

**FACULTAD DE FISIOTERAPIA È COMITÉ OPERATIVO DE INVESTIGACIONES
FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE MODALIDAD DE
GRADO**

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Nombre del investigador principal

José Ricardo Duque Ramírez

Nombre del estudiante participante

Sebastián Grajales Toro

Título de la investigación

Características temporo-espaciales y cinemáticas de la marcha en pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2 que consultan en el Centro de medicina del ejercicio y rehabilitación cardiaca CEMDE S.A en Medellín en el año 2015

Línea de investigación: Medición y evaluación

Fecha de inicio de la investigación: Julio 15/ 2014

Fecha en que el grupo que presenta el informe se vinculó a la misma:

Julio 15/2014

Tabla de contenido

1. RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN	3
2. MARCO GENERAL.....	4
2.1 Planteamiento del problema	4
3. JUSTIFICACION	8
4. OBJETIVOS	11
4.1 Objetivo general.....	11
4.2 Objetivos específicos	11
5. DISEÑO METODOLÓGICO	12
6. ARTICULACIÓN DE LA TEMÁTICA CON LA SALUD PÚBLICA.....	13
7. PRODUCTOS DE INVESTIGACION COMO MODALIDAD DE GRADO	16
8. MARCO TEORICO.....	17
9. APRENDIZAJES	29
10. CONCLUSIONES	30
11. OBSERVACIONES GENERALES	31
12. BIBLIOGRAFÍA	32

Índice de tablas

Tabla 1: Actividades que se han realizado hasta el momento en el trabajo como modalidad de grado.	16
Tabla 2: Parámetros de normalidad.....	22
Tabla 3: Cuadro de estudios de la marcha en pacientes con DM, Tomado de Tesis doctoral: Biomecánica del pie diabético: Estudio experimental de pacientes con diabetes mellitus tipo I con y sin neuropatía periférica.....	27

Índice de gráficos

Ilustración 1: Etiología aparición úlceras y amputación en el paciente con DM. Tomado de Tesis doctoral: Biomecánica del pie diabético: Estudio experimental de pacientes con diabetes mellitus tipo I con y sin neuropatía periférica.....	18
---	----

1. RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad crónica de carácter no transmisible, con altas cifras de prevalencia a nivel mundial, regional y local, es considerada un problema de salud pública por la OMS, no solo por sus altos costos de mantenimiento y tratamiento, sino por las consecuencias que a nivel sistémico puede generar, la más temida de todas tal vez por sus consecuencias en la realización de las actividades básicas cotidianas y las actividades de la vida diaria en el paciente es la amputación, hay que tener en cuenta entonces que para llegar a esta el paciente diabético ha desarrollado polineuropatía periférica que se presentara en el 50% de los casos, además entre el 40% y el 60% de las amputaciones no traumáticas de la extremidad inferior ocurren en pacientes diabéticos y el 85% de estas amputaciones viene precedido de una úlcera en el pie, además el 15% de todos los diabéticos desarrollara una ulcera de tipo diabético en miembros inferiores y el 60% de ellos terminara en una amputación, generando altos índices de discapacidad en el paciente con estas alteraciones, previo a estas consecuencias el paciente presenta una serie de alteraciones de la marcha, aumento de la presión plantar, perdida de sensibilidad en los pies, perdida del equilibrio, ampliación de la base de sustentación, que si son detectadas a tiempo pudiesen reducir el riesgo de pérdida de una extremidad y su alto costo para la salud.

Palabras clave: Diabetes Mellitus tipo 2 - Neuropatías Diabéticas - Pie diabético - Marcha.

2. MARCO GENERAL

2.1 Planteamiento del problema

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad crónica que desencadena con el tiempo disfunciones sensoriales y motoras importantes. Estas afectan el balance pues generan cambios en el circuito motor, una función que requiere de una buena circulación y un consumo energético importante, mecanismos que los individuos que presentan la DM2 tienen alterados, causando un gran detrimento sobre su funcionamiento y alterando el balance del paciente al generar efectos como la movilidad reducida de las articulaciones de miembro inferior, el desarrollo de polineuropatía, la predisposición a sufrir alteraciones en la marcha y sus parámetros temporo-espaciales (amplitud, velocidad, ancho del paso, longitud del paso, cadencia de la marcha, tiempo del paso, relación temporal apoyo . balance) y en la presión plantar(1). Dentro de estas complicaciones, la polineuropatía periférica representa un problema a nivel de salud pública, puesto que su incidencia es muy elevada (casi el 50% sufrirá de esta lesión), trayendo consigo alteraciones como pérdida de la sensibilidad que, de manera silente en el paciente diabético, desencadenará problemas de marcha, heridas en el pie (miembro inferior) y posibles amputaciones, siendo esta última, una de las consecuencias más temidas de la diabetes y que además incrementa los costos de atención en el servicio de salud del paciente diabético.

Actualmente, 170 millones de personas en el mundo padecen diabetes mellitus, se ha previsto un aumento del 114% para el 2030 y se espera que, en los países en vía de desarrollo, como Colombia, este aumento sea mayor con un 146 %(2). En Colombia la DM2 se encuentra entre las diez primeras causas de mortalidad, de egresos hospitalarios y de consulta externa en personas mayores de 45 años(3). La prevalencia de DM2 es alta, 7,3% entre hombres de 30 años o más y 7,4% entre mujeres del mismo rango de edad. Además, existe una importante proporción de personas con DM2 no diagnosticada antes del año 2012, 32% en hombres y 25% en mujeres(4). En Colombia, en el año 2014, se tienen registros de 1,7 millones de diabéticos, de los cuales el 50% presentan Neuropatía Diabética. En Antioquia, según el reporte entregado por la seccional de salud del departamento, las cifras no dejan de ser igualmente preocupantes pues para septiembre de 2014 se registraron 235.306 habitantes afectados por la DM2, representado el 13,9 % de la población total de diabéticos en Colombia. De este total, existen registros de 217.349 habitantes con presencia de DM2 en el área metropolitana del valle de aburrá y zonas urbanas y de 17.957 habitantes en el área rural. De igual forma, de este total para Antioquia, 87.101 pertenecen al género masculino y 148.205 al género femenino(5).

Todas estas cifras sumadas al hecho de que, en el transcurso normal de la enfermedad, al menos la mitad de los pacientes desarrollará polineuropatía

periférica y que esta además tiene como consecuencia más grave desencadenar en la amputación de uno o ambos miembros inferiores convierten la DM2 en un grave problema de salud(2).

La Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico y tratamiento pre-operatorio, intra-operatorio y post-operatorio de la persona amputada, la prescripción de la prótesis y la rehabilitación integral+habla de datos en otros países en los que se muestra que el 15% de todas las personas con diabetes mellitus desarrollarán una úlcera en el pie durante el transcurso de su enfermedad, que el 60% de las amputaciones no traumáticas de miembros inferiores fueron consecuencia del pie diabético, que el 85% de las amputaciones de las extremidades inferiores relacionadas con diabetes fueron precedidas de una úlcera en el pie y que el 42% de los pacientes con amputación requirieron este mismo procedimiento en la otra extremidad en un periodo de entre 1 a 3 años luego de la primera cirugía(6).

La amputación es un proceso potencialmente discapacitante, considerado a nivel mundial como un significativo problema de salud pública. Las personas con diabetes tienen un riesgo de amputación de 20 a 40 veces mayor que las personas sin diabetes. Se ha calculado que al menos un 25% de los diabéticos padecerá alguna úlcera a lo largo de su vida(7) y se cree que cada 30 segundos se amputa un miembro inferior en el mundo como consecuencia de la diabetes(8).

Además, cabe anotar los altos costos que acarrea el tratamiento de amputación del paciente diabético para el servicio de salud y que convierten esta situación en un grave problema. Gordois et al estiman que el coste anual total de la neuropatía periférica de la diabetes y sus complicaciones en Estados Unidos se encuentra entre los 4,6 y los 13,7 billones de dólares y calculan que el coste anual en 2001 de la amputación de dedos, pie y/o pierna, atribuible a diabetes, fue aproximadamente de 2.000 millones de dólares(9). Los datos correspondientes, procedentes del Reino Unido, calcularon que los costes totales anuales de las complicaciones del pie relacionadas con la diabetes ascendían a 456 millones de USD(10). Las úlceras del pie también generan unos costes indirectos considerables que vienen definidos como el valor de la pérdida de productividad cuando las personas no pueden trabajar o cuando mueren prematuramente como resultado de lesiones en los pies o complicaciones asociadas.

