



# Evidencia Basada en la Biomecánica

*“Cuando puedes medir aquello de lo que estás hablando y expresarlo en números, puede decirse que sabes algo acerca de ello; pero, cuando no puedes medirlo, cuando no puedes expresarlo en números, tu conocimiento es muy deficiente y poco satisfactorio”.*

Lord Kelvin

## 1. INTRODUCCIÓN

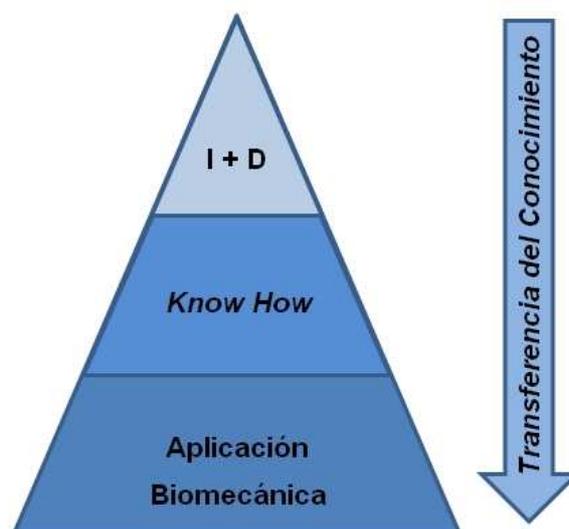
La biomecánica, como ciencia que aplica los principios y las leyes de la mecánica al ser vivo, nos ayuda a entender la funcionalidad del aparato musculoesquelético en base al análisis matemático, el cual permite elaborar modelos mecánicos para evaluar las condiciones de funcionamiento.

La investigación tecnológica actual está orientando parte de sus esfuerzos hacia la evaluación de las funciones corporales desde la perspectiva de la ingeniería biomecánica. En el estudio de las funciones músculo-esquelética y neurológica, las innovaciones son continuas y su aplicación clínica creciente. Dado que aportan una valoración instrumentada y fiable de las capacidades funcionales, los dispositivos tecnológicos se están convirtiendo en un elemento indispensable en la práctica clínica de la exploración funcional.

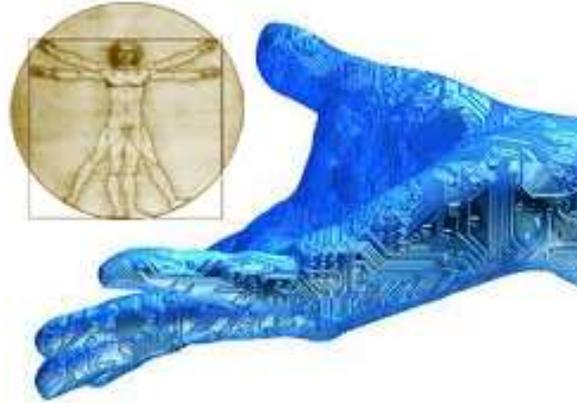
**IBC** es una empresa creada para cubrir una necesidad social, la incorporación de la tecnología biomecánica a los ámbitos de aplicación más próximos al ciudadano.

Desde **IBC** ponemos a disposición de los diferentes profesionales las últimas tecnologías, la asesoría y la formación, para facilitar la implementación de la biomecánica como una prueba complementaria más, con aportación de parámetros objetivos que ayuden en la toma de decisiones durante el proceso clínico.

Es, por tanto, el principal objetivo de **IBC**, transferir su KnowHow acumulado a cualquier usuario que requiera implementar las últimas tecnologías en el ámbito de la biomecánica, en todos sus campos de aplicación.

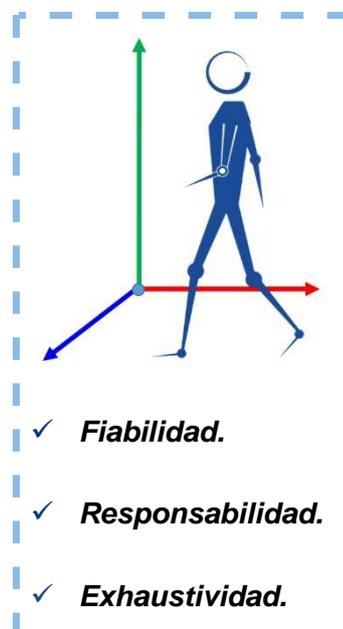


El conjunto de las soluciones aportadas por **IBC** impactan de forma muy positiva en el proceso asistencial de pacientes con trastornos músculo-esqueléticos y/o neurológicos, con el objetivo fundamental de preservar el bienestar, la movilidad y la función independiente.



*“El progreso en cualquier campo del conocimiento está muy vinculado a la calidad de sus logros científicos”. (The state of rehabilitation research: art or science? D. Tate, Arch Phys Med Rehabil. 87:160-6, 2006).*

**IBC** ofrece tecnología biomecánica propia, con asesoría y formación, basando nuestro producto en un compromiso firme de fiabilidad, responsabilidad y exhaustividad.



