

Rol del Bioingeniero en un Laboratorio de Análisis Clínico de la Marcha

Bioingeniero Marcos Crespo, Ing. Biomédico Federico Díaz
Laboratorio de Marcha y Estudio de Movimiento, FLENI. marcha@fleni.org.ar

Resumen— El análisis clínico de la marcha es una herramienta de diagnóstico cada vez más utilizada en el tratamiento de niños con encefalopatía secuelear no evolutiva. Mediante estos estudios se obtienen parámetros de la cinemática, cinética y la actividad eléctrica muscular de los pacientes durante la marcha, en pos de planificar objetivamente el tratamiento que corresponda y evaluar los resultados de forma precisa. El Bioingeniero con experiencia en el área de biomecánica tiene un impacto directo sobre los pacientes evaluados. Mediante el desarrollo de modelos para evaluar el movimiento, la adquisición y procesamiento de los datos e incluso la interpretación y evaluación junto al equipo médico, de los resultados de cada estudio. En este trabajo se describen las etapas que comprende la realización de un estudio de la marcha y el rol del Bioingeniero en cada una de ellas como componente fundamental del proceso de evaluación del paciente. La metodología de trabajo corresponde al grupo de disfunciones de la marcha del Laboratorio de Marcha y Estudios de Movimiento de FLENI.

I. INTRODUCCIÓN

EL análisis clínico de la marcha es una herramienta de diagnóstico cada vez más utilizada en el tratamiento de niños con encefalopatía secuelear no evolutiva. Es el proceso en el cual se miden los patrones de movimiento del paciente, se identifican las anormalidades, se postulan las causas y se desarrollan las recomendaciones de tratamiento. [1] Un equipo multidisciplinario compuesto por médicos neurorortopedistas, kinesiólogos y bioingenieros, constituyen el grupo de profesionales necesario para la ejecución e interpretación de un estudio de marcha. El Bioingeniero con experiencia en el área de biomecánica y el análisis de marcha tiene un impacto directo sobre los pacientes evaluados. Estos profesionales, desarrollan complejos modelos para evaluar el movimiento del paciente y son responsables de comprender cómo las diferentes patologías afectan los resultados de estos modelos [2]. Durante la realización del estudio el Bioingeniero está involucrado con la adquisición y procesamiento de los datos y luego participa en la interpretación y evaluación, junto al equipo médico, de los resultados de cada estudio. En este trabajo se describen las etapas que comprende la realización de un estudio de la marcha y el rol del Bioingeniero en cada una de ellas como componente fundamental del proceso de evaluación del paciente. La metodología de trabajo corresponde al grupo de disfunciones de la marcha del Laboratorio de Marcha y Estudios de Movimiento de FLENI.

II. LABORATORIO DE MARCHA

El laboratorio de marcha es una herramienta de análisis multifactorial integrado que permite obtener parámetros neuro-musculares y biomecánicos del paciente. Está compuesto por tres bloques principales y algunos componentes secundarios dependiendo de la aplicación específica de cada laboratorio.

Los componentes principales de un laboratorio son: un sistema de captura de movimiento para evaluar la cinemática, plataformas para la medición de fuerzas y el cálculo de la cinética, y un sistema para medir la actividad muscular. Entre los componentes secundarios pueden agregarse un sistema de video estándar, baropodometría, medición del consumo energético, entre otros.

El laboratorio de Marcha y Estudios de Movimientos de FLENI cuenta con un sistema de captura de movimiento ELITE (BTS, Italia) con 8 cámaras infrarrojas de 100Hz de velocidad de adquisición, dos plataformas de fuerza Kistler y un electromiógrafo de 8 canales TELEMG (BTS, Italia). (Ver Fig. 1). Un espacio físico rodeado por las cámaras da lugar al paciente a desplazarse por dentro de un volumen de adquisición de adecuada longitud (Ver Fig. 2). El paciente instrumentado con un conjunto de marcadores reflectivos, camina por la pista de marcha mientras el sistema registra la posición de los marcadores en el espacio y combina esta información con la fuerza de reacción del piso medida en el momento en que el paciente pisa una de las plataformas.

