

**Evaluación comparativa para pacientes
con distrofia muscular de Duchenne**

Alejandro Jose Palomino Torres

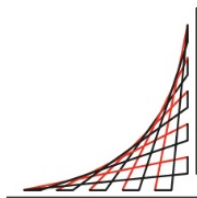
**Proyecto práctica empresarial
Laboratorio de marcha-Instituto Roosevelt**

Tutores

**MSc. Maria Fernanda Gomez Medina
MSc. Jefferson Steven Sarmiento Rojas**



**Universidad del
Rosario**



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C
2021-2**

Resumen

En este proyecto, se buscó, el desarrollo de una evaluación comparativa para el avance del diagnóstico de la enfermedad en pacientes con distrofia muscular de Duchenne (DMD) dentro del laboratorio de marcha del instituto Roosevelt; con el fin de que esta sea una herramienta para los especialistas a la hora de dar un veredicto sobre cómo proceder con el tratamiento de estos pacientes. Para lograrlo se emplearon datos y parámetros espaciales y temporales obtenidos del análisis computarizado de la marcha realizado en los exámenes en estos pacientes dentro del laboratorio, procesándolos según la literatura para obtener información y datos pertinentes, útiles y veraces.

Como resultado, se obtuvo un informe con parámetros a destacar y caracterizar la evolución de la enfermedad objetivo, específicamente la DMD, como lo serian el rango de movilidad articular de tobillos y rodillas, flexión y extensión de articulaciones durante los eventos de marcha. En el futuro será de ayuda tanto como para pacientes como para doctores especialistas dentro del laboratorio. Finalmente llegando a la conclusión de que, aunque es una herramienta que puede ayudar mucho en este caso específico, existe la posibilidad de considerar otros parámetros a agregar dentro de la evaluación y ampliarlo a un rango mayor de patologías.

Índice general

Resumen	I
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Instituto Roosevelt.	1
1.2. Practicante del Laboratorio de Marcha.	1
1.3. Distrofia muscular de Duchenne (DMD).	1
1.4. Evaluación en el laboratorio de marcha.	4
1.4.1. Variabilidad de paso	5
1.4.2. podografía dinámica y estática	5
1.4.3. Toma de video digital con marcadores	5
2. OBJETIVOS	6
2.1. General	6
2.2. Específicos	6
3. METODOLOGÍA	7
3.1. Recursos	7
3.2. Cronograma	8
3.3. Procedimiento	8
3.3.1. Preparación de los datos.	8
3.3.2. Procesamiento de los datos.	12
4. RESULTADOS	14
4.1. Gráficas obtenidas	14
5. DISCUSIONES	20
6. CONCLUSIONES	21
7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	23
7.0.1. Recomendaciones	23
7.0.2. Trabajos Futuros.	23
BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXO	24

Índice de figuras

1.1. Hipertrofia extensa en caso de DMD.[3]	2
1.2. Maniobra de Gowers. [4]	2
1.3. Mapa genético del cromosoma X y su patron de bandas [6].	3
1.4. Sección transversal del musculo del gastrocnemio en (a) niño sano, (b) DMD temprana, (C) DMD avanzada. [6].	4
1.5. Toma de video digital en el laboratorio de marcha [7].	5
3.1. Cronograma, Diagrama de Gantt.	8
3.2. Posicionamiento de marcadores para modelos 3D con protocolo de Davis [8].	9
3.3. Posicionamiento de marcadores para modelos 3D con protocolo de Davis[9].	9
3.4. Posicionamiento de marcadores de EMG en miembro inferior[10].	10
3.5. Musculos principales de miembro inferior[11].	10
4.1. Eventos angulares de la marcha 1	14
4.2. Eventos angulares de la marcha 2.	15
4.3. Eventos angulares de la marcha 3	15
4.4. Eventos angulares de la marcha 4.	16
4.5. Actividad de EMG 1	17
4.6. Actividad de EMG 2.	17
4.7. Actividad de EMG 3	18
4.8. Actividad de EMG 4	18

Índice de tablas

3.1. Variables angulares articulaciones modelo 3D.	11
3.2. Variables EMG miembros inferiores.	11
3.3. Eventos a graficar en la evaluación comparativa, estos nombres abreviados, describen el o los ángulos generados entre cada una de las articulaciones.	13

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Instituto Roosevelt.

El instituto Roosevelt es un hospital, referente en Colombia en cuanto a pediatría especializada, ortopedia y rehabilitación infantil. Desde su fundación en 1947, siempre ha tenido como misión sin ánimo de lucro de ayudar de manera desinteresada al bienestar de los niños y niñas en Colombia, prestando sus servicios a las poblaciones más vulnerables del país con un gran sentido social.

1.2 Practicante del Laboratorio de Marcha.

Dentro de las generalidades del puesto de practicante del laboratorio de marcha, se encuentran el apoyo a los procesos propios de acreditación, investigación y procesado de datos para la generación de informes médicos. Dentro de estas generalidades se abre campo a una gran variedad de labores a realizar, por lo que dentro del campo de investigación/apoyo en generación de informes se abrió el espacio de dialogo con un profesional de la salud el cual indico que le sería muy útil y de gran ayuda, un informe, para la evaluación comparativa de parámetros angulares, espaciales y temporales en pacientes con DMD. Con lo anterior en mente se prosiguió al desarrollo de este proyecto.

1.3 Distrofia muscular de Duchenne (DMD).

La distrofia muscular de Duchenne ha sido reconocida como una entidad por más de 100 años. Es el segundo desorden más común, dependiente de un solo gen, del que se tenga registro. [1].

Los síntomas de esta enfermedad se empiezan a notar en la niñez de aquellos que la padecen, los síntomas incluyen progresiva debilidad y perdida de músculo esquelético a la vez que de músculo cardiaco. Otros síntomas tempranos que se pueden notar es el retraso en habilidades motoras simples como el sentarse, caminar, el ponerse de pie o incluso el tardío desarrollo de la habilidad para hablar. Además, otra de las características mas notables en aquellos que padecen DMD es la pseudo hipertrofia de algunos grupos musculares como los gemelos o pantorrillas, las cuales parecen más grandes y rígidas de lo normal para un niño.[1].

La DMD es causada por mutaciones en el gen de DMD, las cuales se transmiten de manera recesiva ligada a la herencia del cromosoma X (Lo cual causa que esta enfermedad la padezcan casi exclusivamente los barones.), este es el responsable para la codificación y producción de la distrofina. Las alteraciones causadas en los pacientes con DMD causan que, bien o se produzcan variaciones de la proteína con acción reducida o que no se produzca esta proteína en su totalidad. La distrofina tiene la función de estabilizar la membrana plasmática del músculo esquelético estriado. El músculo esquelético estriado al perder la distrofina y estar en constante contracción y relajación, se desgasta rápidamente y la célula eventualmente termina por morir, lo que con el tiempo termina generando la debilidad muscular y la atrofia característica de la DMD.[2].

