

## Dolor lumbar y capacidad de trabajo

### **Parte Segunda**

#### Inconsistencia de la “prueba biomecánica” en el dolor lumbar

Electromiografía de superficie (EMGS). Fenómeno de Flexión Relajación / *Flexion Relaxation Phenomenon* (FRP). Prueba de esfuerzo lumbar / *Low Back Fatigue Test*

#### SUMARIO

##### **A.- RESUMEN**

##### **B.- Recopilación de Trabajos** (2005/2006/2007/2012/2013/2015/2017/2019)

**1.- Guía de práctica clínica para la lumbalgia inespecífica basada en la evidencia científica.** (Comisión Europea. Dirección General de Investigación. COST B13. “Low back pain: Guidelines for management”). Versión española de la Guía COST B13. **2005**).

**2.- Dinamometría y Electromiografía de Superficie simultáneas en la identificación del dolor lumbar inespecífico y su carácter fidedigno.** / Autores: BELLAS BECEIRO B, AGUIRRE JAIME A, DUQUE GONZÁLEZ B. Agencia para Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. **2006**. Ministerio de Sanidad y Consumo. Gobierno de España.

**3.- Relation between chronic low back pain and flexion relaxation phenomenon** / Relación entre el dolor lumbar crónico y el fenómeno de flexión relajación. Hideki MITAKI. *The Journal of Japanese Society of Lumbar Spine Disorders*. Vol. 13, **2007**. No. 1 P 136-143.

**4.- Flexion Relaxation and Its Relation to Pain and Function over the Duration of a Back Pain Episode** / (Fenómeno) Flexión Relajación y su relación con el dolor y la función durante la duración de un episodio de dolor de espalda. RAYMOND W. MCGORRY. JIA-HUA LIN. Published: June 15, **2012**.

**5.- What is the Best Surface EMG Measure of Lumbar Flexion-Relaxation for Distinguishing Chronic Low Back Pain Patients From Pain-free Controls?** / ¿Cuál la mejor medida con electromiografía de superficie en el test de flexión-relajación para diferenciar los pacientes con dolor crónico lumbar de los que no tienen dolor. RANDY NEBLETT;

EMILY BREDE; TOM MAYER; ROBERT Gatchel. The Clinical Journal of Pain. 29(4):334–340. Publication Date: **2013** /04/ 01

**6.- The practical use of surface electromyography during running: does the evidence support the hype?** A narrative review. El uso práctico de la electromiografía de superficie durante la carrera: ¿la evidencia apoya la exageración? R SUBBU, R WEILER, AND G WHYTE. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2015; 1(1): e000026.

**7.- Interpreting Signal Amplitudes in Surface Electromyography Studies in Sport and Rehabilitation Sciences.** VIGOTSKY AD, HALPERIN I LEHMAN GJ, TRAJANO GS, VIEIRA TM. / Interpretación de la amplitud de señal en estudios de electromiografía de superficie en ciencias del Deporte y Rehabilitación. Front Physiol. **2018** Jan 4;8:985. doi: 10.3389/fphys. 2017.00985. eCollection **2017.**

**8.- Neuromuscular Functional Assessment in Low Back Pain by Surface Electromyography (SEMG) / Evaluación funcional neuromuscular del dolor lumbar mediante electromiografía de superficie (EMGS).** LUCA COPPETA, SANDRO GENTILI, STEFANO MUGNAINI, OTTAVIA BALBI, STEFANO MASSIMIANI, GIANLUCA ARMIERI, ANTONIO PIETROIUSTI, ANDREA MAGRINI. Department of Biomedicine and Prevention, University of Rome, Tor Vergata, Italy. © 2019 Coppeta *et al.* The Open Public Health Journal 12(1):61-67 · February **2019.**

**9.- Diagnostic Tests for Low Back Disorders / Pruebas diagnósticas para los trastornos de la región lumbar.** Journal of Occupational and Environmental Medicine. April 2019 Volume 61 - Issue 4 - p e155–e168.

## **C.- CONCLUSIONES**

### **D.- ANEXOS**

**A.1.-** Apuntes breves sobre Electromiografía de superficie (EMGS)

**A. 2.-** Fenómeno flexión relajación (FFR).

**A.3.-** Representación de la **FATIGA MUSCULAR** por EMGS.  
Utilidad presente de la Prueba esfuerzo lumbar

**A. 4.-** Validez actual del test isométrico de SÖRENSEN.

A.- **RESUMEN**.- Entre las pruebas biomecánicas para estimar capacidad funcional del paciente, algunos incluyen (en el llamado “Informe Biomecánico”) la Electromiografía de Superficie (EMGS).

En esta exploración con EMGS se ha propuesto el Test de FR (test de flexión relajación, o fenómeno FR o PFR / Flexion Relaxation Phenomenon, por su siglas en inglés) pretendiendo dar a sus resultados un carácter destacable, lo que no se corresponde con las conclusiones de la literatura científica.

► “En general, los índices de FR (test de flexión relajación) no han proporcionado pautas clínicas para determinar si un sujeto individual parece ser "normal" o "anormal", y los índices de FR no están diseñados para determinar que "sí" el sujeto ha demostrado con la FR, o "no" lo ha demostrado con la Flexion Relaxacion. Esto potencialmente deja al médico sin directrices para evaluar a un paciente individual”. (What is the Best Surface EMG Measure of Lumbar Flexion-Relaxation for Distinguishing Chronic Low Back Pain Patients From Pain-free Controls? / 2013). (Y es que el test FR en el curso del registro con EMGS se remite a la consideración únicamente la amplitud del voltaje de la señal, y tal parámetro es poco riguroso y específico).

► “No hay evidencia de calidad en la eficacia diagnóstica (de la EMGS) y por lo tanto, no se recomienda para diagnosticar la lumbalgia”. (Diagnostic Tests for Low Back Disorders, 2019).

En definitiva, de la lectura de los trabajos recopilados resulta un rechazo, o cautela en el mejor de los casos, para el uso clínico de la EMGS (electromiografía de superficie) con valor diagnóstico, muy especialmente cuando el análisis se centra en la consideración de la amplitud de la señal (voltaje) del trazado electromiográfico (ver **Anexo 1**).

Los trabajos aludidos se trasladan ahora escuetamente, para una lectura rápida (también para los que no les guste leer mucho) si bien van más desarrollados en el epígrafe B

(**Trabajo/T. n° 1**) “**La electromiografía** (especialmente de superficie) puede ser útil en el ámbito investigador, para explorar mecanismo eventualmente implicados en la lumbalgia, pero **hoy día NO se ha demostrado su utilidad como procedimiento diagnóstico de la lumbalgia inespecífica**”. (Trabajo n° 1: Guía de práctica clínica para la lumbalgia inespecífica basada en la evidencia científica. Comisión Europea. Versión española de la Guía COST B13. **2005**).

(**T. 2**) “**NO existen evidencias consistentes de que algún parámetro electromiográfico o dinamómetro discrimine de una manera válida y fiable entre pacientes con dolor lumbar y sujetos asintomáticos**, durante las tareas de flexión, extensión o rotación del tronco”. “No se recomienda su utilización en la práctica clínica con este propósito”. (Trabajo n° 2.- Dinamometría y electromiografía de superficie simultáneas en la identificación del

dolor lumbar inespecífico y su carácter fidedigno. / Agencia para Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. 2006. Ministerio de Sanidad y Consumo. Gobierno de España.

