

Análisis del movimiento

De la técnica a la realidad

La cinemática aporta la información referente a las características del movimiento de los sujetos, lo que permite valorar el estado funcional de las personas con movilidad reducida, para adecuar, entre otros aspectos, el tratamiento más indicado en cada caso.



Dr. Josep Medina
Jefe de Rehabilitación Funcional
Fundación Institut Guttmann

El estudio del gesto motor de brazos o piernas y del desplazamiento del ser humano en bipedestación ha sido largo y ampliamente estudiado a lo largo de los siglos.

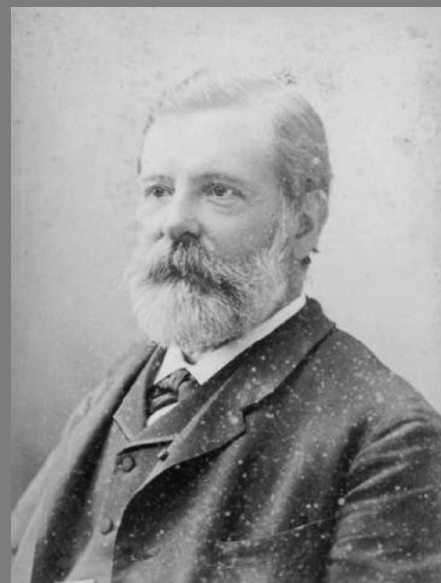
Desde los filósofos y científicos clásicos, como Aristóteles, Hipócrates y Galeno, pasando por Leonardo da Vinci, Galileo Galilei e Isaac Newton si bien, todos ellos han sido estudiosos del músculo, del movimiento corporal y las palancas, del arte, del dibujo..., y su creatividad nos ha conducido, con el paso de los años, hasta Giovanni Alfonso Borelli, como el gran autor de referencia en el estudio y la descripción de la biomecánica humana.

A partir del siglo XIX, los hermanos Weber describieron exhaustivamente el paso humano, con las fases de la marcha y sus alteraciones, además del desplazamiento del centro de gravedad.

Desde el punto de vista del análisis cuantificado de la locomoción, el fisiólogo Jules Marey analizó los movimientos corporales a través del mimógrafo, un "travelling fotográfico" que seguía el desplazamiento del sujeto, y que permitía analizar así los diferentes segmentos corporales.

Posteriormente, se inventó el cronofotógrafo, en el que, siguiendo el mismo sistema, se le aplica la película fotográfica en el análisis de la secuencia del movimiento a frecuencia rápida a través de equipos de contraste.

