógeno muscular y glucosa en sangre, dando como resultado una menor disminución del nivel de azúcar en sangre (Pruchnic, Katslaras, Kelley, Winters & Goodpaster, 2004). La Diabetes Mellitus 2 puede estar asociada con una disminución de lípidos y un cambio hacia una mayor oxidación de carbohidratos en todas las intensidades de los ejercicios (Ghanassia, Brun, Fedou, Raynaud & Mercier, 2006).

## **¿Cuál es el papel del Kinesiólogo en el abordaje del paciente diabético?**

El Kinesiólogo forma parte del grupo interdisciplinario que aborda al paciente desde su globalidad y es el encargado del manejo y del control adecuado del paciente diabético a través de kinesioterapia, utilizando el movimiento humano en su habilitación, rehabilitación, procesos de acondicionamiento físico, promoción de la salud y prevención de la enfermedad, y así lograr su desarrollo, bienestar y calidad de vida.

Se considera la kinesioterapia como un medio por el cual el paciente diabético puede lograr un mayor aprovechamiento de sus capacidades físicas de una manera dirigida y controlada, logrando así una interacción positiva consigo mismo, con la enfermedad, con la familia y con la sociedad de la cual forma parte.

La kinesioterapia es un instrumento de apoyo en el control de la actividad física del diabético ya que desde su campo de acción se integra al ejercicio físico con los parámetros de tratamiento establecidos para el manejo individualizado del paciente.

El ejercicio físico como herramienta terapéutica para abordar al paciente diabético busca evitar la aparición o retardar la progresión de las complicaciones crónicas propias de la enfermedad como deformidad estructural, movilidad articular limitada, ulceraciones y polineuropatía diabética; es decir todos aquellos factores desencadenantes de pie diabético. El pie diabético, en sus peores pronósticos evolucionada hasta la amputación del miembro; por lo que es sumamente importante evitar la discapacidad funcional y rehabilitar al paciente discapacitado.

El kinesiólogo debe educar al paciente y a su familia sobre los aspectos más importantes de la patología lo cual facilitará alcanzar un buen control metabólico, adquirir hábitos de vida saludables que le permitan integrar adecuadamente la dieta y el ejercicio.

### **Protocolo para la elaboración de programas de actividad física para pacientes diabéticos:**

Los programas de actividad física para las personas con diabetes, sin complicaciones graves ni limitaciones, deben incluir ejercicios de resistencia, de fuerza y de elasticidad, para mantener y mejorar el estado físico cardiovascular, muscular, la movilidad y la composición corporal. Se recomienda que el gasto calórico semanal por ejercicio físico sea de al menos 1000 calorías.

Obligatoriamente, cualquier sujeto que realice ejercicio físico -que padezca o no patología de base- debe realizar una correcta entrada en calor

durante 5 o 10 minutos, para la prevención de arritmias cardíacas y para la adecuación metabólica, durante el tiempo suficiente para que el cuerpo se adapte al ejercicio.

El control de la intensidad del ejercicio se realiza frecuentemente por medio de la frecuencia cardíaca. Sin embargo, muchos diabéticos pueden desarrollar neuropatía autónoma que afecta a la respuesta de la frecuencia cardíaca al ejercicio; por lo que en estos casos resulta más adecuado recurrir a la escala RPE (Rating of Perceived Exertion o Índice de Esfuerzo Percibido) mejor conocida como la escala Borg, que involucra la percepción subjetiva del esfuerzo.

Los principiantes deben iniciar su plan de ejercicio con actividades de 10 a 15 minutos de duración, e ir aumentando gradualmente la duración de estas sesiones hasta los 30 o 60 minutos, e incrementar progresivamente la intensidad de trabajo.

El tiempo de ejercicio puede ser realizado de forma continua (por ejemplo 40 minutos de marcha continua) o podría utilizarse el método fraccionado; que si tomamos el ejemplo anterior, consistiría en realizar 3 series de 10 minutos de marcha continua a una intensidad considerable, con una pausa de 3 minutos entre serie y serie. Se ha demostrado, que utilizando el método fraccionado, se puede prolongar y sostener la intensidad por un mayor tiempo. Si la pérdida de peso es un objetivo primordial, la duración total ha de ser cercana a los 60 minutos con una intensidad baja a moderada (50% del VO2 MAX).

En pacientes con neuropatía periférica, es preferible la realización de actividades de bajo impacto articular (natación, bicicleta, actividades acuáticas).

En relación a los ejercicios de fuerza, siempre que sea posible se deben incorporar a los programas de ejercicios físicos, por medio de sesiones de 8 a 10 ejercicios de 10-15 repeticiones cada uno hasta acercarse a la fatiga muscular. Es decir, se deberá dirigir el estímulo a las fibras musculares rojas. Los ejercicios de fuerza deben evitarse o realizarse con mucha precaución, a menor intensidad, y evitando contracciones isométricas en el caso de la retinopatía o complicaciones cardiovasculares avanzadas.

Dado que muchas personas diabéticas pueden ser de edad avanzada o padecer obesidad severa, puede ser necesario un período de tiempo largo para que se adapten a un programa estándar de actividad física; sólo tras haberse adaptado a la duración y frecuencia de la actividad a intensidades bajas puede ir aumentándose progresivamente la intensidad del ejercicio.

Hay que tener en cuenta que las personas con resistencia a la insulina y con diabetes tipo 2 tienen una baja proporción de fibras musculares tipo I, baja densidad capilar, y un incremento en el número de fibras de tipo IIb, situándose su umbral anaeróbico a intensidades de ejercicio más bajas. Estas alteraciones pueden afectar a la tolerancia del ejercicio aeróbico, lo que justificaría las dificultades en la motivación y las altas tasas de abandono. Hay que tener cuidado en mantener la intensidad del ejercicio en niveles confortables, sobre todo en los períodos iniciales, así como en realizar progresiones sólo a medida que mejora la tolerancia a la actividad.

En caso de que existan condiciones climáticas adversas (altas temperaturas y humedad relativa altas), es necesario hidratarse adecuadamente, usar ropa que facilite la transpiración y refrescarse periódicamente. En caso de frío, que puede estar acrecentado por la lluvia y el viento, han de extremarse las precauciones, utilizando ropa y calzado adecuados, así como guantes y capuchas si fueran necesarios.

## **Acondicionamiento muscular**

En los últimos años, se ha despertado el interés por determinar los efectos de los programas de acondicionamiento neuromuscular en los pacientes de Diabetes Mellitus Tipo 2 (Chulvi & Sola, 2009; ACSM & ADA, 2010; Sigal, Kenny, Wasserman, Castaneda-Sceppa & White, 2006; Sigal, Wasserman, Kenny & Castaneda-Sceppa, 2004).

El levantamiento de pesas y los ejercicios de resistencia muscular, cuando se realizan con regularidad y una intensidad de moderada a alta son beneficiosos para las personas con Diabetes Mellitus Tipo 2. (Cataneda et al. 2002).

Sigal et al. (2004) sugieren que los sujetos con esta patología deben ser motivados a realizar ejercicios en salas de musculación 3 veces por semana,

incluyendo todos los grandes grupos musculares y siguiendo una progresión de una a tres series y con un peso que se pueda levantar más de ocho o 10 repeticiones.

Por otra parte, Zacker (2005) especifica más las características del entrenamiento mencionando que, los programas de entrenamiento de fuerza se deben realizar con una frecuencia de dos o tres veces por semana, una intensidad del 60-90% de 1RM, con un volumen de una a tres series de 8 a 15 repeticiones destinado a grandes grupos musculares como los cuádriceps, isquiotibiales, glúteos, dorsales, pectorales y deltoides; aunque si el tiempo lo permite sería beneficioso introducir en el entrenamiento ejercicios de los grupos musculares más pequeños como los bíceps, tríceps, o las pantorri-llas. Los intervalos de descanso entre series serán de uno a dos minutos, lo que permitirá realizar una sesión de entrenamiento de la fuerza en 20-30 minutos. Destaca la atención que se debe prestar a la adecuada mecánica de elevación de las cargas y la técnica de respiración para evitar la maniobra de Valsalva.

Diversos autores (Colado & Chulvi, 2008; Chulvi & Sola, 2009) afirman que la adecuada prescripción del programa de acondicionamiento muscular debe estar ordenado en un circuito incluyendo de 8 a 10 ejercicios poli-articulares que involucren los principales grupos musculares realizados con volúmenes entre una y tres series, de 8 a 15 repeticiones realizadas con una carga submáxima (60-80% de una RM).

Se sugiere entrenar la fuerza en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2 de dos a tres veces por semana en días no consecutivos junto con actividades aeróbicas, incluyendo los ejercicios de los principales grupos musculares y de tres a cuatro series con 10-15 repeticiones cada serie, llegando casi a la fatiga (ACSM & ADA, 2010). Según estos autores la intensidad debe ser moderada (50% de 1 RM) o vigorosa (75-80% de 1RM) para aumentar la fuerza y la acción de la insulina.

Según Zacker (2005) se debe tener presente una serie de contraindicaciones a la hora de aplicar los programas de acondicionamiento muscular en sujetos con Diabetes Mellitus Tipo 2: a) angina inestable, b) hipertensión no controlada, c) disritmias no controladas, d) cardiomiopatía hipertrófica, e) ciertos estados de retinopatía. Este autor, además nos advierte de la necesi-

dad de una evaluación médica previa en las situaciones en las que los pacientes muestren: a) fallo cardíaco, b) isquemia miocárdica, c) reducida función ventricular izquierda, d) europatías.

Además, según Del Águila et al. (2000), los diabéticos tienen que tomar una serie de precauciones a la hora de realizar ejercicios en salas de musculación, ya que las contracciones excéntricas disminuyen la acción de la insulina tanto a nivel sistémico como a nivel molecular en la célula muscular (IRS, PI3-cinada y Akt-cinasa). Recordemos que estas tres enzimas son críticas en el transporte de la glucosa por la insulina hacia el interior de la célula muscular.

Durante muchos años, los estudios que relacionan la salud de las personas diabéticas con la prescripción del ejercicio físico se han centrado únicamente en el entrenamiento aeróbico, pero las últimas investigaciones demuestran que las sesiones de fuerza resultan también beneficiosas para mejorar el estado de salud en estos pacientes, y que la combinación de ambos puede resultar más óptima. Un estudio realizado por Sigal et al. (2006) han demostrado que la combinación de ejercicio cardiovascular con un programa de acondicionamiento muscular genera mayores mejoras sobre el control glucémico que las mismas intervenciones realizadas de forma aislada.

Los resultados obtenidos en el trabajo liderado por Rice et al. (1999) registraron el cambio desencadenado por la combinación de dieta adecuada - restricción de 1000 kilocalorías- con diferentes tipos de ejercicio físico, en donde un grupo realizó ejercicio aeróbico mientras que el otro realizó un programa de entrenamiento de fuerza. Ambos grupos redujeron su peso corporal y fue incrementada la sensibilidad a la insulina, sin embargo, el grupo de que realizó el entrenamiento de fuerza generó una mayor adhesión al ejercicio (96%) frente al ejercicio aeróbico (92%).

### **Contraindicaciones:**

Existen ciertos tipos de ejercicio que están contraindicados en algunas enfermedades, como la hipertensión arterial no controlada, la neuropatía autonómica y periférica severa y la retinopatía diabética, y en el edema macular o ante la presencia de hemorragia vítrea.

La edad, la actividad física previa y el nivel de comprensión del paciente deben ser considerados a la hora de indicar un programa de ejercicio físico. En los pacientes que utilizan insulina, la actividad física puede causar hipoglucemia, si la dosis de medicación o el consumo de carbohidratos no es el adecuado. En estos casos, el paciente debe ingerir carbohidratos de absorción rápida, si los niveles de glucemia pre ejercicio son  $<100$  mg/dl (5,5 mmol/L).

Los pacientes que padecen de retinopatía diabética proliferativa, el ejercicio físico, en particular aquellos que se acompañan de aumento de la presión intra abdominal, de movimientos bruscos de la cabeza o ejercicios isométricos, pueden provocar hemorragia en la retina o en el vítreo, lo cual pone en peligro la visión. Se recomienda realizar un estudio oftalmológico antes de incluir a un paciente diabético en un programa de ejercicios físicos.

También, el ejercicio físico se asocia a un incremento de la excreción urinaria de albúmina (EUA) en general, y en particular en personas con nefropatía diabética, debido a las alteraciones en la hemodinámica renal. Basado en estas consideraciones, se deben realizar estudios de la función renal antes de incluir la actividad física en un diseño terapéutico en toda persona con Diabetes Mellitus.

