

# INTRODUCCIÓN AL LABORATORIO DE PRUEBAS FUNCIONALES BIOMECÁNICAS

**Dr. Joan García - Alsina**

***INVALCOR***

Barcelona, Madrid, Valencia.

# MEDIR

En Biología todo se puede medir: En el sistema locomotor este papel lo desempeñan las Pruebas Biomecánicas:

Las funciones que se estudian son:

- **La Movilidad** (amplitud del movimiento, velocidad, regularidad).
- **La Fuerza y el Tono Muscular** (isocinesia, electromiografía).
- **La marcha.**
- **El equilibrio.**

# BIOMECÁNICA CLÍNICA

- Conocimiento de las funciones del cuerpo humano aplicando las leyes de la mecánica.
- Medición instrumental de la capacidad funcional.
- Permite una definición funcional precisa y objetiva.
- No debe confundirse con la llamada “biomecánica del accidente”.

# Biomecánica Legal y Forense

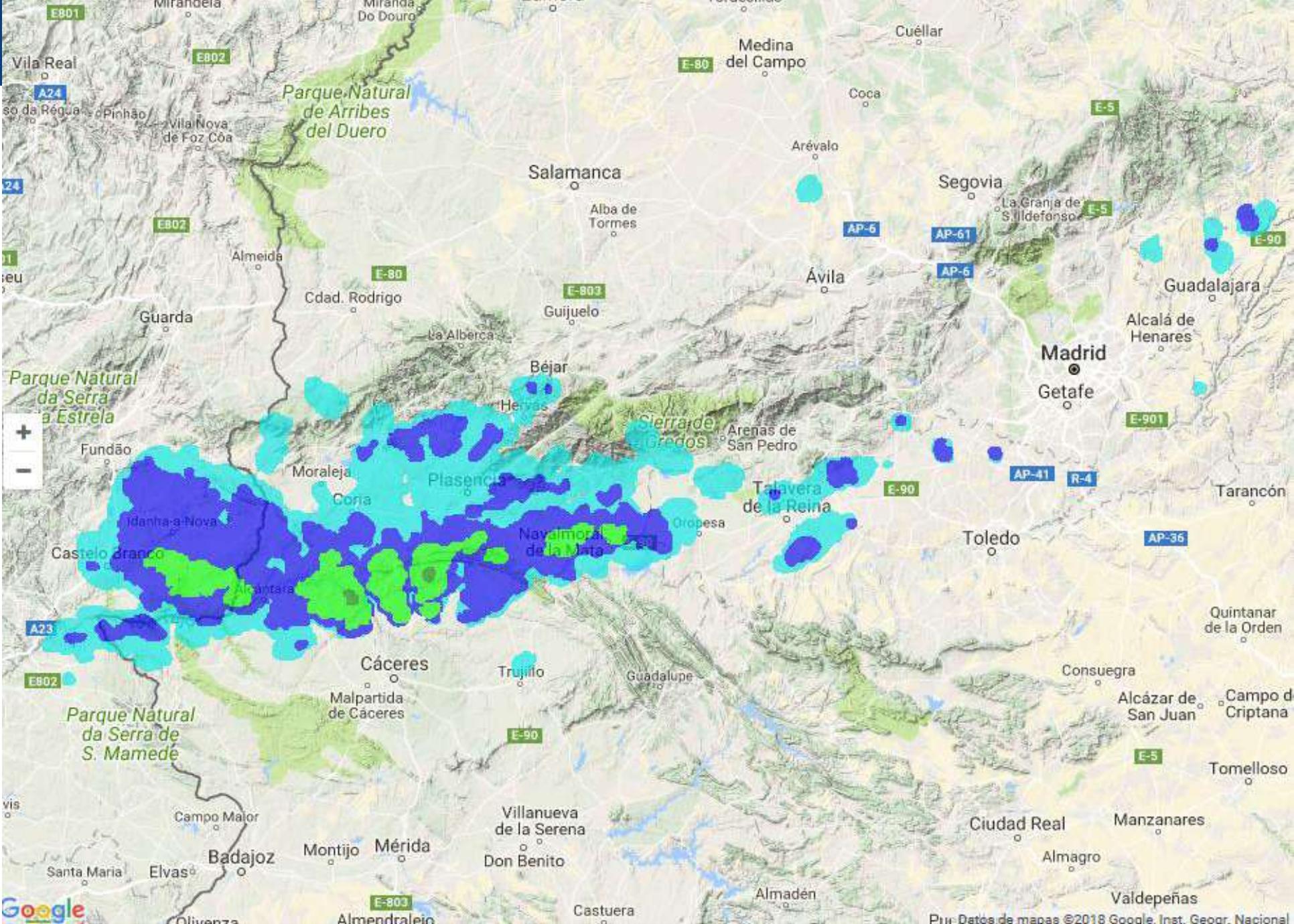
- Es la aplicación de la Biomecánica Clínica en casos de litigio.
- Habitualmente utilizada en Accidentes de Tráfico y otras formas de Responsabilidad Civil.
- Permite una mejor definición lesional.
- Las valoraciones biomecánicas no son obligatorias, a diferencia de la Medicina Laboral.



# PROS Y CONTRAS

- Proporciona una medición precisa del individuo.
- Permite una comparación objetiva y realista de los datos del individuo con los datos de normalidad.
- Permite seguir la progresión después del accidente,

- No permite establecer el nexo causal.
- Los resultados anormales pueden ser debidos a lesiones no provocadas por el accidente (igual con las radiografías).



# EN PATOLOGIA LABORAL: Basándonos en una base de datos de más de 50.000 exploraciones:

## Categorías diagnósticas (ántes)

- **Leve**: sin repercusión
- **Moderado**: repercusión para tareas aisladas en la actividad laboral
- **Severo**: repercusión funcional para actividad laboral
- **Muy severo**: repercusión funcional laboral e independencia personal
- **Inclasificable por falta de colaboración (magnificación)**

## Categorías diagnósticas (actual)

- Potencialmente impeditivo
- Potencialmente no impeditivo
- Inclasificable

# PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

Una **exploración complementaria** es una prueba diagnóstica que solicita el médico y que se realiza al paciente tras un interrogatorio, exploración física, para confirmar o descartar el diagnóstico.

La **prueba biomecánica** clínica es una exploración complementaria.

# Elementos indispensables

- **Ley de Protección de Datos:** El paciente debe ceder datos personales en la confianza de que se respetaran las condiciones de confidencialidad.
- **Consentimiento informado:** El paciente debe someterse a las pruebas sabiendo lo que se pretende con ellas, cómo se realizan, las molestias o incomodidades que se derivan y las posibles consecuencias negativas que pudiesen provocar.
- **Homologación y calibración de los equipos:** Los instrumentos utilizados deben certificarse periódicamente por equipos técnicos especializados.

# Lesiones más habituales

- Dolor de espalda
- Latigazo cervical
- Dolor de hombro
- Dolor de rodilla
- Cojera
- Inestabilidad y vértigo
- Debilidad y fatiga (Fibromiálgia)

# Técnicas utilizadas agrupadas en protocolos específicos

## 1. PRUEBAS DE FUERZA:

- Test isométrico;
- test isocinético;
- dinamometría de prensión;
- dinamometría segmentaria.