Es de vital importancia reducir estos costos desde la promoción y la prevención ya que es más efectivo intervenir este aspecto y disminuir las consecuencias de la enfermedad que lidiar con éstas(11).

Es importante lograr una reducción en la cantidad de amputaciones y para aquellos casos en que, irremediablemente, hay que acudir a la amputación es necesario contar con un programa de rehabilitación integral que incluya la intervención de un equipo profesional multidisciplinario, capaz de brindar un apoyo

físico, emocional y psicológico que conlleve a un buen proceso de rehabilitación y reintegración social del paciente(12).

Por lo tanto, es importante conocer las posibles alteraciones en la distribución de la presión plantar y de la marcha con sus parámetros tempo-espaciales, como lo son la amplitud, velocidad, ancho y longitud del paso, cadencia de la marcha, tiempo del paso, relación temporal apoyo . balance, pues estas son causantes de lesiones graves en el paciente diabético, más que todo a nivel del pie, donde se sufren cortes o lesiones traumáticas que conllevan al desarrollo de úlceras plantares causantes de heridas que no sanan y conllevan a la amputación del miembro. Éste tipo de heridas podrían evitarse y la base es una prevención dada por el diagnóstico precoz de la enfermedad y su adecuado tratamiento una vez se identifiquen los factores ambientales y sociales que pueden llegar a causar riesgo para el paciente. En el caso específico de la marcha, aquellos factores modificables (aun cuando no se encuentran alteraciones) se resumen a un buen cuidado de los pies, una correcta elección del tipo de calzado, precaución de los lugares por los cuales se camina, ejercicio de la conciencia corporal y reeducación de la marcha, disminuyendo así el riesgo de ulceraciones y amputaciones y mejorando la calidad de vida del paciente con DM2. Es en estos aspectos y en la realización de futuros estudios sobre este tipo de población que deben estar basados los programas de promoción y prevención que se enfocan al paciente diabético desde la intervención fisioterapéutica(4).

La intervención, el desarrollo y la evaluación de programas de salud para la prevención, el control y la vigilancia de la diabetes mellitus, el pie diabético, la polineuropatía periférica y las alteraciones de la marcha demandan programas de adiestramiento para el personal de la salud en general y los fisioterapeutas no son la excepción. Dichos programas, deben ser de carácter permanente y contar con estrategias que definan metas con indicadores precisos y los recursos necesarios para contribuir a la prevención, el control y la vigilancia de estas afecciones, con el objetivo de mejorar la calidad del diagnóstico y de la atención, promover la mejoría en los estilos de vida, prevenir las enfermedades vasculares, disminuir la morbilidad, las complicaciones y la mortalidad causadas por la DM y, en coordinación con otros programas de promoción y protección de la salud, tratar de asegurar la disponibilidad de tecnologías apropiadas para el diagnóstico de la enfermedad y sus complicaciones.

La marcha normal requiere que el sistema nervioso y sus estructuras se encuentren indemnes para que puedan transmitir la información correcta y se puedan realizar los ajustes motores relacionados a las contracciones musculares que se necesitan para sostener y descargar el peso adecuadamente. Existen estudios que dan información acerca de las alteraciones biomecánicas en la marcha en personas que sufren de DM2(13): el estudio realizado por Vega F et al 2008 concluyó que existen diferencias entre presiones plantares de pacientes con y sin diabetes mientras que el estudio de Kwon et al 2003 encuentra diferencias

entre la estabilidad de pelvis y rodilla en marcha durante la aceleración, adoptando un patrón de locomoción más conservador aquellos pacientes con DM2. Sin embargo, hay pocos estudios que comparan la marcha de personas asintomáticas con la de aquellas que están sufriendo de esta patología y los pocos estudios que existen sobre este particular, no pueden ser extrapolados a la población nacional.

Otro de los grandes problemas es encontrar un lugar donde asistan de manera regular para su tratamiento las personas con DM2. Para este aspecto se cuenta con el Centro de Medicina del ejercicio y Rehabilitación cardiaca CEMDE S.A, una IPS de la ciudad de Medellín que presta sus servicios a personas que sufren de enfermedades crónicas como la DM2 y en la cual se ofrecen servicios en los programas de rehabilitación y acondicionamiento físico para personas con dicha patología, siendo una de las pocas en la ciudad que ofrece este servicio y a la cual asisten de manera continua un buen flujo de pacientes para su tratamiento.

Realizar estudios de este tipo sería de suma importancia para recopilar información que podría utilizarse para estructurar el tratamiento y la adecuación de la marcha en pacientes afectados por la DM2 en Colombia. El problema radica en la falta de estudios relacionados con el movimiento corporal humano y las alteraciones ocasionadas por una de las enfermedades más prevalentes a nivel nacional. Si existiesen este tipo de investigaciones, estas disfunciones, que se presentan incluso desde etapas tempranas de la enfermedad, cuando aún no existen manifestaciones neurológicas ni alteraciones neuro-sensitivas importantes (pérdida de equilibrio, capacidad de acomodación y respuesta muscular, variaciones dentro de los parámetros normales y aumento de las presiones plantares durante la marcha) podrían prevenirse para evitar la aparición de úlceras o pie diabético, posteriores amputaciones de uno o ambos miembros inferiores y todas las demás condiciones que enfrentan al individuo a una situación de discapacidad, disminución en su productividad y pérdida de la funcionalidad y su rol en la sociedad.

A través de estudios que describan las características de la marcha en pacientes con DM2 y su relación con algunas características propias del individuo se puede llegar a disminuir el impacto de una problemática que está tomando cada vez mayor significancia en el contexto de la salud pública debido a los grandes costos económicos y sociales que acarrea en todos los niveles, local, regional, nacional y global. Es por esto que se hace necesario un análisis más profundo de los problemas de locomoción en pacientes con esta patología, con el fin de incluirlos dentro de la intervención del fisioterapeuta y su plan de rehabilitación.

3. JUSTIFICACION

La DM2 es una enfermedad crónica que supone entre el 80%-90% de los casos de diabetes y se caracteriza por una elevación inapropiada de la glucosa en sangre (hiperglucemia), dando lugar a afectaciones de grandes y pequeños vasos y nervios. Considerada un problema de salud pública, causa un impacto importante en la morbilidad debido a las complicaciones crónicas que se relacionan con la carencia de intervenciones oportunas para identificar los factores de riesgo que inciden en el desarrollo de lesiones en órganos blanco.

La DM2 es una enfermedad con altas cifras de aparición en la población mundial y el tercer problema de salud pública a nivel global según la OMS. Sin embargo, entre el 30%-50% de las personas con DM2 no consultan en forma temprana porque no presentan síntomas evidentes y sólo son diagnosticadas cuando ya presentan complicaciones. En Colombia, la DM2 es una de las diez primeras causas de hospitalización, consulta externa y mortalidad en mayores de 45 años. El II Estudio Nacional de Factores de Riesgo y Enfermedades Crónicas, estimó en 2% la prevalencia en población adulta y un estado de glucemia alterada del ayuno o prediabetes en 4,3%; en Bogotá, entre los 40-69 años, se halló una prevalencia de DM2 del 5,16% en hombres y del 3,8% en mujeres, así como prediabetes en hombres del 20,6% y en mujeres del 9,1%(4). La aparición de las complicaciones del pie (úlceras, claudicación intermitente, gangrena y amputación) en el paciente diabético es frecuente, además es causa de morbilidad, discapacidad y pobre calidad de vida y es el origen de 8 de cada 10 amputaciones no traumáticas, de las cuales 85% siguen a la aparición de la úlcera(14). La incidencia anual de úlceras en el pie es de 1% a 4,1% y su prevalencia alcanza de 4% a 10%. Entre el 14%-24% de los pacientes con úlcera en pie requerirán una amputación(15). Adicionalmente, 30%-50% de los pacientes amputados requerirán amputaciones adicionales en uno a tres años. La mortalidad que sigue a la amputación alcanza del 13% al 40% en el primer año, del 35% al 65% en el tercero y del 39% al 80% en el quinto. De hecho, del total de diabéticos que se registran actualmente en Colombia por lo menos la mitad desarrollará polineuropatía periférica y de estos últimos 1 de cada 3 sufrirá amputación(2).