*La preocupación por el hombre debe constituir siempre el objetivo principal de todo esfuerzo tecnológico...*

*Albert Einstein*

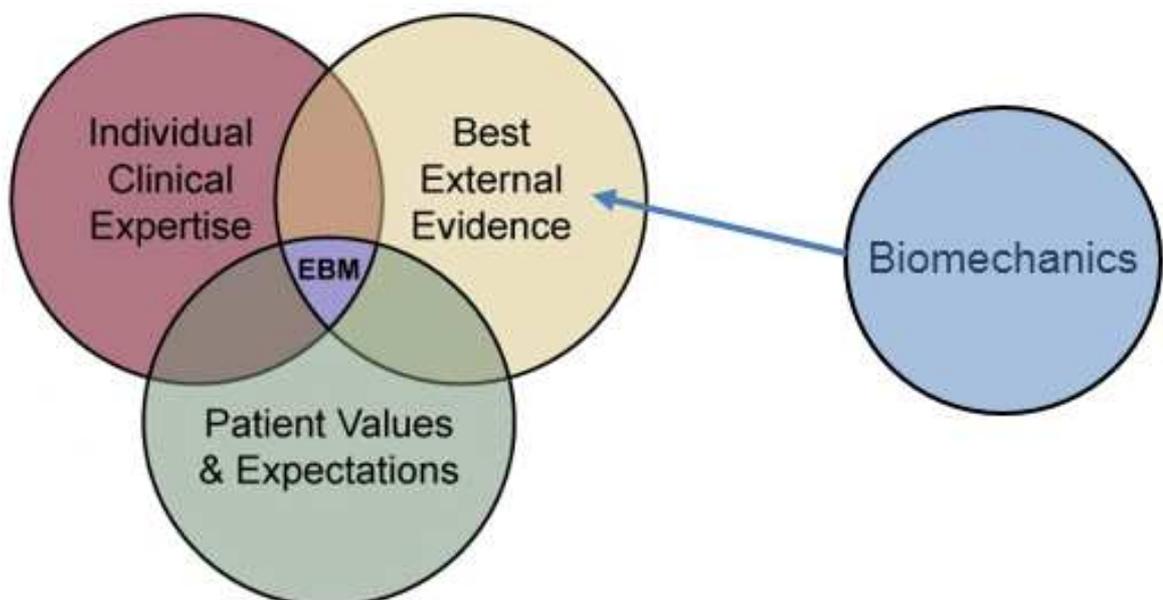
## 2. LA BIOMECANICA COMO AYUDA EN LA TOMA DE DECISIONES

El principal valor social de las ciencias y las tecnologías radica en que aportan conocimientos que permiten mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos. Un componente esencial para el bienestar del individuo, así como para su contribución y participación en actividades laborales y de ocio, es la capacidad de moverse de manera eficiente y sin dolor. Es por ello que tenemos la obligación de poner a su disposición todos los medios posibles para que recupere su funcionalidad tras sufrir una patología.

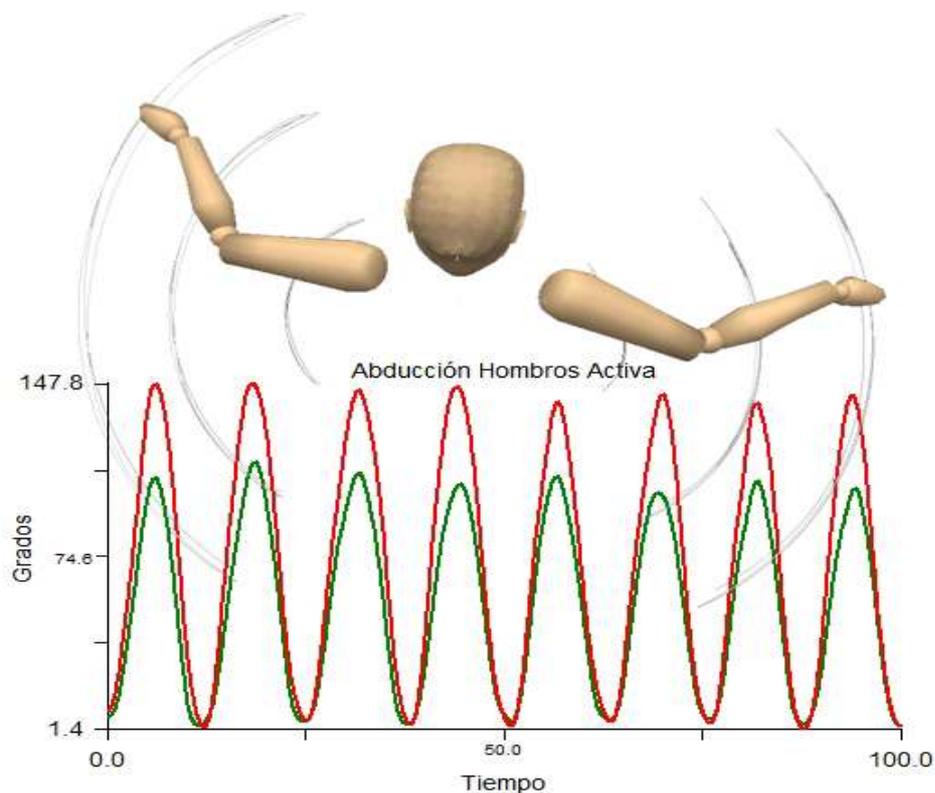


A nivel clínico, el futuro de la asistencia sanitaria mundial pasa por aplicar las TIC (tecnologías de la información y la comunicación), para ofrecer una mejor atención sanitaria, optimizar su eficiencia y lograr que se adapten mejor a los desafíos de una sociedad envejecida.