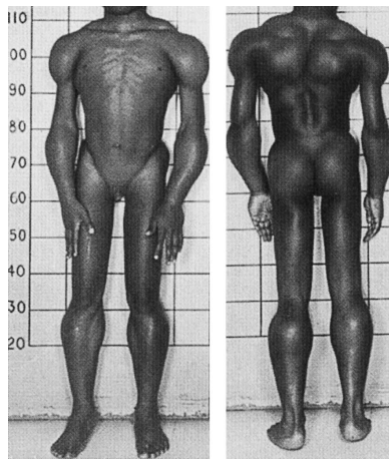


Figura 1.1: Hipertrofia extensa en caso de DMD.[3]

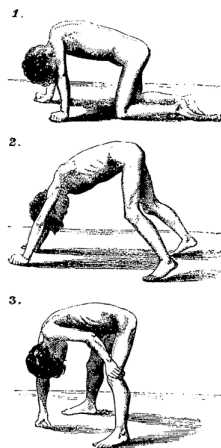


Figura 1.2: Maniobra de Gowers. [4]

El diagnóstico de la DMD es complicado de realizar, la principal dificultad viene a la hora

de diagnosticarla antes de que los síntomas se empiecen a presentar, aunque cabe recalcar que, al ser un trastorno genético, de igual manera se presentarían síntomas de manera irreversible. Los padres pueden llegar a detectar indicios durante el desarrollo de los hijos, pero pocas veces se llega a la conclusión de que pueda tratarse de un trastorno genético degenerativo como la DMD. Cuando se empiezan a presentar los síntomas, principalmente la debilidad muscular, la hipertrofia muscular y junto con la distintiva dificultad motora se sugiere realizar una biopsia muscular para determinar la presencia y fase en la que se puede encontrar distrofia, o realizar un cuadro genético que confirme la presencia de la enfermedad.[5].

Como se puede apreciar en la figura 1.2. La maniobra o signo de Gowers, consiste en una serie de movimientos característicos en pacientes con debilidad muscular, los cuales usan para ponerse en pie desde una posición recostada en el suelo. Normalmente, esta actividad que es algo que para un niño sano es una tarea que se realiza con completa facilidad y naturalidad, para un niño con DMD llega a ser una tarea ardua. El niño primero procede a apoyarse con sus brazos en el suelo para luego extender y abrir sus piernas lo más posible, para luego continuar apoyándose sobre sus mismas piernas con los brazos para así ir levantando el tronco y finalmente ponerse en pie, esto debido a la falta de fuerza en piernas y tronco.

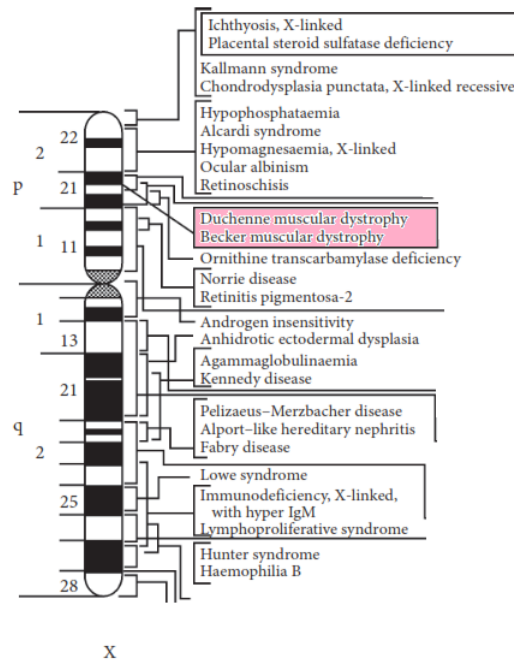


Figura 1.3: Mapa genético del cromosoma X y su patrón de bandas [6].

En la figura 1.3 se detalla el origen genético del desorden de DMD, el cual se encuentra en cromosoma X, en el brazo corto P, en la zona 2 banda 1, o como se nombra X-P21. En cuya zona al estar presente la DMD se aprecia generalmente una delección del segmento ya sea parcial o total que va ligado a la severidad del caso de la distrofia muscular e incluso se ha propuesto que también a factores de dificultades en el desarrollo mental.

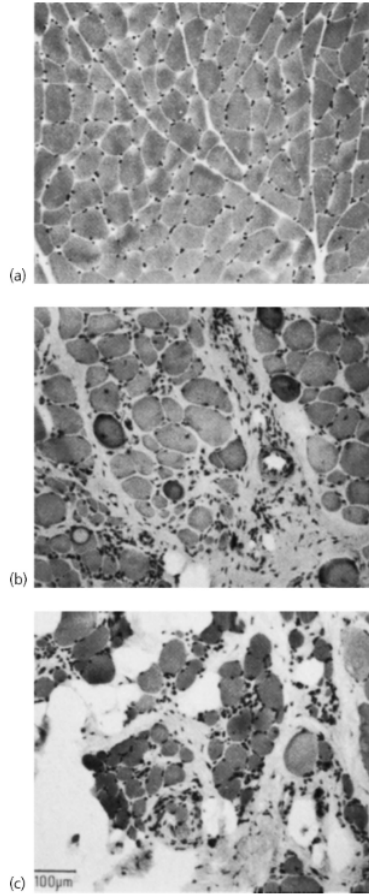


Figura 1.4: Sección transversal del musculo del gastrocnemio en (a) niño sano, (b) DMD temprana, (C) DMD avanzada. [6].

Finalmente, para apreciación visual del deterioro causado por la distrofia muscular de Duchenne, en la figura 1.4 se puede observar fácilmente la diferencia de la integridad del musculo tanto en un niño sano como pacientes con DMD en estado temprano y avanzado. En los cuales podemos ver como muchas de las células que componen el musculo simplemente están ausentes y en su lugar son reemplazados por tejido conectivo.

1.4 Evaluación en el laboratorio de marcha.

Dentro del laboratorio de marcha y análisis del movimiento del instituto Rossevelt, se llevan a cabo diferentes evaluaciones del movimiento dinámico y estático, que junto con evaluaciones físicas y fisiológicas brindan una herramienta a los doctores, ortopedistas y fisiatras, para del tratamiento de las diferentes afecciones que presentan los pacientes.

Las diferentes evaluaciones que se realizan en laboratorio incluyen:

1.4.1. Variabilidad de paso

Prueba en la que el paciente realiza un recorrido, 3 veces, con un sensor inercial el cual da datos de posición y aceleración de la marcha a lo largo de recorrido. El procesamiento de esos datos permite ver que tan regular o no son los pasos en la marcha del paciente.

1.4.2. podografía dinámica y estática

Prueba en la que el paciente se para sobre plataformas con sensores de presión que generan una imagen bidimensional en donde se indica que partes del pie hacen apoyo y la distribución de fuerza/peso sobre los mismos.

1.4.3. Toma de video digital con marcadores

Esta es la prueba principal, y con la cual se obtiene la mayor cantidad de datos que proporcionan información relevante, como ángulos entre articulaciones a través de la detección espacial y temporal de los marcadores colocados en el paciente por las cámaras infrarrojas que detectan los mismo. Lo que finalmente lleva a la creación del modelo 3D del paciente como se puede observar en la figura 1.5 a continuación.