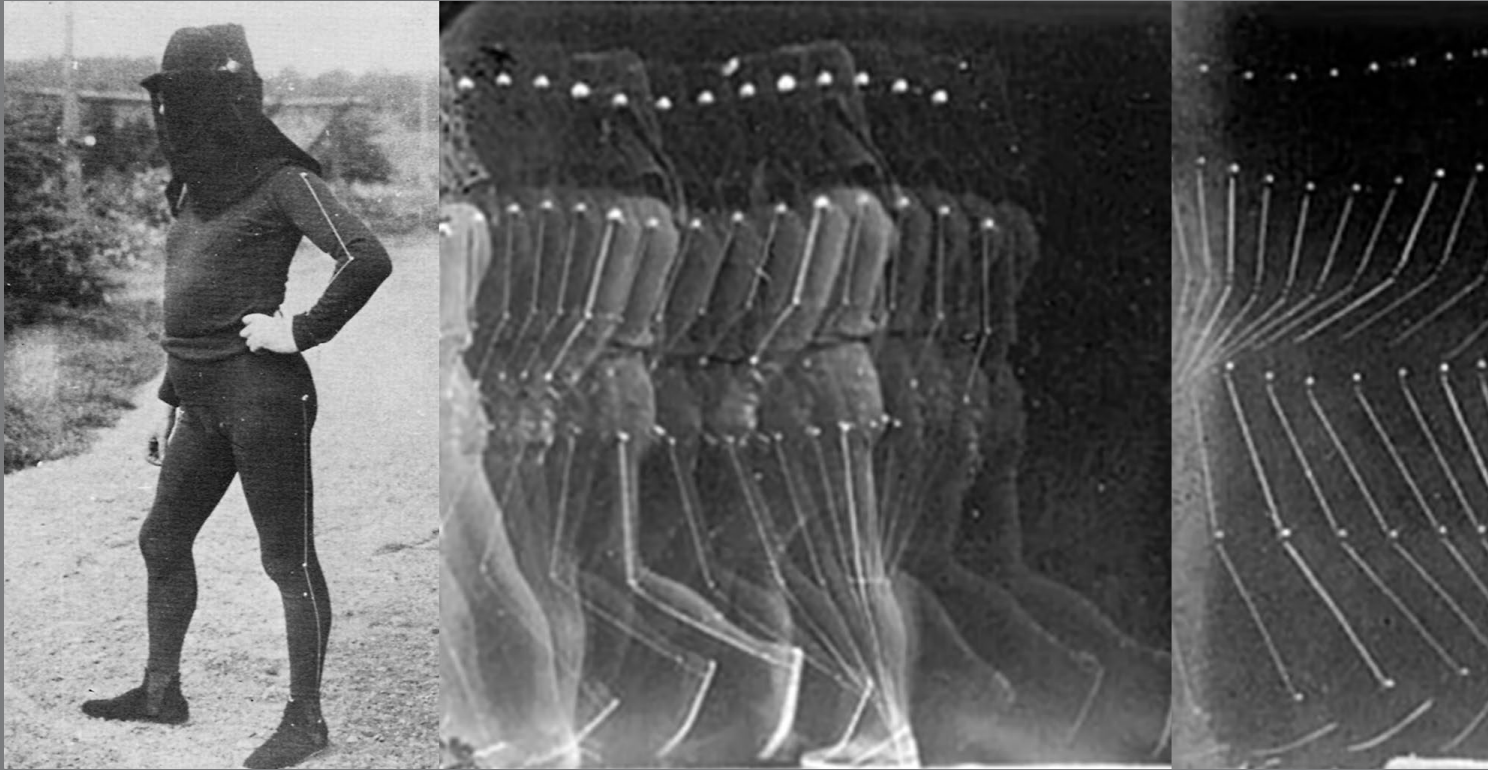
No podemos olvidar la aportación de Edward Muybridge, fotógrafo e investigador británico, quien, a finales del siglo XIX, ya participó activamente en el análisis y medición de la marcha humana a través de la fotografía secuencial mediante el "fusil fotográfico". Este sistema disparaba



Jules Marey.

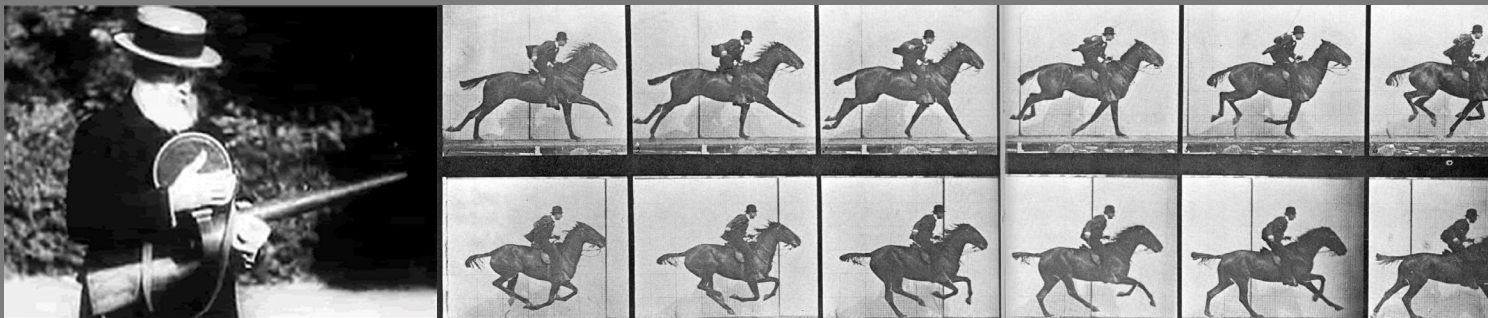
diferentes fotografías, para analizar los movimientos de las extremidades inferiores del caballo durante el galope, y el movimiento alternado de las extremidades inferiores en el hombre.