En aquellos diabéticos con diagnóstico de **nefropatía diabética incipiente** tienen una aptitud reducida para la actividad física, lo cual conduce a autolimitación de esta actividad. Aunque no hay razón precisa para limitar una actividad física ligera, por el contrario, se debe limitar la práctica de ejercicio de intensidad alta o extenuante. Es muy importante, en estos casos, el monitoreo de la presión arterial y de la frecuencia cardiaca.

La **neuropatía periférica diabética** ha sido señalada como el precursor patológico más importante en el desarrollo de úlceras plantares. Las atrofiás musculares, las deformidades podálicas, la anormal distribución de la presión plantar, y los déficits en la traslación, son causados por este tipo de neuropatía, por lo que hay que ser muy cuidadoso al desarrollar un protocolo de ejercicios físicos en diabéticos afectados de neuropatía periférica.

La combinación de debilidad muscular y la pérdida de la percepción sensorial de información e integración, conducen al desequilibrio del modo de

andar y al aumento de las presiones plantares; y debemos repetir que los pacientes diabéticos son vulnerables a la ulceración plantar, favorecida por la presencia de deformidades óseas y puede afectarse la articulación del tobillo y su movilidad. La combinación de la pérdida de la sensibilidad, con la limitación de la movilidad del tobillo, y con la debilidad muscular se asocian a un aumento de la incidencia de caídas, ulceración, y amputación en pacientes con neuropatía periférica diabética.

Cada protocolo de ejercicio para este tipo de paciente, debe limitar todas las acciones durante el ejercicio que se acompañen de: presiones plantares altas, de incremento del dolor neuropático, y el estrés o fuerzas secundarias para la musculatura debilitada; y sobre todo debe ser individual para cada paciente.

Respecto a los ejercicios de fuerza, debe incluirse los ejercicios de resistencia, ejercicios en el agua y uso de bicicleta fija o recostada. En los pacientes que no tengan conservada la sensación protectora (sensitiva) de los pies, está contraindicado realizar caminatas prolongadas, trotar y los ejercicios de escaleras. Es recomendable en estos casos: nadar, bicicleta, remar, ejercicio sentado y ejercicios de brazos, entre otros.

El ejercicio físico mejorará el estilo de vida y el bienestar de las personas con neuropatía periférica diabética sin afectación sensitiva o motora, o ambas. La presencia de neuropatía autonómica, en particular la cardiovascular o la hipotensión ortostática, puede limitar la aptitud física y la actividad de un individuo y aumentar el riesgo de acontecimientos adversos (cardiovasculares) durante la actividad física.

La muerte súbita, la isquemia o el infarto agudo de miocardio silente, se han asociado a la neuropatía autonómica cardiovascular en personas con Diabetes Mellitus Tipo 2. La hipotensión y la hipertensión después de la actividad física son más frecuentes en personas diabéticas con neuropatía autonómica, particularmente al iniciar un programa de ejercicios físicos. Además, pueden presentar alteraciones de la termorregulación, por lo que es aconsejable evitar desarrollar la actividad física en ambientes muy calurosos o muy fríos, y se deben desarrollar en un ambiente con humidificación adecuada.

La **enfermedad arterial periférica** se caracteriza por la presencia de signos y síntomas de claudicación intermitente oclusiva. El tratamiento básico para estas personas está dirigido a erradicar el hábito de fumar e implementar un programa de ejercicios físicos, por supuesto supervisado por el personal de salud correspondiente. Hay que tener en cuenta, que la presencia de pulsos pedios y tibial posterior no descarta la existencia de macroangiopatía, por lo que es necesario la realización de estudios hemodinámicos para confirmar o no el diagnóstico.

En los pacientes diabéticos no se recomienda la práctica de ejercicios de alto riesgo donde el paciente no puede recibir auxilio de inmediato (alpinismo, buceo, entre otros). Tampoco se debe indicar la realización de ejercicios físicos en aquellos con un mal control de su enfermedad, porque el ejercicio empeora el estado metabólico, como se ha señalado anteriormente.

Inicialmente, a los pacientes de alto riesgo se les debe permitir comenzar con períodos cortos de ejercicio de baja intensidad, y luego ir incrementando progresivamente la intensidad y la duración de la actividad. El riesgo de enfermedad cardiovascular puede ser reducido entre el 35 a 55 % a través de la adopción y el mantenimiento de un estilo de vida activo (Dunstan DW, 2015).

Se ha demostrado que los altos niveles de aptitud aeróbica o de actividad física, se relacionan con una disminución de la mortalidad cardiovascular que podría explicarse por la disminución de los niveles de glucemia. Los mecanismos por los cuales el ejercicio puede reducir la mortalidad son los siguientes: disminución de la inflamación sistémica, mejoramiento del llenado diastólico temprano con disminución de la disfunción diastólica, incremento de la función vasodilatadora endotelial y reducción de la grasa visceral.

## **Evaluación médica en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2**

Antes de comenzar cualquier programa de actividad física, así sea caminar a paso ligero, los pacientes -sin importar su patología- deben evaluarse para conocer sus condiciones, que podrían estar asociadas a un mayor ries-

go de sufrir una enfermedad cardiovascular: complicaciones macro y micro vasculares, las cuales pueden empeorar debido al programa de ejercicios. Es decir, se deberá centrar en las previsibles complicaciones de la diabetes en:

**a) el sistema cardiovascular:**

La American Diabetes Association establece la obligatoria exploración cardiovascular basal con un electrocardiograma (ECG) a cualquier paciente diabético que se inicie en un programa de ejercicios de moderada a alta intensidad. Los sujetos con enfermedad arterial coronaria diagnosticada deben realizarse una evaluación supervisada de la respuesta isquémica al ejercicio y de la probabilidad de desencadenar arritmias durante el ejercicio.

**b. Retinopatía.**

La actividad física intensa puede desencadenar una hemorragia vítrea o un desprendimiento de retina en sujetos con retinopatía proliferativa diabética activa, debiendo evitar así los ejercicios con intensidad alta y aquellos que se realicen con la maniobra de Valsalva.

**c. Nefropatía.**

No se han establecido indicaciones específicas de actividad física para sujetos con nefropatía incipiente (microalbuminuria >20 mg/min excreción de albúmina) o con nefropatía evidente (>200 mg/min) pero el ejercicio de alta intensidad está contraindicado.

**d. Neuropatía.**

Por un lado, encontramos la neuropatía periférica que se evalúa mediante la exploración de los reflejos tendinosos, el sentido de la posición, sentido vibratorio y la sensación al tacto, pudiendo provocar ulceraciones y lesiones graves como fracturas o esguinces. Los ejercicios con impactos repetitivos en las articulaciones como el caminar y el correr están contraindicados pero el ciclismo, la natación y el remo si son recomendados.

Por otra parte, encontramos la neuropatía autónoma, que limita la capacidad del ejercicio aumentando el riesgo cardiovascular. También las alteraciones del sistema nervioso pueden afectar a la piel, las pupilas y los sistemas gastrointestinal y genitourinario. Existe la posibilidad que los pacientes con esta patología desarrollen hipotensión e hipertensión tras la realización

de ejercicios de alta intensidad, sobre todo cuando se inician en un programa de actividad física.

### **Cuidados pre-ejercicios:**

El paciente diabético, debe tener en cuenta ciertas orientaciones para la realización de ejercicio físico. Sin embargo, el paciente debe someterse a una evaluación médica detallada y a estudios complementarios apropiados, previo a realizar la planificación del programa de actividad física para lograr evitar complicaciones microvasculares. Es de suma importancia que todo diabético incluido en un programa de ejercicio físico preste atención en mantener una hidratación adecuada.

Los estados de deshidratación pueden afectar de manera negativa los niveles de la glucemia y función de cardíaca. Se recomienda antes de iniciar la actividad física la ingesta de líquidos (medio litro de agua antes de iniciar la actividad física). Durante la realización de ejercicio físico, los líquidos deben ser administrados durante su desarrollo, en una cantidad suficiente para mantener el balance hídrico adecuado; dado que a través del sudor se elimina líquido del cuerpo, lo que se refleja en la reducción del peso corporal. Es por ello, que en altas temperaturas, se debe hacer hincapié en la ingesta de agua para evitar cuadros de deshidratación.

Las personas deben ser educadas para controlar estrechamente el cuidado de los pies, para evitar el desarrollo de ampollas o cualquier otro daño potencial. Los pies deben ser revisados de manera sistemática antes y después de la actividad física (American College of Sports Medicine, 2015).

El paciente debe escoger correctamente el calzado y el calcetín adecuado para realizar actividad física, según lo explicado anteriormente; dado que podría lesionar los pies de los pies en el paciente, y obviamente podría producirse una úlcera.

Es importante tener presente algunos lineamientos generales, útiles en la regulación de la respuesta de la glucemia a la actividad física, entre los que se pueden señalar:

**1. Control metabólico antes del ejercicio.**

- Evitar realizar ejercicios, si la glucemia en ayunas es  $> 250$  mg/dl, si se confirma una cetosis presente; o si la glucemia es  $> 300$  mg/dl, independientemente que haya o no una cetosis o cetoacidosis.
- Ingerir carbohidratos antes del ejercicio si la glucemia es  $< 100$  mg/dl.

**2. Monitorear la glucemia antes y después del ejercicio.**

- Identificar el momento que es necesario modificar la ingesta de alimentos o la dosis de insulina.
- Aprender cuál es la respuesta glucémica ante diferentes condiciones del ejercicio.

**3. Ingesta de alimentos.**

- Consumir carbohidratos de absorción rápida cuando sea necesario para evitar cuadros de hipoglucemia.
- Disponibilidad de alimentos (carbohidratos) durante y al finalizar el ejercicio.

Se recomienda que el paciente se realice una prueba de esfuerzo antes de comenzar un programa de ejercicios, sobre todo en individuos previamente sedentarias con un moderado o alto riesgo de enfermedad cardiovascular, que desean realizar ejercicios aerobios vigorosos que excedan las demandas de la vida diaria.

El programa de actividad física debe contener una adecuada entrada en calor y antes de finalizar, realizar la vuelta a la calma. El calentamiento consiste en la realización de 5 a 10 minutos de actividad aeróbica (caminar, pedalear, entre otros), con una intensidad baja. La sesión de calentamiento está dirigida a preparar de manera adecuada los músculos, el corazón y los pulmones, para el aumento progresivo de la intensidad del ejercicio. A continuación, los músculos deben estirarse suavemente durante otros 5 a 10 min. El estiramiento muscular se concentrará en el grupo de músculos que van a ser utilizados en la sesión activa de ejercicios, sin olvidar el resto de la mus-

culatura esquelética. Luego de la sesión activa, el enfriamiento debe estructurarse de manera similar al calentamiento, de forma progresiva. La vuelta a la calma debe durar 5-10 min, e ir reduciendo la frecuencia cardiaca de modo gradual hasta los niveles del inicio del ejercicio (American College of Sports Medicine, 2015).

## **Dosificación**

La dosificación de los ejercicios es muy importante, ya que nos permite saber qué estamos trabajando con nuestros pacientes, y así lograr planificar la actividad física. Los conceptos que debemos tener en cuenta son: frecuencia, intensidad y duración del ejercicio:

- **Frecuencia:** El ejercicio aeróbico debe ser realizado al menos tres días por semana, y no se deben realizar más de dos días consecutivos, debido a la naturaleza transitoria de las mejoras inducidas por el ejercicio en la acción de la insulina (Boule, et al., 2005). La mayoría de los ensayos clínicos que evalúan los programas de intervención en sujetos que padecen la Diabetes Mellitus Tipo 2 han utilizado una frecuencia de tres veces por semana (Boule, Hadda, Kenny, Wells & Sigal, 2001), pero las guías actuales para los adultos en general, recomiendan cinco sesiones semanales, a una intensidad moderada (Haskell, et al., 2007; U.S. Department of Health and Human Services [USDHHS], 2008).

- **Intensidad:** El ejercicio aeróbico se debe realizar a una intensidad moderada, que corresponda a un 40-60% del VO<sub>2</sub> MÁX (capacidad aeróbica máxima). Para la mayoría de los pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2, un ejercicio realizado a una intensidad moderada es caminar a paso ligero.

Los ejercicios realizados a una intensidad vigorosa (>60% VO<sub>2</sub> MÁX) obtienen beneficios adicionales. Un metaanálisis (Boule, Hadda, Kenny, Wells & Sigal, 2003) mostró que la intensidad del ejercicio predice mejoras en el control general de la glucemia en mayor medida que el volumen de entrenamiento, lo que sugiere que se debería considerar la realización de activi-

dad física a una intensidad vigorosa para obtener un control glucémico adicional, junto con mayores beneficios cardiovasculares.