Con estas cifras, el hecho de tener que convivir con esta patología representa, sin duda alguna, un reto no sólo para los sistemas de salud sino para el paciente, quien debe modificar su estilo de vida entorno a la enfermedad, sufriendo cambios drásticos en sus hábitos de alimentación, cuidado personal e higiene y alterando radicalmente su forma de percibir el mundo. La familia también sufre modificaciones, pues ésta debe enfrentar, junto con el paciente, el inicio de la enfermedad, la comunicación del diagnóstico, los aspectos involucrados en el auto-manejo para lograr el control de la DM, los momentos de descompensación metabólica y la aparición de complicaciones, en especial, las complicaciones crónicas que son las más discapacitantes y disminuyen notablemente la independencia funcional del paciente diabético.

Para el fisioterapeuta es muy importante intervenir desde las etapas tempranas de la enfermedad, pues el acompañamiento de este le da herramientas al paciente para afrontar su nueva condición. Su papel comienza desde el diagnóstico de la enfermedad con el manejo de la DM2 a través de la prescripción del ejercicio y pasa por diferentes etapas de la enfermedad. Es muy importante que el fisioterapeuta ayude al paciente a diseñar un sistema de organización de autocuidado, que brinde información clínica importante para el manejo de la enfermedad y que diseñe programas de rehabilitación basados en la evidencia(16,17).

Cuantificar la discapacidad y las alteraciones que la enfermedad puede causar en el paciente por medio de evaluaciones y mediciones que arrojen resultados prematuros y que pueden obtenerse incluso antes de que se den manifestaciones clínicas de importancia (PNP, el pie diabético o la amputación en el paciente diabético), puede disminuir de forma significativa la aparición de las mismas. Para esto, el análisis de la marcha es de vital importancia pues ésta se encuentra alterada en los pacientes con DM2. De hecho, un estudio realizado en el año 2008 (Allet et al), que compara pacientes con DM2 con aquellos aparentemente sanos, muestra como los pacientes con DM2 sin poli neuropatía periférica, ni pérdida de la fuerza, comparados con los pacientes sanos disminuyen tempranamente la cadencia de la marcha en línea recta en un 62,2%, presentan un 134% de alteración de la postura, un 50.6% de lentitud para realizar giros durante la marcha y tenían que ampliar significativamente la base de sustentación 120,1%(4). Además, otro estudio muestra como estos pacientes tienen un mayor movimiento de flexión y extensión de las grandes articulaciones, generando mayor desgaste articular incluso cuando no hay pérdida de la fuerza(14).

Basados en estas estadísticas, se puede determinar la importancia del estudio de la marcha con sistemas modernos de medición, como el del laboratorio de marcha de la universidad CES, pues estudios anteriores como el de Melai T et al en 2011 (medición por radio- frecuencia que encontró diferencias entre la presión plantar en 10 áreas de división de la planta del pie)(18), Putti AB et al en 2010, (medición con sensores de presión plantar que encontró diferencias de superficie de contacto y tiempo-fuerza integral de presiones plantares entre sexos)(19), y Owings TM et al en 2009 (medición con sistemas EMED, PEDAR Y PLIANCE que niega la relación entre actividad y exceso de presión plantar)(20), sientan un precedente importantísimo sobre las alteraciones de la locomoción humana y dejan abierta la puerta para continuar con nuevas investigaciones, ya que los softwares que usaban no eran tan avanzados como los que se encuentran disponibles actualmente y no podían arrojar en sus resultados los parámetros completos de la marcha.

La medición de la marcha en pacientes diabéticos es de vital importancia ya que ayuda a predecir el deterioro funcional que está presentando el individuo. Además, los trastornos de la marcha tienen un gran impacto en el paciente que los presenta

y han aumentado en frecuencia debido a la presencia de la polineuropatía periférica y del pie diabético. En muchas ocasiones se presentan síntomas discretos en la DM2 dentro de los cuales la alteración de la marcha puede ser lo más llamativo y aquello que representa mayor pérdida de independencia para el paciente.

En resumen, el beneficio de realizar un estudio de la marcha es poder valorar desequilibrios de alineación y/o de apoyos plantares que pueden desencadenar la aparición de sobrecargas y de posibles lesiones. Cualquier alteración, por ejemplo, en los pies, nos va a desencadenar alteraciones secundarias en estructuras anatómicas superiores como rodilla, columna vertebral, entre otras, de esta forma la ejecución de este estudio contribuirá con la formación de nuevo conocimiento para la fisioterapia desde los ámbitos de la investigación, la rehabilitación y la intervención clínico terapéutica, además de impactar los campos de la promoción y la prevención de la enfermedad.

Conociendo estos elementos y la importancia de desarrollar este estudio y a sabiendas de que la Universidad CES cuenta con las herramientas necesarias para su realización, se puede declarar la factibilidad, viabilidad y pertinencia desde el campo fisioterapéutico, en el cual se realiza una medición y valoración de las diferentes variables de la marcha en los pacientes con DM2, con el fin de arrojar resultados de calidad aplicables a la población colombiana y desarrollar programas de prevención y control que son potencialmente costo efectivos, previniendo la aparición de alteraciones de la marcha, del pie diabético, úlceras y amputaciones, a través de un diagnóstico precoz y acertado.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Describir las características temporo-espaciales y cinemáticas de la marcha en pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2 que consultan en el Centro de medicina del ejercicio y rehabilitación cardíaca CEMDE S.A en Medellín en el año 2015.

4.2 Objetivos específicos

- Definir las características sociodemográficas de los pacientes con DM2 que consultan en el Centro de medicina del ejercicio y rehabilitación cardíaca CEMDE S.A en Medellín en el año 2015.
- Describir las características temporo - espaciales de la marcha en pacientes con DM2 que consultan en el Centro de medicina del ejercicio y rehabilitación cardíaca CEMDE S.A en Medellín en el año 2015.
- Identificar las características cinemáticas de la marcha en pacientes con DM2 que consultan en el Centro de medicina del ejercicio y rehabilitación cardíaca CEMDE S.A en Medellín en el año 2015.
- Explorar las diferencias entre las características temporo-espaciales y cinemáticas de la marcha en pacientes con DM2 que consultan en el Centro de medicina del ejercicio y rehabilitación cardíaca CEMDE S.A en Medellín en el año 2015 con las características de sujetos sanos.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque metodológico de la investigación: Cuantitativo-Descriptivo

Tipo: Correlacional

Diseño de estudio: Transversal

Población de referencia: 116 personas con DM2 que consultaron el Centro de medicina del ejercicio y rehabilitación cardíaca CEMDE S.A, en Medellín en el año 2015, entre los meses de enero-Julio para el programa de acondicionamiento físico, que están registradas en P & A, programa que utiliza la institución para registro diario de los pacientes y que cumplan con los criterios de inclusión.

Diseño muestral: Para este estudio no se hará muestreo puesto que se facilita tomar la totalidad de pacientes que cumplan con los criterios de inclusión.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

- Personas de ambos sexos que tengan entre 18 y 65 años cumplidos.
- Diagnóstico médico de DM2 menor o igual a 1 año confirmado por historia clínica.
- Pacientes quienes hayan consultado en CEMDE S.A por DM2 para el programa de acondicionamiento físico en la ciudad de Medellín en el año 2015 entre los meses de enero-julio.
- Pacientes quienes acepten de manera voluntaria y a través del consentimiento informado participar en el estudio.

Criterios de exclusión:

- Paciente amputado.
- Polineuropatía periférica confirmada por historia clínica.
- Discapacidad cognitiva o mental confirmada por historia clínica o por minimental test.
- Comorbilidades asociadas, hipertensión arterial descompensada reportada en la historia clínica en la última semana previa al estudio.
- Pacientes con enfermedades crónicas diferentes a la DM2 que causen trastorno de la marcha como LES, AR, Osteoartrosis, otras artropatías y Parkinson.
- Paciente que no realice marcha independiente
- Uso de órtesis y prótesis articular.
- Paciente con problemas de audición tales como hipoacusia, sordera.

6. ARTICULACIÓN DE LA TEMÁTICA CON LA SALUD PÚBLICA.

La DM2 es una enfermedad crónica no transmisible, que, por sus altas cifras, 250 millones de personas con DM en el año 2010, con proyecciones de ser 300 millones en el año 2025, es para la OMS considerada un problema de salud pública.