Fotografías: Etienne-Jules Marey, 1883 (Études du mouvement).



Equipaje de contraste.

E. Muybridge, 1887. Philadelphia (Animal Locomotion).



Fusil fotográfico.

Imagen captada por E. Muybridge, para demostrar secuencialmente el galope del caballo.

Los científicos Braun y Fisher, en 1895, aplican la cronofotografía con marcadores articulares y líneas que determinarán ejes articulares y centros de gravedad de cada segmento. En el año 1900, C. Ducroquet, al analizar la marcha patológica, describe los cambios de esta desde la infancia hasta la vejez y utiliza para ello un pasillo de espejos.

En esta misma época, se empezaron a filmar imágenes con el cinetógrafo,

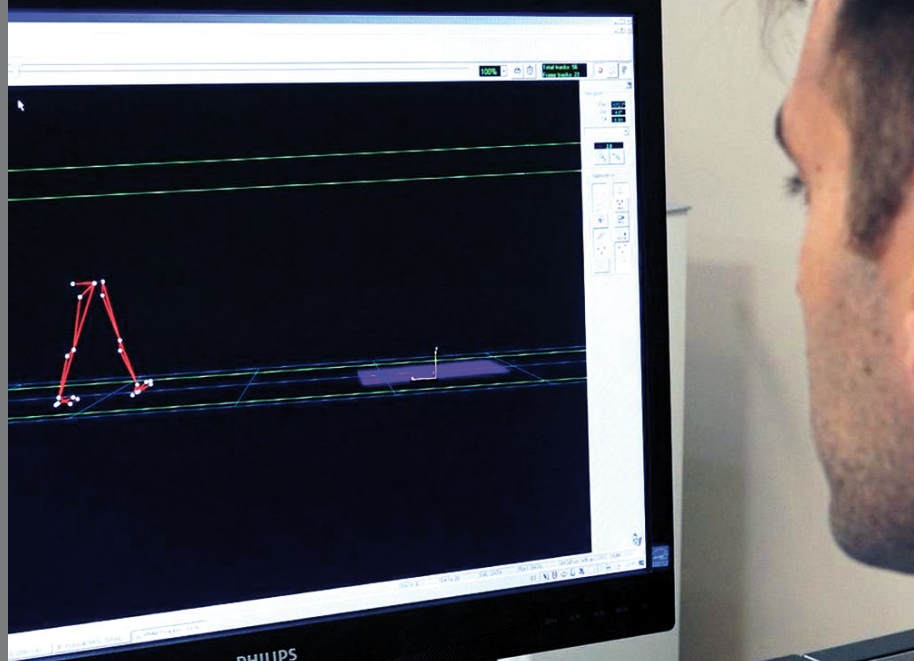
para proyectarlas en un kinetoscopio (T. Edison), y se crea, así, el sistema de visualización del movimiento. A partir de este momento, diferentes aportaciones científicas, que mejoran lo hasta entonces aportado para el estudio de la marcha, toman importancia capital, como la pista dinamométrica, plataformas de presión, técnicas ópticas y electromecánicas, con sistemas de medida cada vez más sofisticados y precisos.

La Segunda Guerra Mundial provocó un receso en este campo, pero, aun así, se crearon distintos laboratorios de análisis del movimiento humano, con departamentos de biomecánica, sobre todo, para el estudio del desplazamiento de las personas usuarias de prótesis de extremidades inferiores. En esta época, también se empieza a aplicar la electromiografía y el análisis del consumo energético, y se describen,

Investigación

en el año 1944, los parámetros cinemáticos de la marcha.