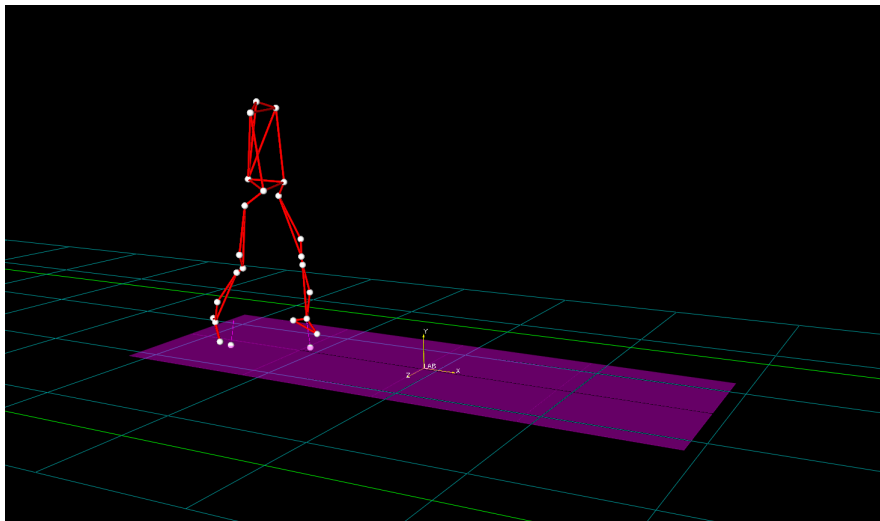


Figura 1.5: Toma de video digital en el laboratorio de marcha [7].

Cabe mencionar que en esta misma prueba el paciente lleva colocados los sensores de EMG inalámbricos para determinar la actividad eléctrica muscular que se describirá en mas detalle mas adelante.

Adicionalmente, se tienen las evaluaciones físicas realizadas por parte del personal de las fisioterapeutas las cuales determinan parámetros adicionales, pero que para efectos prácticos solo son usados por los especialistas y no en la generación de informes dentro del laboratorio.

Capítulo 2

OBJETIVOS

2.1 General

En este proyecto se busca desarrollar y probar un reporte para la evaluación comparativa de exámenes realizados dentro del laboratorio a pacientes con DMD. SE quiere dar seguimiento de la enfermedad de los pacientes a lo largo del tiempo, para así brindarles a los profesionales de la salud una herramienta útil a la hora de determinar futuros tratamientos y/o toma de decisiones como posibles cirugías en estos pacientes. Eventualmente logrando una mejor la calidad de vida y del estado de remisión en estos pacientes.

2.2 Específicos

1. Determinar que parámetros son los más útiles y necesarios a la hora de caracterizar las dificultades en la marcha de los pacientes de DMD.
2. Generar un reporte con la información referente a las variables importantes para la evaluación del paciente con DMD, que sea útil y fácilmente interpretable por profesionales de la salud.
3. Una vez generado, evaluar la utilidad real que represente este nuevo reporte tanto para los profesionales de la salud tanto como para la calidad de vida consecuente de los pacientes con DMD.

Capítulo 3

METODOLOGÍA

Dado el interés existente dentro del laboratorio de marcha y con los especialistas, a cerca de la posibilidad de brindar una mejor atención a pacientes con DMD, se busco el desarrollo de una evaluación comparativa en pacientes que contaran con exámenes de marcha previos, y los cuales hayan regresado para uno más actual. Esto con el fin de tener una mejor perspectiva de la evolución de esta enfermedad degenerativa que avanza con el pasar de los años de la infancia.

Para lograr lo anterior, se realizo una encuesta a los especialistas de que parámetros serian adecuados para este objetivo (los cuales se mencionaran más adelante), y con lo cual se procedió a la generación del informe/evaluación en el que se basa este proyecto.

3.1 Recursos

Dentro del laboratorio de marcha del instituto Roosevelt se cuenta con el sistema de captura de movimiento GAITLAB de BTS bioengineering [7], con el cual se realiza la captura de los eventos de marcha y gracias a esto se obtiene una gran cantidad de datos, los cuales describen los parámetros tanto espaciales como temporales del cuerpo del paciente durante los eventos de marcha que son usados posteriormente para evaluar el estado del paciente según su patología.

El sistema cuenta con diferentes componentes, de los cuales, para interés de este trabajo, los más importantes son el juego de 8 cámaras infrarrojas, y el juego de sensores inalámbricos de EMG, con los cuales se genera el modelo 3D que brinda información de posición de las partes corporales de los pacientes, y a partir de las cuales se pueden determinar ángulos de flexión y extensión de rodillas, cadera, tobillo etc. Junto con los sensores de EMG, que brindan información de la actividad muscular involucrada en las diferentes fases de los eventos de marcha, se obtiene la información necesaria para la evaluación.

Gracias a estos softwares, se obtienen datos en forma de tablas en formato de texto. Lo cual facilita su exportación a otras herramientas. En el caso para la elaboración del informe comparativo los datos fueron exportados a Excel y posteriormente a Matlab. Dentro de este ultimo se usaron los datos para generar gráficas, las cuales contienen la información de las tablas exportadas del software de GAITLAB. Estas graficas fueron las solicitadas por los especialistas, las cuales les brindan la información necesaria para el objetivo propuesto.

3.2 Cronograma

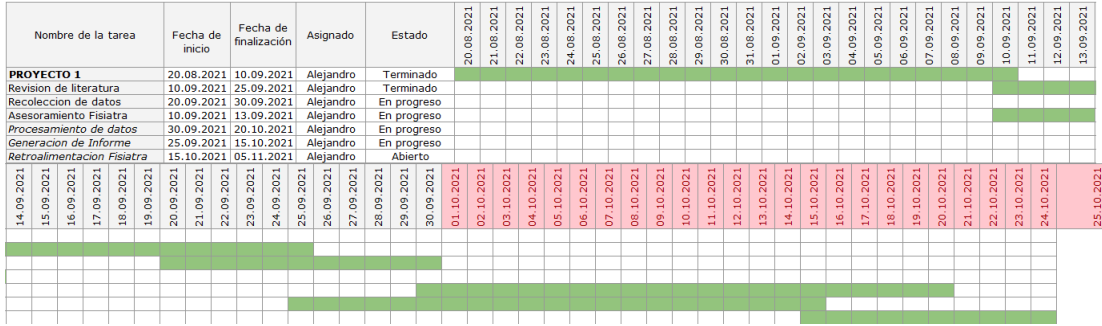


Figura 3.1: Cronograma, Diagrama de Gantt.

El uso del diagrama de Gantt es de vital importancia a la hora de haber establecido el proyecto, este nos permite tener objetivos claros y fechas en las cuales idealmente deberían cumplirse estos objetivos para un buen desarrollo del proyecto. Teniendo en cuenta lo anterior se intento cumplir con las fechas establecidas, aunque muchas veces debido a la dinámica manejada dentro del laboratorio llego a ser difícil cumplirlo a cabalidad, sin embargo fue una buena guía y una herramienta de gran ayuda.