En Colombia la DM2 se encuentra entre las diez primeras causas de mortalidad, de egresos hospitalarios y de consulta externa en personas mayores de 45 años(21), la prevalencia de DM2 es alta 7,3% entre hombres de 30 años o más y de 7,4% entre mujeres del mismo rango de edad, además existe una importante proporción de personas con DM2 no diagnosticada antes del año 2012: 32% en hombres y 25% en mujeres(6). En el año 2014 en Colombia se tienen registros de 1,7 millones de Diabéticos de los cuales el 50% presentan Neuropatía Diabética, en Antioquia las cifras no dejan de ser igualmente preocupantes para el reporte dado por la seccional de salud de Antioquia en septiembre de 2014, en este departamento se tienen cifras de 235.306 habitantes que presentan DM2, representado el 13,9 % de la población total de diabéticos en Colombia. En el área metropolitana del valle de aburra y zonas urbanas existen registros de 217.349 habitantes con presencia de DM2 y en el área rural 17.957 habitantes, de este total 87.101 pertenecen al género masculino y 148.205 son de género femenino(5,7,11), no solo los altos costos de mantenimiento de la enfermedad como tal sino sus consecuencias son lo que preocupa al sistema de salud, de estas la más temible y costosa para lo correspondiente al movimiento corporal humano es la pérdida de una extremidad del paciente, no solo por la atención, sino por sus costos elevados de adaptación protésica y rehabilitación, y sus cifras son igualmente elevadas pues al menos de todos los pacientes con DM2, 1 de cada 2 sufrirá polineuropatía periférica, el 15 % desarrollara ulcera de pie diabético, y el 60% de las amputaciones de miembros inferiores venían precedidas de pie diabético, el 85% de las amputaciones relacionadas con DM son precedidas de ulceración, es de vital importancia entonces reducir estos costos desde la promoción y la prevención de la enfermedad, pues es más efectivo intervenir este aspecto y de esta manera conseguir disminuir estas consecuencias, algunas estrategias que pudiesen ser llevadas a cabo son: Evaluaciones de la marcha, la presión plantar y la sensibilidad, que pueden ser pensadas para la realización de futuros estudios, de esta manera se disminuirían estos altos costos y se descargaría económicamente al sistema de salud(22).

Es importante lograr una reducción en la cantidad de amputaciones y para aquellos casos en que irremediamente hay que acudir a la amputación, es necesario un programa de rehabilitación integral para lograr su incorporación social, que incluya la intervención de un equipo profesional multidisciplinario, capaz de brindar el apoyo físico, emocional y psicológico que logre un buen proceso de rehabilitación y vuelta a la sociedad(17).

Por lo tanto es importante conocer las posibles alteraciones en la distribución de la presión plantar y de la marcha con sus parámetros temporo-espaciales como lo son la amplitud, velocidad, ancho y longitud del paso, cadencia de la marcha, tiempo del paso, relación temporal apoyo . balance, pues estas son causantes de lesiones graves en el paciente diabético, más que todo a nivel del pie, donde se sufren cortes, lesiones traumáticas por caídas, que conllevan al desarrollo de úlceras plantares causantes de lesiones que no sanan y llevan a la amputación del miembro, estas pudiesen evitarse y la base es la prevención que está dada por el diagnóstico precoz de la enfermedad y su adecuado tratamiento al identificar los factores ambientales y sociales que pueden llegar a causar riesgo para el paciente, en el caso específico de la marcha aquellos factores modificables aun cuando se encuentran alteraciones, el cuidado de los pies, el tipo de calzado, los lugares por los cuales se camina, la conciencia corporal y la reeducación de la marcha, disminuyendo el riesgo de ulceraciones y de amputaciones, mejorando la calidad de vida del paciente con DM2, en estos aspectos deben estar basados aquellos programas de salud pública enfocados al paciente diabético desde la intervención fisioterapéutica, además de la realización de futuros estudios sobre este tipo de población(4).

La intervención, el desarrollo y la evaluación de programas de salud para la prevención, el control y la vigilancia de la diabetes mellitus, el pie diabético, la polineuropatía periférica y las alteraciones de la marcha demandan programas de adiestramiento el personal de la salud en general incluidos los fisioterapeutas. Para construir programas permanentes donde se desarrollen estrategias que definan metas con indicadores precisos y recursos para la implementación de programas efectivos de salud pública que contribuyan a la prevención, el control y la vigilancia de estas afecciones, con el objetivo de mejorar la calidad del diagnóstico y de la atención; promover la mejoría en los estilos de vida y la nutrición; prevenir las enfermedades vasculares y disminuir la morbilidad, las complicaciones y la mortalidad producidas por la DM, en coordinación con otros programas de promoción y protección de la salud, buscando asegurar la disponibilidad de tecnologías apropiadas para el diagnóstico de la DM y sus complicaciones.

Para el fisioterapeuta entonces es de vital importancia intervenir desde etapas tempranas de la enfermedad, pues el acompañamiento de este le da herramientas al paciente para afrontar su nueva condición, su papel comienza desde el diagnóstico de la enfermedad, con el manejo de la DM2 a través de prescripción del ejercicio y pasa por diferentes etapas de la enfermedad, es importante que el fisioterapeuta ayude a realizar un sistema de organización de autocuidado al paciente, que brinde información clínica importante para el manejo de la enfermedad y que diseñe programas de rehabilitación para estos basados en la evidencia, además que ayude a difundir el conocimiento y fomentar la capacidad resolutoria entre las personas afectadas por la DM, y enseñarle al paciente a prevenir practicando una evaluación simple y regular de la sensación de la pierna

baja y proveer de equipo protector y asesoría a aquellas en riesgo de presentar úlceras en pie o alteraciones de la marcha.

7. PRODUCTOS DE INVESTIGACION COMO MODALIDAD DE GRADO

Tabla 1: Actividades que se han realizado hasta el momento en el trabajo como modalidad de grado.

ACTIVIDAD	OBJETIVO	TIEMPO DE EJECUCION	DIFICULTADES	SOLUCIONES
Definición de tareas en el proyecto	Definir roles dentro del proceso de investigación	2 semanas	Horarios de reuniones y disponibilidad de los miembros	Ampliación de tiempo en 2 semanas, realización de reuniones virtuales
Revisión de bibliografía existente sobre el tema	Conocer la bibliografía existente acerca del tema	2 meses	Acceso a artículos científicos de no libre circulación	Acceso al sistema Celsius y solicitud de artículos en la biblioteca
Escritura de planteamiento del problema	Conocer la verdadera problemática existente	2 mes	Diferentes problemas encontrados durante la búsqueda de las diferentes referencias bibliográficas	Reunión con asesor para enfocar el estudio hacia la problemática de mayor representatividad
Escritura justificación de la investigación	Importancia de la investigación en el campo de la fisioterapia	2 mes	Búsqueda de cifras y estadísticas relacionadas con Colombia, Antioquia y Medellín	Acceso a páginas del ministerio de salud y protección social, a la seccional de salud de Antioquia y sus bases de datos
Escritura Marco teórico	Brindar soporte teórico a la investigación	2 meses	Acceso a artículos de circulación no libre Reuniones y horarios de docente y estudiante	Acceso a Celsius y solicitud de artículos en biblioteca Reuniones virtuales y búsqueda de espacios adicionales
Escritura de diseño metodológico preliminar	Formular el diseño metodológico preliminar como base del estudio a realizar	2 meses	Búsqueda población objeto y cálculo de la muestra	Selección de población de base de datos de la seccional de salud de Antioquia Disminución de la precisión del estudio
Escritura de técnicas de recolección de la información, control de errores y sesgos, técnicas de procesamiento y análisis de datos	Brindar las bases para el diseño de las herramientas de recolección, procesamiento y análisis de datos	2 meses	Ninguna	
Escritura de revisión de tema de DM2 y marcha	Desarrollar producto de la construcción del anteproyecto de investigación	2 meses	Reuniones con asesor Conflictos de interés con compañero de investigación Acceso a publicaciones de circulación restringida	Reuniones virtuales y acceso a espacios de asesoría Decisión concertada de escritura de artículo individual Acceso a Celsius y petición de artículos en biblioteca

8. MARCO TEORICO

Diabetes Mellitus tipo 2

La DM2 es una enfermedad crónica caracterizada por alteración en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos, proteínas y otros metabolitos con múltiples factores etiológicos donde su fisiopatología se ve alterada por factores genéticos y ambientales. La homeostasis de la glucosa depende del equilibrio adecuado de la secreción de las células B del páncreas y la acción periférica de la insulina. Sin embargo, la presencia de resistencia a la insulina por si sola es insuficiente para desarrollar diabetes tipo 2, también requiere de una secreción inadecuada de insulina.(23)