Superadas parcialmente las consecuencias del belicismo, se reanuda la proliferación de avances tecnológicos, y surgen, como avances más importantes, la plataforma dinamométrica, el podógrafo, el podobarógrafo, el electropodógrafo, el pasillo instrumentado de la marcha y el baropodómetro, entre otros sistemas de contraste en diferentes intensidades de presión,



“El análisis del movimiento aparece como un elemento capital en la valoración de elementos clínicos.”

velocidad, ejes de movimiento, etc. No podemos concluir este repaso por la historia sin destacar el libro *Human Walking*, como compendio de referencia en la temática de la marcha, escrito en el año 1981 por Inman y el libro de Ducroquet sobre *La marcha normal y patológica*.

Así pues, el análisis del movimiento aparece como un elemento capital en la valoración de elementos clínicos. En el mundo del deporte, el registro de datos referentes al gesto motor en condiciones de entrenamiento o competición ha ayudado a muchos deportistas a mejorar marcas, resultados, y, sobre todo, a perfeccionar la calidad del movimiento para conseguir un gol, un resto, una salida o un tiro a canasta.

La tecnología en el campo de la actividad física ha evolucionado de forma vertiginosa y los profesionales clínicos hemos tenido que valorar cuáles de las herramientas útiles y eficaces para los deportistas pueden

serlo, también, para personas con movilidad reducida. Lo que significa batir un récord o mejorar un tiempo en la élite del deporte, el análisis del movimiento en los programas de neurorrehabilitación, la cinemática, pretende aportar elementos cualitativos y cuantitativos que sirvan de referencia y *feedback* para profesionales y pacientes para la mejora de su estado funcional.

En la actualidad, el análisis del movimiento, la cinemática, es una herramienta que aporta a distintos profesionales del ámbito clínico, y también del ámbito deportivo, toda aquella información referida a las características implícitas en el movimiento del sujeto. Este hecho es de capital importancia a fin de valorar el estado funcional de cada persona y su evolución en el perfeccionamiento del gesto motor.

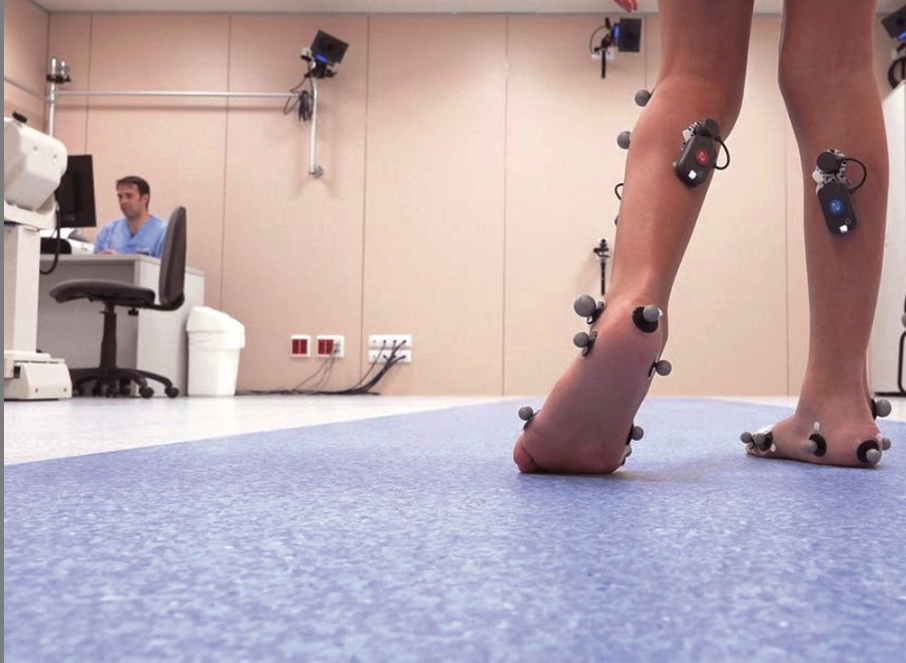
La interpretación de las variables biomecánicas para entrenadores y deportistas, y también para médicos, terapeutas y pacientes, hace que el sistema descrito sea fundamental para el rendimiento, la planificación, el diseño y evaluación de los programas terapéuticos, y es fundamental en la valoración de la evolución de cada caso.