3.3 Procedimiento

3.3.1. Preparación de los datos.

En primer lugar, se realizó el examen para la captura de datos del paciente para la sección actual del informe, el cual consiste en la colocación de los marcadores en el cuerpo del paciente, que serán detectados por las cámaras infrarrojas y con esto se dará lugar a la generación del modelo digital 3D del paciente como se puede observar en la figura 1.5. Para la colocación de los marcadores, se utiliza el protocolo funcional (estándar) de Davis para la colocación de marcadores (Figura 3.2)[8].

Con lo anterior se logra obtener la información espacial y temporal de los ángulos que se generan entre las diferentes articulaciones y partes del cuerpo del paciente, necesarias para el desarrollo de la evaluación. Una vez obtenidos los datos, gracias al sistema de análisis de la marcha, se procedió a su procesado en la herramienta Matlab, con la cual se generaron las graficas pertinentes a los parámetros requeridos por los especialistas en el laboratorio para una mejor y más específica evaluación de los pacientes con DMD.

Al momento de la colocación de los marcadores se debe de ser muy cuidadoso para así obtener correctamente los datos generados por el sistema, de los ángulos que se presentan entre las articulaciones, principalmente: torso-caderas, rodillas y tobillos. Una vez se halla logrado lo anterior se espera que el modelo 3D generado sea una representación fiable de la marcha del paciente real.

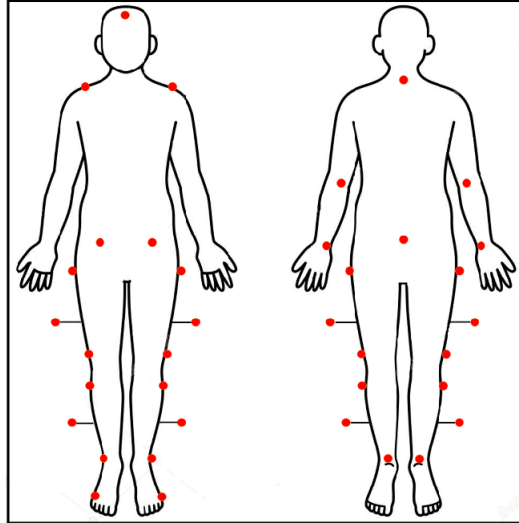


Figura 3.2: Posicionamiento de marcadores para modelos 3D con protocolo de Davis [8].

Cada marcador se le asigna un nombre correspondiente, anatómicamente, a la zona donde fue colocado y de tal manera que el sistema automáticamente sea capaz de determinar la correspondencia en el modelo de cada marcador como se puede observar en la figura 3.3.

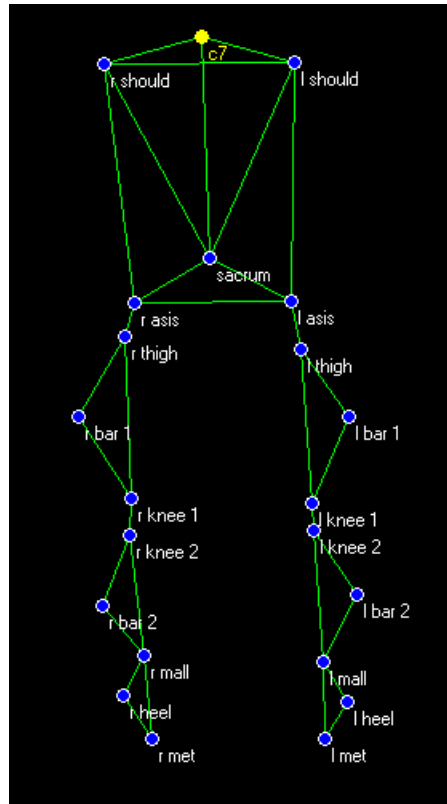


Figura 3.3: Posicionamiento de marcadores para modelos 3D con protocolo de Davis[9].

Una vez logrado lo anterior, se procede a colocar los sensores de electromiografía (EMG), los cuales se posicionan en miembros inferiores sobre los músculos tanto izquierdos como derechos de: Rectus femoris, semimembranoso, tibialis anterior y gastrocnemus medialis. Esto permite el registro de la actividad eléctrica de estos grupos musculares en el tiempo durante los eventos de la marcha, una vez realizado este registro, se procede a exportarlos a tablas de Excel para de igual manera ser graficados en Matlab.

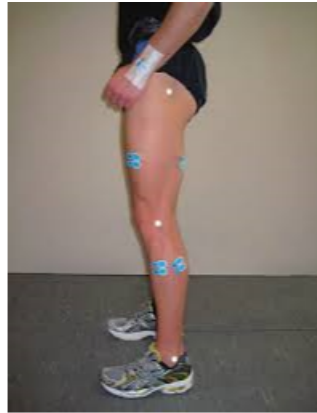


Figura 3.4: Posicionamiento de marcadores de EMG en miembro inferior[10].

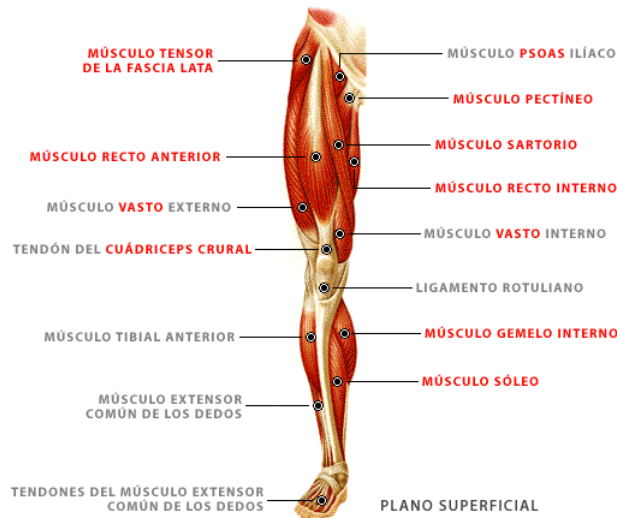


Figura 3.5: Músculos principales de miembro inferior[11].

Una vez todos los marcadores y sensores estén colocados correctamente, se empieza con la captura de uno o de los ciclos de marcha que se quieran analizar, el sistema de cámaras al generar el modelo 3D genera una secuencia de variables, las cuales corresponden a los ángulos generados entre los distintos marcadores que consecuentemente corresponden idealmente con los ángulos que se generan en las articulaciones del paciente. La lista de variables obtenidas se muestra en la tabla 3.1 a continuación y las cuales fueron utilizadas más adelante para la generación del reporte objetivo de este proyecto.