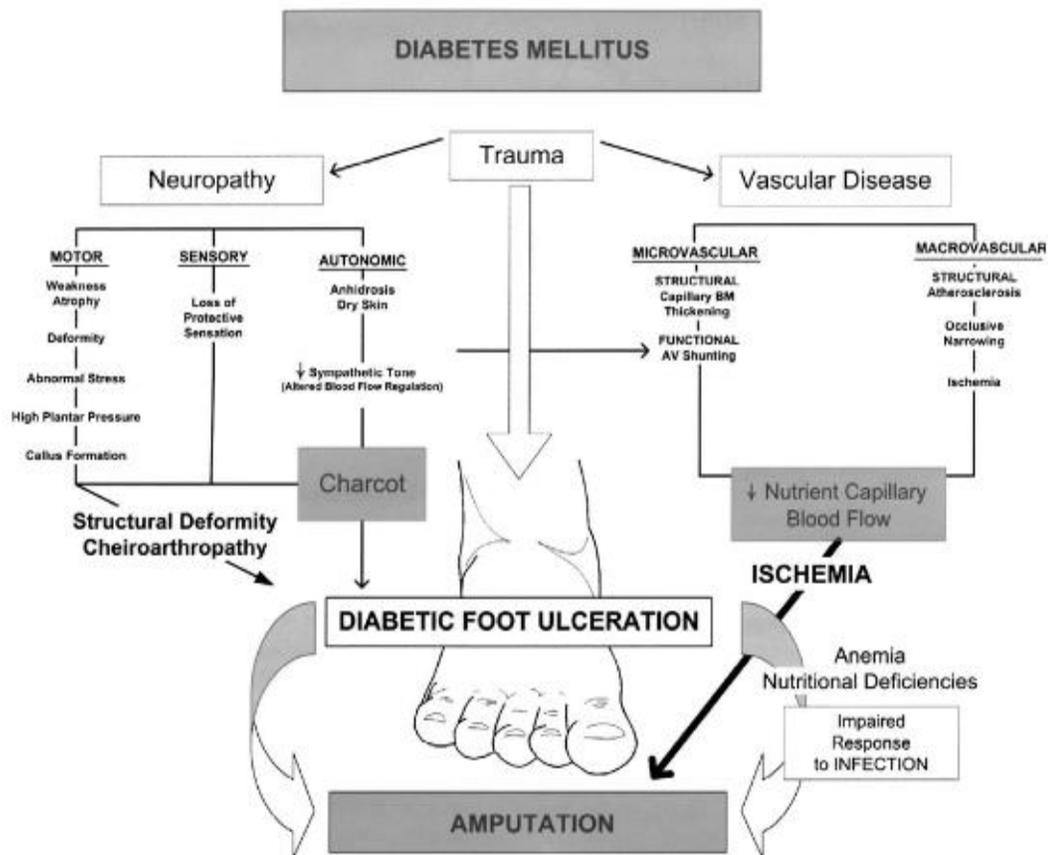
La Asociación Norteamericana de Diabetes señala al grupo étnico, la edad y los condicionantes socioeconómicos como causas que modifican la prevalencia de diabetes mellitus. En la actualidad, por su naturaleza crónica, la severidad de las complicaciones y los medios que se requieren para su control, ésta se ha constituido en una enfermedad altamente costosa. Se ha demostrado que el diagnóstico temprano y el buen control de la diabetes reducen la progresión de complicaciones crónicas de la enfermedad como la retinopatía, la nefropatía y la neuropatía, sumadas a la enfermedad coronaria, la dislipidemia y la enfermedad vascular periférica, las cuales influyen en la morbilidad y mortalidad prematuras que presentan estos pacientes.(4)

Polineuropatía periférica, pie diabético y amputaciones

La polineuropatía periférica dolorosa es una de las complicaciones frecuentes de la diabetes mellitus y se produce como consecuencia de la disfunción de los nervios periféricos; se manifiesta, en la mayoría de los casos, por la aparición de un tipo específico de dolor neuropático que provoca gran sufrimiento, altos grados de discapacidad e importante deterioro de la calidad de vida. Una alta proporción de pacientes diabéticos durante algunos años sufrirá de neuropatía difusa sensorial ligera o moderada. Esto influye de manera importante en las alteraciones del movimiento corporal humano y de la marcha en el paciente diabético, se afectará también la sensibilidad de los pies, causando también pérdida de masa muscular y abolición de los reflejos rotulianos y aquiliano(3). Se acompaña frecuentemente de parestesias dolorosas y quemantes y dolor lancinante sobre todo en pies, tobillos y gastronemios de manera bilateral y simétrica. De igual manera, 1 de cada 3 pacientes con diagnóstico de polineuropatía periférica desarrollará pie diabético. Cuando se hace referencia a éste debemos incluir una serie de alteraciones (neurológicas, vasculares, infecciosas y óseas) que a pesar de su origen variado convergen en los miembros inferiores y pueden ocasionar su amputación(24), este constituye un desenlace desagradable y temido por el paciente diabético, su costo afecta emocional y económicamente al paciente, sus familiares, los médicos de asistencia y a la sociedad.

Entre el 40% y el 60% de las amputaciones no traumáticas de la extremidad inferior ocurren en pacientes diabéticos y el 85% de estas amputaciones viene precedido de una úlcera en el pie, además el 15% de todos los diabéticos desarrollará una úlcera de tipo diabético en miembros inferiores y el 60% de ellos terminará en una amputación, además de que 1 a 3 años después requerirán una reamputación o una nueva en la otra extremidad.(25)

Ilustración 1: Etiología aparición úlceras y amputación en el paciente con DM. Tomado de Tesis doctoral: Biomecánica del pie diabético: Estudio experimental de pacientes con diabetes mellitus tipo I con y sin



neuropatía periférica.(23)

Desde el punto de vista neurológico y de alteraciones neurosensitivas, se encuentra que el paciente con DM2 presenta alteraciones desde el sistema nervioso central y periférico. El estudio de Kim et al en el año de 2008 sugiere que el paciente con DM2 tiene cambios a nivel del sistema nervioso autónomo que podrían explicar el porqué de las alteraciones del balance y la marcha desde etapas tempranas de la enfermedad(24). Así como también se han encontrado cambios a nivel de ganglios de la base en el circuito motor pues ésta es un área

que requiere una buena circulación y un consumo energético importante, mecanismos que aquellos individuos que presentan la DM2 tienen alterados, lo cual tiene un efecto de detrimento importante sobre el funcionamiento de estos, alterando la marcha y el balance del paciente(25).

Marcha

La marcha normal está definida como el desplazamiento que se realiza de manera bipodal con el individuo en constante contacto con el suelo, mediante la integración de múltiples sistemas y segmentos corporales. En la marcha influyen, como anteriormente hemos descrito, sistemas internos como la edad, el sexo y el estado de ánimo, algunos externos como el calzado y el terreno y otros patológicos que conciernen a la integridad de los diferentes sistemas del cuerpo humano y a la aparición de algunas patologías. Por lo tanto, la presencia o modificación de uno o más factores conllevará a alteraciones de la marcha que pudiesen ser permanentes o transitorias(26).

La marcha se describe mediante parámetros temporales, espaciales, temporo-espaciales y cinemáticos, dependientes en muchos casos del sistema que se use para realizar su medición. En este caso, con un software Vicon los parámetros son los siguientes (más adelante en la descripción de las variables serán definidos cada uno de ellos):

Parámetros temporales y espaciales:

- Apoyo: Porcentaje del ciclo total de la marcha en el que un pie hace contacto con el piso.
- Balanceo: Porcentaje del ciclo de la marcha durante el cual la extremidad inferior permanece en el aire y avanza hacia adelante.
- Doble apoyo: Porcentaje del ciclo de la marcha en el cual ambos pies están en contacto con el suelo.
- Duración del apoyo: Tiempo en segundos del ciclo de la marcha en el que un pie hace contacto con el piso.
- Duración del balanceo: Tiempo en segundos del ciclo de la marcha durante el cual la extremidad inferior permanece en el aire y avanza hacia adelante.
- Duración de la zancada: Tiempo en segundos del ciclo de la marcha que transcurre entre el momento en el que el MMII realiza un contacto inicial y el próximo de la misma extremidad.
- Cadencia: Es el número de pasos por unidad de tiempo.
- Longitud del paso: Distancia lineal en metros desde el contacto inicial de una extremidad hasta el contacto inicial de la extremidad contraria.
- Longitud de la zancada: Distancia lineal en metros desde que el MMII realiza un contacto inicial y el próximo contacto inicial de la misma extremidad.

- Velocidad: Relación de la distancia recorrida por unidad de tiempo expresada en m/seg.