De la misma manera, los sistemas de salud modernos necesitan cada vez más basarse en la evidencia científica para la toma de decisiones sobre el cuidado, tratamiento y evolución de cada paciente, para prevenir o reducir al mínimo las secuelas funcionales. La medicina basada en la evidencia (MBE) se puede caracterizar como la integración de la experiencia clínica individual y la mejor evidencia clínica externa disponible, ayudando en la toma de decisiones sobre el cuidado de pacientes individuales (*Evidencebased medicine: What it is and what it isn't*. Sackett DL, Rosenberg WMC, Gray JAM, Haynes RB, Richardson WS. 1996. *BMJ* 312: 71–2 [3]).



La valoración biomecánica permite evidenciar de forma objetiva la repercusión funcional médicamente observada, aportando información numérica y gráfica (TIC) que contribuya a plantear objetivos terapéuticos específicos para cada caso, así como a diseñar pautas de tratamiento personalizadas.



### 3. TECNOLOGÍA IBC

La **biomecánica** está reconocida hoy en día como prueba clínica complementaria, “se pone de relieve el papel esencial de la biomecánica en la rehabilitación músculo-esquelética y neurológica para mejorar el bienestar, la funcionalidad y la calidad de vida de los pacientes”(The role of biomechanics in orthopedic and neurological rehabilitation. Kornelia Kulig, Judith M. Burnfield. Acta of Bioengineering and Biomechanics Vol. 10, No. 2, 2008). No obstante, se han encontrado limitaciones a la hora de incorporar la tecnología biomecánica en el ámbito clínico de forma sencilla, aplicable a patologías de todo el sistema músculo-esquelético, de fácil interpretación de los resultados y con coherencia clínica. Todo ello condiciona que las evaluaciones biomecánicas todavía están muy limitadas a laboratorios de investigación.

“Existe tecnología que permite medir de forma objetiva y precisa la capacidad funcional del paciente, aportando un avance muy positivo, pero que exige a su vez una formación técnica por parte de los profesionales”. (*Enhancement of motor rehabilitation through the use of*



*information technologies. Dario G. Liebermann, Aron S. Buchman, Ian M. Franks. Clinical Biomechanics 21 (2006) 8–20).*

Para superar estas limitaciones, en **IBC** se trabaja para que los sistemas de medición sean más automáticos y de fácil usabilidad para los clínicos, implementando las últimas tecnologías y diseñando modelos biomecánicos y procesos de registro basados en protocolos de exploración admitidos y validados por la comunidad científica.

Ofrecemos a nuestros clientes una **solución integral**, con pruebas biomecánicas, estudios ergonómicos de puestos de trabajo, formación y asesoría técnica, con constantes actualizaciones de los sistemas que nos permiten estar a la vanguardia de los avances técnicos en el ámbito de la biomecánica aplicada.

La tecnología que implementa **IBC** garantiza una medición fiable, precisa y con coherencia clínica.

### **El estudio cinemático**

La video-fotogrametría se ha convertido en los últimos años en una técnica de medición precisa y fiable, una excelente opción en biomecánica, en particular para el análisis del movimiento humano en 3 dimensiones. (*Fundamentals of videogrammetry – A review. Gruen, A. Human Movement Science 16 (1997) 155-187).*

Los estudios cinemáticos con captura del movimiento garantizan una mayor precisión y reproducibilidad, así como más libertad de movimiento que otros sistemas de medición. (*Range-of Motion measurements. Lea, B.D., Gerhardt, J.J. J. Bone Joint Surg. 77-A, 786-798. 1995) (A non invasive protocol for the determination of lumbar spine mobility. Chiou, Lee et al. 1996 Clinical Biomechanics Vol. 11 Nº 8).*

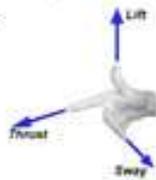
Nuestro sistema de **Captura del Movimiento** consta de 18 cámaras, con un software de análisis sobre el que diseñamos nuestros propios modelos biomecánicos basados en seis grados de libertad (6DoF). A partir de un conjunto de 3 o más marcadores colocados sobre un segmento corporal, se define la postura o situación (posición y orientación) de dicho segmento.

El movimiento de los segmentos corporales en el espacio se puede describir completamente mediante la medición de tres grados de libertad de traslación (posición) y tres grados de libertad de rotación (orientación), en total son 6 Grados de Libertad (6DoF) (*Joint Anatomy and Basic Biomechanics, Chapter 2. Chiropractic Technique: Principles and Procedures, 3e. Thomas F. Bergmann; David H. Peterson. Elsevier Mosby. 2011*).