Variable	Correspondencia
acRAFE	Ángulo de dorsiflexión-Plantiflexión Tobillo Derecho
acRAIE	Ángulo de progresión Tobillo Derecho
acRKFE	Ángulo de flexión-Extensión Rodilla Derecha
acRCAA	Ángulo de Valgo-Varo de Rodilla Derecha
acRKIE	Ángulo de rotación de rodilla Derecha
acRHPFE	Ángulo de Flexión-Extensión Cadera Derecha
acRHCAA	Ángulo de Abducción-Adducción de Cadera Derecha
acRHPIE	Ángulo de Rotación de Cadera Derecha
acLAFE	Ángulo de dorsiflexión-Plantiflexión Tobillo Izquierdo
acLAIE	Ángulo de progresión Tobillo Izquierdo
acLKFE	Ángulo de flexión-Extensión Rodilla Izquierda
acLCAA	Ángulo de Valgo-Varo de Rodilla Izquierda
acLKIE	Ángulo de rotación Rodilla izquierda
acLHPFE	Ángulo de Flexión-Extensión Cadera Izquierda
acLHCAA	Ángulo de abducción-Adducción de Cadera Izquierda
acLHPIE	Ángulo de rotación de cadera Izquierda
acRPTILT	Ángulo de inclinación pélvica derecha
acRPOBLI	Ángulo de oblicuidad pélvica derecha
acRPROT	Ángulo de rotación pélvica derecha
acLPTILT	Ángulo de inclinación pélvica izquierda
acLPOBLI	Ángulo de oblicuidad pélvica izquierda
acLPROT	Ángulo de rotación pélvica izquierda

Tabla 3.1: Variables angulares articulaciones modelo 3D.

Cabe recalcar que las variables de la tabla anterior se encuentran en grados. Y son positivas o negativas teniendo como punto 0 de referencia la posición neutra de la articulación. Además, de los sensores de EMG obtenemos las siguientes variables con su respectiva información.

Actividad eléctrica muscular
Right Rectus femoris
Left Rectus femoris
Right Semitendinosus
Left Semitendinosus
Right Tibialis anterior
Left Tibialis anterior
Right Gastrocnemius medialis
Left Gastrocnemius medialis

Tabla 3.2: Variables EMG miembros inferiores.

Además de estas variables obtenidas de los pacientes con distrofia muscular de Duchenne,

también se hará uso de curvas de normalidad existentes, en las bases de datos con las que se cuentan en el laboratorio. Esto con el fin de tener una idea de que tan diferente u afectado se encuentra el paciente.

Tanto los datos obtenidos tanto de la tabla 3.1 como los de la tabla 3.3 y los datos de normalidad, son después exportados desde el software de captura de BTS bioengineering a excel, para así organizarlos y que sea más fácil su posterior acceso y tratamiento para generar, desde Matlab, a partir de ellos información útil para el propósito de la evaluación comparativa de pacientes de Duchenne.

3.3.2. Procesamiento de los datos.

Los datos no procesados obtenidos, como se mencionó antes, son exportados a Excel para así disponerlos de una forma ordenada, una vez dispuestos son llevados al software Matlab para la elaboración de las gráficas que fueron incluidas en el informe.

Además de los datos obtenidos del examen presente, se cuenta con más datos importantes a usar, los cuales son: datos del examen previo (el cual se contrastó con el examen actual) y tablas de normalidad. Estas últimas fueron usadas para graficar los intervalos, en los que pacientes sanos, presentan los mismos parámetros que serán usados por los especialistas para evaluar el avance de la DMD y así tener una comparativa de como se ve afectado el paciente tanto con su examen anterior como con pacientes sanos.

Una vez disponibles todos los datos organizados y las tablas de normalidad se procedió a graficar los eventos angulares y de EMG que se muestran en la tabla 3.3. según el concepto previamente dado por los especialistas.

La generación de las gráficas se realizó con Matlab, fueron diseñadas de tal manera que fuese lo mas claro posible para los especialistas y que los mismos fueran capaces de con facilidad observar valores numéricos correspondientes a los momentos del evento más relevantes. Además, dentro de las graficas se puede observar una línea vertical, la cual corresponde al momento del despegue del pie del paciente, lo cual es de vital importancia para evaluar la correspondencia del ángulo con el momento de la marcha en la que se da.

Para finalizar con el procesamiento de los datos, una vez conociendo los eventos que se han de graficar, con uso Matlab se creó y utilizo una función la cual tomo los datos y los gráficos. Mostrando así los eventos de interés de la evaluación previa e inmediatamente a su lado los eventos de una evaluación actual. Mostrando estas en forma de un área gris, información de la normalidad, de tal manera que para el especialista será posible, fácil y rápido identificar cambios significativos y no significativos en los ángulos de los eventos de marcha del paciente.

Gracias a lo anterior se logro cumplir con los objetivos de identificación de los parámetros a mostrar en el informe comparativo y el lograr mostrarlos de una manera adecuada.

Eventos a graficar
Pelvis Inclinación
Pelvis Oblicuidad
Pelvis Rotación
Cadera Flexión-Extensión
Cadera Abducción-Aducción
Cadera Rotación
Rodillas Flexión-Extensión
Rodillas Rotación
Rodillas Valgo-Varo
Tobillos Flexión-Extensión
Tobillos Progresión Pie anterior
Rodillas Valgo-Varo
Rodillas Valgo-Varo
Rodillas Valgo-Varo
Señales de EMG de los musculos

Tabla 3.3: Eventos a graficar en la evaluación comparativa, estos nombres abreviados, describen el o los ángulos generados entre cada una de las articulaciones.

Capítulo 4

RESULTADOS

4.1 Gráficas obtenidas

A continuación, se muestran las gráficas de los eventos de marcha que se generaron con los datos obtenidos de la prueba de captura de modelo 3D y de la recolección de EMG. En la parte izquierda de las figuras 4.1-4.4, se encuentran las gráficas generadas para el examen hecho anteriormente y a la derecha de cada gráfica se encuentra su comparativa con el examen actual realizado, todo esto teniendo en cuenta los parámetros dados para los pacientes de DMD.

En las gráficas, además, se puede observar características como el punto máximo y mínimo de cada evento graficado, esta información da idea al especialista de que algo puede o no estar acorde al diagnóstico y expectativa de la situación del paciente.

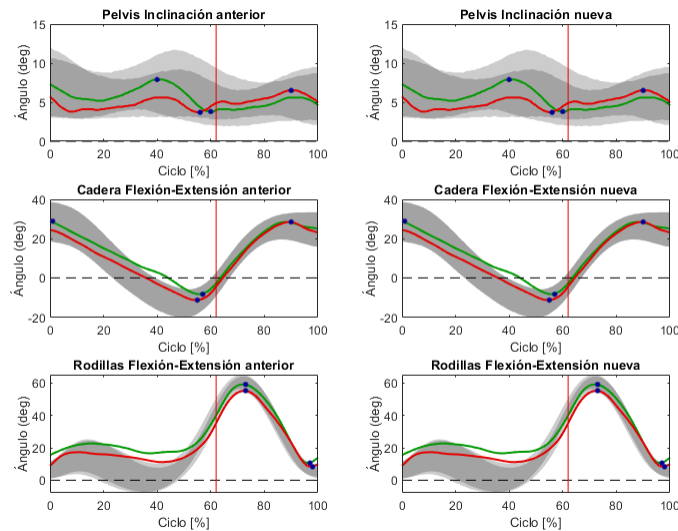


Figura 4.1: Eventos angulares de la marcha 1 .