**T. 3).** Los límites de la utilidad diagnóstica del fenómeno relajación flexión se exponen en este estudio de 2007, en Japón. Se investigó si el fenómeno relajación flexión (FRP, Flexion Relaxation Phenomenon) mediante electromiografía de superficie (EMGS) sirve para determinar si se puede utilizar en la evaluación del dolor lumbar independientemente de la edad y el lugar de medición. La conclusión es que NO sirve. Respecto al lugar de medición: cuando se trata de sujetos jóvenes FRP es más significativo, más fiable, a nivel de L2 que en L5 (teniendo que destacar que las lesiones donde son más frecuentes es en los raquiomas L4/L5 y L5/s1 (Trabajo nº 3.- *Relation between chronic low back pain and flexion relaxation phenomenon* / Relación entre el dolor lumbar crónico y el fenómeno de flexión relajación. Hideki MITAKI. The Journal of Japanese Society of Lumbar Spine Disorders. Vol. 13, 2007).

**(T. 4)** “el PFR (fenómeno de la flexión relajación) a lo largo del tiempo SUGIERE que estas relaciones pueden ser de alguna utilidad (Trabajo nº 4.- *Flexion Relaxation and Its Relation to Pain and Function over the Duration of a Back Pain Episode*, 2012).

**(T. 5)** “en general, los índices de FR NO han proporcionado pautas clínicas para determinar si un sujeto individual parece ser "normal" o "anormal", y los índices de FR no están diseñados para determinar que "sí" el sujeto ha demostrado con la FR, o "no" lo ha demostrado con la FR. De hecho, ningún estudio previo ha evaluado el rendimiento individual con ratios de FR. Todos hemos mirado los (valores) medios del grupo. Esto potencialmente deja al médico sin directrices para evaluar a un paciente individual”. (Trabajo nº 5.- *What is the Best Surface EMG Measure of Lumbar Flexion-Relaxation for Distinguishing Chronic Low Back Pain Patients From Pain-free Controls?*. The Clinical Journal of Pain. 29(4):334–340. Publication Date: 2013 /04/ 01.

**(T. 6)** “... Sin embargo estos cambios NO miden de manera consistente ni son estadísticamente significativos en todos los estudios, lo que plantea la cuestión de la precisión y la confiabilidad al analizar las mediciones con la EMGS y hacer suposiciones sobre la causa de la fatiga”. “Conclusiones:

Aún NO se ha determinado un consenso acordado al medir y analizar los datos de EMGS durante las actividades de ejecución, especialmente en las pruebas de campo con el diseño de estudio y la metodología confiable más apropiados, y se requieren estudios adicionales”. (Trabajo n° 6.- The practical use of surface electromyography during running: does the evidence support the hype? **2015**).

(T. 7) “La comparación de los valores de SEMG normalizados entre individuos con y sin dolor debe considerarse con cautela... **Conclusiones:** la EMGS es una herramienta útil para obtener información del sistema neuromuscular, el modelado musculoesquelético y el trabajo científico básico, **pero su aplicación práctica es limitada en la actualidad**”. (Trabajo n° 7.- Interpreting Signal Amplitudes in Surface Electromyography Studies in Sport and Rehabilitation Sciences, **2017**).

(T. 8) “el estudio de patrones electromiográficos normales y patológicos **PODRÍA SER** un medio válido para apoyar de manera objetiva la presencia / ausencia dolor lumbar (LBP) aguda y crónica” (Trabajo n° 8.- Neuromuscular Functional Assessment in Low Back Pain by Surface Electromyography (SEMG), **2019**).

**Observaciones.**- (1) Este trabajo es de febrero/**2019**. (2) La descripción del ‘fenómeno de flexión-relajación` (PFR) indica que el “silencio eléctrico a menudo está ausente (“**It is often absent**”) en las personas que presentan dolor lumbar” de lo que se sigue que tal no se da siempre. (3) En las conclusiones se dice que tal patrón electromiográfico “podría ser” (**could be**) utilizado para valor el dolor lumbar crónico. Es evidente que la expresión “podría ser” remite al verbo poder a un condicional, algo distinto a decir “es”; por lo tanto la conclusión se queda en mera probabilidad. (Poder seguido de un verbo en infinitivo (ser, en este caso) es sinónimo de “puede ser”. El uso de “podría” en lugar de puede hace que la **posibilidad sea más especulativa, refiriéndose a algo potencial**. Expresiones similares aparecen en los trabajos citados.

(T. 9) De la **Electromiografía superficial** (EMGS) los autores indican que la EMGS se ha utilizado para diagnosticar el dolor lumbar, registrando la actividad eléctrica muscular con electrodos sobre la piel, como los utilizados en un electrocardiograma. Hay cuatro estudios de calidad moderada incorporados en este análisis <sup>313,315-317</sup> y no hay evidencia de calidad en su eficacia diagnóstica, y por lo tanto, no se recomienda para **diagnosticar la lumbalgia**. (LBP)”. (Trabajo n° 9.- **Diagnostic Tests for Low Back Disorders / Pruebas diagnósticas para los trastornos de la región lumbar. Journal of Occupational and Environmental Medicine. April **2019** Volume 61 - Issue 4 - p e155-e168**).

## **B.- RECOPIACIÓN DE TRABAJOS** (2005/2006/2007/2012/2013/2015/2017/2019)

**1.- Guía de práctica clínica para la lumbalgia inespecífica basada en la evidencia científica.** (Comisión Europea. Dirección General de Investigación. COST B13. “*Low back pain: Guidelines for management*”). Versión española de la Guía COST B13. (2005).

### **4.5 ELECTROMIOGRAFÍA.**

#### **Recomendación**

No se recomienda prescribir EMG a los pacientes con lumbalgia inespecífica.

#### **Síntesis de la evidencia**

Hay pruebas contradictorias sobre la validez del EMG de superficie (sin aguja) para discriminar a los pacientes con lumbalgia inespecífica de los sujetos sanos (asintomáticos), y para monitorizar los progresos de los pacientes que siguen programas de rehabilitación	Nivel C
Hay pruebas contradictorias sobre la utilidad práctica del EMG en pacientes con radiculopatías y estenosis espinal	Nivel C
Las conductas de miedo y evitación se asocian a un aumento de la actividad muscular de la musculatura paravertebral en flexión	Nivel C

#### **Comentarios**

La electromiografía (especialmente de superficie) puede ser útil en el ámbito investigador, para explorar mecanismos eventualmente implicados en la lumbalgia inespecífica, pero hoy en día no ha demostrado su utilidad como procedimiento diagnóstico en la lumbalgia inespecífica.

La electromiografía puede ser útil para el diagnóstico y manejo de la estenosis espinal sintomática. Sin embargo, los resultados de los estudios realizados al respecto son contradictorios. Además, la estenosis espinal sintomática es una afección específica y distinta de la lumbalgia inespecífica. Los signos sugerentes de esa afección constituyen señales de alerta que apuntan a un manejo clínico de esos pacientes distinto del de los que padecen lumbalgia inespecífica (ver apartado correspondiente de diagnóstico).