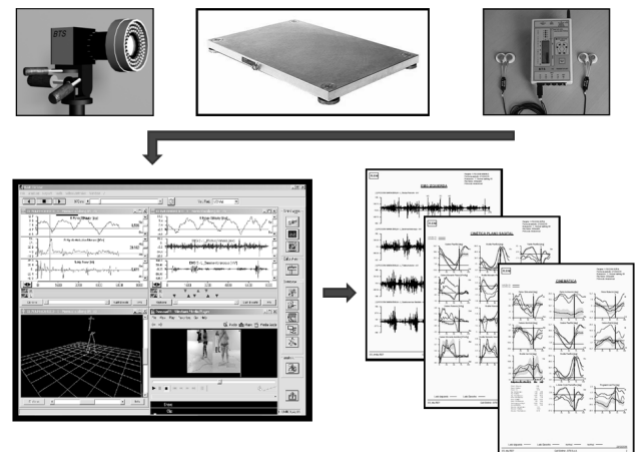


Fig. 1: Componentes principales del Laboratorio de Marcha

A esta información se le agrega la señal de electromiografía (EMG) dinámica de superficie que brinda información de los grupos musculares involucrados en el desplazamiento. La

señal proveniente de estos tres bloques es colectada por una unidad de adquisición y luego de procesada es enviada a un ordenador. Un programa dedicado (EliClinic, BTS) [3], permite al usuario trabajar con las señales de forma integrada y sincronizada en el tiempo, de modo de adquirir las variables biomecánicas de interés relacionadas al ciclo de marcha del paciente. Una vez calculadas las curvas y parámetros que describen la marcha del paciente, la información es presentada en un reporte para ser evaluada por los especialistas.

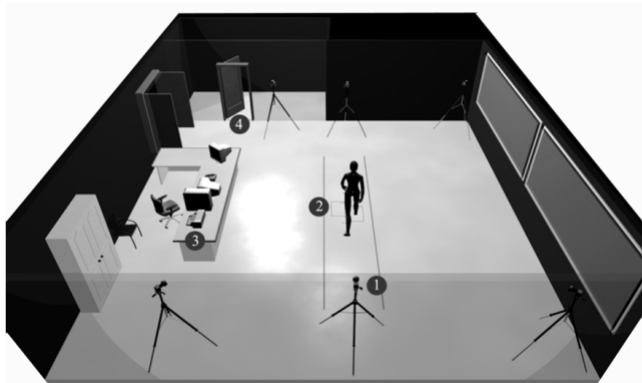


Fig. 2: Laboratorio de Marcha. 1 Pista de Marcha, 2 Plataformas de fuerza, 3 Puesto de control, 4 Sala de preparación del paciente.

III. FUNCIONES DEL BIOINGENIERO EN EL ESTUDIO DE MARCHA

El estudio de marcha como herramienta de diagnóstico funcional brinda la posibilidad de plantear objetivos y metas realistas en el tratamiento del paciente ya sea en la planificación de cirugías múltiples en un tiempo quirúrgico, la evaluación de resultados de un tratamiento o equipamiento ortésico e incluso el seguimiento de la evolución de un paciente.

Para asegurar la calidad de la información obtenida es de suma importancia la participación del Bioingeniero en el equipo interdisciplinario a cargo del estudio. Desde el punto de vista estructural, el estudio de marcha es un proceso complejo que cuenta con diferentes etapas de evaluación. El Bioingeniero participa en cada una de estas etapas desde la preparación del laboratorio y la instrumentación del paciente hasta la interpretación de los datos obtenidos.

El protocolo de evaluación de la marcha del Laboratorio de Marcha y Estudios de Movimiento de FLENI consiste en las siguientes etapas:

- Calibración del sistema.
- Examen Físico.
- Instrumentación del paciente.
- Evaluación de la marcha.
- Procesamiento de los datos.
- Interpretación e informe de resultados.

A. Calibración del Sistema

El sistema de adquisición requiere de una calibración periódica que permite el correcto funcionamiento de las

cámaras en la reconstrucción del movimiento y asegura una determinada precisión en la detección de la posición de los marcadores. El sistema completo se calibra antes de cada estudio. Para esto se utiliza un protocolo específico (Thor II, BTS) junto con un programa de computadora propio del sistema. Al comenzar, se define un volumen de adquisición, como el espacio tridimensional dentro del cual caminará el paciente durante la evaluación. Dentro de este volumen el programa calculará la precisión obtenida en cada calibración. Las cámaras, dispuestas alrededor del volumen de adquisición, deben permanecer inmóviles durante todo el proceso del estudio. Durante la calibración el Bioingeniero a cargo del laboratorio deberá asegurarse de que las cámaras estén capturando correctamente la totalidad del volumen de adquisición, que no haya reflejos ni obstrucciones ópticas dentro del espacio calibrado y de respetar los pasos a seguir en el procedimiento. La minimización del error en la reconstrucción de la posición de los marcadores depende de una adecuada calibración del sistema.