En la figura 4.1 se obtuvo, las gráficas que describen los parámetros angulares de la pelvis,

cadera y rodillas a lo largo del evento de marcha, la recta verde representando la zona derecha del cuerpo y la roja la izquierda. Estos parámetros permiten determinar el estado del avance de la distrofia DMD en los pacientes en estas articulaciones, en especial la pelvis y la rodilla, las cuales tienden a presentar alteraciones.

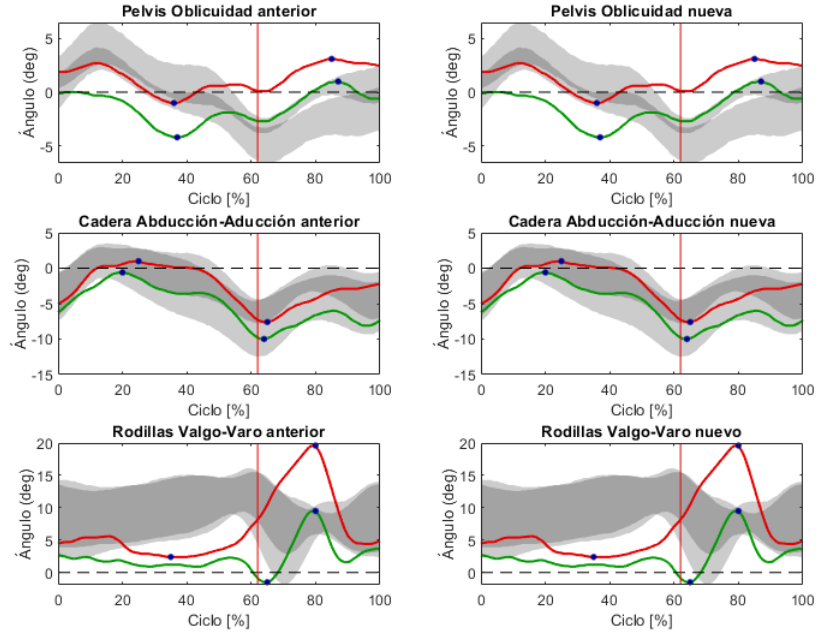


Figura 4.2: Eventos angulares de la marcha 2.

De la figura 4.2 podemos destacar la gráfica correspondiente a rodilla, la cual desde el plano frontal, nos da los parámetros angulares de estas y los cuales nos permite diferenciar si las rodillas del paciente se encuentran varas o valgas, siendo valgas lo que se observa a medida que avanza la enfermedad con la edad en los pacientes de DMD. Esto entorpece de gran manera la marcha de los pacientes y es una de las características de la enfermedad de DMD que más se busca controlar a lo largo del tratamiento durante el crecimiento del paciente.

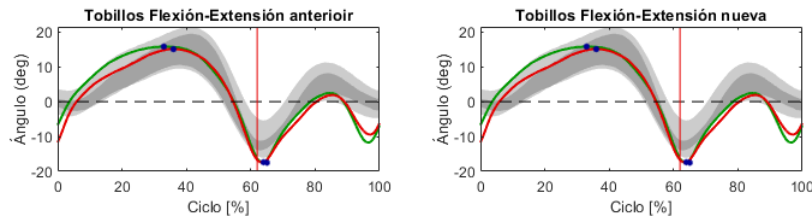


Figura 4.3: Eventos angulares de la marcha 3 .

La figura 4.3 muestra los parámetros angulares del tobillo, que es otra característica muy importante ya que en los pacientes con DMD el pie llega a tomar una dorsiflexión permanente a lo largo que el paciente va perdiendo fuerza debido al avance de la distrofia en sí. Esta grafica permite observar esta característica y determinar junto con la experticia del especialista en que punto de avance se encuentra la enfermedad y que es lo que se puede hacer en el tratamiento de este.

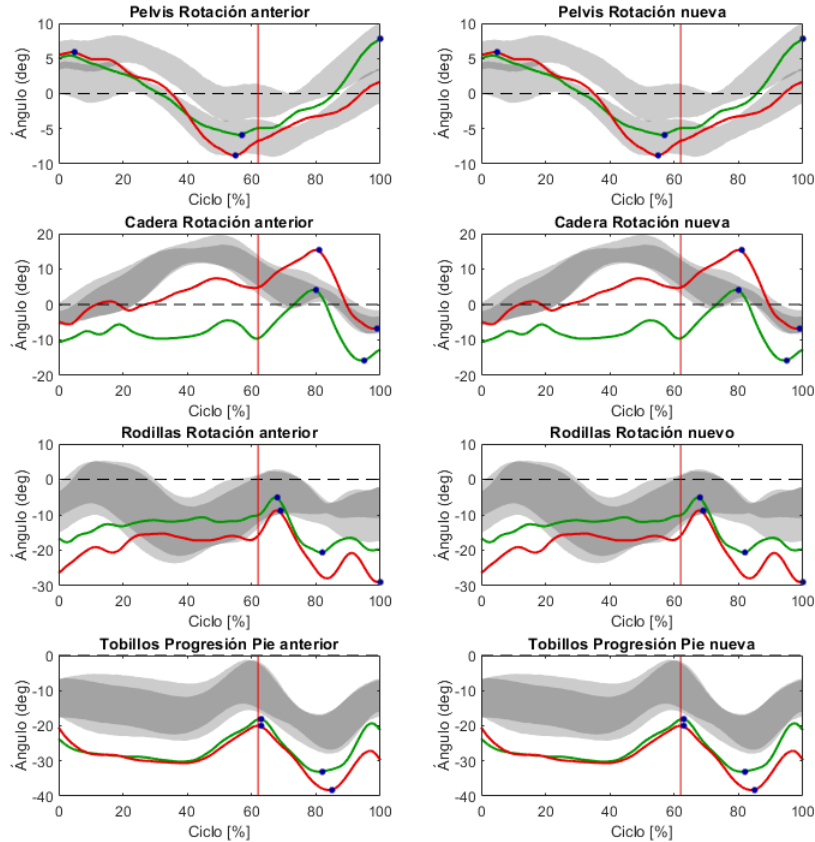


Figura 4.4: Eventos angulares de la marcha 4.

La figura 4.4 muestra más parámetros angulares complementarios útiles para los especialistas, destacando como parámetro característico para la evaluación la progresión del pie, e; cual muestra el Ángulo que este toma desde el plano sagital, y por lo mismo que sucedía en lo descrito en la grafica 4.3, este muestra como a medida del avance de la DMD en el paciente el pie empieza a tomar una dorsiflexión en el pie debido a la perdida de fuerza.

Con lo anterior se logra dar cobertura a las características principales a evaluar en un paciente con DMD, para una correcta apreciación del avance de la enfermedad comparando un examen actual con un examen anterior, y con lo cual se ayuda al especialista a tomar buenas decisiones para el futuro del tratamiento del paciente y una posible mejora en la calidad de vida del mismo.