## 6 Degrees of Freedom

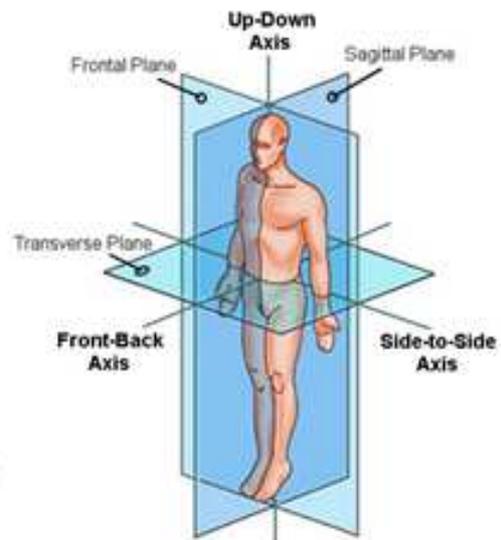
- Movement Along an Axis (3DOF)

- Along the **Side-to-Side Axis**
  - Sway/Slide: Toward-Away
- Along the **Front-Back Axis**
  - Thrust: Forward-Backward
- Along the **Up-Down Axis**
  - Lift: Up-Down
- **DISTANCE: Inches, Feet, Meters**

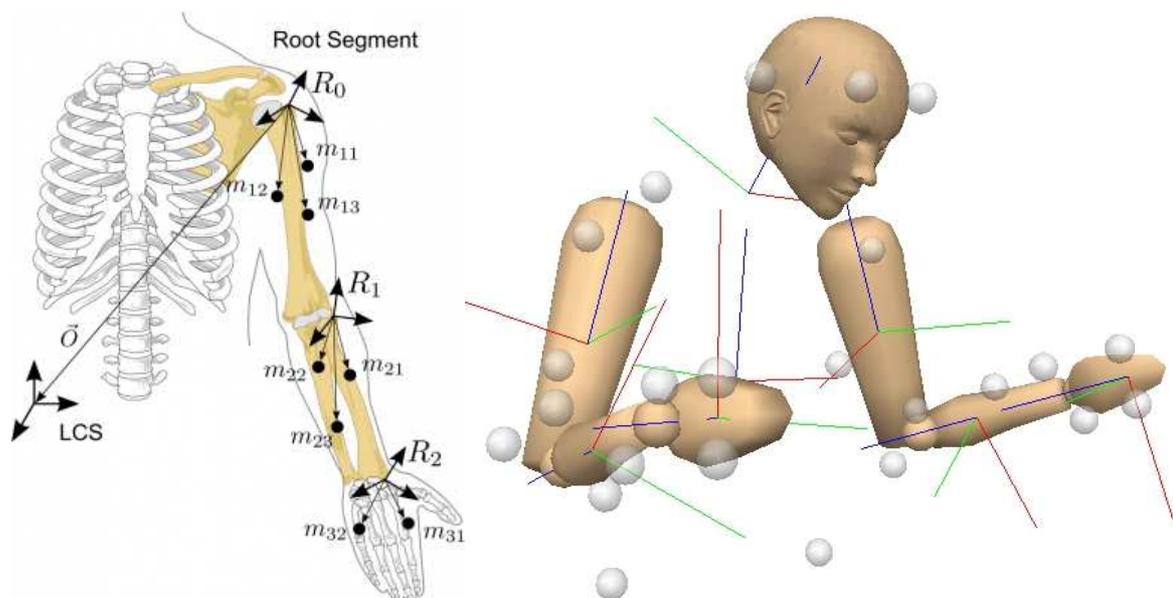


- Rotation Around an Axis (3DOF)

- Around the **Side-to-Side Axis**
  - Bend: Forward-Backward
- Around the **Front-Back Axis**
  - Side Bend: Trail-Lead
- Around the **Up-Down Axis**
  - Turn: Open-Closed
- **ANGLE: Degrees, Radians, Revs**



**IBC** diseña modelos biomecánicos de todo el sistema músculo-esquelético, basados en 6 grados de libertad (6DoF):



**Modelo Biomecánico de IBC**

Previamente a la captura del movimiento, se ha definido un sistema de coordenadas ortogonal estacionario durante la calibración del área de captura. La posición y orientación de cada segmento, dada por su sistema de coordenadas con respecto al sistema de coordenadas del laboratorio, permite describir completamente y de forma fiable el movimiento del segmento en el espacio (*Multipleanatomicallandmarkcalibrationforoptimalbone pose estimation. AngeloCappello; Aurelio Cappozzo; Pier Francesco La Palombara;Luigi Lucchetti;Alberto Leardini. Human MovementScience. Volume 16, Issues 2–3, April 1997, Pages 259–274*).

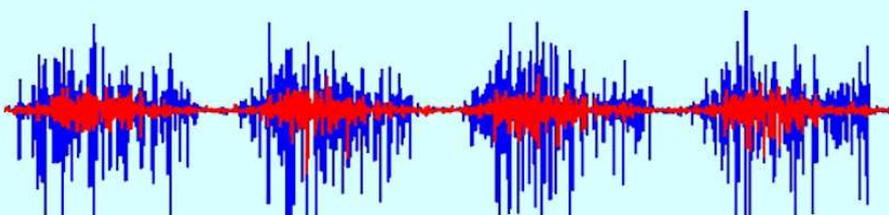
### **Electromiografía de Superficie**

Captura señales de tensión eléctrica producidas cuando grupos de fibras musculares son reclutadas para proporcionar las fuerzas y momentos requeridos para el movimiento y el equilibrio. El procesamiento de las señales obtenidas permite caracterizar la intensidad de la actividad muscular, así como la progresión de la fatiga.