B. Examen Físico

El examen físico es un protocolo de evaluación realizado por el Kinesiólogo del equipo donde se registran parámetros del paciente tales como: escalas de fuerza, control motor selectivo y rangos de movimiento. Generalmente el Kinesiólogo realiza este examen al tiempo que el Bioingeniero calibra el sistema e ingresa los datos del paciente en la base de datos del laboratorio. No obstante, el Bioingeniero debe conocer y comprender los parámetros del examen físico del paciente para tenerlos en cuenta en la interpretación de los resultados del estudio.

C. Instrumentación del paciente

Durante esta etapa el paciente es instrumentado con los marcadores reflectivos antes de comenzar con la evaluación (Ver Fig. 3). Cada marcador se corresponde con un punto específico de la estructura ósea del paciente conformando un modelo que representa los segmentos de los miembros inferiores y el tronco.

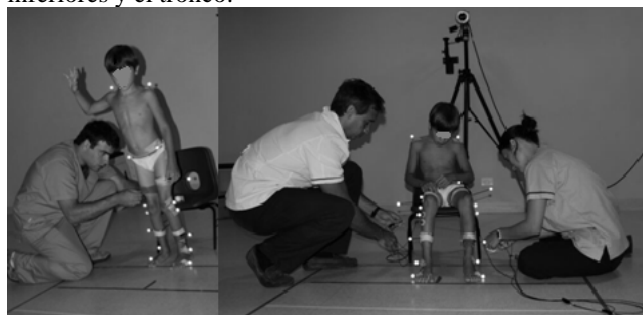


Fig. 3: Instrumentación del paciente

A partir de la posición de los marcadores el sistema calcula la posición y orientación espacial de cada segmento y obtiene los centros de y ejes de rotación de cada articulación involucrada. La calidad de los datos obtenidos en el estudio está íntimamente ligada a la precisión con la que se coloquen los marcadores. Tanto el Bioingeniero

como el Kinesiólogo del equipo cuentan con la capacidad para colocar los marcadores durante un estudio, pero es responsabilidad del Bioingeniero verificar que los marcadores estén correctamente colocados antes de comenzar con la captura de datos.

Para esto se realizan pruebas frecuentes de la incidencia de la posición de un determinado marcador en el cálculo final del modelo. En función de estas pruebas el Bioingeniero corrige la posición de los marcadores durante la realización del estudio y comunica al Kinesiólogo como interpretar estos cambios en las curvas de movimiento.

El desarrollo de nuevos modelos y protocolos de evaluación, también están a cargo del Bioingeniero y generalmente surge como pedido del equipo de evaluación ante casos particulares. Durante el estudio el Bioingeniero deber contar con la capacidad de interpretar como las diferentes patologías afectan al modelo utilizado y de qué forma estas modificaciones se ven reflejadas en patrones característicos en las curvas de movimiento. Antes de comenzar con la evaluación se toman medidas antropométricas del paciente que son cargadas al programa como complemento del modelo biomecánico del paciente.

D. Evaluación de la marcha

Una vez que comienza la evaluación, el paciente queda a cargo del Bioingeniero, quien deberá guiarlo durante todo el proceso en función de obtener los datos que requiera cada caso en particular (Ver Fig. 4).

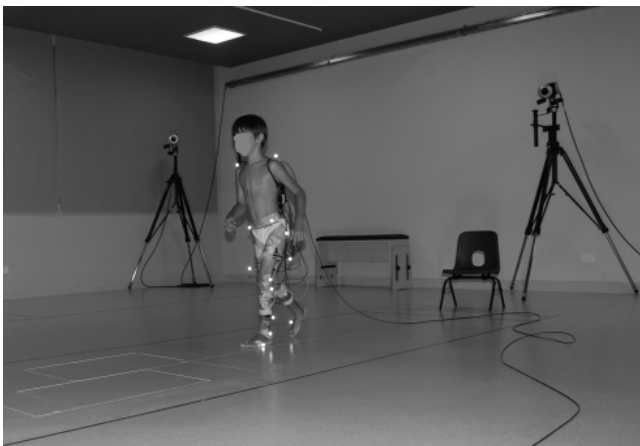


Fig. 4: Evaluación de la marcha. Paciente caminando instrumentado con los marcadores y electrodos.