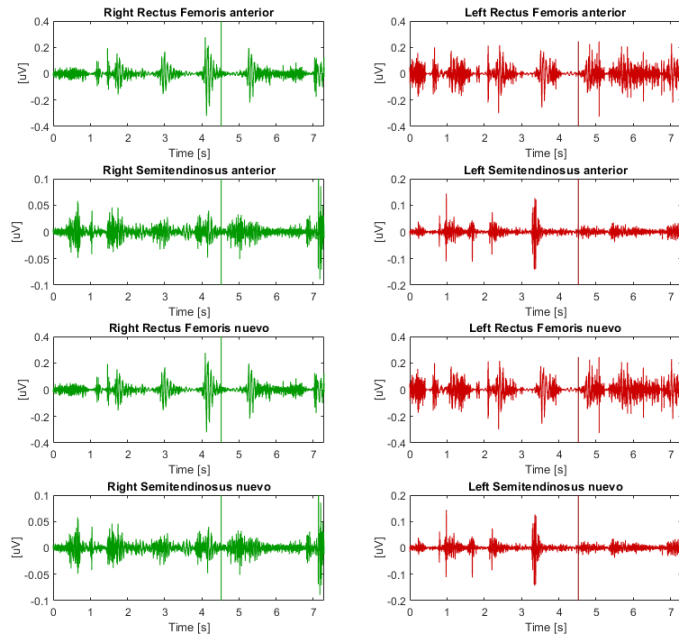


Figura 4.5: Actividad de EMG 1 .

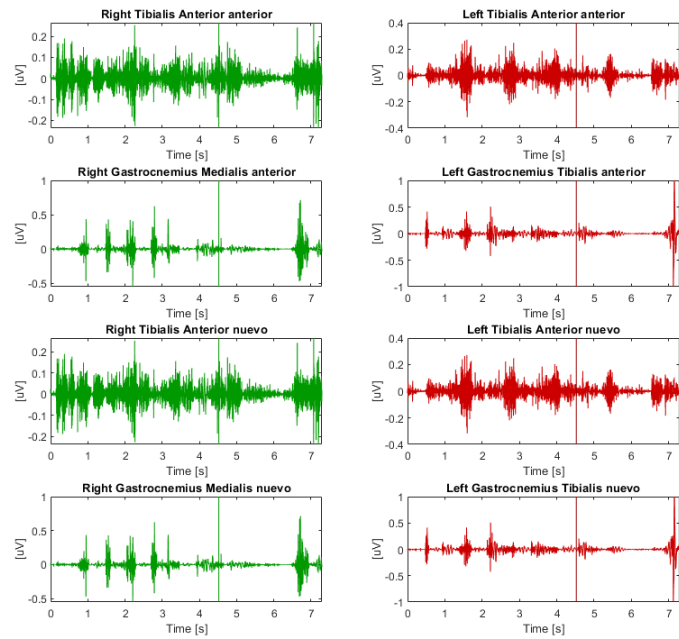


Figura 4.6: Actividad de EMG 2.

Las figuras 4.5 y 4.6 son la actividad en milivoltios (mV), de los músculos sobre los cuales se colocaron los marcadores, dando una idea de la actividad de los mismos.

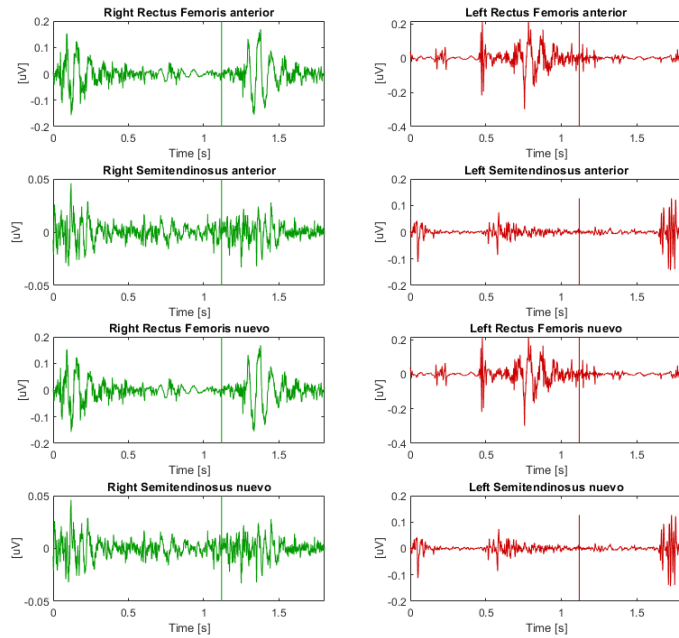


Figura 4.7: Actividad de EMG 3 .

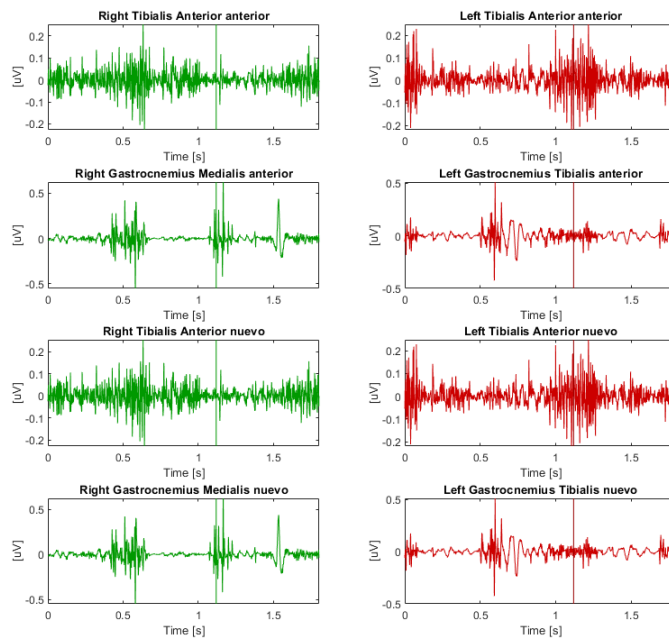


Figura 4.8: Actividad de EMG 4 .

De la misma manera en las figuras 4.7 y 4.8 continuamos la comparativa entre exámenes de la actividad muscular de los músculos en específico, terminando así e dar una idea mas

completa a los especialistas de que tan funcional o no se encuentran los músculos según el estado de la DMD, teniendo en cuenta que esta enfermedad eventualmente destruye el tejido muscular y lo reemplaza por adiposo con lo cual se esperaría ver cada vez menor actividad eléctrica en los mismos. Con esta información se puede recomendar el uso de drogas que en ciertas dosis y periodos de tiempo específicos pueden ayudar a detener el deterioro muscular en grupos específicos según el área y tipo de musculo afectado.

Estas gráficas brindan una gran cantidad de información útil a la hora que un especialista evalúe el avance de la enfermedad de un paciente con distrofia muscular de Duchenne, puede que incluso al agregar o cambiar gráficas de eventos se pueda dar una evaluación a muchas más patologías que solo reducirse a una sola.