## 2.- Dinamometría (\*) y electromiografía de superficie simultáneas en la identificación del dolor lumbar inespecífico y su carácter fidedigno.

/ Autores: BELLAS BECEIRO B, AGUIRRE JAIME A, DUQUE GONZÁLEZ B. Agencia para Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. 2006. Ministerio de Sanidad y Consumo. Gobierno de España. (\*) Dinamometría: técnica que estudia y mide la fuerza.

### Utilidad clínica

Existe una gran diversidad en los parámetros electromiográficos y medidas de fuerza empleados para analizar los mismos objetivos, lo que parece indicar que no se han encontrado aquellos que cumplan los requisitos de validez y fiabilidad necesarios para utilizarlos en la identificación de la lumbalgia inespecífica.

Falta información sobre numerosas variables de fuerza muscular: características de las curvas, trabajo, potencia, índice de flexo-extensión, resistencia y recuperación muscular.

Existe escasa información sobre los puntos de corte para los parámetros e índices empleados, que hagan viable y útil el empleo de esta técnica en la práctica clínica.

Existe escasa evidencia de la relación entre las medidas de fuerza y actividad eléctrica muscular y el dolor, medidas psicofísicas, conducta ante la enfermedad y discapacidad.

Existe escasa evidencia sobre la validez de las medidas de fuerza y actividad eléctrica muscular para detectar esfuerzo submáximo, normal o fingido.

No existen evidencias consistentes de que algún parámetro electromiográfico o dinamométrico discrimine de una manera válida y fiable entre pacientes con dolor lumbar y sujetos asintomáticos, durante tareas de flexión, extensión o rotación del tronco.

La fiabilidad de los índices electromiográficos podría mejorar si se utilizan valores medios de señales procedentes de parejas bilaterales de los mismos músculos, a diferentes alturas vertebrales y con la repetición de los mismos ejercicios, pero su complejidad limita la aplicabilidad en la práctica clínica.

Existe escasa evidencia sobre la disminución de la fuerza isométrica en todos los ejes del tronco en los sujetos que simulan una lumbalgia con respecto a los asintomáticos y lumbálgicos, mientras que la actividad eléctrica de los músculos oblicuos en rotación es similar a los asintomáticos, pero difiere de los lumbálgicos en una mayor activación del oblicuo contralateral al sentido de la rotación.

*Las evidencias sobre la capacidad de la dinamometría y la electromiografía de superficie, realizadas simultáneamente, para discriminar pacientes con dolor lumbar inespecífico de los sujetos asintomáticos y de aquellos que simulan una lumbalgia, son inconsistentes, por lo que no se recomienda su utilización en la práctica clínica con este propósito.*

**Nivel de evidencia IV.  
Grado de recomendación C.**

⇒

**NOTA.-** Diversas instituciones y sociedades científicas han adoptado sistemas de clasificación y evaluación de la calidad de la evidencia científica. Entre estas clasificaciones destaca la de la Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ) (antiguamente denominada US Agency for Health Care Policy and Research y, que actualmente también integra a la USPSTF). La primera de estas clasificaciones se plantea en 1979, por la Canadian Task Force on the Periodic Health Examination para la evaluación de medidas preventivas y adaptada en 1984 por la U.S. Preventive Services Task Force (USPSTF). En su tercera edición (puede consultarse en la web de la Agency for Healthcare Research and Quality / AHRQ) se evalúa la calidad de la EVIDENCIA de una forma más elaborada, teniendo en cuenta no sólo el tipo de diseño de los estudios. Los grados de RECOMENDACIÓN se establecen a partir de la calidad de la evidencia y del beneficio neto (beneficios menos perjuicios) de la evaluación realizada. La calificación del documento antes referido (de la Agencia para Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias) se realiza en consideración a la mencionada AHRQ. Un nivel IV de evidencia científica es el penúltimo de la tabla utilizada por los autores (I, II, III, IV, V); el nivel IV corresponde a “estudios descriptivos comparativos bien diseñados”; no obstante en cuanto su **grado de recomendación C** quiere decir que “existe escasa evidencia o no existe evidencia o la evidencia es de tipo V (“serie de casos y ejemplos clínicos”).

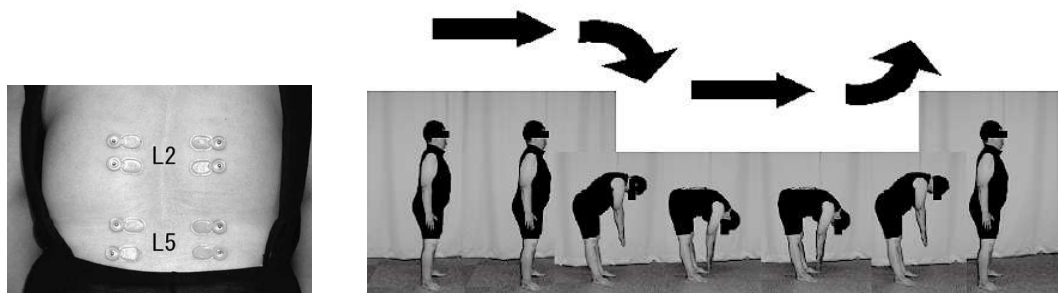
**3.- Relation between chronic low back pain and flexion relaxation phenomenon / Relación entre el dolor lumbar crónico y el fenómeno de flexión relajación.** HIDEKI MITAKI. *The Journal of Japanese Society of Lumbar Spine Disorders*. Vol. 13, 2007. No. 1 P 136-143.

**Los límites de la utilidad diagnóstica del fenómeno relajación flexión** se exponen en este estudio de 2007, en Japón. Se investigó si el fenómeno relajación flexión (FRP, Flexion Relaxation Phenomenon) mediante electromiografía de superficie (EMGS) sirve para determinar si se puede utilizar en la evaluación del dolor lumbar independientemente de la edad y el lugar de medición. **La conclusión es que NO sirve.**

Se examinaron personas jóvenes normales (sin dolor) y jóvenes con dolor crónico en la parte baja de la espalda (DLC) frente a individuos normales mayores y personas también mayores con lumbalgia crónica. Grupo joven sana 28.5 ( $\pm$  3.1). G. joven con lumbalgia crónica 28.1 ( $\pm$  3.1). Grupo de mayores saludables 73.7  $\pm$ 5.1). Grupo de edad con lumbalgia crónica (70.1  $\pm$  9.8). Las mediciones se han hecho usando EMGS y con disposición de electrodos en los niveles vertebrales L2 y L5. Resultados: a) en cuanto a la edad, la incidencia de FRP fue significativamente mayor en los individuos jóvenes normales que en jóvenes con lumbalgia crónica. Sin embargo, **no se observaron diferencias entre los individuos de mayores normales con las personas de ese grupo de edad con lumbalgia crónica;** b) respecto al lugar de medición, el FRP tendió a ser más significativo a nivel de L2 que en L5. Por lo tanto, el FRP se puede utilizar para la evaluación objetiva del dolor en la parte baja de la espalda/dolor lumbar, en individuos jóvenes, siendo la **zona lumbar superior (nivel L2) es más fiable para tal medición. En las personas de edad avanzada, el FRP aislado es insuficiente para una evaluación exacta.** En resumen en las personas mayores con lumbalgia crónica el FRP es insuficiente para una



valoración adecuada. Cuando se trata de sujetos jóvenes FRP tendió a ser más significativo, más fiable, a nivel de L2 que en L5. Las imágenes que siguen pertenecen a tal estudio.