Parámetros cinemáticos:

- Oblicuidad de la pelvis: Grado de inclinación lateral de la pelvis con respecto a la columna vertebral.
- Aducción de cadera: Grado de movimiento en el que la extremidad inferior se acerca a la línea media en un plano frontal.
- Abducción de cadera: Grado de movimiento en el que la extremidad inferior se aleja de la línea media en un plano frontal.
- Basculación de la pelvis: Grado de movimiento de la pelvis, retroversión y anteversión.
- Flexión de cadera: Grado de movimiento en el que la extremidad inferior se desplaza por delante de la línea media del cuerpo en un plano sagital.
- Extensión de cadera: Grado de movimiento en el que la extremidad inferior se desplaza por detrás de la línea media del cuerpo en un plano sagital.
- Flexión de rodilla: Grado de movimiento en el que la tibia se desplaza sobre los cóndilos posteriormente.
- Extensión de rodilla: Grado de movimiento en el que la tibia se desplaza sobre los cóndilos femorales anteriormente.
- Plantiflexión de tobillo: Grado de movimiento en la articulación subastragalina cuando los dedos apuntan hacia abajo.
- Dorsiflexión de tobillo: Grado de movimiento en la articulación subastragalina cuando los dedos apuntan hacia arriba.
- Rotación de la pelvis: Ángulo de movimiento determinado por la flexo-extensión de la cadera.
- Rotación interna de cadera: Grado de desplazamiento medial de la cabeza femoral sobre la cavidad acetabular medida en el plano transversal.
- Rotación externa de cadera: Grado de desplazamiento lateral de la cabeza femoral sobre la cavidad acetabular medida en el plano transversal.
- Varo de rodilla: Ángulo formado por la relación del eje longitudinal del muslo y de la pierna en el que se invierte el ángulo del valgo fisiológico.
- Valgo de rodilla: Ángulo formado por la relación del eje longitudinal del muslo y de la pierna cuando se acentúa el ángulo del valgo fisiológico.
- Ángulo de progresión del pie: Ángulo del pie con respecto a una línea imaginaria trazada en el camino.

Es importante la evaluación de estos parámetros pues arrojan datos cuantitativos que describen las características normales de la locomoción humana y realizan mediciones precisas y objetivas que pueden ser utilizadas para comparar con los

parámetros de la marcha en el paciente diabético. Por ejemplo, la marcha en el paciente con DM2 se caracteriza por una disminución de la velocidad y de la longitud de zancada, un aumento del tiempo de doble apoyo y una cadencia normal o incluso algo aumentada para tratar de alcanzar una velocidad de marcha normal. Los movimientos articulares están aumentados, las caderas y rodillas se encuentran ligeramente flexionadas durante todo el ciclo de la marcha(24), por lo tanto, conocer cómo estos están alterados en la DM2 y poder realizar comparaciones con la marcha normal es importante para brindar recomendaciones y plantear intervenciones.

La marcha tiene dos grandes fases: la fase de apoyo y la fase de balanceo y cada una de ellas consta de unas sub fases que se describen(26,27):

Fase de apoyo:

- Contacto inicial: 0-2% del ciclo. Cuando el pie entra en contacto con el suelo, normalmente el talón.
- Respuesta a la carga: 10% del ciclo. Cuando el pie descarga todo el peso y el apoyo es completo.
- Soporte medio: 10% y el 30% del ciclo. El peso del cuerpo se transfiere a lo largo del pie hasta que se alinea con la cabeza de los metatarsianos.
- Soporte terminal: 30% y el 50% del ciclo. El talón se levanta para desplazar el peso hacia los dedos.
- Pre balanceo: Se inicia cuando el pie contralateral entra en contacto con el piso y termina cuando el pie del mismo lado despegar del piso.

Fase de balanceo:

- Balanceo inicial: 50% al 73% del ciclo. Se inicia cuando los dedos del pie se despegan del piso y termina cuando la rodilla alcanza la flexión máxima durante la marcha.
- Balanceo medio: 73% - 87% del ciclo. La rodilla se extiende y la tibia queda perpendicular al suelo.
- Balanceo terminal: Finaliza cuando el pie se dispone a realizar el contacto inicial.

Parámetros de normalidad de la marcha reportados en la literatura(26):

Tabla 2: Parámetros de normalidad

Autor/Año	Tipo de parámetro	Parámetro reportado	Valor	Conclusiones
Murray (1964)	Espacio-temporal	Cadencia	117 p/min tanto en varones como en mujeres	
		Velocidad	1,53 m/s en varones y 1,30 m/s en mujeres	Los parámetros de la marcha son mayores en hombres, que, en mujeres, posiblemente debido las características antropomórficas.
	Espacial	Longitud de zancada	1,57m en varones y 1.33m en mujeres	Los parámetros de la marcha son mayores en hombres, que, en mujeres, posiblemente debido las características antropomórficas.
Kabada (1990)	Espacio-temporal	Candencia	112 p/min en varones y 115 p/min en mujeres	La cadencia esta aumentada en las mujeres, posiblemente para compensar la disminución en los demás parámetros de la marcha.
		Velocidad	1,34 m/s en varones y 1,27 m/s en mujeres	Los parámetros de la marcha son mayores en hombres, que, en mujeres, posiblemente debido las características antropomórficas.
	Espacial	Longitud de zancada	1,41 m para varones y 1,30 m para mujeres	Los parámetros de la marcha son mayores en hombres, que, en mujeres, posiblemente debido las características antropomórficas.

Perry(1992)	Espacio-temporal	Candencia	111 p/min en varones y 117 p/min para mujeres	La cadencia esta aumentada en las mujeres, posiblemente para compensar la disminución en los demás parámetros de la marcha.
		Velocidad	1,43 m/s en varones y 1,28 m/s en mujeres	Los parámetros de la marcha son mayores en hombres, que, en mujeres, posiblemente debido las características antropomórficas.
	Espacial	Longitud de zancada	1,46 m para varones y 1,28 m para mujeres	Los parámetros de la marcha son mayores en hombres, que, en mujeres, posiblemente debido las características antropomórficas.
	Cinemáticos	Flexión plantar dentro del 0-7% del ciclo de la marcha. Entre el 48-62%	7° 20°	Aumentada a mayor porcentaje de ciclo de la marcha.
		Dorsiflexión entre 7-48% del ciclo de la marcha. Entre el 62-100% del ciclo de la marcha.	10° 0°	Disminuida a mayor porcentaje de ciclo de la marcha.
		Flexión de la rodilla entre 0-15% del ciclo de la marcha. Entre el 40-70% del ciclo de la marcha.	18° 65°	Aumentada a mayor porcentaje de ciclo de la marcha.
		Extensión de rodilla entre el 15-40% del ciclo de la marcha. Entre el 70-97% del ciclo de la	5° 2°	Disminuida a mayor porcentaje de ciclo de la marcha.

		marcha.		
		Flexión cadera durante 0% del ciclo de la marcha. Durante el 85% del ciclo de la marcha.	30° 35°	Aumentada a mayor porcentaje de ciclo de la marcha.
		Extensión de cadera durante el 50% del Ciclo de la marcha.	10°	

Antecedentes de medición de marcha y DM2

En el año 2008, Akashi et al, realizaron un estudio de electromiografía para observar la activación de los músculos tibial anterior, vasto lateral y gastronemios durante la marcha, encontrando retrasos en la activación de los gastronemios y del vasto lateral durante el momento vertical de la fase de propulsión de la marcha, pudiendo comprometer esta capacidad en el paciente con DM2.

En el año 2005, Petrofsky et al, realizaron un estudio con pacientes diabéticos analizando la cadencia y velocidad de la marcha y los índices de presión plantar, encontrando que estos pacientes presentan deficiencias en la marcha y riesgos de caída por disminución de la sensibilidad, además de una pérdida del equilibrio que conlleva a redistribución de la presión plantar durante la marcha.

En el año 2004, Hsi et al, realizaron un estudio con plantillas de detección de presión durante la marcha encontrando que el paciente con DM redistribuye el peso de manera inadecuada durante la marcha fisiológica.

En el año 2004, Menz et al, realizaron un estudio donde incluyeron la evaluación de la cadencia y velocidad de la marcha, amplitud del paso y aceleración de la pelvis durante la marcha en terreno irregular, encontrando que los pacientes con polineuropatía periférica tienen diferencias claras, con respecto a las personas sanas, en la estabilidad de la pelvis durante la marcha, adoptando un patrón más conservador.

En el año 2003, Kwon et al, realizaron un estudio de análisis de la marcha por fotogrametría con EMG de activación de vasto lateral, soleo, gastronemio medial y semitendinoso y la velocidad durante la marcha en superficie plana, encontrando activación precoz del soleo y gastronemio, un contacto prematuro del

antepié y disminución de la absorción del impacto, aumentando la fase de apoyo de la marcha en pacientes con DM y polineuropatía periférica.