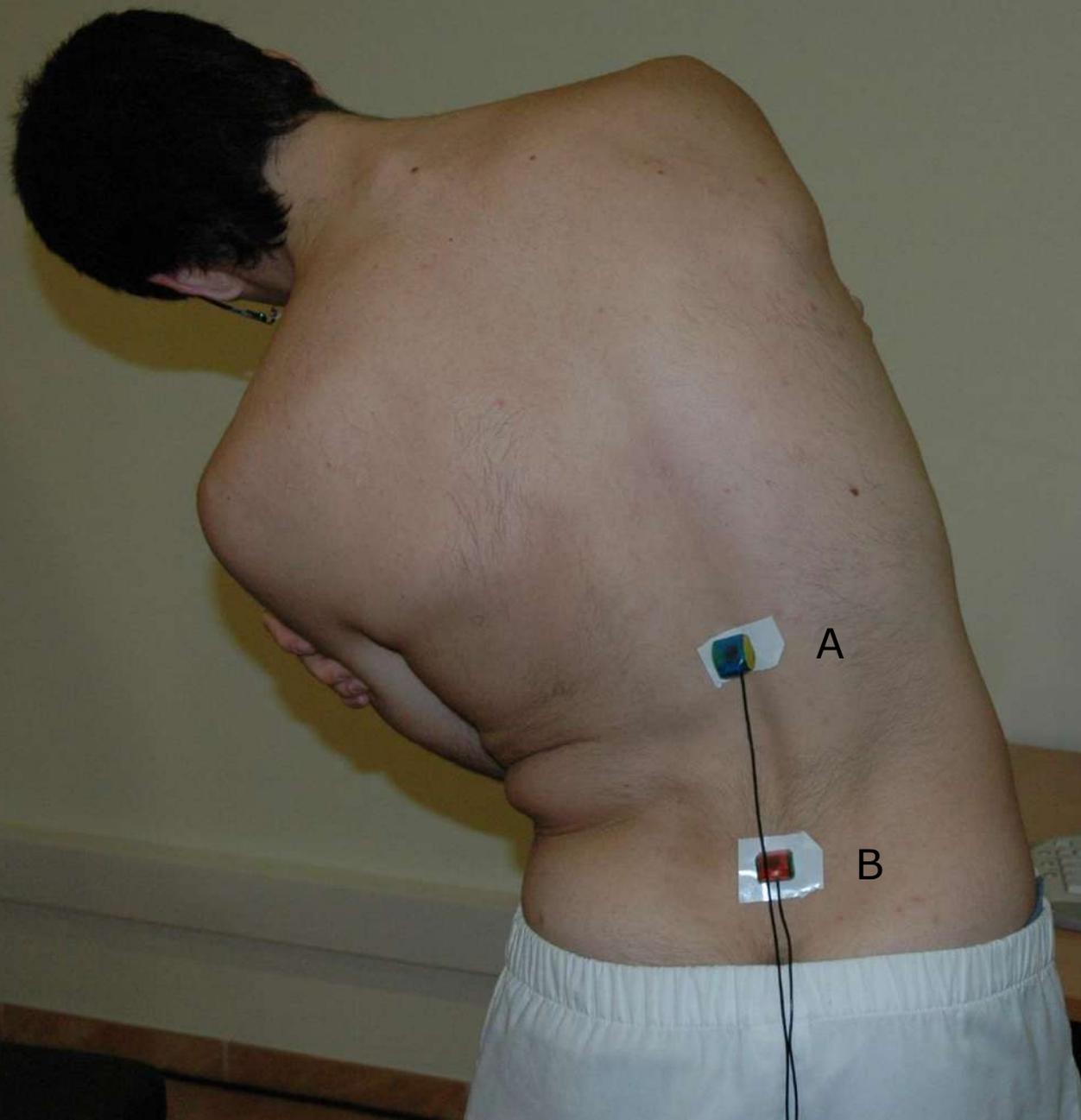
## 2. PRUEBAS DE MOVILIDAD:

- Inclínometría;
- Goniometría;
- Análisis 3D del movimiento

## 3. EQUILIBRIO Y MARCHA:

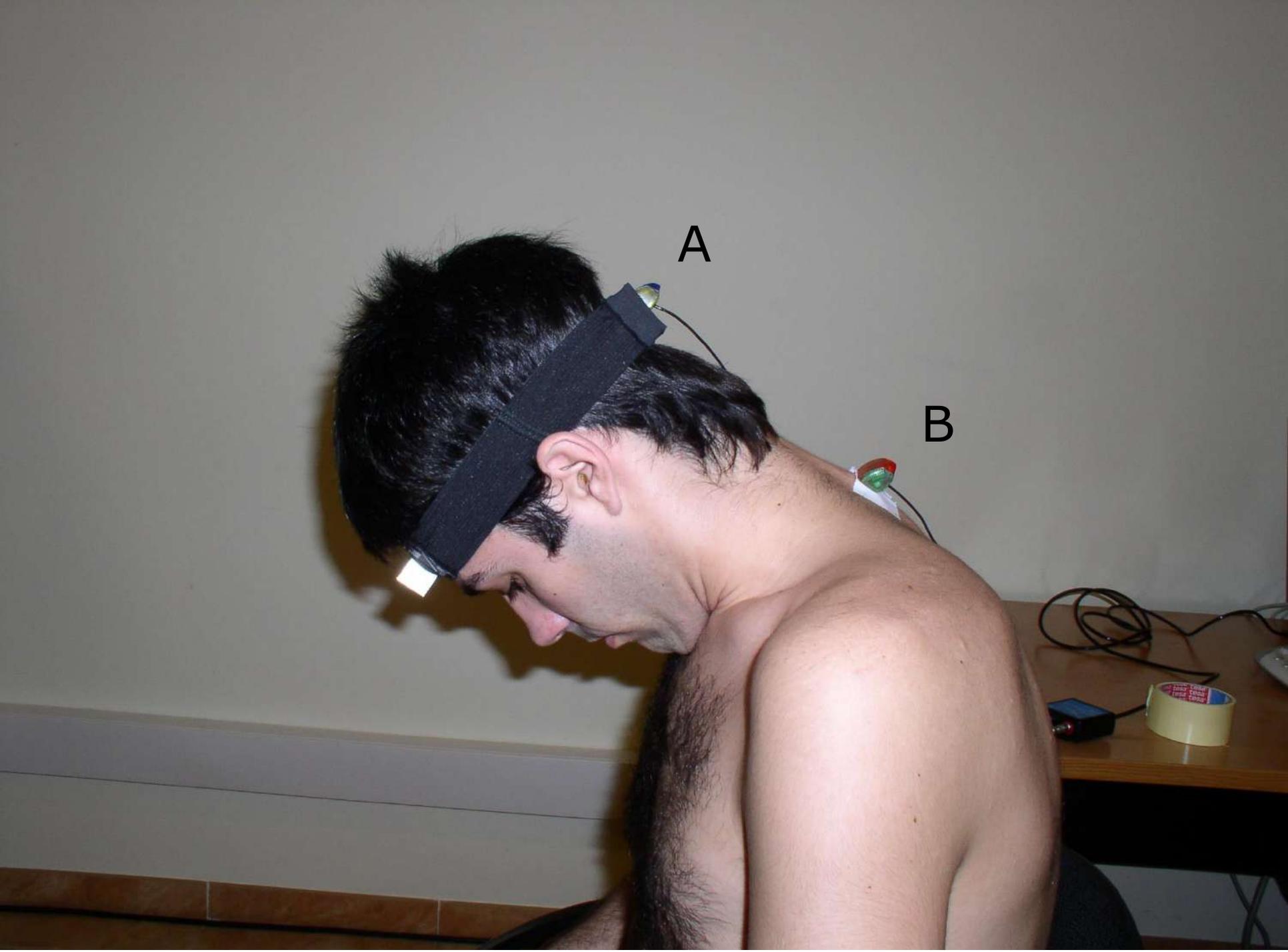
- Posturografía estática;
- Análisis cinético de la marcha.

## 4. ELECTROMIOGRAFIA



A

B



A

B





# Análisis 3D de la movilidad cervical

Rotación cervical a  
velocidad máxima.



# Análisis 3D de la movilidad cervical lateral



# Latigazo cervical agudo

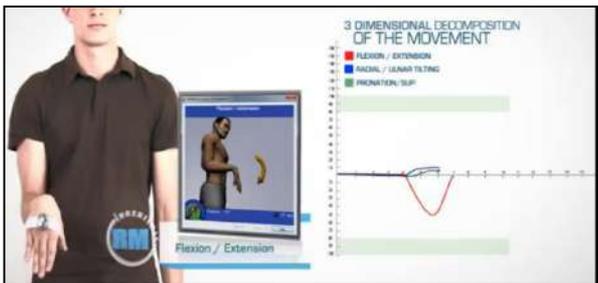


# Análisis del movimiento 3D



El equipo se compone de:

- ✓ 4 sensores del movimiento, los cuales, colocados sobre la articulación a estudio, registra los movimientos de la misma en los 3 ejes del espacio, transmitiendo la información via bluetooth a PC.
- ✓ Estación de recarga para los sensores
- ✓ Software de análisis, interpretación y presentación de los resultados.
- ✓ Maletín rígido de transporte.



Qué permite estudiar:

- ❖ la calidad de los movimientos de la región dañada, en términos de amplitud, velocidad y armonía, expresados numéricamente y gráficamente.

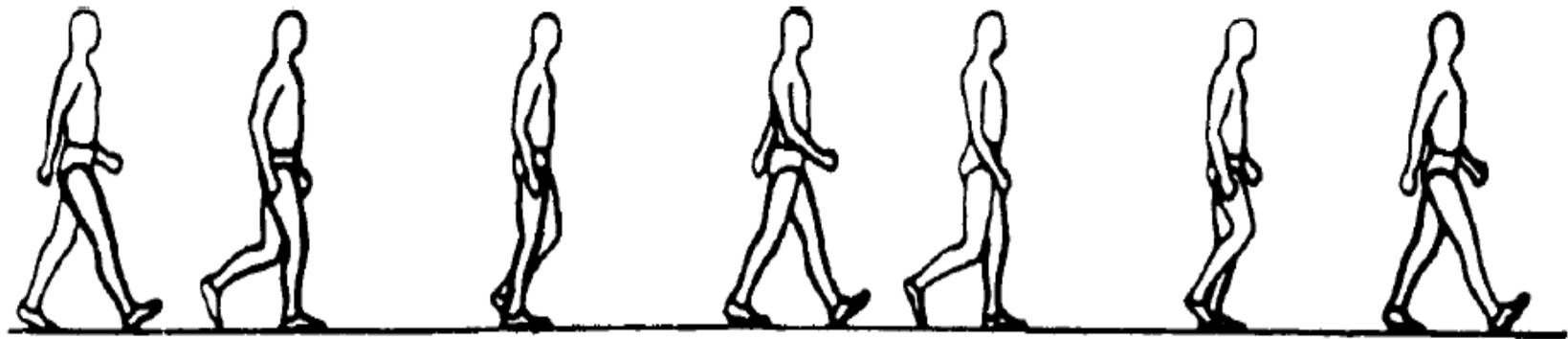
# ANÁLISIS CINÉTICO DE LA MARCHA EN PLATAFORMA DINAMOMÉTRICA

Marcha normal a velocidad espontánea. Sujeto calzado.