**Comentario.**- Los resultados de esta investigación hay que conectarlos con una realidad que el médico conoce bien. La nobleza del organismo en su **capacidad de respuesta reacciona ante situaciones de alarma/alerta**, y que se canaliza por distintos síntomas y signos de apreciación clínica, entre otros el dolor; pero la contractura muscular, **disminuye o se anula con la involución del organismo**. Se diría que los “chivatos” de avería se estropean con el tiempo, como pasa, por ejemplo, en los automóviles viejos. Cuando la contractura muscular surge de una sobrecarga muscular, en este caso en la región lumbar, determina un acortamiento del músculo y dolor. Pero esto no quiere decir que tal contractura tiene que estar siempre presente o se manifieste de la misma forma. Añádase a esto el **efecto de distracción y enmascaramiento que determinados medicamentos ejercen, como miorrelajantes y otras drogas**.

► Hay igualmente que considerar que para que se desencadene tal reacción muscular **será preciso en muchos casos alcanzar determinados umbrales de provocación y carga**, pues de lo contrario no habrá tal respuesta al insulto. Siendo así, con una simple flexo extensión dorsolumbar, sin añadir carga externa, o mínima, el resultado que se obtiene con señal EMGS es / puede ser totalmente normal. (Y en los casos de intervención de hernia discal con bloqueo vertebral quirúrgico el dolor suele desaparecer). ///

► Otras veces, la práctica clínica lo confirma, las manifestaciones sintomáticas del paciente son muy variables. Algunos, y entre ellos los operados de hernia discal, precisan (los pacientes) que lo que les desencadena el dolor no son los movimientos amplios, que en general controlan, sino los pequeños movimientos, muchos sorprendiendo inesperadamente al paciente de forma repentina, o dependiendo del ángulo de incidencia de la carga. A veces conviene hacer dar vueltas en círculo al paciente, a derecha e izquierda, para ver en que gesto aparece el dolor. ► Otras veces los efectos de la sobrecarga lumbar no se manifiestan de inmediato, sino al cabo de horas de la realización del esfuerzo. Son casos en los que la canalización de la carga de trabajo sobre la estructura vertebral se traduce en un “agresión” que retarda sus consecuencias en el tiempo. Con cierta frecuencia lo dicen los pacientes.: “hoy me levanté con mucho dolor de espalda, y pienso que es porque ayer cogí un bombona de butano; ya me paso otras veces...”. En fin, todo esto remite al principio básico que ha de mirar al enfermo en su individualidad. Otra cosa no es Medicina.

**4.- Flexion Relaxation and Its Relation to Pain and Function over the Duration of a Back Pain Episode / (Fenómeno) Flexión Relajación y su relación con el dolor y la función durante la duración de un episodio de dolor de espalda. RAYMOND W. MCGORRY, JIA-HUA LIN. Published: June 15, 2012.**

“Aunque **no es posible sacar conclusiones** sobre los factores que pueden perpetuar el dolor de espalda, una mejor comprensión de este fenómeno de la EMG (FFR) y su relación con el dolor y la función podrían proporcionar

medidas útiles para guiar el manejo clínico. El análisis de la relación del dolor y la función con las medidas de (1a) FR (fenómeno de la flexión relajación) a lo largo del tiempo sugiere que estas relaciones pueden ser de alguna utilidad para identificar a aquellos con probabilidades de progresar hacia la resolución del dolor en un período corto (ocho semanas o menos) de aquellos con síntomas de dolor, y persisten déficits funcionales”.

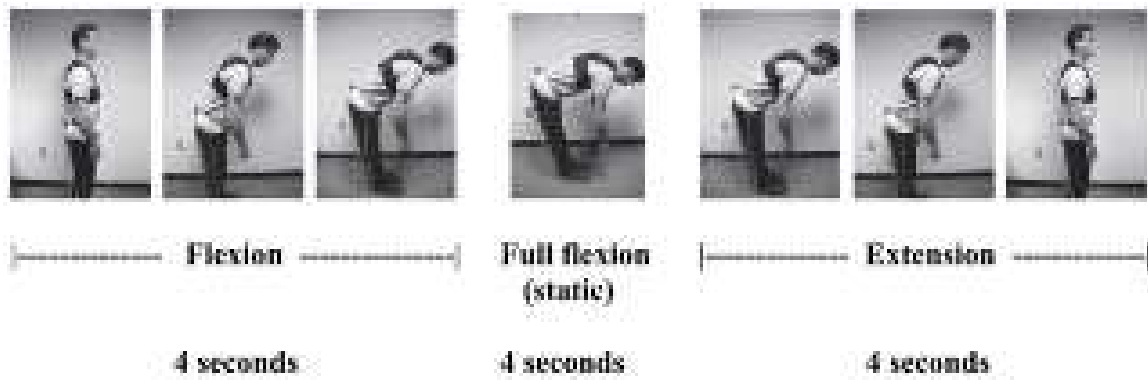


Figure.- The experimental motion in standing illustrating the trunk flexion, static flexion, and extension phases, four seconds each. / El movimiento experimental en posición de pie que ilustra la flexión del tronco, la flexión estática y la fase de extensión, cuatro segundos cada una.

**5.- What is the Best Surface EMG Measure of Lumbar Flexion-Relaxation for Distinguishing Chronic Low Back Pain Patients From Pain-free Controls?** / ¿Cuál la mejor medida con electromiografía de superficie en el test de flexión-relajación para diferenciar los pacientes con dolor crónico lumbar de los que no tienen dolor. RANDY NEBLETT; EMILY BREDE; TOM MAYER; ROBERT Gatchel. *The Clinical Journal of Pain*. 29(4):334–340. *Publication Date* 2013 /04/ 01.

**Objetivos.** La flexión-relajación lumbar (FR) es un fenómeno bien conocido que puede observarse de manera confiable en sujetos normales, pero no en la mayoría de los pacientes con dolor lumbar crónico (CLBP /por sus siglas en inglés/ chronic low back pain). El propósito de este estudio fue determinar qué medidas de electromiografía de superficie (SEMG) de (1a) FR (flexión relajación) distinguen mejor a los pacientes con CLBP (dolor lumbar crónico) de los sujetos control sin dolor. También se evaluó la amplitud de movimiento de la flexión lumbar (ROM, por sus siglas en inglés) en pie...

A pesar del número relativamente grande de estudios que han investigado la FR (flexión relajación) **actualmente no hay acuerdo sobre la mejor metodología SEMG para evaluar este fenómeno**. En las conclusiones se indica que **este estudio** determinó que tanto las medidas SEMG de FR

como las medidas de flexión ROM (amplitud de movimiento de la flexión lumbar) se realizaron de manera aceptable al discriminar entre pacientes con dolor lumbar crónico y sujetos control. En nuestra experiencia clínica, hemos encontrado que una evaluación de FR de EMGS y ROM de flexión **puede proporcionar** información clínica valiosa sobre el estado funcional actual de un paciente... Las diferentes medidas con EMGS de la FR y para la flexión ROM, determinadas por el análisis de ROC (características operativas del receptor) en el presente estudio, **puedan ayudar a los futuros investigadores** clínicos a determinar la "normalidad" del patrón de FR en sujetos clínicos y normales individuales, y *puede ayudar* a guiar a los clínicos en el tratamiento y la en determinación de los patrones normales de FR y la ROM (amplitud de movimiento de la flexión lumbar) en pacientes con CLBP (dolor crónico lumbar).