Así pues, aprovechar la evolución de la tecnología videofotogramétrica ha servido a los profesionales de la rehabilitación para evaluar de forma objetiva el desarrollo de distintas tareas funcionales de cada paciente de forma tridimensional.

“Aprovechar la evolución de la tecnología videofotogramétrica ha servido a los profesionales de la rehabilitación para evaluar de forma objetiva el desarrollo de distintas tareas funcionales de cada paciente de forma tridimensional.”

Sistema de análisis del movimiento:

Para el desarrollo óptimo de esta técnica de evaluación, se dispone en la actualidad de uno de los sistemas más avanzados de análisis, el cual consta de ocho cámaras de infrarro-



jos, dos cámaras de videograbación, cuatro plataformas de análisis de la presión y los momentos de fuerza de las articulaciones, además de un sistema de electromiografía telemétrica. Disponer de la tecnología también implica contar con personal con experiencia y buena formación para su desarrollo, y, por este motivo, diferentes profesionales se han especializado en el uso e interpretación de los múltiples datos que el sistema ofrece.

Hay que tener muy claro que no es una técnica de tratamiento, que no es un programa de ejercicios de rehabilitación, sino que es un elemento diagnóstico que pretende informar a profesionales y pacientes del estado de las articulaciones de extremidades superiores e inferiores, de la fuerza muscular y de la forma de ejecutar patrones funcionales de movimiento en comparación a patrones considerados de normalidad.

La técnica:

A partir de una exploración biomecánica inicial, se sigue un protocolo de valoración donde se explora la fuerza muscular, ángulos de movimiento activo y pasivo de las articulaciones de

“Disponer de la tecnología también implica contar con personal con experiencia y buena formación para su desarrollo.”

las extremidades, se mide la longitud de piernas, además de perímetros de distintos puntos siguiendo una normativa validada internacionalmente para determinar al final de la prueba los valores que obtienen nuestros pacientes comparados con el patrón de normalidad.

Se colocan en puntos determinados de la anatomía de nuestros pacientes, siguiendo el Protocolo Internacional de Davis, unos marcadores reflectantes que son captados por nuestras cámaras infrarrojas, las cuales importan toda la información adquirida a una base central de procesamiento de la información que filtra la imagen del paciente, y queda una figura de alambre (*stick figure*) y traduce todo lo captado en parámetros gráficos y numéricos que el profesional clínico debe interpretar.

En la exploración de la marcha, el análisis del movimiento nos permite

conocer en profundidad las características que integran el ciclo de la marcha (fase de apoyo y fase de oscilación), además de las características intrínsecas de cada extremidad (longitud de paso, ángulos, duración de cada fase, momentos e intensidad de soporte).

En la valoración de la extremidad superior, lo que se pretende es valorar la funcionalidad del movimiento de las distintas acciones que tienen que ver con el patrón funcional de brazo, antebrazo y mano. En algunos casos las diferentes modalidades de presión también pueden ser valoradas.

Conociendo todos estos parámetros el profesional clínico obtiene un registro fiable de datos que ayudarán a determinar las causas de las alteraciones del movimiento, la necesidad de algunas ayudas técnicas o productos de apoyo, orientar o reorientar el tratamiento rehabilitador o valorar la eficacia de los tratamientos realizados, tanto físicos como farmacológicos como quirúrgicos.

Una vez valorado cada caso, se realiza un informe final con las conclusiones más relevantes de la prueba.

En la actualidad, y después de más de 300 adquisiciones mediante el sistema de análisis del movimiento, la técnica de cinemática se ha integrado como un elemento clave en la evaluación de prototipos funcionales en proyectos de investigación, en la valoración de los efectos de la administración de toxina botulínica o baclofeno, importante en la toma de decisiones quirúrgicas o en la administración de férulas o aparatos ortopédicos, pero, sobre todo, para la valoración de la evolución funcional de cada paciente.