Antes de comenzar, el Bioingeniero a cargo del estudio debe realizar adquisiciones de pruebas en función de asegurar la correcta posición de los marcadores y el funcionamiento del sistema. Una vez verificado que el sistema funciona correctamente se pide al paciente que camine repetidas veces dentro del volumen de adquisición. Durante cada pasada, se adquieren los datos de la posición de los marcadores y la fuerza de reacción proveniente de las plataformas. Una vez que se cuenta con los datos necesarios se colocan los electrodos de electromiografía de superficie en el paciente, localizándolos sobre los grupos musculares que se quieren evaluar. Luego se pide al paciente que realiza algunas pasadas más por la pista de

marcha para obtener la señal de EMG. Cuando el Bioingeniero considera que cuenta con una cantidad de pasadas suficientes, la evaluación se da por finalizada.

E. Procesamiento de los datos

Una vez terminada la evaluación de la marcha, se procesan los datos para obtener los reportes finales con las curvas de movimiento (Ver Fig. 5). El procesamiento consta de tres pasos generalmente comunes a todos los sistemas de captura de movimiento con marcadores pasivos. Primero se hace un rastreo y reconocimiento de los marcadores durante cada pasada etiquetando cada punto reconstruido con el nombre del marcador correspondiente en el modelo utilizado. Una vez que el sistema vincula los puntos capturados con el modelo, automáticamente calcula las curvas de movimiento, este es el segundo paso del proceso. Por último el usuario debe definir el ciclo de marcha para cada lado del paciente, marcando el contacto inicial y el despegue del pie de forma tal de completar al menos un ciclo para cada lado. De este modo el programa se encuentra en condiciones para componer el reporte final. El procesamiento de los datos requiere de una adecuada capacitación del Bioingeniero a cargo. Este no es un proceso repetitivo, por el contrario, requiere de una constante supervisión de modo de detectar movimientos inadecuados de los marcadores, posibles obstrucciones ópticas durante la adquisición y patrones en las curvas característicos de una determinada patología.

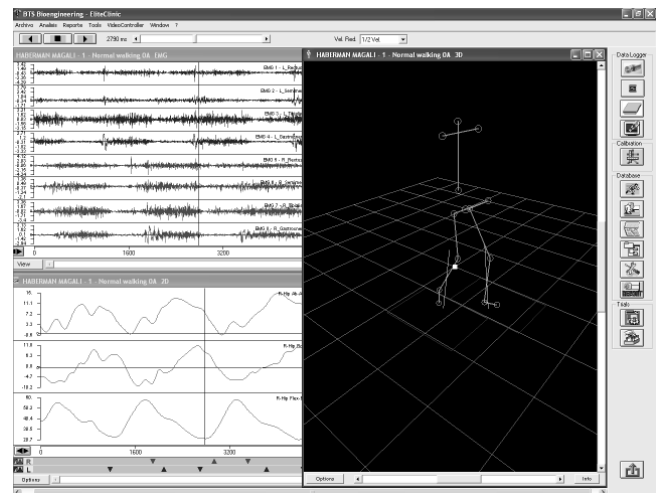


Fig. 5: Programa para el procesamiento de los datos.

El Bioingeniero prepara una carpeta con todos los datos del estudio seleccionando las curvas que considera consistentes con la evaluación del paciente y transmite esta información al equipo de evaluación para informar el estudio. Para esto, deberá estar entrenado en la lectura de los reportes, el reconocimiento de patrones patológicos y las posibles desviaciones del modelo que puedan surgir durante la evaluación.

Dentro del procedimiento de reporte de la información para su posterior interpretación, en nuestro laboratorio es de particular importancia los que llamamos Estudio de consistencia. Un programa desarrollado íntegramente en el laboratorio, permite comparar las curvas correspondientes a

las distintas pasadas del paciente, con el objeto de evidenciar un patrón de marcha consistente. El Bioingeniero a cargo del estudio deberá seleccionar las curvas de movimiento más representativas y en función de ese grupo de curvas calcular los parámetros de la marcha necesarios para la evaluación (Ver Fig. 6).

En esta etapa, más de 50 parámetros se extraen de las curvas de cinemática con el objeto de facilitar la tarea de informe obteniendo indicadores concretos de la marcha del paciente.