No obstante se advierte que ► **“en general, los índices de FR no han proporcionado pautas clínicas** para determinar si un sujeto individual parece ser "normal" o "anormal", y los índices de FR no están diseñados para determinar que "sí" el sujeto lo ha demostrado con la FR, o "no" lo ha demostrado con la FR. De hecho, ningún estudio previo ha evaluado el **rendimiento individual** con ratios de FR. Todos hemos mirado los (valores) medios del grupo. **Esto potencialmente deja al médico sin directrices para evaluar a un paciente individual”**.

**6.- The practical use of surface electromyography during running: does the evidence support the hype?** A narrative review. El uso práctico de la electromiografía de superficie durante la carrera: ¿la evidencia apoya la exageración? R SUBBU, R WEILER, AND G WHYTE. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2015; 1(1): e000026.

La electromiografía de superficie (SEMG, por sus siglas en inglés) es una técnica comúnmente utilizada para investigar la activación muscular y la fatiga, que no es invasiva y puede permitir la medición continua. La investigación sistemática sobre el uso de EMGS en el entorno deportivo ha estado en curso durante muchos años y se basa principalmente en actividades de ciclismo y remo. Hasta la fecha no se han realizado revisiones que evalúen la validez y confiabilidad de EMGS exclusivamente en actividades de ejecución específicamente durante las pruebas en campo.

El propósito de esta revisión es evaluar el uso de EMGS en el contexto práctico y si esto se debe traducir a pruebas de campo. **Métodos.** Se realizaron búsquedas electrónicas de literatura utilizando la Biblioteca COCHRANE, PUBMED, CINAHL y PeDro para identificar la literatura actual relevante en idioma inglés. Se identificaron cincuenta y cinco trabajos. Tras la aplicación de los criterios de inclusión, se encontró que 10 estudios eran elegibles para la evaluación. Usando la tabla Oxford de

Medicina Basada en la Evidencia, todos los estudios identificados fueron de los niveles 3a y 3b (\*).

(\*) Según la escala 1a,1b,1c;2a, 2b, 2c; 3a, 3b, 3c; 4; 5

**Resultados.** Diez estudios fueron relevantes después de la revisión del contenido. Todos los estudios identificados estaban basados en la evidencia del nivel tres. Las tendencias generales de la actividad de EMGS parecen correlacionarse con la velocidad de carrera y la fatiga muscular parece casi siempre la consecuencia de una actividad dinámica prolongada.

Sin embargo, estos cambios no miden de manera consistente ni son estadísticamente significativos en todos los estudios, lo que plantea la cuestión de la precisión y la confiabilidad al analizar las mediciones de EMGS y hacer suposiciones sobre la causa de la fatiga. (\*)

(\*) Sobre la fatiga muscular ver Anexo II

**Conclusiones:** Aún NO se ha determinado un consenso acordado al medir y analizar los datos de EMGS durante las actividades de ejecución, especialmente en las pruebas de campo con el diseño de estudio y la metodología confiable más apropiados, y se requieren estudios adicionales.

**7.- Interpreting Signal Amplitudes in Surface Electromyography Studies in Sport and Rehabilitation Sciences.** VIGOTSKY AD, HALPERIN I LEHMAN GJ, TRAJANO GS, VIEIRA TM. / Interpretación de la amplitud de señal en estudios de electromiografía de superficie en ciencias del Deporte y Rehabilitación. Front Physiol. **2018** Jan 4;8:985. doi: 10.3389/fphys. 2017.00985. *eCollection* **2017**.

La electromiografía de superficie (EMGS) es una herramienta de investigación habitual en las ciencias del deporte y la rehabilitación. Los diseños de estudio más frecuentes incluyen la comparación de las amplitudes (amplitud del registro de la señal) con EMGS captadas en diferentes músculos cuando los participantes realizan diversos ejercicios y técnicas con diferentes cargas. A partir de tales comparaciones, los investigadores intentan sacar conclusiones sobre el apuntalamiento neuro y electrofisiológico de la producción de fuerza y plantean la hipótesis de posibles correlaciones longitudinales, como la fuerza y la hipertrofia. Sin embargo, tales conclusiones con frecuencia son infundadas e injustificadas. El objetivo de esta revisión es discutir qué se puede y no se puede inferir de los diseños de investigación comparativos en lo que respecta a los resultados... Se hacen recomendaciones metodológicas generales, se

identifican lagunas en la literatura y se sugieren líneas para futuras investigaciones que ayuden a mejorar la aplicación de la EMGS.

En su conjunto, los estudios de EMGS que apuntan a sacar conclusiones sobre la producción de fuerza muscular, la activación muscular o los mecanismos de producción de fuerza **son problemáticos cuando se basan únicamente en la amplitud de SEMG**. A menudo, con el fin de sacar conclusiones mecanicistas, se necesitan técnicas de modelado y procesamiento de SEMG más avanzadas. En el valor nominal, en el mejor de los casos, la amplitud de SEMG es estrictamente indicativa de la excitación muscular.

NOTA.- La **amplitud de la señal** es un parámetro burdo y poco específico. Por eso interesa adentrarse en el terreno de las frecuencias. Es en este último dominio (el de las frecuencias) en que el estudio de la fatiga muscular toma mayor relevancia y fiabilidad. Los análisis del espectro de frecuencias, con pruebas isométricas, son estudios más rigurosos que los aquellos que se remiten únicamente a la amplitud. Y además el conocimiento de la frecuencia de descarga de la motoneurona sobre el músculo permiten distinguir entre **fatiga contráctil y fatiga metabólica**. Y esto es importante ya que cuando el músculo se fatiga en ocasiones es el preludio del dolor, (Ver Anexo 2)

Las consideraciones para la aplicación de la EMGS se resumen así: (1) Hay otros factores que no sean el esfuerzo muscular que influyen en la señal mioeléctrica, incluida la longitud del músculo, el modo de contracción, la velocidad de contracción, etc. Se debe evitar la comparación de señales EMGS entre diferentes ejercicios que no controlan estas variables; (2) Incluso cuando la señal EMGS representa adecuadamente la fuerza del músculo, se debe tener cuidado al concluir que un determinado ejercicio será mejor para aumentar la fuerza o la hipertrofia debido a otros factores que influyen en estas adaptaciones. (3) **La comparación de los valores de SEMG normalizados entre individuos con y sin dolor debe considerarse con cautela...** Conclusiones: la EMGS es una herramienta útil para obtener información del sistema neuromuscular, el modelado musculoesquelético y el trabajo científico básico, pero su aplicación práctica es limitada en la actualidad.