Por todo lo dicho hasta aquí, queda claro que es sumamente necesario conocer en qué estado aeróbico se encuentra el paciente, para lograr dosificar de forma individualizada, y sobre todo específica a sus necesidades metabólicas.

Sin embargo, como dijimos anteriormente, muchos diabéticos pueden desarrollar neuropatía autónoma que afecta a la respuesta de la frecuencia cardiaca al ejercicio; por lo que es conveniente recurrir a la escala de percepción del esfuerzo, conocida como **Escala Borg**, que involucra la percepción subjetiva del esfuerzo y nos permite identificar la intensidad del ejercicio en función de la sensación de exigencia o dificultad que percibimos. En 1982 el propio Borg decidió simplificar la escala y reducirla a 10 niveles de disnea. Esta escala va de 0 a 10, que se corresponde con términos o frases que califican la dificultad o el esfuerzo percibido. Así 0 (nada en absoluto) sería cómo nos sentimos cuando estamos acostados en una cama y 10 (muy intenso) es la sensación en un test o tras un entrenamiento muy, muy exigente.

<b>Escala de esfuerzo de BORG</b>	
1	Reposo total
2	Esfuerzo muy suave
3	Suave
4	Esfuerzo moderado
5	Un poco duro
6	Duro
7	
8	Muy Duro
9	
10	Esfuerzo máximo

### ¿Cómo podemos calcular el VO2 MÁX.?

El consumo máximo de oxígeno (VO2 MÁX) puede ser calculado de forma directa, objetiva, es decir que se podrá obtener el valor real mediante

la realización de una espirometría durante una prueba de esfuerzo en un laboratorio.

Por otro lado, el VO<sub>2</sub> MÁX. puede ser estimado indirectamente mediante pruebas de campo, utilizando un test valido y que sea especifico a la población que debamos evaluar.

Por las características de los pacientes diabéticos, sugerimos el Test de Rockport, cuyo protocolo se expone a continuación:

### **Test de Rockport o Test de la Milla:**

El objetivo de esta prueba de campo es estimar indirectamente el desarrollo de la componente VO<sub>2</sub> MÁX de la persona. Este test es ideal para aquellos que han estado durante un largo tiempo sin realizar ejercicio intenso o aquellos que hayan estado recuperándose de una lesión durante algunos meses de inactividad.

Este test consiste en una sencilla prueba diseñada solamente para aquellos individuos muy sedentarias que no pueden trotar ni correr debido a una pobre condición cardiorrespiratoria.

La prueba de Rockport solo requiere que la persona a evaluar camine una distancia de una milla (1609,3 metros) sin correr, y teniendo en cuenta variables como la frecuencia cardíaca y el tiempo total usado.

Una vez obtenidas todas las variables, la fórmula será la siguiente:

$$\text{VO}_2 \text{ MÁX} = 132,6 - (0,17 \times \text{PC}) - (0,39 \times \text{Edad}) + (6,31 \times \text{S}) - (3,27 \times \text{T}) - (0,156 \times \text{FC})$$

PC: Peso corporal (Kg).

S: Sexo (0: mujeres, 1: hombres).

T: Tiempo en minutos.

FC: Frecuencia cardiaca (latidos por minuto).

### **Frecuencia cardiaca:**

La frecuencia cardíaca (FC) es un parámetro usado habitualmente para determinar la intensidad de un entrenamiento o actividad. Esta FC de entre-

namiento se suele dar en porcentajes relativos al máximo de la frecuencia cardíaca, y aquí es donde podemos diferenciar varios métodos para calcular la intensidad óptima de un entrenamiento.

La FC máxima es un método sencillo, que se calcula restando a 220 nuestra edad.

$$FC \text{ máxima} = 220 - \text{edad}$$

Por ejemplo: si el paciente posee una edad 30 años, la FC máxima será de 190 pulsaciones por minuto (ppm). Es decir, el 100% la FC máxima es de 190 ppm y el 50% sería de 95 ppm.

Es decir, a modo de ejemplo: Si deseamos entrenar al paciente al 70% de la FC máxima, la ecuación se realizaría de la siguiente forma:

$$70\% \text{ Fc máxima} = (220 - \text{edad}) \times 0,7 = 133 \text{ ppm}$$

Lo ideal es dar intervalos de porcentajes de 10 para trabajar una zona según el objetivo perseguido:

- Intensidad muy ligera: 50-60%, útil para trabajos de recuperación, calentamiento y vuelta a la calma.
- Intensidad ligera: 60-70%, zona para el trabajo base de la condición física, muy recomendable para personas que se inician en el deporte y quieren comenzar a construir una buena forma física.
- Intensidad moderada: 70-80%, intervalo en el que ya se persigue un objetivo de mejora en rendimiento y se trabaja la eficiencia del corazón (utilización de menos energía para la realización de un esfuerzo).
- Intensidad dura: 80-90%, este ya es un escalón donde la fatiga aparece de manera manifiesta. El objetivo es ganar rendimiento y poder trabajar a alta intensidad a lo largo del tiempo. No se recomienda para programas donde se busque mejora de la condición física básica, para eso están los escalones anteriores.
- Intensidad máxima: 90-100%, es el máximo esfuerzo que pueden tolerar nuestros órganos y músculos, se trata de un entrenamiento anaeróbico que debido a su dureza sólo se puede aplicar en breves periodos de tiempo (menos de 5 minutos). Sólo es recomendable para entrenamientos específicos de deportistas que busquen rendimiento.

- **Duración:** Las personas con Diabetes Mellitus Tipo 2 deben realizar actividad física un mínimo de 150 minutos por semana a una intensidad moderada o vigorosa, es decir: 3 sesiones semanales de 50 minutos de duración cada una para lograr una reducción de riesgo de enfermedad cardiovascular.

Desafortunadamente la mayoría de las personas diabéticas no tienen una capacidad aeróbica óptima, y pueden tener limitaciones ortopédicas o de otro tipo.

A continuación, se expone un resumen de los criterios a tener en cuenta en la prescripción del ejercicio aeróbico con pacientes diabéticos, según la frecuencia, intensidad y duración del ejercicio. Es aconsejable la progresión gradual de ambos para reducir al mínimo el riesgo de lesiones, en particular si están presentes complicaciones de salud, y para fomentar la adhesión a la práctica deportiva (ACSM & ADA, 2010).

*Criterios a tener en cuenta en la prescripción con del ejercicio aeróbico*

Frecuencia	Intensidad	Duración
2-5 días/sem en días no consecutivos	40-60% del VO <sub>2</sub> máx (capacidad aeróbica máxima) > 60% del VO <sub>2</sub> máx en pacientes que se han sometido a un ECG y no han obtenido contraindicaciones	Caminando - 150 min/semana a 6,4 km/h (intensidad de 5 MET) Corriendo 75 min/sem a 9,6 km/h (intensidad 10 MET).

Tabla 2

*Programa de acondicionamiento muscular adaptada de Chulvi y Sola (2009)*

Autor	Frecuencia	Carga (series-repeticiones-intensidad)	Ejercicios
<i>Sigal et al., 2004</i>	3 días/sem	1-3 x 8-10	
<i>Zacker, 2005</i>	2-3 días/sem	1-3 x 8-15 (60-90% 1 RM); 1-2 min de descanso	
<i>Sigal et al., 2006</i>	1-3 días/sem	1-3 x 8-10	Principales grupos musculares
<i>Colado y Chulvi, 2008</i>	2 días/sem	1 x 10-15 (carácter submáximo)	8-10 poliarticulares que engloben los principales grupos musculares
<i>Chulvi y Sola, 2009</i>		1-3 x 8-15 (60- 80 % carga submáxima) cuando no exista contraindicación (80-95 % RM)	8-10 poliarticulares que engloben los principales grupos musculares
<i>ACSM y ADA, 2010</i>	2-3 días/sem	3-4 x 10-15 (moderada 50% 1RM o vigorosa 75-80% 1 RM)	5-10 ejercicios de los principales grupos musculares.

Tabla 3

*Recomendaciones de actividad física en mujeres embarazadas con DMG*

Frecuencia	Intensidad	Duración	Tipos de ejercicios
5 días/sem	40-60% del VO <sub>2</sub> máx (capacidad aeróbica máxima)	30 min/día	Actividades que conlleven pocos impactos (caminar, bicicleta elíptica, yoga, natación y actividades acuáticas)

*Prescripción del ejercicio físico en sujetos con diabetes mellitus tipo 2 y diabetes gestacional*

*Prescription of exercise in subjects with type 2 diabetes mellitus and gestational diabetes*

Raúl Fernández Baños - Universidad de Murcia

2016, Retos, 29, 134-139

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 ([www.retos.org](http://www.retos.org))

## Ejercicios miolinfocinéticos:

Los pacientes diabéticos suelen tener dificultades circulatorias, ocasionadas por las complicaciones circulatorias en los miembros inferiores, y que son agravadas por el sedentarismo, entre otros.

Se sugiere realizar ejercicios miolinfocinéticos para estos pacientes. Estos ejercicios son aquellos que, mediante la contracción muscular, actúan sobre el drenaje de la circulación venolinfática y favorecen su retorno.

La realización de los ejercicios miolinfocinéticos deben lograr los siguientes objetivos:

- Disminuir el edema.
- Favorecer la circulación veno-linfática.
- Estimular las bombas impulso aspirativas.
- Obtener una buena movilidad articular.
- Mejorar la flexibilidad o elongación muscular.
- Aumentar la fuerza muscular.
- Mejorar la coordinación y equilibrio.

Las bombas impulso aspirativas de las extremidades inferiores, se definen como la unidad vículo-mio-articular, donde intervienen una red arterio-veno-linfática, un músculo o grupo muscular y un complejo articular, asegurando con su funcionamiento el retorno venolinfático. Las bombas impulso aspirativas del miembro inferior, las clasificamos en:

- Plantar; flexor corto del hallux, suela venosa de lejars y vena plantar externa en un plano profundo.
- Halluxperonea.
- Tibioastragalina.
- Soleo gemelar, en el plano superficial gemelos interno y externo comprimen la vena safena externa y la corriente linfática posteroexterna o safeno posterior.
- Poplítea.
- Cuadricipital.
- Isquiotibial.
- Glútea

*Los ejercicios se dividen en tres etapas:*

- Actividad aeróbica: se la aborda por medio de caminata en cinta o bicicleta u otra actividad de características similares.
- Actividades específicas: son aquellas que se realizan en forma personalizada.

- Relajación: durante la misma se trabaja la elongación de los músculos ejercitados y ejercicios respiratorios.

## **Ejercicio de Buerguer-Allen**

Los ejercicios de Buerguer Allen consisten en la realización de una serie de movimientos muy sencillos, cuyo objetivo es favorecer el correcto flujo sanguíneo en las arterias y las venas de las extremidades inferiores.

La mencionada técnica Buerguer Allen contribuye al mejoramiento de la circulación de los miembros inferiores. Son ejercicios de tipo terapéuticos que son indicados a pacientes que padecen problemas circulatorios periféricos, por ejemplo: arterioesclerosis y trombosis venosa; cuyo objetivo es mejorar el estado del flujo sanguíneo colateral en los distintos trastornos de la circulación periférica.

Estos ejercicios se efectúan mediante cambios posicionales de las extremidades afectadas y de ejercicios que involucran la dorsiflexión y plantiflexión, lo cual aumenta el flujo sanguíneo de las extremidades inferiores. En conclusión, los ejercicios de Buerguer Allen activan la circulación en miembros inferiores a través de la circulación colateral, dado por los cambios posturales al drenar y descongestionar los miembros inferiores (Velásquez, 2018). Buerguer afirmó que la circulación colateral se da por el establecimiento del flujo sanguíneo entre un vaso obstruido y la continuación de dicho vaso más abajo del punto donde se encuentra dicha obstrucción.

Se basan en reacciones de hiperemia local, deben ser realizados en posición de decúbito supino entre 3 y 5 veces diarias.

### **Fundamento:**

Este tipo de cinesiterapia se basa en la inducción y aprovechamiento terapéutico de la hiperemia, que se obtiene al realizar los ejercicios propuestos, para favorecer la circulación colateral por medio de la gravedad.

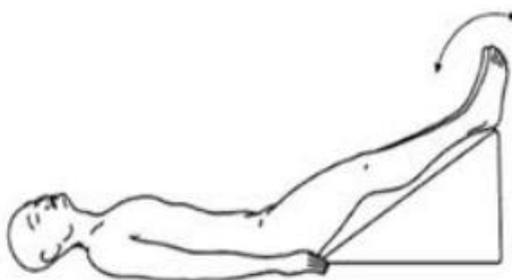
### **Materiales:**

Cama, cuña de 60° o almohada.