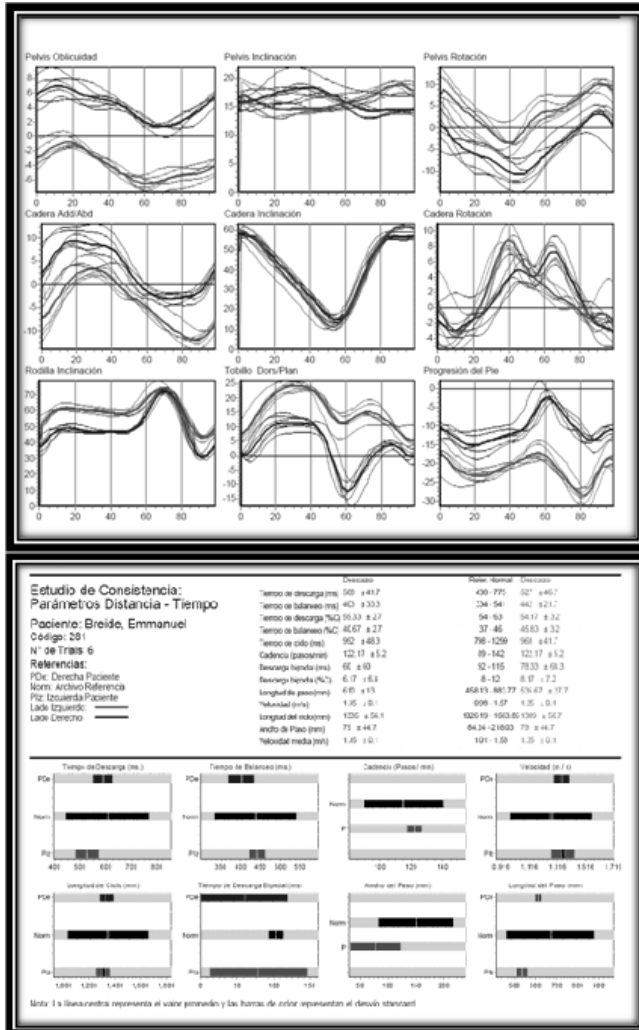


Fig. 6: Estudios de Consistencia de cinemática y parámetros de la marcha.

Toda la información obtenida durante esta etapa es volcada en una base de datos que permitirá a futuro realizar un seguimiento efectivo del paciente y de la evolución de su tratamiento.

F. Interpretación e informe de resultados

Por último la información recolectada durante el estudio es cuidadosamente evaluada por el equipo formado por los médicos neuroortopedistas, los kinesiólogos y bioingenieros. Cada caso requiere de un exhaustivo análisis en pos de garantizar la correcta interpretación de la información que se posee y como aplicarla al tratamiento del paciente. Durante esta etapa es incumbencia del Bioingeniero comunicar al resto del equipo aquellas

particularidades que se aprecien en las curvas y brindarles la información que requieran en cada caso.

G. Tareas de respaldo

Además de las actividades realizadas durante el estudio de marcha, el Bioingeniero a cargo del laboratorio de marcha realiza muchas otras tareas a modo de respaldo de los estudios asistenciales. De este modo, surgen desarrollos de nuevos modelos para el estudio de movimientos, diseño de programas de análisis de datos, evaluación de técnicas para optimizar los tiempos de ejecución y actividades de investigación relacionadas.

El mantenimiento del laboratorio de marcha también está, muchas veces ligado a las incumbencias del Bioingeniero. Este proceso abarca el mantenimiento del equipamiento, el respaldo de la información y la actualización periódica de los programas de computadora utilizados y la implementación de métodos para asegurar la calidad de la información obtenida. Estos últimos, incluyen desde la calibración periódica de los equipos, hasta la realización de estudios de control con sujetos normales aplicando técnicas de comparación inter/intra operador. Estos procesos son muy importantes ya que evitan cometer errores por repetición de las tareas, y ayudan a mantener presentes los protocolos de trabajo.

IV. CONCLUSIÓN

Muchas otras tareas pueden relacionarse a las actividades del Bioingeniero dentro de un laboratorio de marcha, más aún si se abarcan aplicaciones diversas del laboratorio en la evaluación de otros gestos motores además de la marcha. Las tareas son específicas y requieren de una profunda capacitación y compromiso. El rol del Bioingeniero en la coordinación de las actividades del laboratorio se ha vuelto un eslabón fundamental en el equipo de trabajo y es de capital importancia a la hora de alcanzar el objetivo que todos perseguimos: mejorar la calidad de vida del paciente.

REFERENCIAS

- [1] James R Gage. *The treatment of gait problems in cerebral palsy*. Mac Keith Press. 2004
- [2] Nicholas Gryfakis. Role of the biomedical engineer in the treatment of children with neuromuscular disorders. AACPDM, vol 56 No 2 pp 1.
- [3] Manuela Galli. Handbook for Gait Analysis. Dipartimento di Bioingegneria. Politecnico di Milano. BTS Bioengineering S. p. A.