**8.- Neuromuscular Functional Assessment in Low Back Pain by Surface Electromyography (SEMG) / Evaluación funcional neuromuscular del dolor lumbar mediante electromiografía de superficie (EMGS).** LUCA COPPETA, SANDRO GENTILI, STEFANO MUGNAINI, OTTAVIA BALBI, STEFANO MASSIMIANI, GIANLUCA ARMIERI, ANTONIO PIETROIUSTI, ANDREA MAGRINI. Department of Biomedicine and Prevention, University of Rome, Tor Vergata, Italy. © 2019 COPPETA *et al.* The Open Public Health Journal 12(1):61-67 · February 2019.

“... Se han manifestado diferencias significativas en la Electromiografía de superficie (EMGS) entre personas con dolor lumbar y controles normales en sujetos sanos. Muchos estudios revelan que cuando el tronco está en plena flexión, existe un silencio eléctrico en los músculos de la espalda denominado *fenómeno de flexión-relajación* (PFR). A MENUDO está ausente (“**It is often** absent”) en las personas que presentan dolor lumbar y particularmente dolor lumbar crónico. Existen varios registros con EMGS que describen este fenómeno. **Objetivo:** Evaluar la actividad muscular en el dolor lumbar agudo y crónico y la utilidad de los procedimientos rápidos y confiables para demostrar la actividad electromiográfica anormal de los músculos constructores de la columna vertebral. **Métodos:** Se evaluaron 40 sujetos de 25-65 años. De cada participante, se recopiló una historia clínica con respecto a la presencia de LBP (dolor lumbar) crónico o agudo. Cada sujeto fue evaluado registrando con EMGS los músculos erectores de la columna vertebral en la posición de pie y en posición prona (para el dolor lumbar agudo) y el movimiento de flexión-extensión (para sujetos con lumbalgia crónica). El potencial superficial fue registrado y comparado entre los grupos. **Resultados** En los tres procedimientos, se identificaron diferencias en la actividad electromiográfica de superficie entre los controles sanos y el afectado por dolor lumbar. **Conclusión:** mediante el estudio de patrones electromiográficos normales y patológicos PODRÍA SER un medio válido para apoyar de manera objetiva la presencia / ausencia dolor lumbar (LBP) aguda y crónica (“The study of normal and pathologic electromyographic patterns COULD BE a valid means to support in an objective way the presence/absence of acute and chronic LBP”).

**9.- Diagnostic Tests for Low Back Disorders / Pruebas diagnósticas para los trastornos de la región lumbar. Journal of Occupational and Environmental Medicine. April 2019 Volume 61 - Issue 4 - p e155–e168.**

Hegmann, Kurt T. MD, MPH; Travis, Russell MD; Belcourt, Roger M. MD, MPH, FACOEM; Donelson, Ronald MD, MS; Eskay-Auerbach, Marjorie MD, JD; Galper, Jill PT, Med; Haldeman, Scott MD, DC, PhD; Hooper, Paul D. DC, MPH, MS; Lessenger, James E. MD, FACOEM; Mayer, Tom MD; Mueller, Kathryn L. MD, MPH; Murphy, Donald R. DC; Tellin, William G. DC; Thiese, Matthew S. PhD, MSPH; Weiss, Michael S. MD, MPH.

**RESUMEN.- Objetivo:** Establecer las pautas diagnósticas basadas en evidencia para trastornos de la parte baja de la espalda (región lumbar). **Métodos:** Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura. Un total de 101 artículos de alta o moderada calidad que abordan la evaluación diagnóstica de trastornos de la región lumbar cumplieron con los criterios de inclusión. (\*). Las recomendaciones basadas en la evidencia se desarrollaron y calificaron de (A) a (C) a favor y en contra de la prueba diagnóstica específica, con (A) nivel que tiene el cuerpo de literatura de la más alta calidad. Se empleó un consenso de expertos para obtener pruebas insuficientes para elaborar orientaciones de consenso. **Resultados:** Se ofrecen recomendaciones para estas pruebas diagnósticas: evaluaciones de la capacidad funcional, roentgenogramas (rayos X), imágenes por resonancia magnética (RM), tomografía computarizada, mielografía,

exploraciones óseas, tomografía computarizada por emisión de protones único, electromiografía, electromiografía de superficie, ultrasonido, termografía, fluoroscopia, videofluoroscopia, discografía lumbar, discografía por RMN y mieloscopia.

Este trabajo constituye una Guía para los trastornos de la parte baja de la espalda” llamada también **Guía ACOEM** - American of Occupational and Environmental Medicine -. Está diseñada para proporcionar unas directrices basadas en la medicina de la evidencia para la evaluación y tratamiento de trastornos del dolor lumbar /lumbalgia, ya sea aguda (hasta 1 mes de duración), subaguda (1 a 3 meses de duración), crónica (> 3 meses de duración). La guía no aborda otros procesos como los trastornos congénitos o tumores malignos. Tampoco los operaciones específicas.

(\*) **Revisión y calificación de pruebas.**- Las pruebas relacionadas con trastornos de la región baja de la espalda se han buscado en cuatro bases de datos que de incluyeron en esta directriz (PubMed, EBSCO, Google Scholar y Cochrane). Estas búsquedas exhaustivas de evidencia se realizaron hasta enero de 2018 para ayudar a garantizar estudio completo.... Las estrategias de búsqueda recuperaron un total de 9972 artículos (“*The search strategies retrieved a total of 9972 articles*”) que fueron examinados, con todos los resúmenes de estudio potencialmente relevantes revisados y evaluados con criterios de inclusión y exclusión especificados. Un total de 116 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y se incluyeron en estas directrices. Las pruebas restantes incluidas en estas directrices se recibieron de los miembros del Grupo Especial y se examinó el examen de las referencias en los artículos incluidos. /// Los artículos que cumplían los criterios de inclusión se evaluaban críticamente y se puntuaron por su calidad. Se incluyeron artículos con una puntuación moderada o de alta calidad. Un total de 101 fueron de alta o moderada calidad que abordaban la evaluación diagnóstica de trastornos de la parte baja de la espalda. Las recomendaciones basadas en la evidencia se desarrollaron y calificaron de (A) a (C) a favor y en contra de la prueba diagnóstica específica, con (A) recomendaciones de nivel que tenían en la literatura el valor de la más alta calidad. Se empleó un consenso de expertos para obtener pruebas insuficientes (I) y para elaborar orientaciones de consenso. El Grupo Multidisciplinario examinó y modificó las recomendaciones y los cuadros de pruebas. Esta directriz alcanzó el acuerdo del Grupo Especial del 100 % para todas las orientaciones desarrolladas.

► De la **Electromiografía superficial (EMGS)** los autores indican que la EMGS se ha utilizado para diagnosticar el dolor lumbar, registrando la actividad eléctrica muscular con electrodos sobre la piel, como los utilizados en un electrocardiograma. Hay cuatro estudios de calidad moderada incorporados en este análisis <sup>313,315-317</sup> y no hay evidencia de calidad en su eficacia diagnóstica, y por lo tanto, no se recomienda para diagnosticar la lumbalgia. (LBP)”. (*Diagnostic Tests for Low Back Disorders / Pruebas diagnósticas para los trastornos de la región lumbar. Journal of Occupational and Environmental Medicine. April 2019 Volume 61*). (Obsérvese que se utiliza el término “diagnóstico”. Otra cosa es su utilidad para el seguimiento del paciente en el curso del tratamiento que se esté aplicando).