**Galga extensiométrica Dinascan (IBV)**



Contacto  
del talón

Despegue de  
**los** dedos

Contacto  
del talón

**CICLO DE LA MARCHA HUMANA**

Fichero Configuración

### Ned/IBV A.M.H.

Nombre:  Apellidos:  DNI:  Fecha:

Diagnóstico / Observaciones:

Fichero de datos:  Expediente:

#### Configuración de la prueba

TARA:  PESAR:  kg N° Rep:

Velocidad  Confirmar

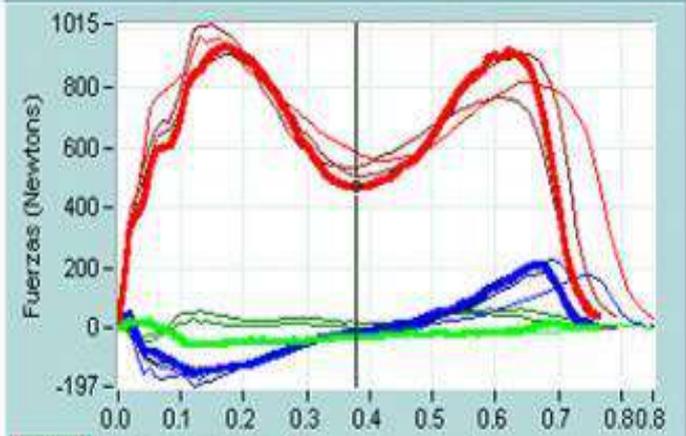
#### Resultado de la Valoración

Sexo:  Edad:  años Calzado:  Veloc:

PARÁMETROS	IZQ. 2	DER. 2	Capac.	Regul.
Velocidad				
T. Apoyo	815	785	99	88
Frenado	0.21 <b>100</b>	0.23 <b>100</b>	<b>100</b>	<b>72</b>
Propulsión	0.25 <b>100</b>	0.27 <b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>
Despegue	1.15 <b>100</b>	1.11 <b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>
Oscilación	0.68 <b>100</b>	0.68 <b>100</b>	<b>100</b>	<b>78</b>
Morfología Fx	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>97</b>
Morfología Fy	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>97</b>	<b>98</b>
Morfología Fz	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>92</b>
<b>TOTAL</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>69</b>

MEDIDA N°    PIE

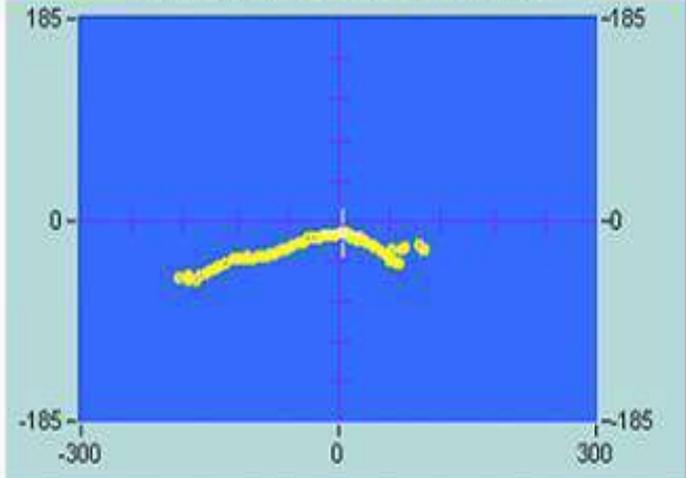
Parám: TAP=0.77; FX2=151; FX3=215; FZD=930; FZV=471



Tiempo (segundos)

Cursor: t(s)  Fz:  Fx:  Fy:

En el gráfico inferior se representan las medias de los registros realizados frente a las bandas de normalidad



**IBV** Expediente: 9

Apellidos: García Alsina DNI: 37898754 F. Nacimiento: 18/3/1938

servaciones

4 / 4 Sesión

Fichero de datos: ve\Datos\García Alsina.amh

**CONFIGURACIÓN DE LA PRUEBA** 21 5 2003

Velocidad  Confirmar

ADQUIRIR Nº Rep: 2 Vel. Ref. V.ref: 1.37 m/s

**RESULTADO DE LA VALORACIÓN** Ver T.Real

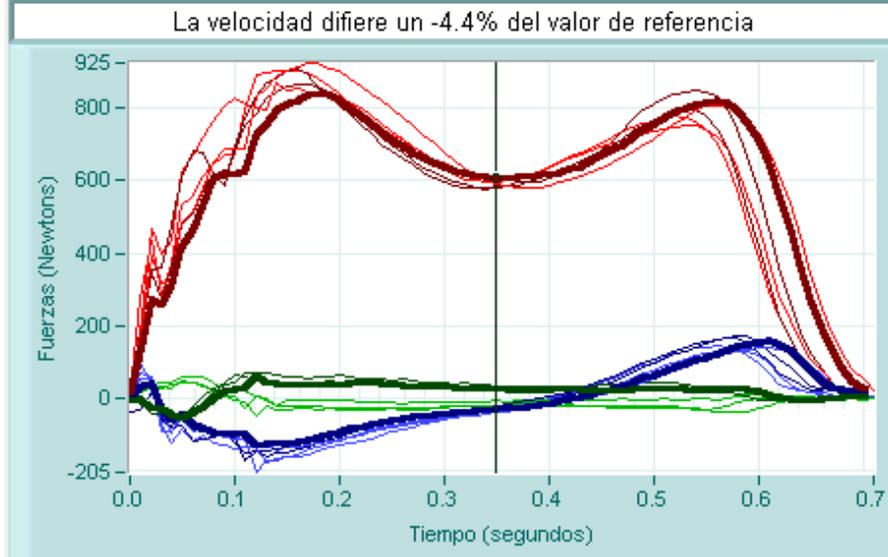
Edad: 65 años Calzado: Sí Veloc: Normal

	IZQ. 3	DER. 3	GLOBAL	REGUL.
ad	1.41	1.37	100	100
yo	690	690	100	100
lo	0.22 100	0.19 100	100	45
ón	0.18 100	0.21 100	100	100
ie	0.99 82	1.05 99	90	100
ón	0.75 100	0.75 100	100	100
Fx	89	97	93	99
Fy	98	96	97	98
Fz	95	98	96	100

VALORACIÓN 95 % 99 % 97 % 94 %

SELECCIONAR MEDIDA Nº 6 ELIMINAR MODIFICAR PIE Derecho

Parámetros Vel=1.3; T.Ap=0.71; Fre=131; Pro=160; Desp=822; Osc=607





# TEST ISOCINÉTICO RODILLA

- FLEXIÓN-  
EXTENSIÓN DE  
RODILLA:  
(BIODEX System 3 Pro)