La electromiografía de superficie registra una señal que es la suma de los potenciales de acción que ocurren dentro de su alcance de medida. Se dispone de instrumentos que reconocen valores electromiográficos entre 1 y 20.000 microvoltios, con amplificadores de alta relación señal/ruido, a la vez que se eliminan de forma eficaz los fenómenos parasitarios, tomando la señal con gran precisión en una banda de frecuencia útil entre 20 y 500 Hz, sin que los resultados sufran distorsión.

La señal registrada, que se procesa en el ordenador para facilitar su análisis, permite a los investigadores y clínicos evaluar el estado funcional de músculo (fatiga, atrofia, contractura, etc.). (*Electromyography in the biomechanical analysis of human movement and its clinical application. R.F.M. Kleissen, J.H. Buurke, J. Harlaar, G. Zilvold. Gait and Posture 8 (1998)*).

#### **Electromyography...**



**“..is the study of muscle function through the inquiry of the electrical signal the muscles emanate.”**

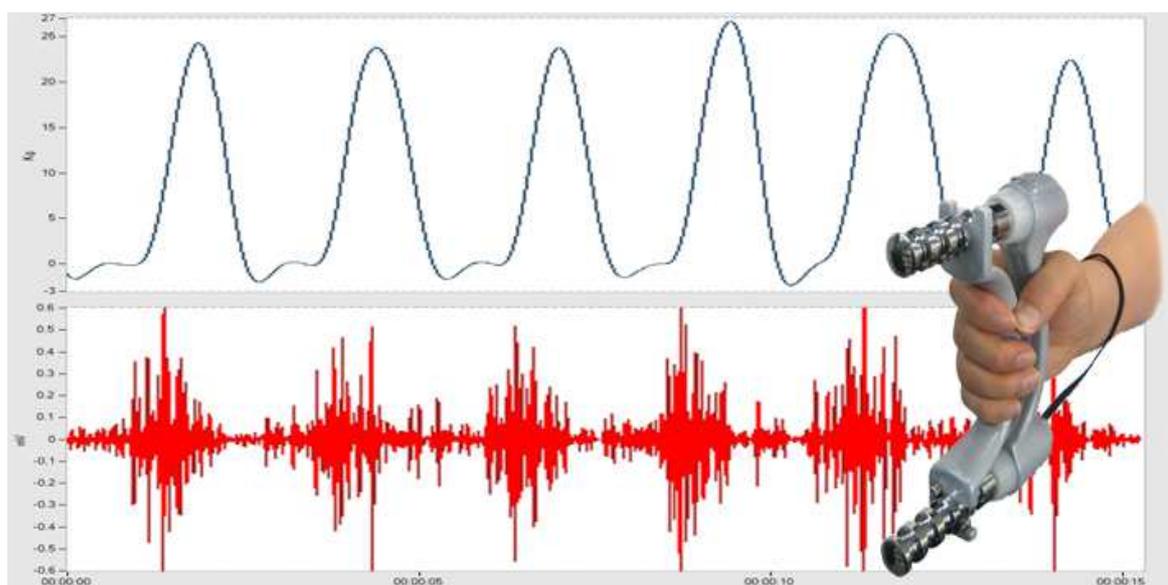
*Basmajian JV, De Luca CJ. Muscles Alive. 5th ed. Baltimore:Williams & Wilkins; 1985.*

## El estudio cinético

Registra fuerzas, torques, y distribuciones de presión que complementan las medidas anteriores y permiten el análisis de las actividades de locomoción (marcha), equilibrio y agarre.

**Dinamometría:** Se denomina dinamómetro al instrumento que sirve para medir fuerzas. Normalmente, un dinamómetro basa su funcionamiento en un resorte que sigue la Ley de Hooke, siendo las deformaciones proporcionales a la fuerza aplicada.

Un esfuerzo isométrico (sin variación de la distancia o el ángulo) sobre un dinamómetro permite medir de forma indirecta la fuerza contráctil de un grupo muscular, y complementa de manera natural la captura de EMGs en la misma prueba.



**IBC** incorpora células de carga con certificado de calibración, que garantizan una alta sensibilidad y precisión en la medida de fuerzas de agarre, tracción o empuje, sincronizadas con la EMGs. El dinamómetro para registrar la fuerza de agarre o puño de **IBC** se basa en el sistema Jamar, de acuerdo con las recomendaciones de la “American Society of Hand Therapists” (*Grip and Pinch strength: Normative data for adults. V. Mathiowetz y col. Occupational Therapy Program, University of Wisconsin-Milwaukee. Milwaukee. 1984*).