Capítulo 5

DISCUSIONES

Teniendo en cuenta la evaluación generada y lo que se estaba requiriendo dentro del laboratorio de marcha del instituto Roosevelt, el informe comparativo para pacientes con DMD, llegara a ser una herramienta útil para el diagnóstico y tratamiento de pacientes con esta enfermedad dentro del hospital. Mejorando y/o agilizando la toma de decisiones que puedan llegar a dar un mejor pronostico y calidad de vida a los pacientes.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que se logro de manera clara mostrar los parámetros que serán de utilidad en la evaluación comparativa específica para pacientes con DMD. El reporte, a primera vista, logra lo que prometió cumplir. Con encuestas futuras a los especialistas se determinara finalmente la utilidad de este.

Una de las principales utilidades de la obtención de los parámetros angulares de las articulaciones, viene a la hora de decidir si el paciente requiere de cirugía para el mejoramiento de su marcha, lo anterior también se logra en gran medida con la evaluación comparativa generada en este proyecto.

Cabe de igual manera resaltar el hecho de que independientemente, del desarrollo de este informe comparativo, se llevaba a cabo el tratamiento de los pacientes con DMD de la manera mas profesional y excelente posible, y que la elaboración de este informe meramente será una herramienta que agilizará ciertos momentos de este proceso.

Teniendo en cuenta lo anterior, se debe mencionar que hay lugar para mejoras y aportes extras que esta evaluación podría llegar a ofrecer a los profesionales de la salud. Aun así, que para el alcance objetivo de la información que puede ser generada dentro del laboratorio, podría llegar a estar fuera del rango de las posibilidades actuales.

En un futuro, una posible unión multidisciplinaria de más áreas de la salud, dentro de la generación de la evaluación comparativa para la enfermedad de DMD, tales como fisioterapia, neurología y cirugía podrían brindar una perspectiva más amplia como se lo describen Alan E H Emery, Francesco Muntoni y Rosaline Quinlivan en su libro a cerca de la distrofia muscular de Duchenne [1].

Capítulo 6

CONCLUSIONES

-La evaluación comparativa creada con los parámetros requeridos por los especialistas, si es una herramienta útil a la hora de dar una buena idea a cerca del avance de la enfermedad de DMD en pacientes comparándolos con un examen anterior al interior de laboratorio de marcha del instituto Roosevelt.

-Se determinaron los parámetros que serían de mayor utilidad para los especialistas a la hora de evaluar el avance de la DMD, lo cual se logró de manera didáctica teniendo encuestas con los mismo.

-El informe generado finalmente es fácil de comprender y brinda la información pertinente de tal manera que agiliza el accionar de los especialistas de una manera segura y objetiva.

-Lamentablemente por temas logísticos dentro del espacio del laboratorio no fue posible validar de una manera concreta el nivel de utilidad u eficacia del informe generado, más allá de comentarios positivos por parte de los especialistas a los cuales, desde ahora se les envía el informe comparativo para DMD cuando se presenta un paciente con esta en el laboratorio. Se buscará en un futuro cercano realizar indicadores para determinar objetivamente el desempeño del informe generado.

-Para que la evaluación comparativa sea mejor, se requiere del aporte de otras áreas del hospital que den información del avance de la enfermedad que no se puede obtener solo con el análisis de la marcha del laboratorio. áreas como neurología, cirugía, fisioterapia etc.

-De la misma manera que se generó la evaluación comparativa para la distrofia muscular de Duchenne, es posible generar informes y/o evaluaciones similares para otras patologías específicas que lo requieran. E incluso con un objetivo más investigativo, realizar comparaciones de parámetros entre pacientes con diferentes patologías, lo cual podría llevar a resultados tanto útiles como interesantes dentro de Roosevelt donde se tratan tantas patologías relacionadas con el movimiento.

-En un futuro, si se llega a requerir seria posible no solo generar evaluaciones de parámetros para los miembros inferiores, sino también para los miembros superiores y evaluación de la motricidad fina de las manos. Siendo esto algo que en el momento se escapa del alcance del examen realizado en el laboratorio de marcha pero que seria de gran utilidad para los pacientes

y el mejoramiento de su pronóstico y calidad de vida.

Capítulo 7

RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.0.1. Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones y posibles mejoras que se plantean, es posible añadir parámetros a considerar tales como los rangos de movilidad articulares. Los anteriores serian generados tanto para conocer los rangos de movilidad articular de los tobillos como los de las rodillas principalmente. Estos parámetros, ayudarían a determinar la cantidad de la función musculoesquelética que cada vez se va viendo afectada en cada articulación. Es información útil para evaluar el avance de la DMD tal y como se describe en [2].

Además de lo anterior, se recomienda una mejor organización del informe, para la lectura por parte de los especialistas, debido a que este contiene un número considerable de gráficas, para así ayudar a agilizar su interpretación y posiblemente aportar proveyendo descripciones, cortas pero precisas, en cada una de las gráficas presentadas en la evaluación.

7.0.2. Trabajos Futuros.

Dentro del laboratorio de marcha en su continuo proceso de mejoramiento, acreditación e investigación, se busca generar herramientas que ayuden al mejoramiento de la calidad de vida de sus pacientes. Con esto en mente, y siguiendo la misma línea de trabajo que se siguió durante el desarrollo de este proyecto. Se considera la elaboración de más informes comparativos encaminados a patologías específicas y así proveer a los especialistas con la mejor y más clara información posible para cada caso particular de paciente.

Además de lo anterior y mencionado anteriormente en el documento, se quiere lograr a un futuro, la integración de más áreas del hospital para generar evaluaciones más integrales y que brinden una perspectiva más amplia del diagnóstico del paciente. Con el ánimo de así lograr obtener información que permita la toma de mejores decisiones que eventualmente lleven al beneficio del paciente.

Bibliografía

- [1] A. Emery, *Duchenne Muscular Dystrophy, 4th edition, page 1*. Oxford university press, 2015.
- [2] A. Emery, *Duchenne Muscular Dystrophy, 4th edition, page 2-3*. Oxford university press, 2015.
- [3] S. Bunday, *Extensive muscle enlargement (pseudohypertrophy) in a case of DMD*. courtesy.
- [4] W. Gowers, , *Pseudo-hypertrophic muscular paralysis—a clinical lecture*. London, UK, 1879.
- [5] A. Emery, *Duchenne Muscular Dystrophy, 4th edition, chapter 4*. Oxford university press, 2015.
- [6] V. McKusick, *Mendelian Inheritance in Man, tenth edition, Volume 1*. Hopkins University Press, 1992.
- [7] B. Bioengineering, *Modelo 3D generado por GaitLab de BTS*. 2014.
- [8] A. GHANEM, *Gait analysis in children and uncertainty assessment for Davis protocol and Gillette Gait Index*. ScienceDirect, 2009.
- [9] B. Bioengineering, *Marcacion del modelo 3D generado por GaitLab de BTS*. 2014.
- [10] R. Howard, *The application of data analysis methods for surface electromyography in shot putting and sprinting*. ResearchGate, 2017.
- [11] B. Navarro, *Extremidad inferior (anatomía)*. KENHUB, 2021.