### **Métodos:**

El paciente debe estar capacitado y educado para poder realizarlos correctamente en su domicilio. Deben ser realizados entre 3 y 5 veces por día; teniendo en cuenta las tres fases de su realización:

1º) Fase de Elevación: El paciente en decúbito supino sobre su cama con los miembros inferiores flexionados por la cadera al menos 60°, pero apoyados en una cuña o colchón elevado de la cama, nunca se mantiene esta flexión de cadera por la contracción voluntaria del paciente. Se mantiene esta posición entre minuto y medio y tres minutos, realizando flexiones dorsales y plantares y circunducciones de ambos tobillos.



2º) Fase de descenso: Se coloca al paciente en sedestación sobre su cama, con los pies colgando por un lateral de esta, ejecutando circunducciones, flexiones dorsales y plantares de ambos tobillos, por un lapso de 2-5 minutos.



3º) Fase de reposo: El paciente en decúbito supino sobre la cama, realiza flexiones plantares y dorsales, así como circunducciones del tobillo durante 2-5 minutos, siendo mucho mejor que estas flexiones plantares se realicen

contra resistencia, sobre el cabecero inferior de la cama o mejor aún, con la ayuda de algún familiar o amigo.



### **Ejercicios de fuerza:**

Los pacientes diabéticos deben realizar ejercicio físico con sobrecarga muscular -sobre todo- en los grandes grupos músculos, con el fin de tonificar la musculatura. Sin embargo, en este apartado nos centramos en la **musculatura del pie**.

Dentro del gran arsenal de herramientas que presenta la terapia física para complicación pie diabético, se podrá aplicar acciones terapéuticas encaminadas a la mejora de cada una de las características predisponentes del pie diabético.

Los pacientes con artropatía de Charcot deben siempre ser evaluados en busca de un desequilibrio muscular, sobre todo cuando se trata de una deformidad en equino.

Estos ejercicios serán dirigidos a fortalecer la musculatura implicada para estimular así la formación del arco plantar. Los ejercicios sugeridos podemos agruparlos de la siguiente manera:

❖ Ejercicios de movilización: son ejercicios destinados a movilizar una estructura anatómica determinada, en un intervalo preciso, para obtener un efecto terapéutico. La extensibilidad de un tejido se puede ver dañada después de una lesión, inflamación o posturas anómalas prolongadas, por lo que es recomendable esta modalidad terapéutica.

La recuperación de la movilidad articular puede ser esencial para corregir la alineación o normalizar la biomecánica de la articulación durante la marcha.

❖ Ejercicios para mantener tono muscular: los desequilibrios entre fuerza y flexibilidad en el pie son a causa de inmovilización, lesiones nerviosas, falta de uso y degeneración articular progresiva. El desequilibrio puede ser a consecuencia de la sobrecarga del pie. La combinación de ejercicios para mantener tono muscular, equilibrio y elongación, mejoran la alineación y permiten el soporte de la carga corporal sin riesgos.

❖ Ejercicios de propiocepción: los estímulos cinestésicos provenientes de la piel, articulación y los receptores musculares difieren a cada movimiento, postura y ejercicio. Los ejercicios progresivos con soporte de carga según la tolerancia del paciente, son importantes para estimular la correcta alineación del segmento corporal y simulan la actividad funcional habitual.

❖ Ejercicios para enfermedades arteriales: el ejercicio terapéutico en estos procesos debe instaurarse siempre y cuando exista una reserva circulatoria demostrable. Cualquier intento de mejoría circulatoria sería en vano si dicha reserva fuera mínima o nula. Estos ejercicios intentan restaurar el equilibrio normal entre las necesidades metabólicas y el suministro a los tejidos. Para ello, se intenta incrementar el suministro de sangre por vasodilatación y desarrollo de circulación colateral. El masaje desencadena reacciones vasculares subcutáneas más o menos intensas, se activan los impulsos vasodilatadores, producidos por reflejos antidrómicos de punto de partida sensitivo. Anteriormente propusimos los Ejercicios vasculares de Buerguer-Allen.

❖ Ejercicios para sensibilidad: la piel es un verdadero órgano receptor. Al trabajar aplicando estímulos sensitivos, se puede desencadenar respuestas motoras o normalizar las aferencias sensitivas si se encuentran alteradas.

## Propuesta metodológica de ejercicios:

- ✓ Ejercicio 1: Caminar en punta de pies sobre distintas superficies y texturas para activar el trabajo propioceptivo.
- ✓ Ejercicio 2: Intentar agarrar objetos pequeños con los dedos de los pies, tales como legos, colores, pelotas pequeñas; y luego de dominar el agarre, se puede iniciar el traslado de un lado al otro con los objetos.



- ✓ Ejercicio 3: Marcha con el borde externo de los pies y sobre los talones. Al colocarse en un borde de algún escalón, dejar caer suavemente los talones hacia atrás para elongar de esta manera el tendón de Aquiles.
- ✓ Ejercicio 4: Estiramientos musculares de miembros inferiores.
- ✓ Ejercicio 5: Reeducción y coordinación de la marcha.
- ✓ Ejercicio 6: Movilizar los dedos de los pies.



- Extender la toalla en el piso.
- Colocar la punta de los pies al borde de la toalla.
- Recoger (arrugar) la toalla con los dedos de los pies.
- Repetir la acción 10 veces.

✓ Ejercicio 7:



- Colocar pelota pequeña en el suelo.
- Poner la planta del pie sobre la pelota, moverla hacia adelante y atrás, procurando apoyar el borde externo del pie, y recorriendo toda la planta del pie, flexionando los dedos del pie.
- Repetir la acción 10 veces con cada pie.

- ✓ Ejercicio 8: se puede entrenar los aspectos propioceptivos del pie mediante la utilización de superficies inestables, en donde le paciente debe mantener el equilibrio en apoyo uni o bipodal. No debemos olvidar que este tipo de ejercicio debe ser adaptado a las características y necesidades propias de cada paciente; y debe ser un criterio lógico de progresión de carga e incremento de la dificultad de los ejercicios.



Por último, para cualquier tipo de ejercicio que realice el paciente, es imprescindible sugerirle que utilice plantillas ortopédicas para ser utilizadas en todo momento durante el día. Las mismas deben ser fabricadas por profesionales en base al estudio podométrico realizado oportunamente.

## DISEÑO METODOLÓGICO

### **Tipo de estudio:**

El presente trabajo consiste en una revisión sistemática para analizar la eficacia de la prevención primaria de pie diabético a través de la realización de ejercicio físico y su alcance a la comunidad.

Para llevar a cabo nuestra búsqueda, se ha consultado en las principales fuentes bibliográficas durante un periodo comprendido entre abril y octubre del año 2019; sobre el tema planteado, con el fin de obtener el suficiente fundamento teórico para emitir una respuesta al problema de investigación.

Los artículos seleccionados han sido publicados desde el año 2000 hasta el año 2019.

### **Estrategia de búsqueda:**

La búsqueda de los artículos se realizó en idioma español e inglés en la plataforma de bibliografía electrónica PubMed.

Los descriptores utilizados como estrategia de búsqueda base de datos PubMed la siguiente combinación de palabras clave: "diabetic foot exercise", "diabetic foot preventive exercise", "diabetic foot ulcer preventive exercise", "diabetic foot ulcer preventive exercise biomechanic", "diabetic foot prevention exercise", "diabetic foot prevention", "education and diabetic foot", "diabetic foot prevention", "diabetic foot prevention" AND "exercise", y "diabetic foot preventive physiotherapy".

Por otra parte, se ha investigado la bibliografía adjunta en los artículos científicos seleccionados, buscando aquellos que resulten de interés para enriquecer nuestra investigación.

### **Criterio de inclusión:**

Los criterios de inclusión aplicados en las bases de datos anteriormente mencionadas fueron los siguientes:

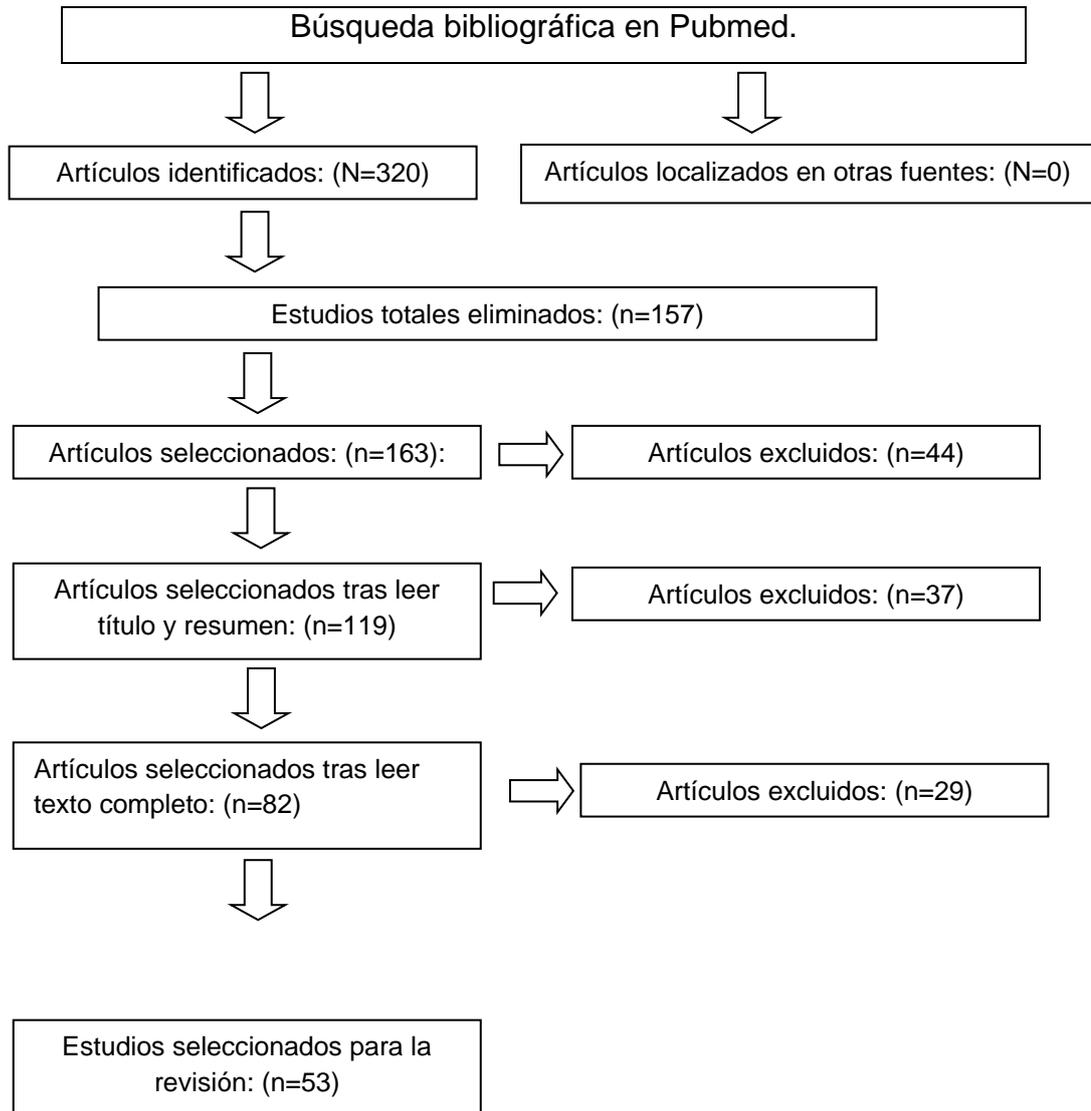
- Artículos originales científicos publicados entre los años 2000 y 2019.
- Artículos escritos en idioma español e inglés.
- Estudios cuyos objetivos sean evaluar la eficacia del ejercicio preventivo de pie diabético, en pacientes adultos diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2.

### **Criterio de exclusión:**

Los artículos que se han excluido, se basaron en los criterios que a continuación se detallan:

- Publicaciones anteriores al año 2000.
- Artículos dirigidos al personal de salud para la prevención de pie diabético.
- Literatura científica que no demuestre una eficacia asociada al ejercicio preventivo de pie diabético en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.
- Todos los artículos científicos que hacen referencia al tratamiento de úlceras de pie diabético.

## Resultados de la búsqueda:



**Figura 3:** Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos científicos.

## Muestra:

El presente trabajo ha sido realizado en su totalidad mediante los 53 artículos científicos seleccionados para la confección del mismo.