**El análisis cinético de la marcha** se realiza con plantillas instrumentadas dotadas con sensores (resistivos, piezorresistivos, piezoeléctricos, etc.), que cambian su resistencia al



ejercerse presión sobre ellos. Se obtiene el mapa de presiones plantares de forma estática y dinámica dentro del calzado y permiten el registro de multitud de apoyos de cada pie, por lo

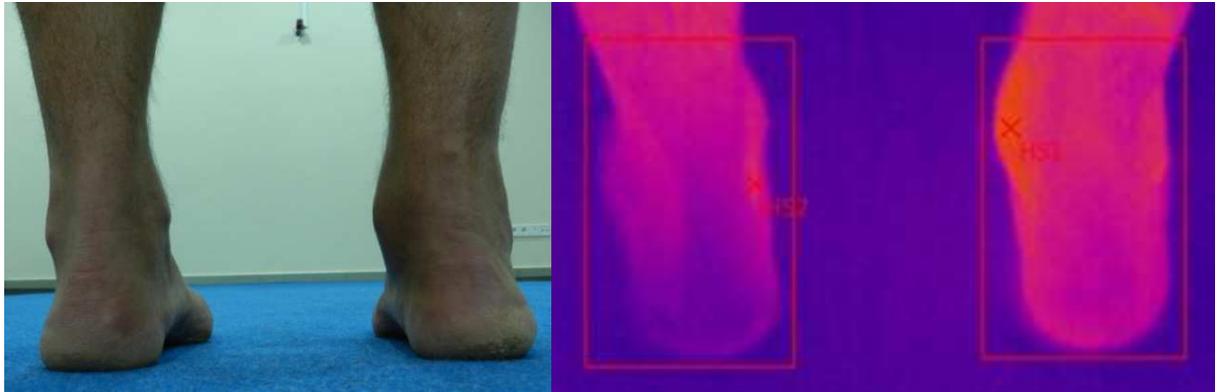


que ofrecen un resultado más fiable desde un punto de vista clínico, que el análisis de una sola pisada. De esta

forma se dispone de información cuantificable, objetiva y fiable mediante una exploración sencilla y rápida, que permite valorar alteraciones funcionales en relación con la estática y dinámica de la marcha (*Nature and Use of the F-Scan Gait Analysis System. Tara Deaver, BS. Podiatric Medical Review. 1995*).

**La termografía infrarroja** es un método rápido y no invasivo para detectar puntos calientes, ya que esta técnica genera una imagen de gradientes térmicos en tiempo real. Ya que el calor es uno de los principales signos que presentan las lesiones, podemos usar la termografía para detectar estas zonas en las fases iniciales. Dentro de las aplicaciones más

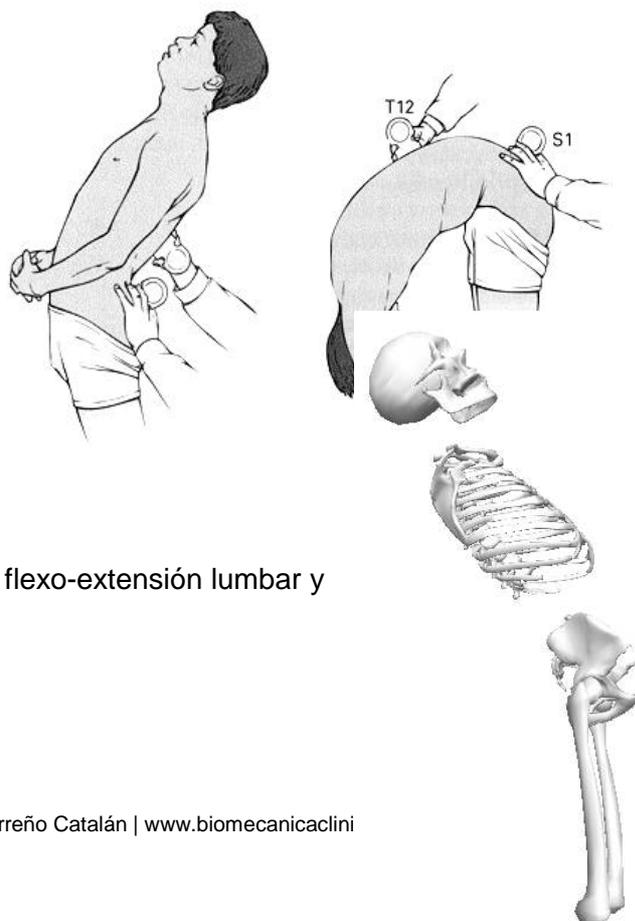
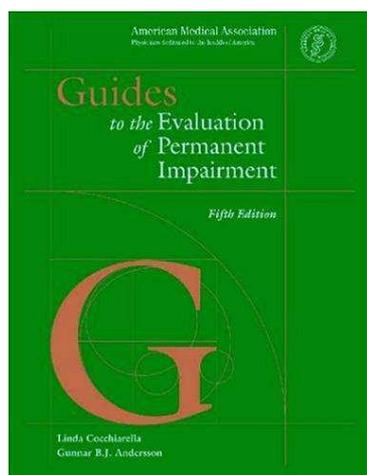
comunes cabe destacar: patologías articulares, musculares, tendinitis (*Termografía infrarroja en aplicaciones científicas. FLIR SYSTEMS*).