# TEST ISOCINÉTICO DEL HOMBRO

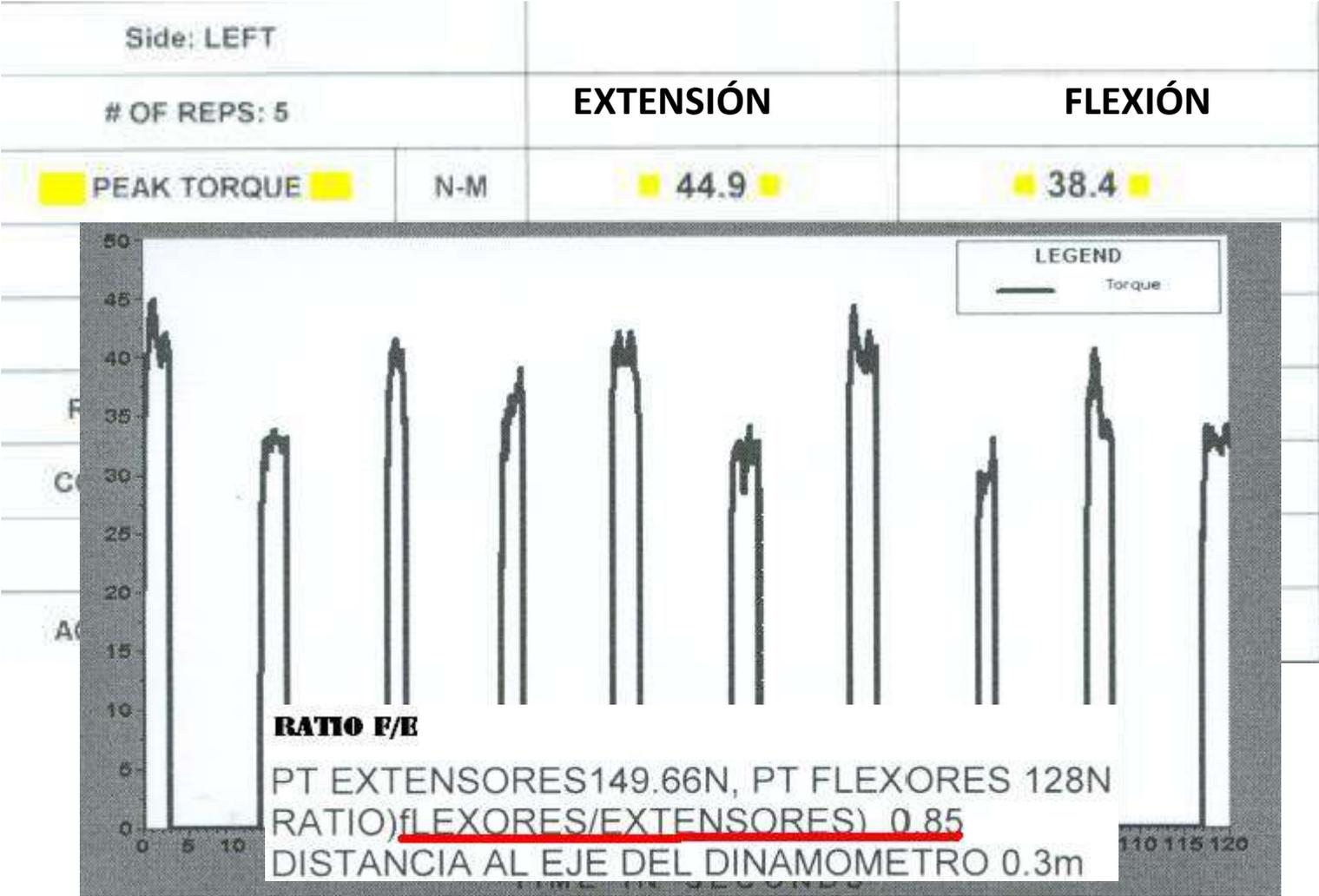
- Rotación externa – interna.
- 60°/seg.





# TEST ISOMÉTRICO CERVICAL

## LATIGAZO CERVICAL SUBAGUDO

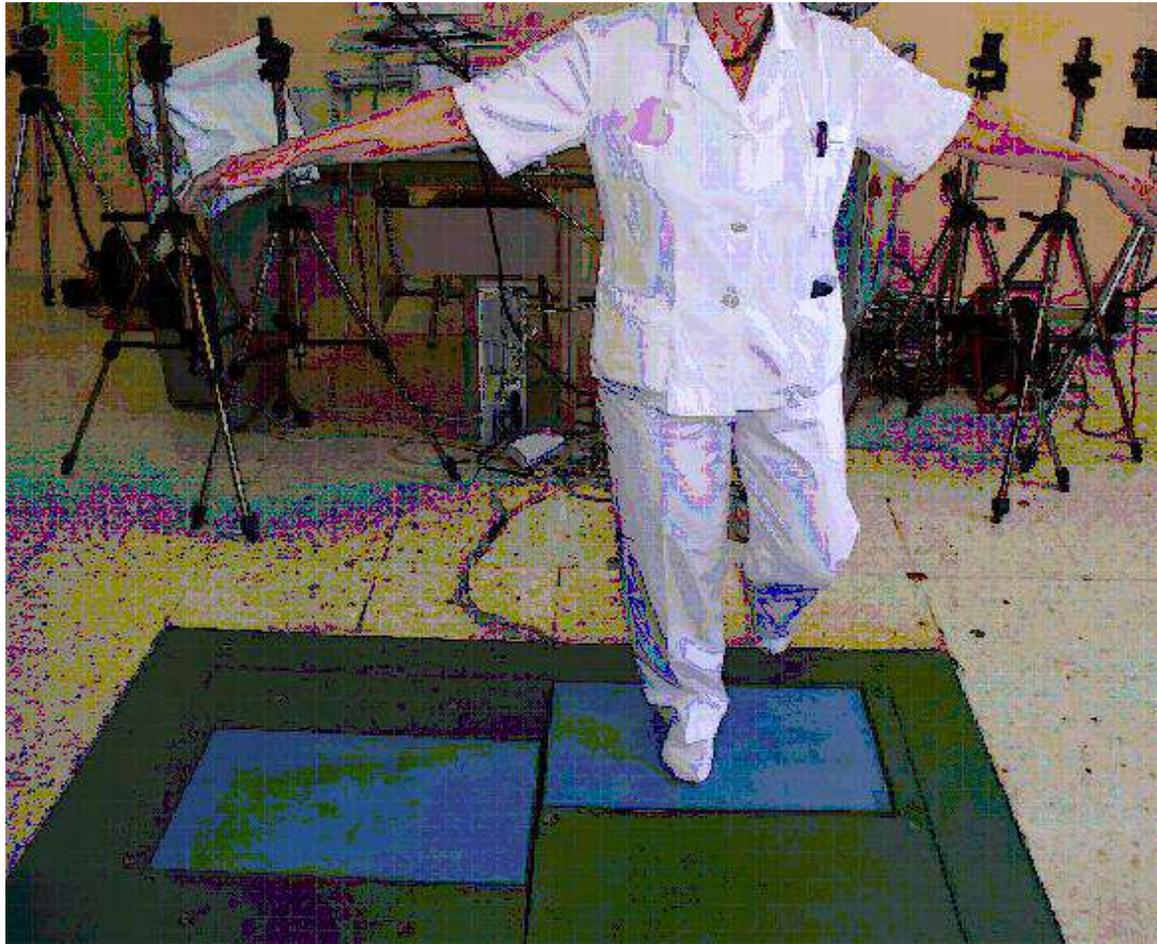


## TEST ISOMETRICO CERVICAL

**Normative database of isometric cervical strength in a healthy population. Garces GL, Medina D, Milutinovic L, Garavote P, Guerado E. Med Sci Sports Exerc. 2002 Mar;34(3):464-70**

<b>NORMAL:</b>	<b>0.5 a 0.7</b>
<b>ARTROSIS:</b>	<b>0.7 a 0.8</b>
<b>LATIGAZO AGUDO:</b>	<b>0.8 a 0.95</b>
<b>SIMULACIÓN:</b>	<b>&gt; 1.00</b>

# ANÁLISIS DEL EQUILIBRIO



# POSTUROGRAFIA ESTÁTICA

**TEST DE ROMBERG:**  
**Fase 4:**  
**(Ojos cerrados y piso inestable)**



Expediente

Sexo  Nombre  Apellidos  DNI  F. Nacimiento

H Nelson Araño 7 8 1965

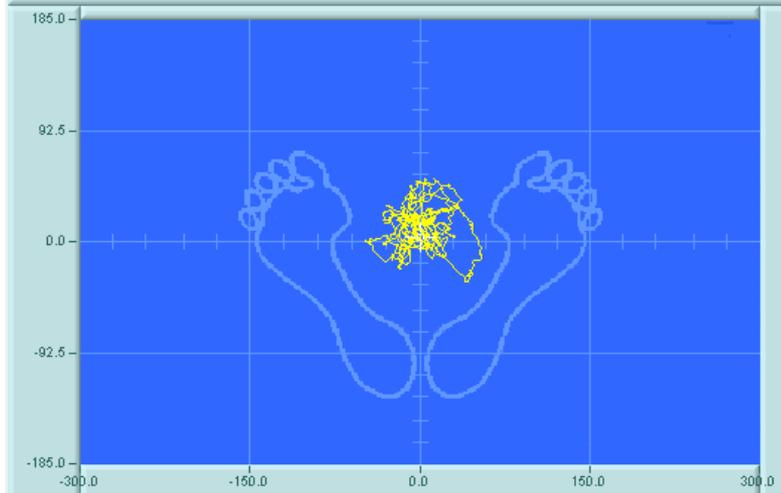
Diagnóstico / Observaciones

1 / 1 Sesión

Fichero de datos: \AAnh\_sve\Datos\araño.sve

MEDIDA Nº  ELIMINAR TIPO  ON

Dmed=14; Ang= 85; DmaxML=102; DmaxAP= 86; FmaxML= 32; FmaxAP= 33



**DATOS DE LA PRUEBA** 26 5 2003

TARA PESAR 73.2 kg Estatura 171 cm Edad 38 años

**VALORACIÓN SENSORIAL y DINÁMICA**

(Seleccione Prueba)

	Nº	Valorac.	Repetib.	ML-Estab-	AP	
<input checked="" type="checkbox"/> ROA	2	100	97	98	95	
<input checked="" type="checkbox"/> ROC	3	88	5	91	89	87 SOM
<input checked="" type="checkbox"/> RGA	2	98	100	99	97	97 VIS
<input type="checkbox"/> RGC	1	57	-	86	64	56 VEST
<input checked="" type="checkbox"/> MARCHA	8	99	95			99 DIN
SENS - DIN		96	74	96	94 %	
AUX (0)		0	-	NC	-	- AUX