## RESULTADOS

Están sumamente estudiados los beneficios que produce en los pacientes diagnosticados con Diabetes Mellitus Tipo II la realización de actividad física sistemática, regular, planificada, y progresiva en todo el organismo. Sin embargo, se tienen que tener en cuenta ciertas cuestiones antes de incorporar al paciente en un programa de ejercicios físicos, independientemente de qué modalidad o ejercicios realice:

- El individuo debe someterse a una evaluación médica detallada y a los estudios diagnósticos apropiados. Este examen clínico debe dirigirse a identificar la presencia de complicaciones macro y microvasculares, y no se debe olvidar de ser examinado por médico oftalmólogo.
- Se debe mantener una hidratación adecuada. Los estados de deshidratación pueden afectar de manera negativa los niveles de la glucemia y función del corazón. Se recomienda ingerir líquidos antes, durante y después de iniciar la actividad física. Estas medidas resultan de mayor relevancia si los ejercicios se realizan en ambientes extremadamente calientes.
- Las personas deben ser educadas para monitorear el cuidado de los pies, y así evitar el desarrollo de ampollas o cualquier otro daño potencial. Los pies deben ser revisados de manera sistemática antes y después de la actividad física. Además, debe seleccionar adecuadamente el calzado y los calcetines para realizar ejercicio.

Según las Guías de la Asociación Latinoamericana de Diabetes, el programa de ejercicio para las personas con Diabetes Mellitus Tipo 2 debe estar dirigido a que se obtengan las metas siguientes:

**A corto plazo:** cambiar el hábito sedentario, mediante caminatas diarias al ritmo del paciente.

**A mediano plazo:** la frecuencia mínima deberá ser tres veces por semana en días alternos, con una duración mínima de 30 minutos cada vez.

**A largo plazo:** aumento en frecuencia e intensidad, conserva las etapas de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento. Se recomienda realizar ejercicios aeróbicos (caminar, trotar, nadar, ciclismo, entre otros).

En general, es recomendable una actividad física regular de intensidad moderada, con una duración de 30 minutos diarios y una frecuencia de 3 o 4 días a la semana.

Los ejercicios de resistencia con el uso de pequeños pesos pueden indicarse en personas jóvenes con DM, pero no es recomendable en mayores o con DM de larga evolución. Los programas moderados de entrenamiento que utilizan pesos ligeros y las altas repeticiones, pueden ser útiles para mantener y realzar la fuerza del tren superior del cuerpo.

Es importante destacar, que estos pacientes suelen ser añosos, sedentarios y con sobrepeso, por lo que los ejercicios deben ser seleccionados cuidadosamente, con el fin de evitar complicaciones como lesiones articulares, o en el peor de los casos una ampolla en el pie. Es por ello, que se debe inspeccionar el pie luego de haber finalizado con los ejercicios.

Resumiendo, las personas con DM deberían hacer al menos 150 min o más a la semana, de actividad física aerobia de intensidad moderada (50-70% de ritmo cardíaco máximo) y realizar entrenamiento de resistencia 3 veces por semana, a menos que esté contraindicado por la presencia de alguna complicación.

## **BENEFICIOS DEL EJERCICIO FÍSICO EN EL DIABÉTICO**

Los beneficios del ejercicio físico aerobio y de resistencia, han sido descritos por varios investigadores. A continuación, se expone una síntesis de ellos:

- Mejoría de la sensibilidad a la insulina, lo que disminuye la insulinemia basal y posprandial.

- Aumento de la utilización de glucosa por el músculo, esto contribuye a evitar la hiperglucemia.
- Reducción de las necesidades diarias de insulina o de las dosis de hipoglucemiantes o normoglucemiantes orales.
- Aumento del gasto energético y de la pérdida de grasa, que contribuye a controlar el peso corporal y evita la obesidad.
- Mejoría en general de la presión arterial y función cardiaca.
- Contribución a mejorar los niveles de las lipoproteínas de alta densidad (HDL- colesterol) y a disminuir los niveles de colesterol total y de los triglicéridos.
- Reducción de la incidencia de algunos tipos de cáncer.
- Disminución de la osteoporosis.
- Preservación del contenido corporal de la masa magra, aumento de la masa muscular y de la capacidad para el trabajo.
- Aumento de la elasticidad corporal.
- Contribución a mejorar la imagen corporal.
- Mejoría de la sensación de bienestar y la calidad de vida.
- Evita la ansiedad, la depresión y el estrés.
- Reducción a largo plazo del riesgo de complicaciones de la DM.

## **RIESGOS DEL EJERCICIO FÍSICO EN EL DIABÉTICO**

Algunos tipos de ejercicios están contraindicados en algunas patologías, como la hipertensión arterial no controlada, la neuropatía autonómica y periférica severa y la retinopatía diabética. La edad, la actividad física previa y el nivel de comprensión del paciente deben ser considerados cuando se va a indicar un programa de ejercicios físicos.

En personas que utilizan insulina, la actividad física puede causar hipoglucemia, si la dosis de medicación o el consumo de carbohidratos no es el adecuado. En estos casos se debe prescribir la ingestión de carbohidratos de absorción rápida, si los niveles de glucemia preejercicio son  $< 100$  mg/dL (5,5 mmol/L).

En las personas con DM tipo 2 afectados de retinopatía diabética proliferativa, el ejercicio físico, en particular aquellos que se acompañan de aumento de la presión intraabdominal, de movimientos bruscos de la cabeza o ejercicios isométricos (levantar peso), pueden provocar hemorragia en la retina o en el vítreo, lo cual pone en peligro la visión.

También, el ejercicio físico se asocia a un incremento de la excreción urinaria de albúmina (EUA) en general, y en particular en personas con nefropatía diabética. Probablemente, estas alteraciones se deban a cambios de la hemodinámica renal. Basado en estas consideraciones, se deben realizar estudios de la función renal antes de incluir la actividad física en un diseño terapéutico en toda persona con DM.

La neuropatía periférica diabética ha sido señalada como el precursor patológico más importante en el desarrollo de úlceras plantares. Las atrofiás musculares, las deformidades podálicas y la anormal distribución de la presión plantar, son causados por este tipo de neuropatía, por lo que hay que ser muy cuidadoso al desarrollar un protocolo de ejercicios físicos en diabéticos afectados de neuropatía periférica. En estos casos, se deben prescribir ejercicios para evitar el pie plano y reeducar la marcha.

La combinación de debilidad muscular y la pérdida de la percepción sensorial de información e integración, conducen al desequilibrio del modo de andar y al aumento de las presiones plantares. Las personas con DM son vulnerables a la ulceración plantar, favorecida por la presencia de deformidades óseas y puede afectarse la articulación del tobillo y su movilidad. La combinación de la pérdida de la sensibilidad, con la limitación de la movilidad del tobillo, y con la debilidad muscular se asocian a un aumento de la incidencia de caídas, ulceración, y amputación en las personas con neuropatía periférica diabética.

Cada protocolo de ejercicio para este tipo de persona, debe limitar todas las acciones durante el ejercicio que se acompañen de: presiones plantares

altas, de incremento del dolor neuropático, y el estrés o fuerzas secundarias para la musculatura debilitada.

En caso que el paciente no tenga conservada la sensación protectora (sensitiva) de los pies, está contraindicado realizar caminatas prolongadas, trotar y los ejercicios de escaleras. Es recomendable en estos casos: nadar, montar bicicleta, remar, ejercicio sentado y ejercicios de brazos, entre otros. No obstante, el ejercicio físico mejorará el estilo de vida y el bienestar de las personas con neuropatía periférica diabética sin afectación sensitiva o motora, o ambas, de importancia.

La presencia de **neuropatía autonómica**, en particular la cardiovascular o la hipotensión ortostática, puede limitar la aptitud física y la actividad de un individuo y aumentar el riesgo de acontecimientos adversos (cardiovasculares) durante la actividad física. La muerte súbita, la isquemia o el infarto agudo de miocardio silente, se han asociado a la neuropatía autonómica cardiovascular en personas con DM. La hipotensión y la hipertensión después de la actividad física son más frecuentes en personas diabéticas con neuropatía autonómica, particularmente al iniciar un programa de ejercicios físicos. Algunas de estas personas pueden presentar alteraciones de la termorregulación, por lo que es aconsejable evitar desarrollar la actividad física en ambientes muy calientes o muy fríos, y estar vigilantes de que se desarrolle en un local con una humidificación adecuada.

La **enfermedad arterial periférica** se caracteriza por la presencia de signos y síntomas de claudicación intermitente oclusiva. El tratamiento básico para estas personas está dirigido a erradicar el hábito de fumar e implementar un programa de ejercicios físicos, por supuesto supervisado por el personal médico. Recordar, que la presencia de pulsos pedios y tibial posterior no descarta la existencia de macroangiopatía, por lo que es necesario la realización de estudios hemodinámicos para confirmar o no el diagnóstico. Se sugiere -por ejemplo- realizar los ejercicios de Buerger Allen.

## **Aparato cardiovascular y ejercicio en el diabético:**

Estudios de cohorte han mostrado que los altos niveles de aptitud aerobia o de actividad física, se relacionan con una disminución de la mortalidad cardiovascular, mucho mayor de lo que podría explicarse solo por la disminución de los niveles de glucemia. (Siga 2006)

La adaptabilidad aerobia esta disminuida en el diabético y están asociados a muchos de los factores de riesgo cardiovascular. La mejora de estos factores de riesgo se ha asociado con la disminución en los niveles de insulina en el plasma, y es probable que los efectos beneficiosos de la actividad física en el riesgo cardiovascular estén relacionados con la mejoría de la sensibilidad a la insulina.

La hipertensión arterial está asociada a la resistencia a la acción de la insulina en los tejidos periféricos. Los efectos de la actividad física en la reducción de la presión arterial han sido demostrados. Las deficiencias de la actividad fibrinolítica en el suero podrían contribuir a la patogénesis de la enfermedad coronaria y sus complicaciones. Estas alteraciones representan un riesgo potencial para las personas con Diabetes Mellitus, en las cuales los niveles de fibrinógeno plasmático son elevados y existe una mayor viscosidad sanguínea, lo que favorece el desarrollo de eventos aterotrombóticos.

Los estudios realizados en diabéticos adultos, utilizando cateterismo cardiaco, intervalos de tiempo sistólico, y angiografía con radionúcleotidos, han revelado una alta incidencia de disfunción cardiaca con el ejercicio, que aparentemente, es independiente de la enfermedad aterosclerótica. Los resultados histológicos de proliferación del endotelio, fibrosis miocárdica y engrosamiento basal capilar, apoyan también la existencia de una marcada miocardiopatía diabética. Estos resultados sugieren que "la disfunción del miocardio (durante la infancia y la adolescencia) podría ser el puerto de partida de la miocardiopatía severa de la Diabetes Mellitus de larga evolución".

Resulta evidente que, el riesgo de enfermedad cardiovascular puede ser reducido en 35 a 55 % a través de la adopción y el mantenimiento de un estilo de vida activo.

Existe una serie de factores de riesgo coronario que pueden mejorar significativamente con la práctica sistemática de ejercicio físico. Por lo tanto, la actividad física debe estar incluida en todo programa de prevención de afecciones cardiovasculares, así como de otras enfermedades crónicas.

### **Prevención de las hipoglucemias durante el ejercicio:**

La hipoglucemia es el factor limitante principal en el control de la glucemia del diabético tipo 1 y tipo 2 tratado con insulina. Esta puede ocurrir durante la actividad física, inmediatamente después, o muchas horas luego de su realización, y puede ser evitada. Eso requiere que el paciente tenga un conocimiento adecuado de las respuestas metabólicas y hormonales que produce la actividad física en su organismo.

Aquellos que reciben insulina o drogas que estimulan la secreción endógena de insulina deben determinar su glucosa sanguínea capilar antes, después y varias horas después de finalizada una sesión de ejercicios, al menos hasta que conozcan su habitual respuesta glucémica a la actividad. Para aquellos que presentan una tendencia a la hipoglucemia durante o después del ejercicio se pueden aplicar varias estrategias, entre las que se pueden señalar: reducción de las dosis de insulina o drogas que estimulan la secreción de insulina, consumir porciones extras de carbohidratos (absorción rápida) antes o durante los ejercicios prolongados, o combinar ambas estrategias.

Varios factores determinan el grado de la disminución de la glucosa sanguínea y el riesgo de hipoglucemia. La caída de la glucosa en sangre se precipita más, si el ejercicio se realiza en el momento de la acción pico de la insulina inyectada. Existen datos que indican que la tasa de absorción de insulina es magnificada, y que la tasa de disminución de glucosa sanguínea es mayor, si la inyección se realiza en el miembro en ejercicio. Por ejemplo, se podría recomendar que los corredores se inyecten la insulina en el abdomen antes del ejercicio, y no en el muslo. Cuanto más tardío sea el ejercicio luego de la inyección, es menos probable que este efecto ocurra. Además,

en algunos pacientes se pueden producir bajos niveles de glucosa sanguínea hasta 15 a 31 horas de haber terminado el ejercicio, expresión del efecto del continuo consumo de glucosa por las células musculares que han hecho ejercicio, en la medida en que reponen sus reservas intracelulares de glucosa.