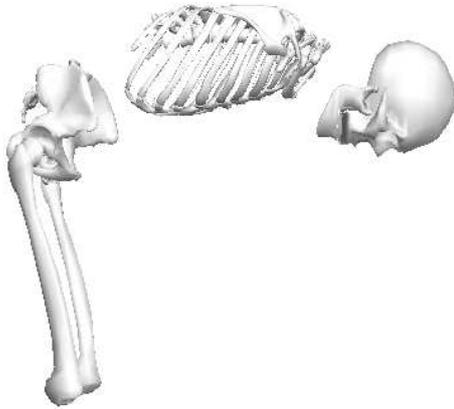
#### 4. KNOW-HOW DE IBC

**IBC** implementa a la tecnología biomecánica protocolos de exploración admitidos y validados por la comunidad científica, y modelos que cumplen con los estándares establecidos para aplicaciones biomecánicas en laboratorios de investigación y clínicos (*AMA Guides to the Evaluation of Permanent Impairment*).

#### ROM Method AMA Guides, 5th Edition: Use of Inclinometers Two-Inclinometer Technique for Measuring Lumbar Flexion and Extension



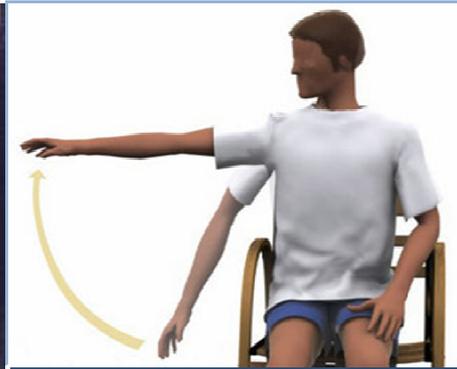
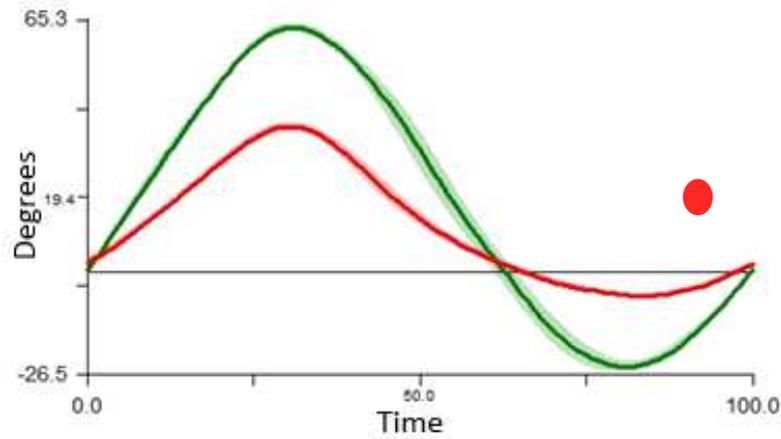
**Modelo biomecánico de IBC** para medir la flexo-extensión lumbar y pélvica.



5.

### CASO CLÍNICO

IBC aporta una valoración científica y objetiva aplicable a patologías de todo el sistema músculo-esquelético, de fácil interpretación de los resultados y con coherencia clínica.