Los métodos existentes para el análisis de la marcha son numerosos, y permiten la obtención de los parámetros cuantitativos característicos de una manera objetiva. Durante el análisis de marcha muchos factores deben ser considerados para realizar la evaluación de forma correcta, algunos de ellos se deben tener en cuenta desde la etapa de configuración y planeación del laboratorio y otros para el proceso de adquisición de los parámetros o para el análisis de los resultados.

Para evaluar los parámetros temporales y espaciales se han implementado desde la tinta y papel, interruptores de pie y un pasillo instrumentado hasta los más sofisticados sistemas de análisis como la videogrametría que incluye la colocación de marcadores en el cuerpo que son detectados por sistemas optoelectrónicos; algunas de las técnicas implican el uso de acelerómetros y goniómetros. Después de la etapa de adquisición de datos, el segundo paso consiste en la colocación de los marcadores, que permitirán determinar los ángulos de las articulaciones, velocidad lineal y angular, y los patrones de aceleración. Estos sistemas de adquisición de datos utilizados para determinar los parámetros cinemáticos son con frecuencia demasiado complejos, requiriendo demasiado tiempo y entrenamiento del personal en su manejo, pero constituyen herramientas útiles en la investigación (28).

Para la obtención de los parámetros cinéticos se han utilizado desde evaluaciones manuales de la fuerza hasta placas de fuerza a lo largo de medidores de tensión o de elementos piezoeléctricos. Dos tipos de fuerza se pueden registrar: las fuerzas verticales y las fuerzas de corte medio-lateral y antero-posterior. Otros parámetros cinéticos relevantes incluyen la presión (fuerza / área) ejercida por debajo del pie, pero para determinar estos parámetros las placas de la fuerza no son suficientes, requiriéndose calzado especial que cuenta con sensores para medir las fuerzas ejercidas en diferentes partes del pie o pasillos con sensores. Según el tipo de estudios que quieran realizarse y el tipo de pacientes a estudiar se determinan los parámetros de interés. Los laboratorios más sencillos pueden obtener los parámetros espaciales, temporales y espaciotemporales mediante la utilización de cintas métricas, cronómetros y un análisis visual sistemático(28). Para los análisis cinemáticos y cinéticos se cuenta con gran variedad de herramientas como la dinamometría, acelerometría, ultrasonido, goniometría digital, sistemas de análisis en dos y tres dimensiones, entre otros. Sistemas que combinan técnicas de videogrametría, dinamometría y electromiografía son los más utilizados, tanto en el ámbito clínico como en otros campos (biomecánica, ergonomía, diseño y evaluación de calzado, ayudas técnicas, y evaluación de riesgo en actividades físicas). Actualmente uno de los métodos más utilizados es la combinación de plataformas dinamométricas para la cinética con técnicas de videogrametría para la cinemática, comúnmente, en unión a sistemas de registro de EMG dinámica(28).

La videogrametría es una técnica derivada de la fotogrametría que se vale de imágenes de algún objeto tomadas desde varios puntos de vista para realizar una reconstrucción tridimensional. Con el fin de lograr tal objetivo, dicha técnica usa el método transformación lineal directa, que consiste en un par de ecuaciones lineales que relacionan la coordenada en la imagen de un punto con su ubicación espacial, mediante la teoría de proyección perspectiva(28). Aunque la videogrametría es una aproximación usada para la reconstrucción tridimensional puede ser aplicada para el análisis bidimensional del movimiento mediante el uso de una cámara situada paralela al plano que se analizará. La electromiografía se refiere al análisis de las actividades del músculo y la determinación de la duración y la intensidad relativa de la actividad muscular; estas técnicas permiten extraer información cuantitativa y más confiable que la obtenida con la simple observación de los eventos, siendo esta última inadecuada estadísticamente(28).

El sistema Vicon realiza evaluación de la marcha por videogrametría, es la técnica más ampliamente utilizada puesto que es una de las más completas y permite definir muchos parámetros cinemáticos, sobre todo, cuando se mide la posición de marcadores pasivos. En este sentido, Vicon ha sido el sistema líder a nivel mundial en el campo de la medición y análisis del movimiento del cuerpo humano, pues utiliza cámaras de video de alta velocidad que permiten la visualización de la cinemática articular, la trayectoria y los ángulos de cadera, rodilla y pie durante el ciclo completo de marcha.

En la siguiente tabla se describen los antecedentes de medición de parámetros de la marcha en pacientes diabéticos desarrollados con distintos software y equipos de medición, ninguno de estos con el sistema Vicon.

Tabla 3: Cuadro de estudios de la marcha en pacientes con DM, Tomado de Tesis doctoral: Biomecánica del pie diabético: Estudio experimental de pacientes con diabetes mellitus tipo I con y sin neuropatía periférica. (23)

Autor/Año	N/Edad media años	Tipo de diabetes	Sistema de medición	Conclusiones
Melai T et al 2011	76/66 ± 7,2	DM2	EMED@ medición pie-calzado emisión por radiofrecuencia	Diferencia de presión en 10 áreas de división del pie $p=0.001$ bajo cabeza de metatarsos medios y 1° articulación metatarsofalángica.
Putti AB et al 2010	28/36.35	DM2	PEDAR@ 99 sensores de presión en cada plantilla	Diferencia de superficies de contacto, tiempo fuera de presiones plantares entre ambos sexos.
Fregonesi et al	Artículo revisión 15 artículos	DM1/DM2	Búsqueda bases de datos, Medline, Pedro, Scielo, Liliacs	Déficits en la amplitud de paso, velocidad de la marcha y la cadencia de andar sobre superficies planas, sin cambios bruscos en la dirección, y para el equilibrio y la coordinación del déficit en terrenos inclinados e irregulares para pacientes con Polineuropatía periférica.
Owings TM et al 2009	49/62.9 ±10.3	DM2	EMED@, PEDAR@, PLIANCH@	P media normal calzado menor 200 KPs P media plataforma normal menor 500 KPs Niega la relación entre actividad y exceso de presión plantar
Vega F et al 2008	40 DM 40 sin DM	DM1/DM2 no indica número total de pacientes con DM1	PAROTEC@ y malla de Harrys (8 plantillas con 24 sensores cada una)	Concluye diferencias de presión entre presiones plantares de paciente con y sin diabetes, sin hacer análisis estadístico a profundidad.
Kwon et al 2003	30 DM 30 sin DM	DM1/DM2 no indica número de cada una	Fotogrametría	Diferencias entre la estabilidad de pelvis y rodilla en marcha durante la aceleración, adoptando un patrón más conservador.

Conociendo entonces el desarrollo de la marcha normal, se puede observar como aquellos pacientes con presencia de DM2 presentan alteraciones tempranas de la marcha, incluso sin presencia de polineuropatía periférica como lo son la disminución en la velocidad, aumento del ancho de paso, aumento de la base de sustentación, lentificación en giros y cambios de dirección, pérdida de equilibrio e inestabilidad pudiendo desencadenar caídas(13,24). La situación empeora en presencia de daño nervioso periférico, pues los pacientes presentan abolición de reflejos normales, disminución de la sensibilidad, de la capacidad de adaptación a marcha en diferentes superficies, aumento de los arcos de movilidad normales para la marcha, debilidad muscular por pérdida de masa muscular y alteraciones en los parámetros sensoriales, temporales y cinemáticos de la marcha(13. 15).

Lo novedoso de este estudio es el registro del movimiento en tres dimensiones que ocurre en las articulaciones que se quieran examinar. Para el análisis de marcha se utilizan 23 marcadores reflectivos ubicados en referencias óseas específicas. El sujeto en movimiento es expuesto a ocho cámaras de alta velocidad y resolución que emiten luz infrarroja. Estas imágenes son transferidas a través de una red digital de alta velocidad a un computador central. Allí se comprueba la sincronización de las cámaras y se inicia la captura de video en tiempo real de la marcha del sujeto en estudio, posteriormente se procesa esta información, se edita y el computador reconstruye un modelo tridimensional del sujeto con base en sus medidas antropométricas. Esta información se puede presentar en animación y además en gráficas en las que se muestra la movilidad de cada segmento examinado en las tres dimensiones. El sistema también arroja datos sobre velocidad de la marcha, longitud de los pasos, cadencia, duración de cada fase del ciclo de la marcha para cada extremidad, brindando datos adicionales a los arrojados por métodos convencionales de medición de la marcha (observación, podometría, fotogrametría), que permiten un análisis completo y objetivo de la marcha, que permite diagnosticar alteraciones, realizar un control y seguimiento de los pacientes, valorar la efectividad de determinado tratamiento, o ser punto de referencia para el diseño de planes de intervención sobre el paciente.