**VALORACIÓN CONTROL y HABILIDAD**

(Seleccione Prueba)

	Nº	Valorac.	Repetib.
<input type="checkbox"/> LIM_EST	0	-	NC
<input type="checkbox"/> CRyD ML	0	-	-
<input type="checkbox"/> CRyD AP	0	-	-

**VALORACIÓN GLOBAL**

GLOBAL SVE - %

REHABILITACIÓN

**RESULTADOS POSTUROGRAFIA FASE ROC**





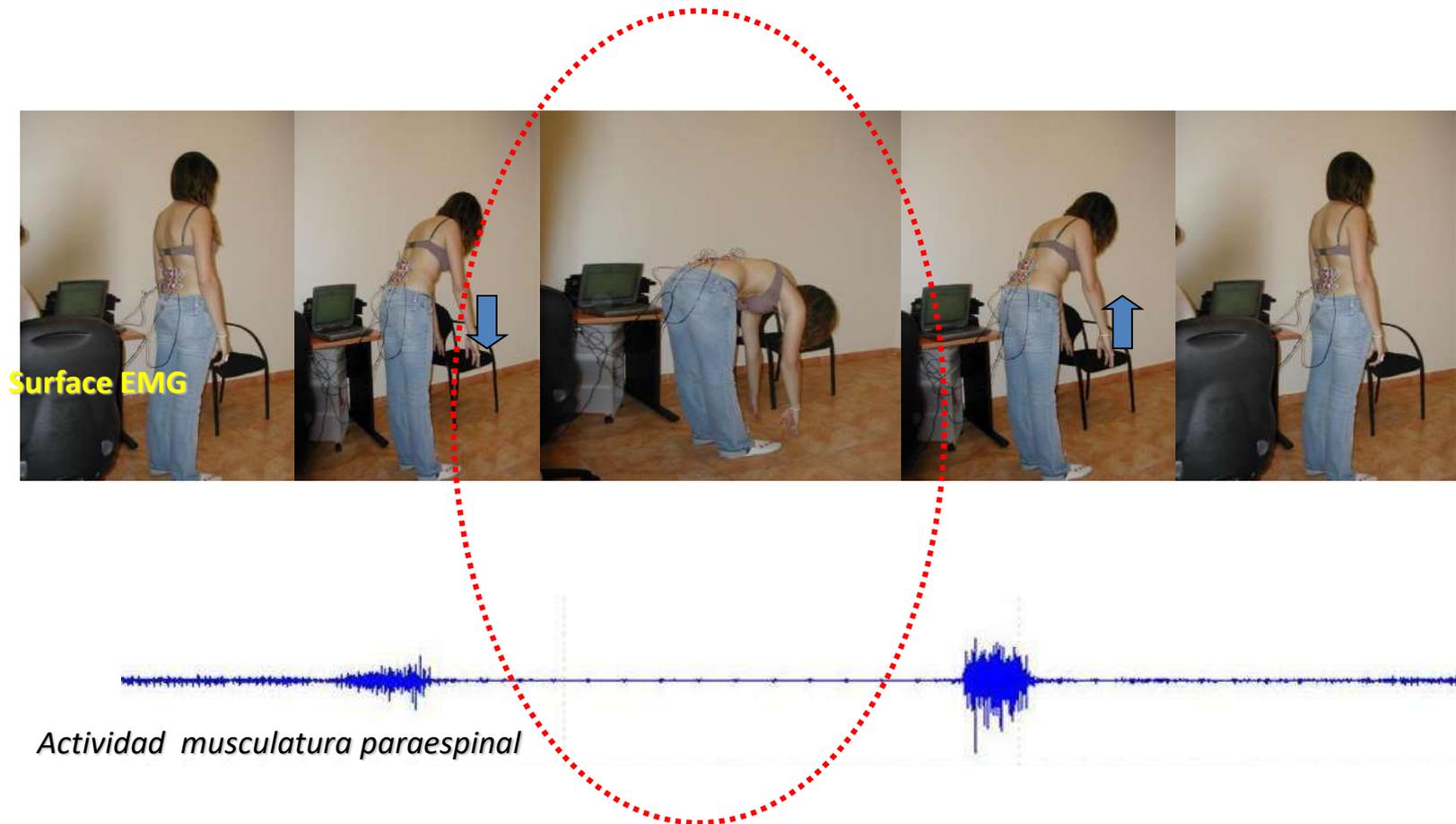
**EMG MUSCULATURA LUMBAR**

# EMG : musculatura del antebrazo en un caso de epicondilitis del codo



# Fenómeno flexión-relajación lumbar

(Floyd, 1955)





# Fenómeno flexión-relajación lumbar

(Floyd, 1955)