### **Medidas a tomar en la prevención de hipoglucemias en los diabéticos insulino tratados incluidos en un programa de ejercicio.**

- ❖ Inyectar insulina regular o análoga de acción ultrarrápida en la región subcutánea abdominal.
- ❖ Disminuir la dosis de insulina regular o de análogos de acción ultrarrápida en 10 a 40 % antes del ejercicio, en dependencia de la duración y la intensidad de la sesión.
- ❖ Efectuar el plan de ejercicio, 3 a 4 horas después de la inyección de insulina regular o 2 horas después de la inyección de análogos de insulina de acción ultrarrápida.
- ❖ Comprobar la glucosa en sangre antes de iniciar la sesión de ejercicios.
- ❖ Ingerir de 20 a 60 gramos de carbohidratos sencillos antes de comenzar, si su glucosa en sangre es  $< 120 \text{ mg (6,6 mmol/L)}$ .
- ❖ Atrasar la sesión de ejercicio antes de comenzar, si su glucosa sanguínea es  $< 80 \text{ mg (4,4 mmol/L)}$ .
- ❖ Suplementar con 20 a 60 g de carbohidratos simples, cada 30 min, durante el ejercicio de intensidad moderada o de alta de intensidad.
- ❖ Comprobar la glucemia después de 30 min del ejercicio.
- ❖ Disminuir la insulina que se administra habitualmente después del ejercicio, si usa insulina regular o análoga de acción ultrarrápida de antes de la siguiente comida, en 10 a 30 %.

Siguiendo las recomendaciones de la ADA para un ejercicio de moderada intensidad, la ingestión adicional de 2 a 3 mg/kg/min de carbohidratos es suficiente. Por ejemplo, una persona de 70 kg, precisaría de 10 a 15 g de

carbohidratos por hora de ejercicio moderado. Para ejercicios de actividad intensa puede ser necesaria mayor cantidad de carbohidratos.

## **¿Por qué es tan importante prevenir -prevención primaria- el pie diabético?**

La diabetes la causa más frecuente de amputación no traumática en los miembros inferiores. El 15% del total de los pacientes diabéticos presentarán al menos una úlcera a lo largo de su vida, es decir, tendrán un alto riesgo de padecer pie diabético; y algunos podrían llegar a requerir cirugía de amputación.

La prevención primaria está compuesta por distintas actividades que el paciente debe realizar junto a su familia. Todo su contexto debe ser educado, y tiene que recibir la información sobre los factores extrínsecos que predisponen a la aparición de la úlcera diabética; y en cómo detectar los primeros signos de su aparición. El kinesiólogo debe orientar al paciente en la realización de hábitos saludables. Siguiendo la línea del presente trabajo, el ejercicio físico es una herramienta fundamental para modificar los factores externos de riesgo de padecer pie diabético.

El historial médico del paciente debe contener los antecedentes clínicos, debemos examinar al paciente, en busca de síntomas de neuropatía periférica, como dolor, quemazón, hormigueos o calambres; y explorar la enfermedad vascular periférica. También debemos inspeccionar los pies, en busca de durezas o callosidades, cuya localización debe hacer pensar en el motivo que los produce y sus posibles soluciones de continuidad del tejido. Las callosidades en los pies no son normales, ya que su presencia indica que algo no funciona, bien sea por un problema mecánico o por uno de origen extrínseco, como por ejemplo el uso de calzado inadecuado.

El calzado que debe utilizar el paciente -para sus actividades de la vida diaria o para realizar ejercicio físico- debe ser fisiológico, para que se adapte a la forma del pie. Los zapatos deben comprarse por la tarde, cuando el pie tiene las dimensiones oportunas, aproximadamente a las 18:00 horas. Siem-

pre se deben inspeccionarse por dentro antes de ponerlos y hay que probarlos de pie debido al aumento de tamaño por el peso. Una vez puesto hay que comprobar que no presente irritación o rozadura; de cualquier modo, se recomienda comprarlo media talla más grande para que no apriete ni provoque rozaduras. No se deben comprarse sandalias, ni zapatos de tacón elevado, pues es más importante la comodidad y el bienestar del pie que la estética; el zapato debe proteger y no agredir a la piel.

Los zapatos deben ventilarse y orearse de forma adecuada a fin de eliminar la humedad, que es una fuente de bacterias y hongos que propician la aparición del mal olor. Esto es particularmente necesario con los zapatos deportivos, ya que acumulan mayor humedad y contienen espumas y tejidos en los que es fácil que se acumulen detritos celulares; por tanto, hay que alternar entre varios pares y no prestárselos a otra persona.

El paciente diabético de “alto riesgo podológico” es aquel en que coinciden alteraciones estructurales en sus pies con un aumento de las presiones en zonas de carga. Cuando se altera la función biomecánica del pie se origina una modificación en las presiones plantares, que constituyen un factor de riesgo predecible para el desarrollo de la ulceración en el pie diabético. Las presiones bajas, mantenidas un largo período de tiempo, que producen isquemia de los tejidos. Esta isquemia, en caso de mantenerse en el tiempo, conduce a la muerte de la célula y a la formación de la herida. Se ha demostrado que cuando existen alteraciones estructurales como el pie plano, las presiones son más altas, que en un pie estructuralmente alineado y con una biomecánica normal (retropié y antepié neutro y un arco con una morfología normal).

El paciente diabético con neuropatía sufre una alteración del ciclo normal de la marcha: se acorta en unas fases y se alarga en otras, provocando sobrecargas en determinadas áreas del pie. Esto provoca una alteración funcional de la musculatura tibial, sobre todo en la acción del músculo tibial anterior y el tibial posterior, en la fase de contacto del talón. Al encontrarse estos músculos debilitados, su acción de contracción excéntrica en el momento del choque del talón en el suelo está disminuida y hace que el pie pase muy rápido a la fase de contacto, y por lo tanto que se incrementen las presiones

en el antepié; produciendo el fenómeno llamado “Equino funcional del pie”; causando el mayor número de lesiones se encuentren en el antepié. El ejercicio físico debe estar dirigido a restablecer el desbalance muscular mencionado, que ocasiona deformidades en el pie.

Al mencionar el concepto de “ejercicio físico”, hacemos mención que el individuo debe realizar actividad física moderada de forma sistemática e ir aumentando progresivamente las intensidades y cargas de trabajo; que tiene que ser dirigida a la totalidad de los sistemas, y no centrarnos en el pie del paciente diabético. El ejercicio debe ser aeróbico y anaeróbico. Por lo tanto, toda planificación de entrenamiento debe estar destinada a incrementar los niveles aeróbicos del paciente, que secundariamente produce una disminución de la glucemia; y fortalecer el aparato osteoartromuscular de forma global.

Por todo lo dicho hasta aquí, podemos enunciar que la mejor prevención primaria del pie diabético, es generar estrategias y actividades para prevenir la patología de base (Diabetes Mellitus Tipo 2).

Si nos centramos en el pie del paciente, el paciente diabético de “alto riesgo podológico” es aquel en que coinciden alteraciones estructurales en sus pies con un aumento de las presiones en zonas de carga, en el que seguramente no ha sido supervisado correctamente. Varios estudios han demostrado que presentan una mayor limitación del rango de movimiento de la articulación tibioperonea astragalina en pacientes diabéticos con neuropatía, desarrollando un pie equino funcional o estructural, lo que aumentaría la presión en el antepié. En estos casos, se debe realizar ejercicios para pie plano, movilidad articular de pie y tobillo.

## CONCLUSIÓN

La Diabetes Mellitus Tipo 2 es una enfermedad de una altísima y preocupante prevalencia, que continúa aumentando con el avanzar del tiempo; y que se ve propiciado por hábitos la realización de hábitos no saludables llevados a cabo por mucho tiempo: sedentarismo, ingesta de comidas chatarras, sobre alimentación, entre otros. Dado que, la patología mencionada es una enfermedad polisistémica, no debemos explayarnos en la conclusión de este trabajo de investigación, y centrarnos en el tema que nos ocupa: ***prevención primaria del pie diabético a través del ejercicio físico.***

Antes de comenzar la planificación del programa de ejercicio físico, debemos tener en cuenta la individualidad y las características propias de cada paciente, junto con la fisiopatología de los factores predisponentes y desencadenantes del cuadro clínico. Generalmente, estos individuos son añosos (>40 años), con sobrepeso, sedentarios, prácticamente sin conocimientos de actividad física previa -los ejercicios deben ser de fácil ejecución- con patología de base de muy larga evolución llevada y sin tratamiento médico, alteración de estructuras corporales (deformación de pie, entre otros); y lo más preocupante: **trastornos circulatorios y sensitivos en los pies**. Dicho esto, el conocer las características clínicas, pronósticos, indicaciones y contraindicaciones de aplicar un programa de ejercicio físico para estos pacientes es sumamente relevante y siempre tiene que estar tenido en cuenta.

En el pie diabético el sistema venoso tiene un papel muy importante en el cuadro clínico, la evolución y el tratamiento de este padecimiento. La insuficiencia venosa es una enfermedad progresiva que empeora gradualmente y va desde síntomas leves hasta situaciones graves, evolucionando en úlceras, afectando la calidad de vida; evolucionando en un molesto edema que dificulta las actividades de la vida diaria. La hipertensión venosa se asocia con un aumento de la presión transcapilar y genera edema perineural, es decir **neuropatía periférica**, debido a la disminución del flujo sanguíneo neural; dando como resultado daño neural por isquemia.

La neuropatía puede afectar la inervación de los pequeños músculos intrínsecos del pie y disminuir la sensibilidad y la percepción del dolor, así co-

mo la inervación simpática que provoca disminución de la sudación, y esta resequedad, produciendo grietas que se convierten en focos de infección, y en consecuencia, se desarrolla isquemia y necrosis. Las microfracturas óseas de los pies pasan inadvertidas y no se tratan, y de ahí la deformidad, la inflamación crónica y las prominencias óseas adicionales. La obesidad incrementa el peso del cuerpo en las prominencias óseas en un pie ya deformado, “en garra”, que es consecuencia de la atrofia muscular neuropática. El peor de los pronósticos es la amputación del pie.

Por definición, todo paciente diabético tiene un elevado riesgo de padecer Pie Diabético, por lo que se debe tener en cuenta la **Clasificación de Wagner**, que se elaboró según el daño tisular de los pies. Nosotros, principalmente trabajaremos en el “**Grado 0**”: “Pie de riesgo”, callos gruesos, cabezas de metatarsianos prominentes, dedos en garra, deformidades óseas. Nótese, que existe un potencial riesgo de que se produzca una lesión tisular, pero si actuamos con cuidado no se desencadenará el cuadro clínico que nos ocupa.

Al producirse una solución de continuidad en el pie, se empieza a denominar “ulcera superficial”, es decir, existe una destrucción del espesor total de la piel; que se encuadra en el “**Grado 1**” de la **Clasificación de Wagner**. En este momento, el ejercicio físico que implique la zona afectada queda totalmente contraindicada. Es nuestro deber, en caso de detectar la lesión, derivar inmediatamente a su médico de cabecera a fin de iniciar el tratamiento adecuado. Se debe recordar, debido a las alteraciones sensitivas del pie, muchas veces los pacientes no perciben lesión alguna en la zona.

Los pacientes deben incorporarse al programa de actividad física con los estudios clínicos y chequeos correspondientes (fundamentalmente cardiológicos), indicando que se encuentran aptos para tales esfuerzos. Luego, deben ser educados con ciertos factores a tener en cuenta. Recordemos que suelen ser pacientes añosos con escasos conocimientos previos de los ejercicios físicos.

Se debe brindar información escrita -podría ser en folletos o material de lectura breve- y oral, sobre los cuidados previos, durante y después a la rea-

lización de ejercicio; tales como hidratarse, inspeccionar sus pies ellos mismos, alimentarse correctamente, cómo y cuándo comprar el calzado adecuado (luego de las 18 horas del día cuando el pie posee sus máximas dimensiones producto del correr del día), utilizar las calcetines correspondientes, cómo comprobar la temperatura del agua y qué productos utilizar para higienizarse, y que deben concurrir a un podólogo para reducir las uñas correctamente y que no produzcan daños en los dedos del pie.

Por todo lo dicho hasta aquí en el presente trabajo, podemos concluir que los principales factores desencadenantes del pie diabético es obviamente la patología de base -Diabetes Mellitus Tipo II- ocasionada por hábitos alimentos insalubres, sedentarismo, y por lo tanto, esta enfermedad es multifactorial. El pie diabético es generado por alteraciones flebologicas y circulatorias, que secundariamente producen trastornos sensitivos y motores en el pie.