9. APRENDIZAJES

- Búsqueda de artículos científicos en bases de datos, bibliotecas y la red
- Aprendizaje significativo acerca de la DM 2 como enfermedad y el análisis de la marcha con diferentes sistemas de evaluación de la misma
- Selección adecuada de material bibliográfico con verdadero aporte científico al conocimiento
- Búsqueda de estadísticas, datos de salud pública y epidemiología de las enfermedades en Colombia, Antioquia, Medellín
- Escritura y corrección de un anteproyecto de investigación y cada una de sus partes, planteamiento de problema, justificación, marco teórico.
- Construcción y elaboración de un diseño metodológico, técnicas de recolección de la información, errores y sesgos, técnicas de procesamiento y análisis de datos
- Escritura y corrección de un artículo de publicación científica como lo es la revisión de tema.
- Articulación del desarrollo de un proyecto de investigación con la escritura de un artículo científico.

10. CONCLUSIONES

- La búsqueda en bases de datos de artículos científicos para la realización de proyectos de investigación y para la toma de decisiones desde la vida profesional y la fisioterapia basada en la evidencia se convierte en una necesidad que desde las materias de investigación y el desarrollo del actual proyecto nos brindan las herramientas básicas de preparación para enfrentar la vida laboral y lograr brindarle al paciente la atención más pertinente de acuerdo a la actualidad científica.
- La correlación entre la realización de proyectos de investigación y la producción de artículos científicos como base fundamental para la creación de una profesión basada en la evidencia, que brinde herramientas adecuadas a los profesionales de fisioterapia para la evaluación, intervención y desarrollo de planes de tratamiento.
- La búsqueda de mejorar la salud del paciente desde intervenciones tempranas que reduzcan el riesgo de aparición de complicaciones en aquellas enfermedades consideradas prevalentes en el mundo y que traen consigo múltiples comorbilidades asociadas que disminuyen la calidad de vida del paciente.

11. OBSERVACIONES GENERALES

Considero que el desarrollo del proyecto de investigación ha sido un poco lento, por problemas en la articulación del trabajo en equipo, solucionadas siempre de la mejor manera entre el equipo investigador.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Prado T C, De camargo M. Parâmetros da marcha em portadores de diabetes mellitus [Internet]. 2007. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/rbcdh/v12n2/a11v12n2.pdf>
2. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*. 2004 May;27(5):1047. 53.
3. Viasus D, Pinilla A, Lancheros L. Guía de atención de la diabetes mellitus tipo 2. Guías de promoción de la salud y prevención de las enfermedades en la salud pública. 2007.
4. Tamayo D. Diabetes en Colombia: descripción de la epidemiología actual. Observatorio de diabetes en Colombia. 2012.
5. Dirección seccional de salud de Antioquia. Morbilidad Año 2013 en el Departamento de Antioquia [Internet]. 2013. Available from: <http://www.dssa.gov.co/index.php/estadisticas/morbilidad/item/553-morbilidad-2013>
6. Lugo L. Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico y tratamiento preoperatorio, intraoperatorio y postoperatorio de la persona amputada, la prescripción de la prótesis y la rehabilitación integral Documento inicial de socialización [Internet]. 2015. Available from: http://gpc.minsalud.gov.co/guias/Documents/Amputacion/GPCAmputacion_Socializacion_08052015.pdf
7. Singh N, Armstrong D, Lipsky B. Preventing Foot Ulcers in Patients With Diabetes. *JAMA*. 2005 Jan 12;293(2):217.
8. Boulton A, Vileikyte L, Ragnarson-Tennvall G, Apelqvist J. The global burden of diabetic foot disease. *The Lancet*. 2005 Nov;366(9498):1719. 24.
9. Gordois A, Scuffham P, Shearer A, Oglesby A, Tobian JA. The Health Care Costs of Diabetic Peripheral Neuropathy in the U.S. *Diabetes Care*. 2003 Jun 1;26(6):1790. 5.
10. Gordois A, Scuffham P, Shearer A, Oglesby A. The health care costs of diabetic nephropathy in the United States and the United Kingdom. *J Diabetes Complications*. 2004 Feb;18(1):18. 26.

11. Kwon O, Minor S, Maluf K, Mueller M. Comparison of muscle activity during walking in subjects with and without diabetic neuropathy. *Gait Posture*. 2003 Aug;18(1):105. 13.
12. Fernando M, Crowther R, Lazzarini P, Sangla K, Cunningham M, Buttner P, et al. Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: A systematic review and meta-analysis of findings from the gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure. *Clin Biomech Bristol Avon*. 2013 Oct;28(8):831. 45.
13. Wrobel JS, Najafi B. Diabetic foot biomechanics and gait dysfunction. *J Diabetes Sci Technol*. 2010 Jul;4(4):833. 45.
14. Larsson J, Stenström A, Apelqvist J, Agardh C-D. Decreasing Incidence of Major Amputation in Diabetic Patients: A Consequence of a Multidisciplinary Foot Care Team Approach? *Diabet Med*. 1995 Sep;12(9):770. 6.
15. Lavery L, Armstrong D, Wunderlich R, Tredwell J, Boulton A. Diabetic foot syndrome: evaluating the prevalence and incidence of foot pathology in Mexican Americans and non-Hispanic whites from a diabetes disease management cohort. *Diabetes Care*. 2003 May;26(5):1435. 8.
16. Glasgow RE, Ruggiero L, Eakin EG, Dryfoos J, Chobanian L. Quality of Life and Associated Characteristics in a Large National Sample of Adults with Diabetes. *Diabetes Care*. 1997 Apr 1;20(4):562. 7.
17. Riberto M. Core sets da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde. *Rev Bras Enferm*. 2011 Oct;64(5):938. 46.
18. Melai T, IJzerman T, Schaper N, de Lange T, Willems P, Meijer K, et al. Calculation of plantar pressure time integral, an alternative approach. *Gait Posture*. 2011 Jul;34(3):379. 83.
19. Putti A, Arnold G, Abboud R. Foot pressure differences in men and women. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg*. 2010 Mar;16(1):21. 4.
20. Owings T, Apelqvist J, Stenström A, Becker M, Bus S, Kalpen A. Plantar pressures in diabetic patients with foot ulcers which have remained healed. *Diabet Med J Br Diabet Assoc*. 2009;26(11):1141. 6.
21. Guzmán C M. El pie del diabético. *Rev Cuba Investig Biomed*. 1999;18(3):231. 5.
22. Ayuso-Mateos J, Nieto-Moreno M, Sánchez-Moreno J, Vázquez-Barquero J. Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud

- (CIF): aplicabilidad y utilidad en la práctica clínica. *Med Clínica*. 2006 Apr;126(12):461. 6.
23. Pérez V M. Biomecánica del pie diabético: estudio experimental de pacientes con Diabetes Mellitus Tipo I con y sin neuropatía periférica. [Internet]. 2014. Available from: <http://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/7347>
 24. Kim SK, Lee KJ, Hahm JR, Lee SM, Jung TS, Jung JH, et al. Clinical Significance of the Presence of Autonomic and Vestibular Dysfunction in Diabetic Patients with Peripheral Neuropathy. *Diabetes Metab J*. 2012 Feb;36(1):64. 9.
 25. Tucker DM, Penland JG, Sandstead HH, Milne DB, Heck DG, Klevay LM. Nutrition status and brain function in aging. *Am J Clin Nutr*. 1990 Jul;52(1):93. 102.
 26. Mendoza AIA, Santamaria TJB, Urrego VG, Restrepo JPR, García MCZ. Marcha: descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura. (Gait: description, methods, assessment tools and normality parameters reported in the literature). *Rev CES Mov Salud*. 2013 Sep 19;1(1):29. 43.
 27. Chaitow L, DeLany J. Aplicación clínica de las técnicas neuromusculares. Badalona: Editorial Paidotribo; 2007.
 28. Allet L, Armand S, de Bie RA, Golay A, Pataky Z, Aminian K, et al. Clinical factors associated with gait alterations in diabetic patients. *Diabet Med*. 2009 Oct;26(10):1003. 9.

Observaciones generales del jurado evaluador (este espacio es para diligenciamiento del jurado evaluador)

Aprobado _____
X

Aprobado con correcciones menores