313. Sihvonen T, Partanen J, Hanninen O, et al. Electric behavior of low back muscles during lumbar pelvic rhythm in low back pain patients and healthy controls. *Arch Phys Med Rehabil* 1991; 72:1080–1087. /// 314. Mannion AF, Taimela S, Muntener M, et al. Active therapy for chronic low back pain part 1. Effects on back muscle activation, fatigability, and strength. *Spine* 2001; 26:897–908. /// 315. Butler HL, Hubley-Kozey CL, Kozey JW. Changes in electromyographic activity of trunk muscles within the sub-acute phase for individuals deemed recovered from a low back injury. *J Electromyogr Kinesiol* 2013; 23:369–377. /// 316. McNeill T, Huncke B, Pesch RN. Chemonucleolysis: evaluation of effectiveness by electromyography. *Arch Phys Med Rehabil* 1977; 58:303–306. /// 317. Ramprasad M, Shenoy DS, Singh SJ, et al. The magnitude of pre-programmed reaction dysfunction in back pain patients: experimental pilot electromyography study. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2010; 23:77–86.

---

## C.- CONCLUSIONES

**Primera.-** Las pruebas de capacidad funcional lumbar (extensible a la “prueba biomecánica” realizada por para valorar contingencias laborales, donde la EMGS / Electromiografía de Superficie a veces se le quiera dar **un protagonismo destacable**, siendo el test de Flexión Relajación una de sus aplicaciones) junto a otras (como inclinometría -medición de los movimientos lumbares-; fotogrametría - velocidad de movimientos lumbares / flexoextensión / inflexión derecha/izquierda-) son exámenes que en su momento el facultativo ha de considerar en el contexto clínico del paciente, concediéndole el valor que un razonable criterio médico pueda atribuirle en cada caso particular atendiendo a la individualidad del enfermo. **Estas exploraciones complementarias en absoluto tienen un carácter concluyente, tanto para afirmar o para descartar una patología musculoesquelética, entre otras, el dolor lumbar.**

**Segunda.-** Se constata, en concreto que la Electromiografía de superficie (EMGS) para el dolor lumbar (y extensible a otras patologías musculoesqueléticas) es una exploración que no reúne los requisitos de “prueba reina” o “prueba princess”.

Más aún, su aplicación práctica es limitada en la actualidad. “... De la **Electromiografía superficial** (EMGS) los autores consideran que la EMGS se ha utilizado para diagnosticar<sup>298-314</sup> e implica el registro de la actividad eléctrica muscular sumada por electrodos de la piel (como los utilizados en un electrocardiograma o electrocardiograma). Hay cuatro estudios de calidad moderada incorporados en este análisis<sup>313,315-317</sup> y **no hay evidencia de calidad de eficacia diagnóstica y, por lo tanto, no se recomienda diagnosticar el dolor lumbar** (LBP)”. (Ref. Diagnostic Tests for Low Back Disorders / Pruebas diagnósticas para los trastornos de la región lumbar. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. April 2019, o.c.).

**Tercera.-** La misma EMGS, ahora en concreto en lo que se refiere al test de flexión-relajación (FR) todavía tiene muchas más limitaciones al considerar en el EMGS únicamente la **amplitud de la señal** (usado en dicho test de flexión/relajación) pues es un parámetro burdo y poco específico.

“En general, los índices de FR (test de flexión relajación) no han proporcionado pautas clínicas para determinar si un sujeto individual parece ser “normal” o “anormal”, y los índices de FR no están diseñados para determinar que “sí” el sujeto ha demostrado con la FR, o “no” lo ha demostrado con la Flexión Reljacion. De hecho, ningún estudio previo ha evaluado el **rendimiento individual** con ratios de FR. Todos hemos mirado los (valores) medios del grupo. **Esto potencialmente deja al médico sin directrices para evaluar a un paciente individual**”. (Ref. Trabajo nº 5.- What is the Best Surface EMG Measure of Lumbar Flexion-Relaxation for Distinguishing Chronic Low Back Pain Patients From Pain-free Controls? / ¿Cuál la mejor medida con electromiografía de superficie en el test de flexión-relajación para diferenciar los pacientes con dolor crónico lumbar de los que no tienen dolor.



**En la actualidad el uso de la EMGS se estima en estos términos:**

(1) para una aproximación a la fatiga muscular, la EMGS junto al test isométrico de SÖRENSEN puede proporcionar datos útiles al terapeuta en el seguimiento del paciente, y así apreciar su evolución en el curso del tratamiento rehabilitador;

(2) el parámetro de **la amplitud de la señal** es poco riguroso y específico (parámetro que es el único que se recoge en el registro EMGS en el test de Flexión-Relajación). Interesa mucho más adentrarse **en el terreno de las frecuencias**;

(3) en este dominio (el de las frecuencias) el estudio de la fatiga muscular toma mayor relevancia, siendo la frecuencia mediana (MF) la de mayor y fiabilidad

(4) preventivamente la *Prueba de esfuerzo lumbar / Low Back Fatigue Test* en “banco romano” practicada según el test isométrico de SÖRENSEN puede aportar datos de interés, en especial para aquellas actividades que demanden una especial carga interna de trabajo en la región lumbar. (Ver ANEXO 2).

**Cuarta.**- Las exploraciones referidas son exámenes que en caso de aportar datos sobre la patología del paciente se han de tener en cuenta para luego ser evaluados conjuntamente con el resto de las exploraciones. No obstante en el caso de que su resultado sea negativo, no quiere ello decir ni mucho menos que se haya de excluir la patología en el paciente, pues, como se dijo, NO reúnen, ni mucho menos, los requisitos para constituirse como “prueba reina” (o “prueba princess”) y mucho menos con un nivel decisorio, lo que por otra parte llevaría al desacato del principio básico de que “no hay enfermedades, sino enfermos”.

**Quinta.**- Los resultados de tales exploraciones NO son extrapolables para concluir sobre la capacidad física, y menos para determinar su capacidad funcional para la realización del trabajo habitual del paciente. Tales pruebas y registros operan capturando movimientos sencillos, elementales, de *poco entidad* comparados con los requerimientos laborales (frecuentes y continuos en toda la jornada laboral, durante días, semanas y meses).

## Anexo 1.- Notas breves sobre Electromiografía de superficie (EMGS)

### Electromiografía invasiva y Electromiografía de superficie.-

La electromiografía (EMG) permite el registro y la apreciación de los fenómenos eléctricos que se producen con ocasión de la contracción muscular, de un músculo, o de un grupo de músculos (*eletromiografí*, RIDEAU) expresando la suma de sus potenciales de acción.

La **electromiografía invasiva** (introducida por ADRIÁN Y BRONK, 1929), también llamada simple o convencional, que recoge los potenciales con la ayuda de *electrodos invasivos* (hilos finos, agujas de BRONK), con gran *selectividad en la localización muscular*, de especial interés en las lesiones de los nervios periféricos, de las radiculopatías, alteraciones a nivel de la motoneurona.