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Fase 5



Reposo vertical

Flexion dinámica

Flexion estática

Enderezamiento

Reposo vertical

Sanos

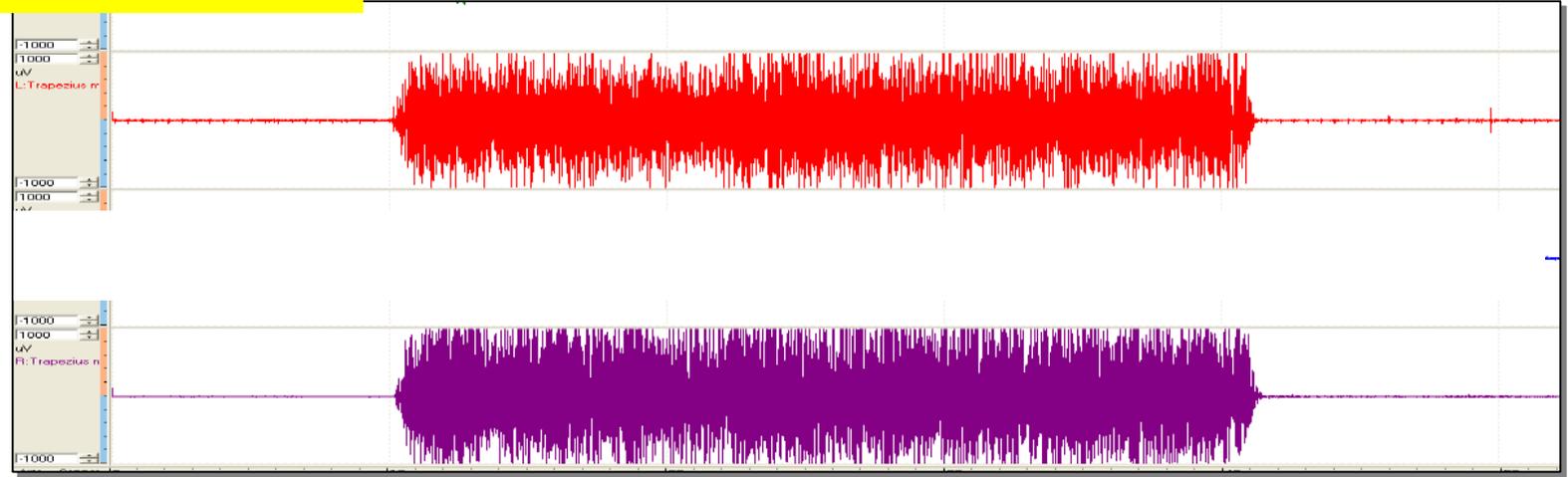


**Dolor lumbar** → *Contractura de defensa*

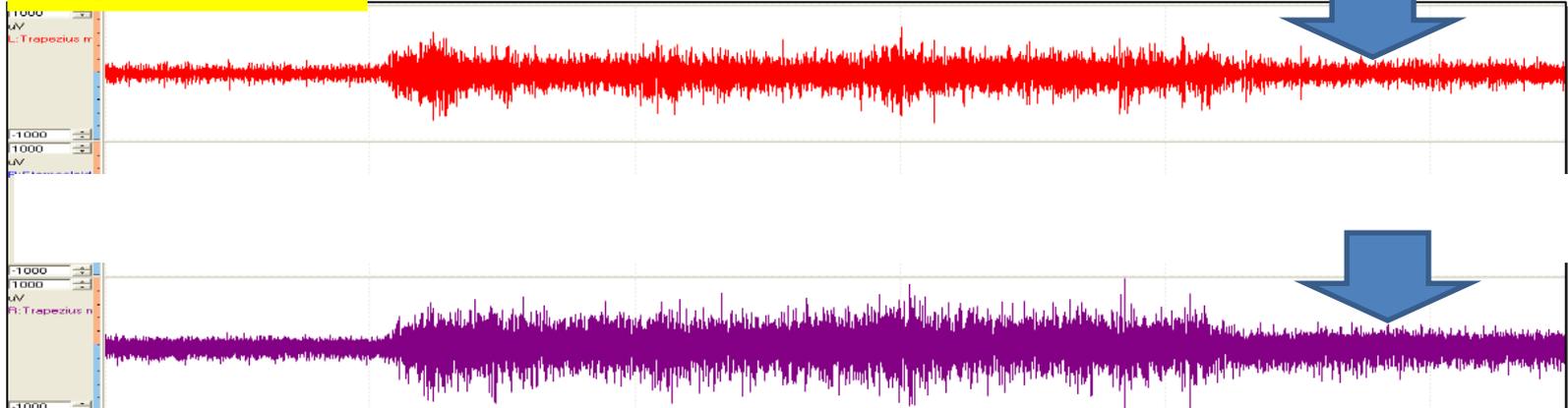
**EMG  
TRAPECIOS**



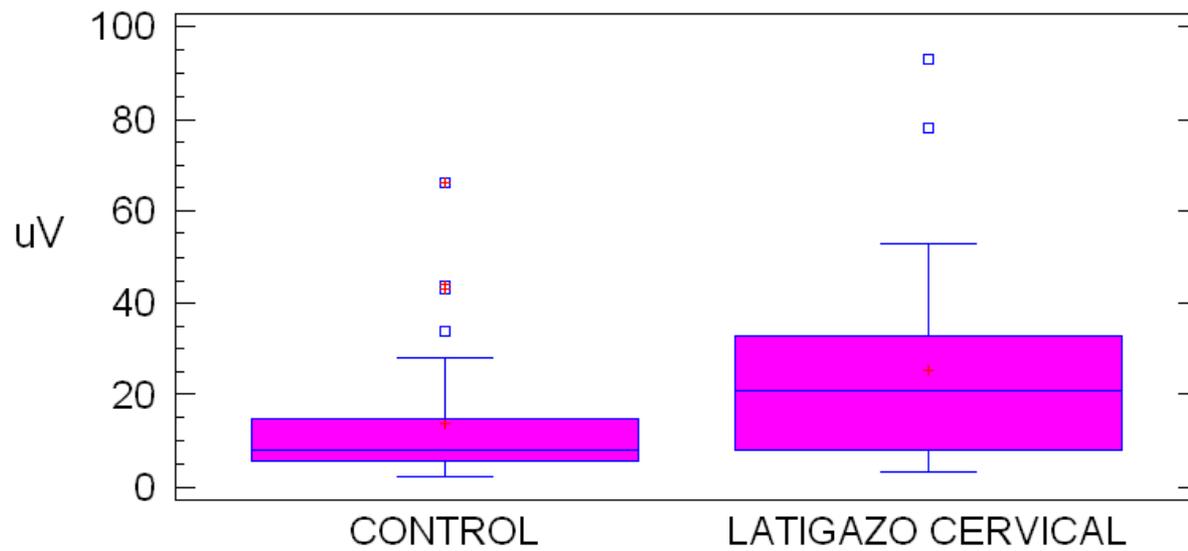
**sanos**



**Latigazo cervical**

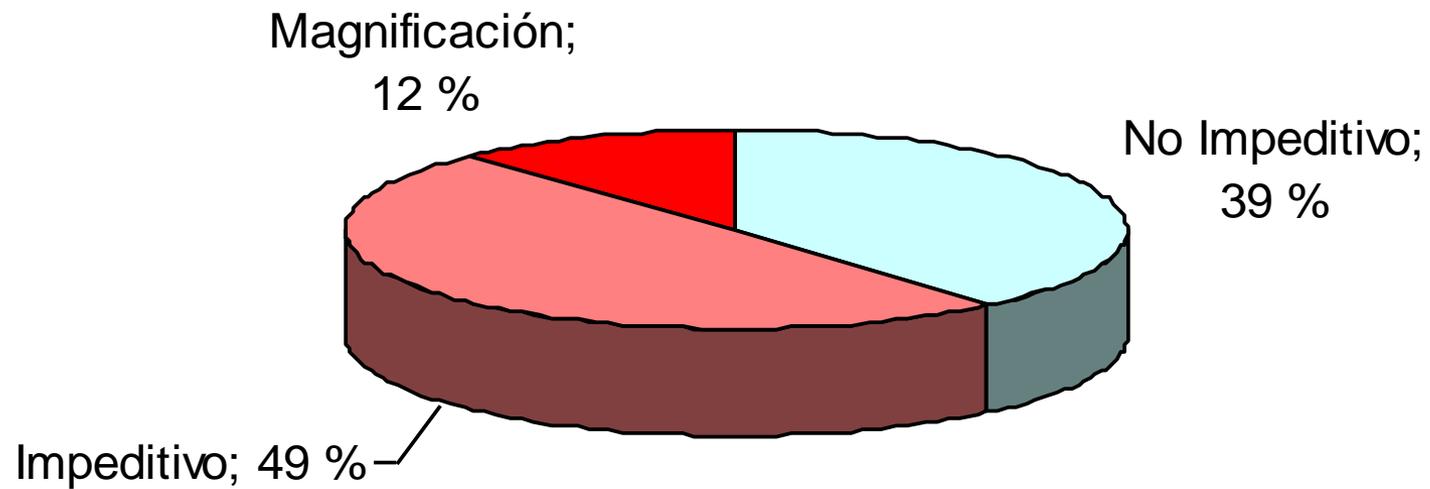


## ACTIVIDAD POST-ESFUERZO TRAPEZIO DERECHO



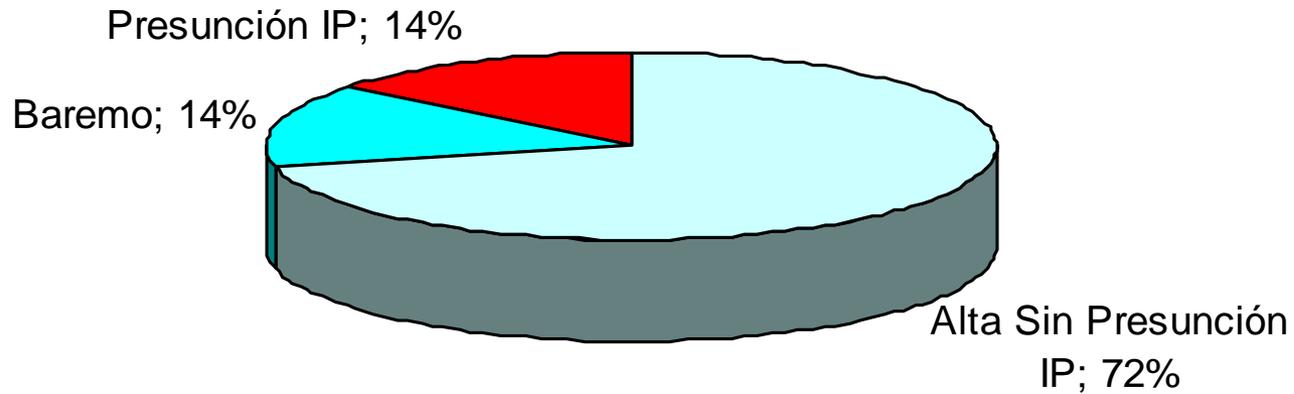
P = 0,012

## RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS BMC



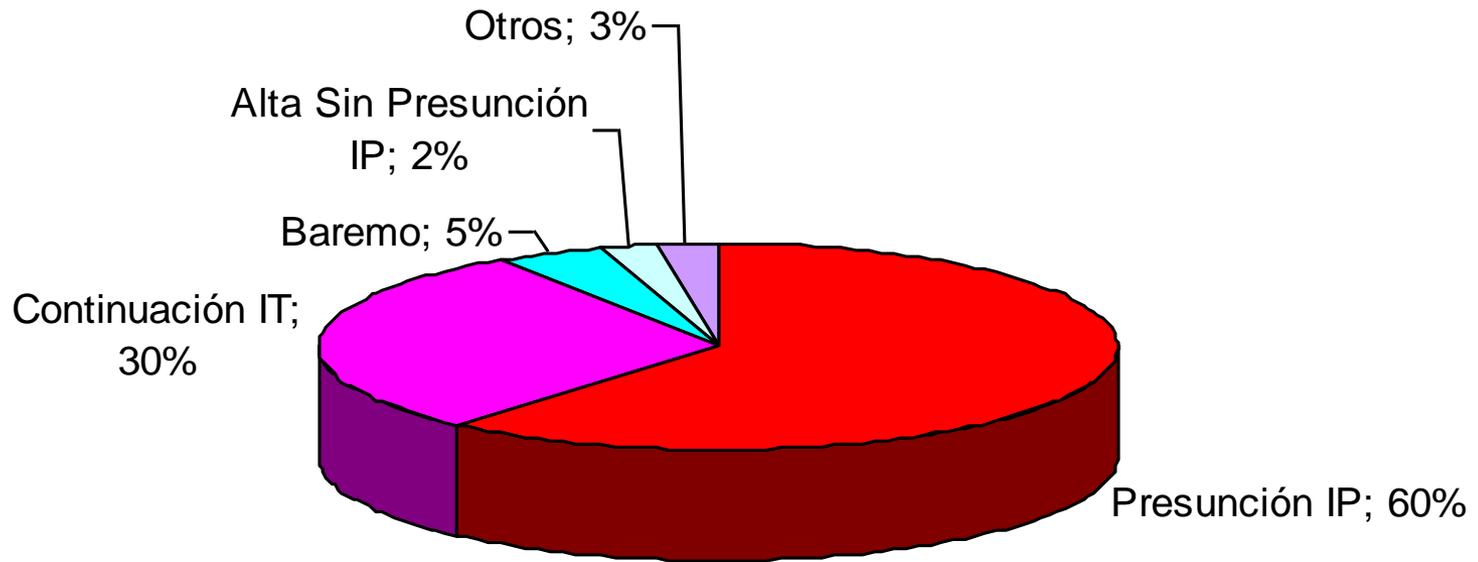
Fuente: ICAM

## resultados finales tras BMC normal / leve



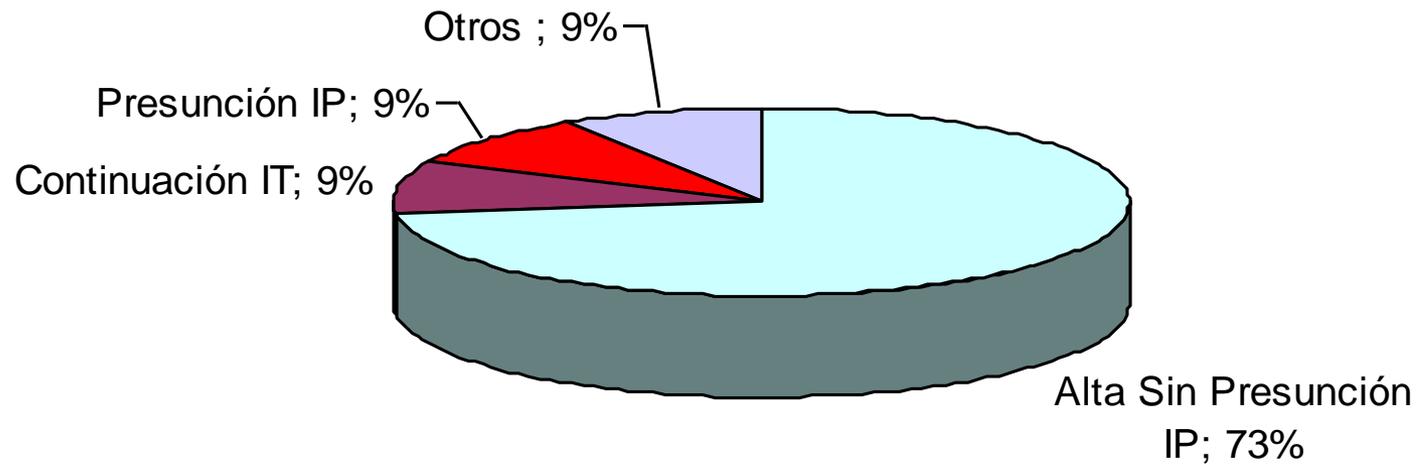
**Reincorporación Laboral (Alta + Baremo) : 85,7 %**

## resultados finales tras BMC patológica.



**No reincorporación laboral (IP + continuación IT): 90,8 %**

## resultados finales tras BMC Magnificación



# EL SINDROME DEL LATIGAZO CERVICAL Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

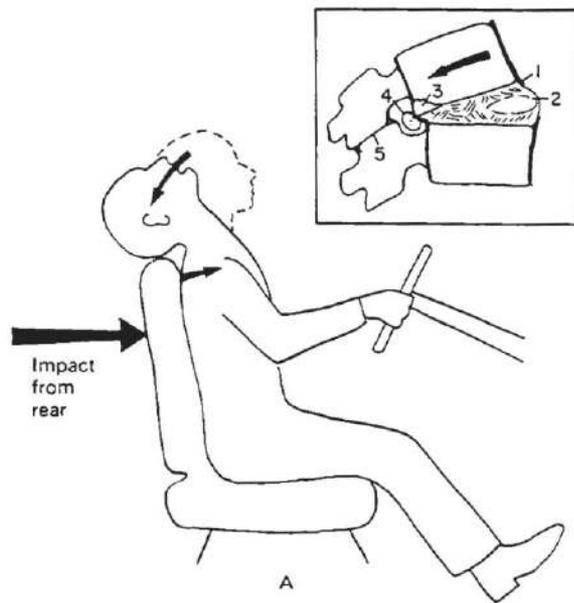