En el aspecto sensitivo, el paciente no percibe cuando se produce una lesión, ni que la posee, por lo que en caso de producirse el año es una "úlce- ra" potencial que podría evolucionar en Pie diabético. Mientras que, en el aspecto motor, se presenta debilidad en la musculatura del pie, pudiendo producir deformidades en el pie. Recordemos que ya analizamos el Artropatía de Charcot.

En nuestra labor diaria como profesionales de salud, debemos realizar todos los pasos semiológicos descriptos en innumerables bibliografías, principalmente anamnesis, inspección y palpación. Con estos pasos, podríamos presumir que un paciente -por sus caracterizas clínicas: añoso, sedentario y con sobrepeso- podría o no estar diagnosticado con Diabetes Mellitus. Sin embargo, en caso de alguna patología, el paciente asiste al Tratamiento Kinésico con derivación médica, pero podríamos sugerirle tanto a él como a su médico de cabecera -en caso de no haberse realizado- los estudios clínicos correspondientes; como estudios de laboratorio, radiografía de pie, y Ecografía Doppler. Esta última, detecta las alteraciones vasculares en el pie.

Es importante reiterar todas las veces que sea necesario, que en todas las secesiones (tratamiento o prevención primaria) debemos examinar los

pies del paciente, y se debe educarlo a el mismo y su familia a inspeccionar las zonas mencionadas.

Por otro lado, siguiendo el modelo de investigación propuesto en el presente trabajo, no necesariamente prescribiremos tratamiento en patologías, sino que estamos habilitados para ejercer tareas preventivas primarias. Es decir que no requerimos la derivación médica para aplicar tareas de Kinefilaxia. Si recordamos el significado etimológico del concepto **Kinefilaxia**, significa kines=movimiento, filaxia=prevención, por lo tanto, podemos decir que es el cuidado y mejoramiento del ser por medio del movimiento voluntario. Por ello, a continuación, comienza el análisis del ejercicio preventivo del Pie Diabético.

El cuadro clínico de la patología de base, al ser multisistémico es tan amplio, que podríamos explayarnos en muchísima literatura científica. Esta globalidad sistémica propicia a que abordemos al paciente desde su integridad como un ser humano, y no como un pie con riesgo a sufrir una úlcera diabética. Por ello, la prevención debe estar destinada al sujeto íntegramente en todos sus aspectos, no solo a través del ejercicio, sino que también como mencionamos en reiteradas ocasiones mediante la educación y lograr que el paciente reflexione que puede modificar los factores extrínsecos. Sería idea que el Sistema de Salud permita abordar al paciente de forma interdisciplinaria, y no de manera transdisciplinaria.

La actividad física es un instrumento fundamental para la prevención y el tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2. Dicho instrumento es utilizado con la finalidad de mejorar la calidad de vida y revertir las alteraciones que produce la patología que nos ocupa, modificando los factores extrínsecos que predisponen al sujeto. La actividad física deber realizada de forma regular, sistemática, y progresivamente. Claramente por las características clínicas del paciente, se sugiere la participación de un Kinesiólogo o para la correcta supervisión y dosificación de las cargas de entrenamiento. También podría participar un profesor de educación física idóneo y supervisado por el Licenciado mentado anteriormente.

El diseño e implementación de las actividades de índole física para población con patología, requiere de profesionales en el área; con conocimien-

tos científicos del ejercicio físico y obviamente de las implicaciones que el mismo tiene sobre los cuadros patológicos. Por lo tanto, el profesional en Kinesiología y Fisiatría, cuenta con elementos para dosificar ejercicio en esta población y controlar una alteración u otra variable.

El bajo acondicionamiento físico de muchos diabéticos obliga a que el ejercicio físico se inicie a baja intensidad y corta duración, para incrementar éstas de manera gradual y progresiva. Recordemos que el ejercicio debe ser de forma individual, por lo tanto; se debe prescribir el ejercicio para ese paciente, adaptado a sus posibilidades y necesidades metabólicas y físicas. Sin embargo, existe ciertos criterios a tener en cuenta que suelen aplicarse a todos los pacientes:

- Ejercicios casi sin carga y baja intensidad.
- Ejercicios con bajo impacto articular, lo ideal sería utilizar un nata-torio para disminuir dicho impacto, y así favorecer la movilidad ar-ticular.
- Ejercicios físicos de poca fricción en el suelo con los zapatos.

Es extremadamente importante para los diabéticos adoptar y mantener un estilo de vida físicamente activo, es decir que logren generar el hábito saludable de realizar ejercicio físico. Para ello necesitan indicaciones personalizadas claras, atractivas y motivantes. Desafortunadamente, la actividad física es, en general, una forma de tratamiento infrautilizada por los diabéti-cos, debido sobre todo al desconocimiento de sus efectos positivos y/o a la falta de motivación, junto con el sedentarismo que poseen.

Ahora bien, nos centraremos específicamente en el pie. Durante la mar-cha, se deben de ser considerados otros factores tales como el coeficiente de incremento de la presión durante la marcha, la duración de la alta presión y la frecuencia de la presión aplicada a la piel; significa que no solo debe tener en cuenta la magnitud de la presión plantar que provoca la úlcera en el pie a la hora prevenir.

Es necesario llevar a cabo estudios biomecánicos para poder abordar el cuidado preventivo del pie consiguiendo reducir las presiones, de tal modo

que la incidencia de la ulceración sea menor. Los ejercicios físicos específicos para musculatura del pie previenen deformaciones de sus estructuras, que al producirse esta, comienza a ejercer presión sobre zonas que no están preparadas para dichas solicitudes mecánicas.

El tipo de ejercicio dependerá de la evaluación inicial, los objetivos terapéuticos, planificación y aplicación del tratamiento. Cualquiera que sea el ejercicio elegido, debe dar respuesta al gasto calórico que necesita el paciente de manera segura y efectiva; y para ello debe involucrar grandes masas musculares. Caminar, nadar son las actividades más recomendadas. En caso del ciclismo, se sugiere realizar bicicleta fija, ya que de la otra forma existe un mayor riesgo de accidentarse.

Los ejercicios físicos preventivos, además de estar dirigidos a la musculatura del pie, también deben estar destinados a los sistemas circulatorios y linfáticos tanto locales y globales. Dichos movimientos están indicados con el objetivo de favorecer la circulación de miembros inferiores, y el retorno venoso, que tiene la dificultad de realizarse contra la gravedad y que requiere el ejercicio físico para desarrollarse con eficacia.

Se sugirieron los ejercicios miolinfocinéticos, tales como el Ejercicio de Buerger-Allen, que está indicado a pacientes con problemas circulatorios periféricos y es de fácil ejecución -incluso en el hogar- para el paciente.

Es sumamente importante volver a mencionar que los trastornos circulatorios suelen desencadenar aquellos trastornos sensitivos y motores.

Es relevante conocer los procedimientos terapéuticos, y alcanzar un alto grado de comprensión de la enfermedad, porque es vital de importancia para el manejo de cualquier tipo de trastorno. Se debe conocer los efectos de los fármacos que se han prescrito al paciente, ya que sus efectos suelen producir modificaciones sistémicas que debemos tener en cuenta.

Por último, observamos que el ejercicio preventivo es una herramienta fundamental y eficaz para prevenir (prevención primaria) el Pie Diabético, siempre y cuando sea prescrito con criterio y fundamento científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agustín, J., Barrios, L., Álvarez, H. T., & Ana, D. (2009). Manual para la prevención, diagnóstico y tratamiento del pie diabético Handbook for the prevention, diagnosis and treatment of the diabetic foot. *Revista Cubana de Angiología y Cirugía Vascular*, 10(1), 42-96.

Ahmad, I., Noohu, M. M., Verma, S., Singla, D., & Hussain, M. E. (2019). Effect of sensorimotor training on balance measures and proprioception among middle and older age adults with diabetic peripheral neuropathy. *Gait and Posture*, 74, 114-120. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.08.018>

Alvarez Crespo, A., Alonso Carbonell, L., Yera Alós, I., & García Milián, A. (2013). Evolución clínica de pacientes con úlcera del pie diabético tratados con Heberprot-P®. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 17(5), 544-556.

Amarís, M. R., Rojas, J. B., Batista, A. G., Chaparro, C. G., García, J. P., & Rodríguez, L. V. (2012). Factores asociados al pie diabético en pacientes ambulatorios. centro de diabetes cardiovascular del caribe. Barranquilla (Colombia). *Salud Uninorte*, 28(1), 65-74.

American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes 2007. *Diabetes Care*. 2007;30:S4-S41.

Arroyo LD, & Burbaro JI. (2019). Diabetes y pie diabético: una problemática mundial abordada desde la fisioterapia. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes y Metabolismo*, 6(3), 199-208.

Balcázar-Ochoa, M., Escate-Ruíz, Y., Choque-Díaz, C., & Velásquez-Carranza, D. (2015). Capacidades y actividades en el autocuidado del paciente con pie diabético. *Revista Enfermería Herediana*, 7(2), 63. <https://doi.org/10.20453/renh.v7i2.2529>

Baños, R. F. (2016). Prescripción del ejercicio físico en sujetos con diabetes mellitus tipo 2 y diabetes gestacional. *Retos*, 2041(29), 134-139.

Calvagno, M.S., y Varela, M. C. (2009). Recomendaciones sobre prevención, diagnóstico y tratamiento del pie de diabético. SOCIEDAD ARGENTINA DE DIABETES.

Cayado, M. G. (1999). El pie del diabético. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 18(3), 231-235. <https://doi.org/10.4321/s0212-71992004000900001>

Damas-Casani, V. A., Yovera-Aldana, M., & Seclén Santisteban, S. (2017). Clasificación de pie en riesgo de ulceración según el Sistema IWGDF y factores asociados en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 de un hospital peruano. *Revista Médica Herediana*, 28(1), 5. <https://doi.org/10.20453/rmh.v28i1.3067>

De Alcalá, D., Aguayo, J. L., Soria, V., Illán, F., Aguirán, L. M., Pérez-Abad, J. M., & Andreo, J. A. (2003). Desarrollo de una vía clínica para el pie diabético Diego. *Revista de Calidad Asistencial*, 18(4), 235-243. [https://doi.org/10.1016/s1134-282x\(03\)77609-x](https://doi.org/10.1016/s1134-282x(03)77609-x)

Domínguez-Olmedo, J. M., Pozo-Mendoza, J. A., & Reina-Bueno, M. (2017). Revisión sistemática sobre el impacto de las complicaciones podológicas de la diabetes mellitus sobre la calidad de vida. *Revista Española de Podología*, 28(1), 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.repod.2017.02.001>

Enciso Rojas, Á. D. (2016). Factores de riesgo asociados al pie diabético Risk factors associated with diabetic foot. *Revista virtual sociedad paraguaya de medicos*, 3(2), 58-70. <https://doi.org/10.18004/rvspmi/>

Ferreira, J. S. S. P., Cruvinel Junior, R. H., Silva, E. Q., Veríssimo, J. L., Monteiro, R. L., Pereira, D. S., Suda, E. Y., Sartor, C. D., & Sacco, I. C. N. (2020). Study protocol for a randomized controlled trial on the effect of the Diabetic Foot Guidance System (SOPeD) for the prevention and treatment of foot musculoskeletal dysfunctions in people with diabetic neuropathy: The FOOtCAre (FOCA) trial i. *Trials*, 21(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13063-019-4017-9>

Flores, J. (2017). Pie diabético, un desenlace indeseado de la Diabetes Mellitus. *Revista Salud Pública Paraguaya*, 7(2), 7-8. <http://revistas.ins.gov.py/index.php/rspp/article/view/490>

Fonseca Portilla, G. (1996). Enfoque integral del paciente con pie diabético. *Revista de la Facultad de Medicina*, 44(2), 81-87.

Francia, P., Gulisano, M., Anichini, R., & Seghieri, G. (2014). Diabetic Foot and Exercise Therapy: Step by Step The Role of Rigid Posture and Biomechanics Treatment. *Current Diabetes Reviews*, 10, 86-99.

García Álvarez, Y. (2010). Identificación de las características del calzado, que desarrollan un factor de riesgo de ulceración en los pacientes diabéticos con neuropatía. *REDUCA (Enfermería, Fisioterapia y Podología)*, 2(1), 391-427. <http://revistareduca.es/index.php/reduca-enfermeria/article/view/168>

García y García de Longoria, E., & Fernández Arias, P. (2002). Fisioterapia en la diabetes mellitus. *Fisioterapia*, 24(3), 147-159. [https://doi.org/10.1016/s0211-5638\(02\)72996-9](https://doi.org/10.1016/s0211-5638(02)72996-9)

García, T., Vázquez, V., Escobar, S., Coria, I., & Rosas, P. (2009). Detección oportuna del pie diabético por medio de tres clasificaciones internacionales. *Archivos en Medicina Familiar*, 11(3), 120-126.