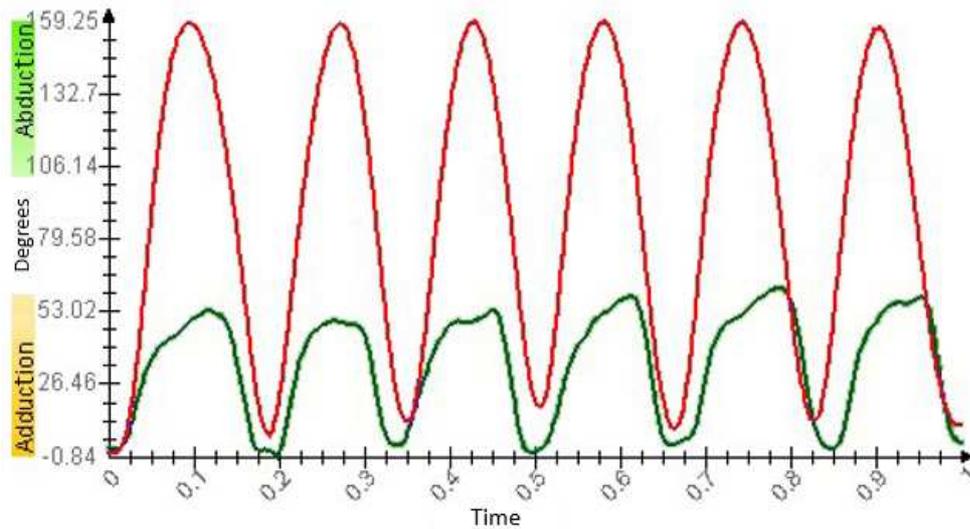


**Caso clínico:** Paciente diestro, que presenta síndrome subacromial derecho.

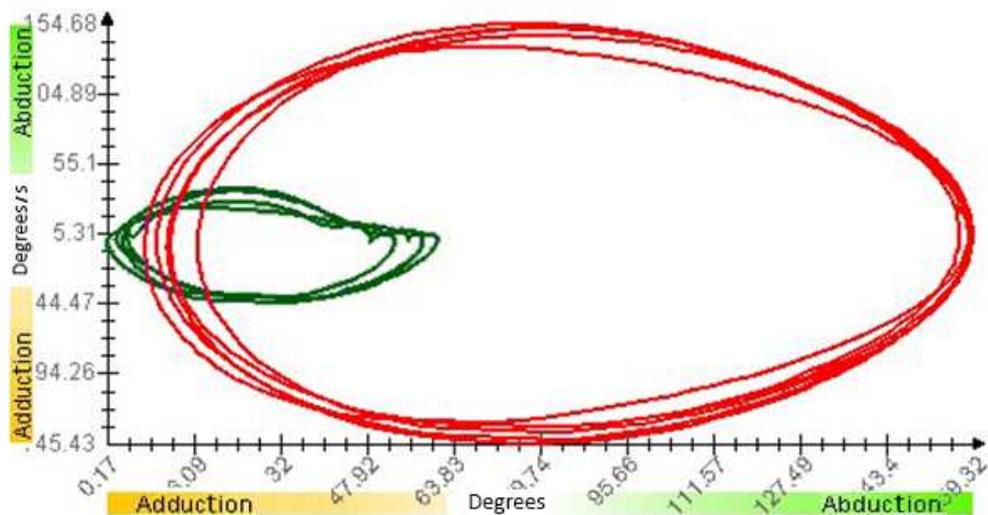
### Valores de Variación Angular

Movimiento	*Normal	Derecho	Izquierdo
Abducción	160°-180°	61.00°	159.25°
Aducción (tronco)	0.0°	0.83°	-0.10°
Total	160°-180°	61.84°	159.15°

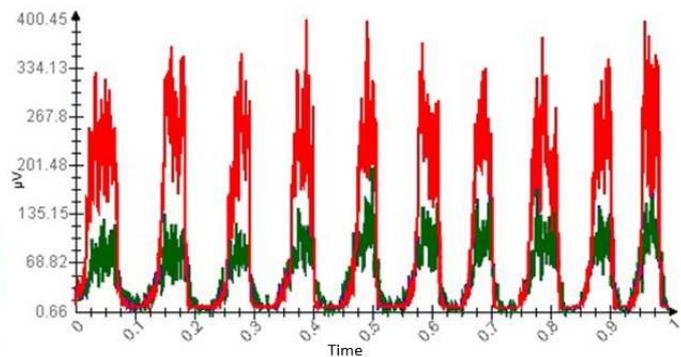
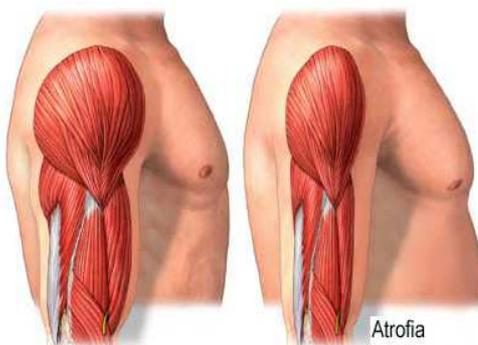
\*Valor de referencia



**Gráfica de Variación Angular**, donde se aprecia la movilidad limitada en abducción del hombro derecho (trazo verde) respecto del izquierdo (trazo rojo).



**Gráfica de Variación Angular vs Velocidad Angular**, con caída de la velocidad en los últimos grados de abducción del hombro derecho (trazo verde).



**Señal electromiográfica (EMGs)** del deltoides derecho en verde y del izquierdo en rojo.

### Dinamometría Isométrica

Abducción Isométrica		Derecho	Izquierdo	D vs. I
DINA	Fuerza	1.75 Kg.	4.97 Kg.	-64.62%
EMG	Trapezio	1389 $\mu$ V	2004 $\mu$ V	-30.70%
	Supraespinoso	2335 $\mu$ V	4857 $\mu$ V	-51.91%
	Deltoides	3506 $\mu$ V	7340 $\mu$ V	-52.23%

Los parámetros registrados evidencian una pérdida de fuerza en abducción isométrica del hombro derecho, con un déficit muscular del deltoides y del supraespinoso.

## *Un tratamiento eficaz requiere una evaluación precisa*

### 6. COLABORACIONES DE IBC

---

**IBC** colabora tanto en tecnología como en aportación de conocimiento con:

- ✓ Unidad de Malformaciones Congénitas del Hospital San Juan de Dios de Barcelona.
- ✓ Centre Específic de Recerca per a la Millora i Innovació de les Empreses (CERpIE), de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- ✓ FEBO (Factoría de Ergonomía y Biomecánica Ocupacional), de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- ✓ Universidad de Barcelona (UB).
- ✓ Universidad Internacional de la Rioja (UNIR).
- ✓ Grupo de investigación IRCIS (Grupo de Investigación IRCIS-Biomecánica Clínica y Ergonomía) de la Universitat Rovira iVirgili de Tarragona (URV).
- ✓ Dirección de tesis doctorales, colaboración en masters y postgrados de diferentes universidades a nivel nacional e internacional, y en diferentes líneas de investigación.



*Instituto de  
Biomecánica  
Clínica*