## Cambios en la legislación reguladora de las compensaciones por los accidentes de tráfico.

- Artículo 135: Indemnización por traumatismos menores de la columna vertebral
- La secuela que derive de un traumatismo cervical menor se indemniza sólo **si un informe médico concluyente** acredita su existencia tras el período de lesión temporal.
- Los criterios previstos en los apartados anteriores **se aplicarán a los demás traumatismos menores** de la columna vertebral referidos en el baremo médico de secuelas.

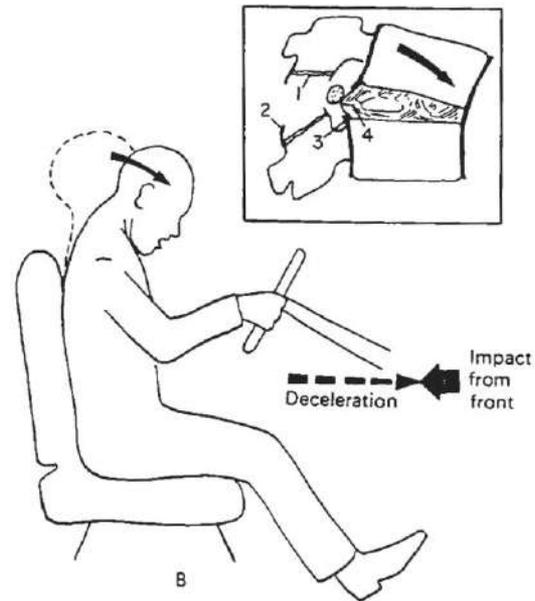
# EL LATIGAZO CERVICAL: un territorio problemático

- **LA TECNOLOGÍA ACTUAL:**

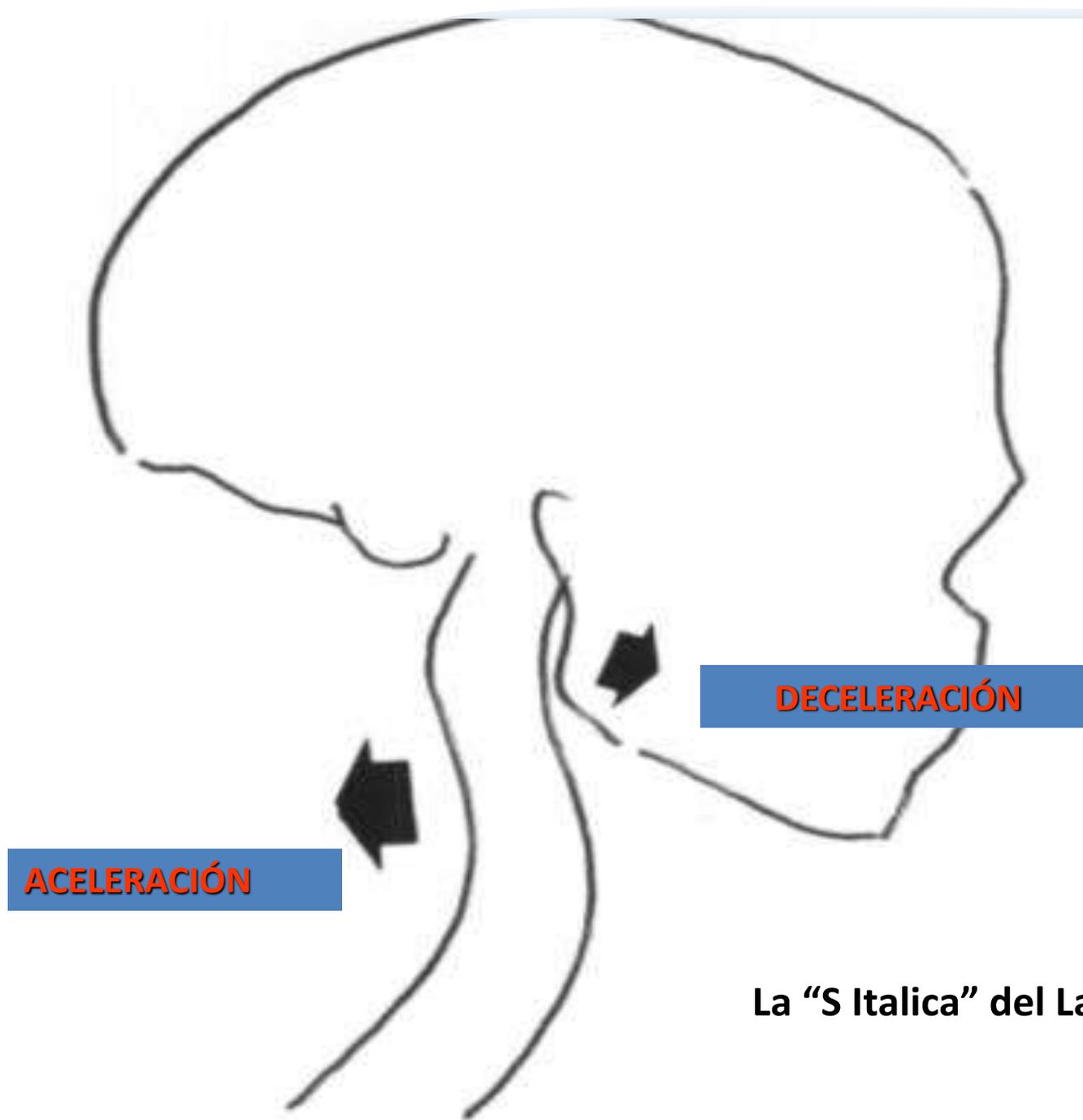
- Permite una sustanciación precisa del grado de afectación.
- Permite un seguimiento de la evolución.
- Permite establecer el momento del Alta de Rehabilitación.