González Aramendi, J. M. (2008). Prescripción de ejercicio físico en la diabetes (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(126), 279-288.

González-Ruiz, M., Torres-González, J. I., Pérez-Granda, M. J., Leñero-Cirujano, M., Corpa-García, A., Jurado-Manso, J., & Gómez-Higuera, J. (2018). Efectividad de la terapia de presión negativa en la cura de úlceras de pie diabético: revisión sistemática. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*, 12(1), 1-13. <https://doi.org/10.5209/ricp.57985>

Gutierrez, T., Reyes, R., & Pizarro, C. (2005). Pié Diabético, una visión fisiátrica. *Revista Hospital Clinico. Universidad de Chile.*, 16(1), 14-23.

Hernández Rivero, M. J., Llanes Barrios, J. A., & Acosta Lapera, D. S. (2009). Heberprot-P, una terapia eficaz en la prevención de la amputación en

el pie diabético. *Revista Cubana de Angiología y Cirugía Vascul*, 10(1), 3-11.

Hernández, S. M., Reza, C. G., Martínez, V. G., & Guadarrama, F. C. (2011). Cuidado de los pies en usuarios que viven con diabetes en el estado de México: bases para la sistematización de la asistencia de enfermería. *Enfermagem em Foco*, 2(1), 23-27. <https://doi.org/10.21675/2357-707x.2011.v2.n1.69>

J., M. A., Ramón Suárez, G., & Márquez Tróchez, J. (2012). Actualización en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2. *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo*, 48(4), 203-212. [https://doi.org/10.1016/S0304-5412\(12\)70482-1](https://doi.org/10.1016/S0304-5412(12)70482-1)

Jurado-Campos, J., Zabaleta-Del-Olmo, E., Farré-Grau, C., Barceló-Prats, J., & Juvinyà-Canal, D. (2012). Recursos y modelos de atención al pie diabético en Cataluña (España): estudio descriptivo sobre espacios de mejora. *Atencion Primaria*, 44(7), 394-401. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2011.07.015>

Krawiec Krawczuc, A., Morales Clemotte, L., Capara, M., Vallovera, A., & Monsalve Deggeller, T. (2018). Alteraciones en el pie de pacientes portadores de diabetes en el Hospital de Clínicas 2017. *Foot. Anales de la Facultad de Ciencias Médicas (Asunción)*, 51(3), 75-80. [https://doi.org/10.18004/anales/2018.051\(03\)75-080](https://doi.org/10.18004/anales/2018.051(03)75-080)

Lavín, R. S., José, T., & Lázaro Martínez, L. (2011). Prevención y prevalencia de las úlceras de pie en los diabéticos atendidos en las consultas de enfermería de Atención Primaria y en las consultas de podología privadas de Cantabria. *Reduca (Enfermería, Fisioterapia y Podología)*, 3(2), 25-46.

López-Gavito, E., Parra-Téllez, P., & Vázquez-Escamilla, J. (2016). La neuroartropatía de Charcot en el pie diabético. *Acta ortopédica mexicana*, 30(1), 33-45. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27627777>

López-Gavito, E., Parra-Téllez, P., & Vázquez-Escamilla, J. (2016). La neuropatía de Charcot en el pre diabético. *Acta ortopédica mexicana*, 30(1), 33-45. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27627777>

Luis Lázaro Martínez Tutores Juan Beneit Montesinos David Martínez Hernández, J. V. (2009). Determinación de las características biomecánicas del paciente diabético con y sin neuropatía. *Fisioterapia y Podología*) Serie Trabajos Fin de Master, 1(2), 451-464. <https://gneaupp.info/determinacion-de-las-caracteristicas-biomecanicas-del-paciente-diabetico-con-y-sin-neuropatia-2/>

Luz González Fernández, M., & David Martínez Hernández Juan Beneit Montesinos, T. (2010). Tratamiento ortopodológico individualizado del paciente diabético de alto riesgo, mediante estudio de las presiones plantares y la biomecánica del pie. *Fisioterapia y Podología*) Serie Trabajos Fin de Master, 2(1), 340-358.

M., O. P., & S., N. R. (2016). Pie Diabético: ¿Podemos Prevenirlo? *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(2), 227-234. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.04.012>

Martínez de Jesús, F. (2010). *Pie diabético atención integral* (3ra Edición). McGraw Hill.

Martínez González, I., & Diego Sierra, D. de. (2005). Tratamiento de las úlceras del pie diabético mediante métodos de descarga. *Revista Clínica de Medicina de Familia*, 1(2), 80-90.

Martínez, D. D. A., Aguayo, J. L., Morales, G., Aguirán, L. M., & Illán, F. (2004). Impacto de una vía clínica para el pie diabético en un hospital general. *Anales de Medicina Interna*, 21(9), 420-424. <https://doi.org/10.4321/s0212-71992004000900002>

Montenegro, Y, et al. (2005). Efectos del ejercicio físico en personas con diabetes mellitus tipo II FT. *Umbral Científico*, 7, 53-60.

Morales, J., Martínez, A., & García, E. (2015). Influencia del grado de neuropatía diabética en el grosor de la fascia plantar, las deformidades digitales y la limitación de la movilidad articular en el Pie Diabético no ulcerado. *REDUCA (Enfermería, Fisioterapia y Podología)*, 3(3), 1-57.

Perera, A. E., Yudit, I. D., García, G., & Manuel, I. I. (2013). Identificación de las deformidades podálicas en personas con diabetes mellitus, una estrategia para prevenir amputaciones. *Revista Cubana de Endocrinología*, 24(3), 297-313.

Pérez Fernández, A., Pedrero Elsusó, S., Montero Sáez, A., Murillo Rubio, Ó., Padrós Sánchez, C., & Asunción Márquez, J. (2014). El pie diabético: la perspectiva del cirujano ortopédico. *Revista del Pie y Tobillo*, 28(1), 7-16. [https://doi.org/10.1016/s1697-2198\(16\)30015-5](https://doi.org/10.1016/s1697-2198(16)30015-5)

Pérez, P., & Llana, S., & Encarnación, A., & Fuster, M. A. (2009). Guía para el Cuidado del Pie Diabético. Motricidad. *European Journal of Human Movement*, 22, 83-94. <http://www.foothealthfacts.org/Content.aspx?id=1246>

Pérez-Rodríguez, M. del C., Cruz-Ortiz, M., Reyes-Laris, P., Mendoza-Zapata, J. G., & Hernández-Ibarra, L. E. (2015). Conocimientos y hábitos de cuidado: Efecto de una intervención educativa para disminuir el riesgo de pie diabético. *Ciencia y Enfermería*, 21(3), 23-36. <https://doi.org/10.4067/S0717-95532015000300003>

Pinilla, A. E., Barrera, M. del P., Sánchez, A. L., & Mejía, A. (2013). Factores de riesgo en diabetes mellitus y pie diabético: un enfoque hacia la prevención primaria. *Revista Colombiana de Cardiología*, 20(4), 213-222. [https://doi.org/10.1016/s0120-5633\(13\)70058-5](https://doi.org/10.1016/s0120-5633(13)70058-5)

Pinilla, A. E., Sánchez, A. L., Mejía, A., & del Pilar Barrera, M. (2011). Actividades de prevención del pie diabético en pacientes de consulta externa de primer nivel. *Revista de Salud Pública*, 13(2), 262-273.

Pinilla, A. E., Barrera, M. del P., Rubio, C., & Devia, D. (2014). Actividades de prevención y factores de riesgo en diabetes mellitus y pie diabético. *Acta Medica Colombiana*, 39(3), 250-257. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci%7B\\_%7Darttext%7B%7Dpid=S0120-24482014000300008%7B%7Dlang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci%7B_%7Darttext%7B%7Dpid=S0120-24482014000300008%7B%7Dlang=pt)

Rodríguez Moreno, I., Ballesteros-Mora, M., & Reina-Bueno, M. (2017). Relación de la calidad de vida y los autocuidados podológicos con las compli-

caciones asociadas a la diabetes. Estudio descriptivo. *Revista Española de Podología*, 28(2), 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.repod.2017.03.008>

Rodríguez, D. (2014). Implicación del traumatismo en la fisiopatología del pie diabético. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 43(3), 370-378. [http://www.bvs.sld.cu/revistas/mil/vol43\\_3\\_14/mil10314.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/mil/vol43_3_14/mil10314.htm)

Rotter, K. (2010). El paciente diabético y sus pies: maximizando la funcionalidad. *Aportes desde la Medicina Física y Rehabilitación. Revista Hospital Clínico. Universidad de Chile.*, 21(1), 302-310. [www.redclinica.cl](http://www.redclinica.cl)

Sanchez, R. V. (2006). *Diabetes y ejercicio*. Ediciones Mayo.

Santana Da Silva, L. W., De Fátima Silva Pereira, S., Rossi Squarcini, C. F., Moreira de Souza, D., Galvão Souza, F., & Caravaca-Morera, J. A. (2016). Cuidados De Los Pies De Personas Con Diabetes Mellitus: Acciones Protectoras Vinculadas a La Promoción De La Salud. *Enfermería: Cuidados Humanizados*, 5(2), 12. <https://doi.org/10.22235/ech.v5i2.1282>

Seguel, G. (2013). ¿Por qué debemos preocuparnos del pie diabético? Importancia del pie diabético. *Revista Médica de Chile*, 141(11), 1464-1469. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872013001100014>

Selli, L., Papaléo, L. K., Meneghel, S. N., & Torneros, J. Z. (2005). Técnicas educacionales en el tratamiento de la diabetes. *Cadernos de Saúde Pública*, 21(5), 1366-1372. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2005000500008>

Shangguan, Y. (2004). Estudio de factores asociados con amputación, en pacientes diabéticos con ulceración en pie. *Anales de Medicina Interna*, 25(5), 551-555.

Siga RJ, Kenny JP, Wasserman DH, Castañeda C, White RD. Physical Activity/Exercise and Type 2 Diabetes. A consensus statement from American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2006;29:1433-8.

Silva, F. C., Da Rosa Iop, R., Arancibia, B. A. V., Filho, P. J. B. G., Da Silva, R., Machado, M. O., & Moro, A. R. P. (2017). Ejercicio físico, calidad de vida y salud de diabéticos tipo 2. *Revista de Psicología del Deporte*, 26(1), 13-25.

Soto F., I. (2017). Abordaje fisioterapéutico en personas con diabetes mellitus tipo II: de la revisión científica a la práctica rehabilitadora desde un enfoque neurorrehabilitador. *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*, 27(1), 83-97. <https://doi.org/10.28957/rcmfr.v27n1a5>

Suda, E. Y., Matias, A. B., Bus, S. A., & Sacco, I. C. N. (2019). Impact of diabetic neuropathy severity on foot clearance complexity and variability during walking. *Gait and Posture*, 74, 194-199. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.014>

Tirado, R. A. del C., López, J. A. F., & Tirado, F. J. del C. (2014). Guía de práctica clínica en el pie diabético. *Archivos de Medicina*, 10(1), 1-17. <https://doi.org/10.3823/1211>

Tizón Bouza, E., Dovale Robles, M. N., Fernández García, M. Y., Fernández Veiga, C., López Vilela, M., Mouteira Vázquez, M., Penabad Penabad, S., Rodríguez Martínez, O., & Vázquez Torrado, R. (2004). Atención de enfermería en la prevención y cuidados del pie diabético. *Atención Primaria*, 34(5), 263-271. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(04\)70845-8](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(04)70845-8)

Tomasa, Z., Castillo, P., Gonz, M. R., & Hern, M. (2006). Cambios electrofisiológicos en el paciente diabético. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 18(2), 49-54.

Vasquez, E. F. (2015). Universidad técnica de ambato facultad de ciencias de la salud carrera de terapia física. *Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencias De La Salud Carrera De Terapia Física*, 115. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8480>

Yavuz, M. (2014). American Society of Biomechanics Clinical Biomechanics Award 2012: Plantar shear stress distributions in diabetic patients with and without neuropathy. *Clinical Biomechanics*, 29(2), 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.11.003>

Zinman, B., Ruderman, N., Campaigne, B. N., Devlin, J. T., & Schneider, S. H. (2003). Physical activity/exercise and diabetes mellitus. *American Diabetes Association*, 26(1), 73-77. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.2007.s73>