**ACELERACIÓN**



**DECELERACIÓN**



La “S Itálica” del Latigazo Cervical



# Semispinalis Cervicis & Multifidus



# Radiografías normales NO excluyen lesiones.

## RESULTADOS NECROPSIAS \*:

- Esguinces musculares
- Desgarros ligamentosos y capsulares
- Daños en las articulaciones inter-apofisarias
- Rupturas del anillo fibroso
- Micro-fracturas de los rebordes facetarios

# PROTOCOLO ESPECIFICO PARA LA VALORACION DEL LATIGAZO CERVICAL

- Análisis de la movilidad cervical (3D)
- Análisis de la Fuerza Isométrica Cervical (Test Isométrico)
- Estudio del equilibrio (Posturografía)
- Electromiografía Trapecios
- Dinamometria fuerza prensión.
- Análisis compuesto (**MCU**)





## Extracto del informe médico de un paciente con Latigazo Cervical de 75 días de evolución.

.../...

5. Inclinometría cervical: amplitud de los movimientos cervicales deficitaria:  
flexoextensión 47°, normal >60°  
rotación derecha 37°, normal >60°  
rotación izquierda 40°, normal >60°
6. EMG musculatura cervical: tono de ambos trapecios exacerbado (27uV derecho y 33 izquierdo, siendo normal <20).
7. Criterios de colaboración adecuados, lo que otorga validez a los déficits obtenidos.

En consecuencia, los resultados muestran: 1) **restricción de la movilidad cervical**; 2) **restricción y exacerbación del tono muscular de la región cervical y por tanto, limitación para soportar esfuerzos** (p.ej.: manejo de cargas, posturas mantenidas sentado o de pie, movimientos repetitivos de flexión o torsión).

**Paciente:** PACIENTE DE PRUEBA DR GARCIA ALSINA **DNI:** MMMMMMMM  
**Fecha de examen:** 03/04/2018 (Núm. Visita: 42131)

**Motivo de la consulta:**

Mujer de 54 a., remitida para valoración tras sufrir accidente cervical el 2 de diciembre p.p.

**Pruebas realizadas**

**ANÁLISIS INCLINOMÉTRICO MOVILIDAD CERVICAL**

Variable		Normal
flexión (°)	30	30
extensión (°)	30	30
lateralización derecha (°)	18	20
lateralización izquierda (°)	18	20
rotación derecha (°)	36	60
rotación izquierda (°)	29	60
% de deficiencia (según criterios AMA)	14	<5

**ANÁLISIS 3D MOVILIDAD CERVICAL (FOTOGRAMETRÍA)**

Variable		Normal
rotación derecha (°)	31	60
rotación izquierda (°)	22	60
velocidad máxima de las rotaciones (°/s)	202	250
coeficiente variación derecha	11	
coeficiente variación izquierda	14	

**ANÁLISIS FUERZA ISOMÉTRICA CERVICAL**

Variable	extensión	flexión	Normal
fuerza máxima (Newtons)	95	87	90
ratio flexor/extensor	0.91		<1

**ANÁLISIS DINAMOMÉTRICO DE LA FUERZA MANUAL**

Variable	derecha	izquierda
máxima fuerza de garra (en Kg)	45	38

**ANÁLISIS EMG DEL TONO DE TRAPÉCIOS**

Variable	derecho	izquierdo	Normal
----------	---------	-----------	--------



Invalcor Barcelona S.L.U.  
 Entença, 95, primer piso  
 08015 - Barcelona  
 Tel: 933170603 - Fax: 933170672  
 info@invalcor.com  
 http://www.invalcor.com

**Paciente:** PACIENTE DE PRUEBA DR GARCIA ALSINA      **ONI:** MMMMMMMM  
**Fecha de examen:** 03/04/2018 (Nom. Visita: 47131)



tono en reposo (en microvolts)	39	19	<20
tono postejercicio (en microvolts)	43	23	<20

**ANÁLISIS POSTUROGRÁFICO DEL EQUILIBRIO**



Variable		Normal
Romberg con ojos abiertos+suelo estable (%)	90	>80%
Romberg con ojos cerrados+suelo estable (%)	90	>90%
Romberg con ojos abiertos+suelo inestable (%)	78	>80%
Romberg con ojos cerrados+suelo inestable (%)	39	>65%
valoración global del equilibrio (%)	74	>90%
Area barrido Romberg suelo inestable-ojos cerrados (mm2)		

**Paciente:** PACIENTE DE PRUEBA DR GARCÍA ALSINA **DNI:** MMMMMMMM  
**Fecha de examen:** 03/04/2019 (Nºm. Visita: 47131)

#### Conclusiones:

1. Limitación de la movilidad cervical a expensas de los movimientos de lateralización y especialmente de las rotaciones (Der. 36º, Iz. 29º; normal 60º). Ligera disminución de la velocidad del movimiento de rotación (202 %seg; normal= 250%/seg). Coeficientes de variación aceptables.

2. Preservación de la fuerza absoluta de la musculatura cervical.

Extensión 95 N; Flexión 87 N. Normal 90 N.

Sin embargo existe una debilidad relativa de la musculatura extensora que se traduce en un ratio flexor / extensor de 0,91, cuando lo normal es 0,65. Esta es la situación de debilidad postraumática característica de la musculatura extensora cervical.

3. No hay déficit de la fuerza de prensión en ambas manos.

4. Franca hipertonia asimétrica de la musculatura de cervical, focalizada en el m. trapecio derecho.

Reposo: Trapecio Der. 39 mV; Izq. 19 mV. Normal < 20 mV.

Post-esfuerzo: Trapecio Der. 43 mV; Izq. 23 mV. Normal < 20 mV.

5. Posturografía: Las pruebas de equilibrio menos exigentes se resuelven sin ninguna dificultad, sin embargo en las pruebas con piso inestables aparece una leve deficiencia (79 %; normal 90 %); agravada con piso inestable y ojos cerrados (39 %; normal 85 %), lo cual comporta una valoración global del equilibrio del 74 % / 90 %.

En resumen: Se trata de una situación postraumática tras un accidente de aceleración-desaceleración con limitación de los movimientos de rotación cervical y presencia de una leve contractura antiálgica en el trapecio derecho. El trastorno del equilibrio solo puede manifestarse en situaciones extremas de privación de visión (trabajo en zonas oscuras) o en piso resbaladizo.

Nota: Criterios de colaboración aceptables en la realización de las pruebas: a) Buena velocidad de ejecución en los movimientos de rotación cervical. 2) Buenos índices de regularidad. 3) Resultados congruentes en las zonas no afectadas dinómicamente.

**En resumen:** Resultados compatibles con una situación postraumática cervical de aceleración-deceleración cervical con limitación de los movimientos de rotación y presencia de una contractura antiálgica en la musculatura cervical derecha. Existe un trastorno del equilibrio que se manifiesta en situaciones de privación de visión (zonas oscurecidas) o con piso resbaladizo.

Nota: Criterios de colaboración aceptables en la realización de las pruebas: a) Buena velocidad de ejecución en los movimientos de rotación cervical limitados; 2) Buenos índices de regularidad; 3) Resultados congruentes en las zonas no afectadas clínicamente.

# INVALCOR

# ¡ MUCHAS GRACIAS !

## Madrid

Luis Cabrera, 43B

914 028 796

**Dra. Verónica Gallego**

[vgallego@invalcor.com](mailto:vgallego@invalcor.com)

## Barcelona

Entença 95, 1º

933 170 503

## Valencia

Profesor Beltran Báguena 4

963 486 467

**Dr. Javier Ortiz**

[jortiz@invalcor.com](mailto:jortiz@invalcor.com)

**Dr. Joan Garcia-Alsina**

[garcia\\_alsina@invalcor.com](mailto:garcia_alsina@invalcor.com)