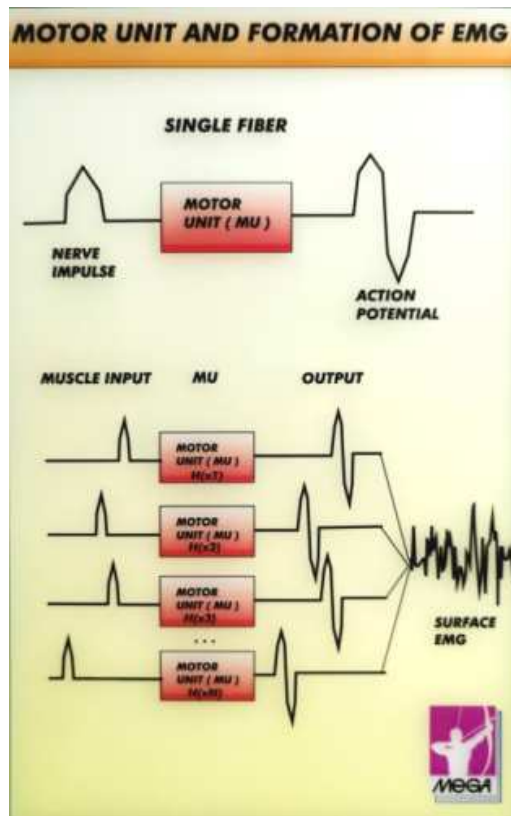
Junto a la anterior, hay que considerar otra técnica, la llamada electromiografía global, o **electromiografía de superficie** (EMGS), no invasiva, precisamente porque utiliza electrodos de superficie, provistos de amplificadores, para detectar la actividad del músculo entero o de una amplia parte del mismo (\*) obteniendo una señal que, después, en especial con los modernos medios informáticos, puede recibir diversos tratamientos. (\*) BISSCHOP G, DUMOULIN J. "Electromyographie Clinique". Paris. Ed. Masson, 1992.

Por ejemplo, a partir de la señal bruta o cruda, que enseña directamente el comportamiento del músculo hacia una mayor o menor contracción, la obtención de la gráfica integrada, permite la cuantificación de la actividad electromiográfica y la determinación de la fuerza desarrollada. También la **fatiga del músculo** (en especial merced a los modernos sistemas que permiten el procesamiento matemático de la señal).

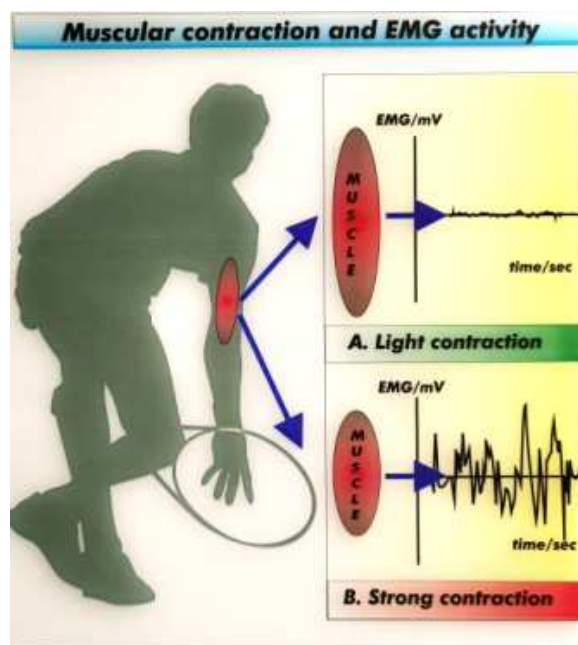
Se denomina **señal**, en este contexto, a toda magnitud eléctrica cuyas variaciones llevan información sobre un proceso o magnitud física, interesando ahora la señal electromiográfica expresiva de la contracción muscular. Los modernos ordenadores dotados de coprocesador matemático permiten cálculos sobre la señal EMGS, como la transformada rápida de FOURIER (FFT ó *Fast Fourier Transform*) para conocer las frecuencias de descarga durante la activación muscular (frecuencia de descarga de la motoneurona sobre el músculo).

El estudio de la **FATIGA MUSCULAR** por EMGS se pueden sistematizar en dos grandes grupos: (1) representación de la señal en función de la relación voltaje/tiempo que se remite a la **amplitud de la señal**; (2) representación de la señal en función de las **frecuencias** (análisis del *espectro de frecuencias*).

La amplitud de la señal es un parámetro burdo y poco específico. Es por eso que interesa adentrarse en el **terreno de las frecuencias**. Es en este último dominio (el de las frecuencias) en que el estudio de la fatiga muscular toma mayor relevancia y fiabilidad, con su representación a través de la *densidad de los espectros de potencia* (DSP). Y en efecto, la investigación confirma el desplazamiento de los espectros de potencia (DSP) hacia las frecuencias más bajas, a causa de la fatiga muscular; decremento frecuencial que a su vez es expresivo de los cambios metabólicos que se producen en el músculo (acidificación, deficiencia de oxígeno, alteraciones de la conductibilidad de la membrana, etc.). (Ver Anexo 3)



**Formación de un trazado electromiográfico**  
 (Ref. Laminas didácticas de Mega Electronics, Finland, 1996)



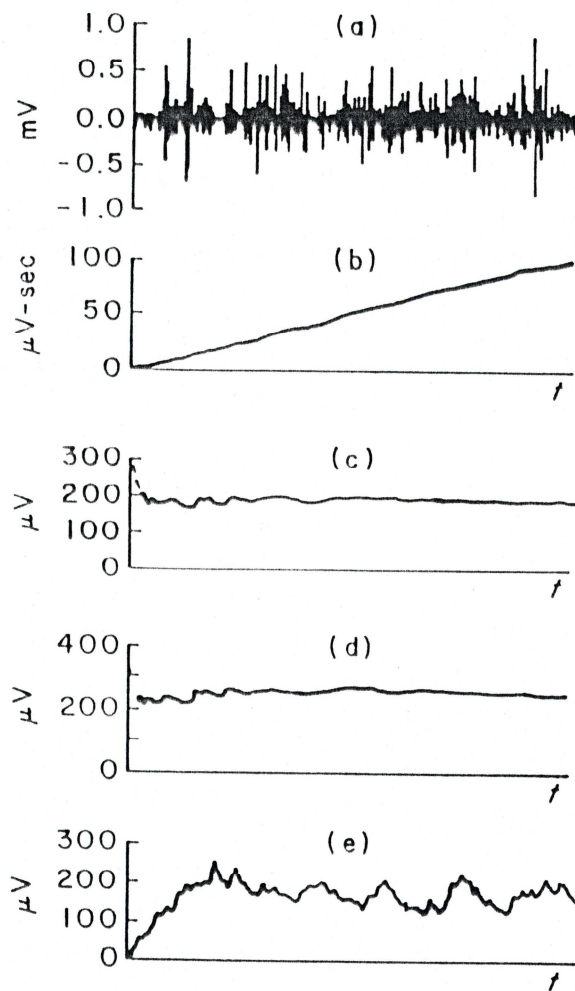
**Imagen de una contracción muscular**

(Mega Electronics, Finland, 1996)

El eje vertical (ordenada) representa el voltaje (en microvoltios / mV).

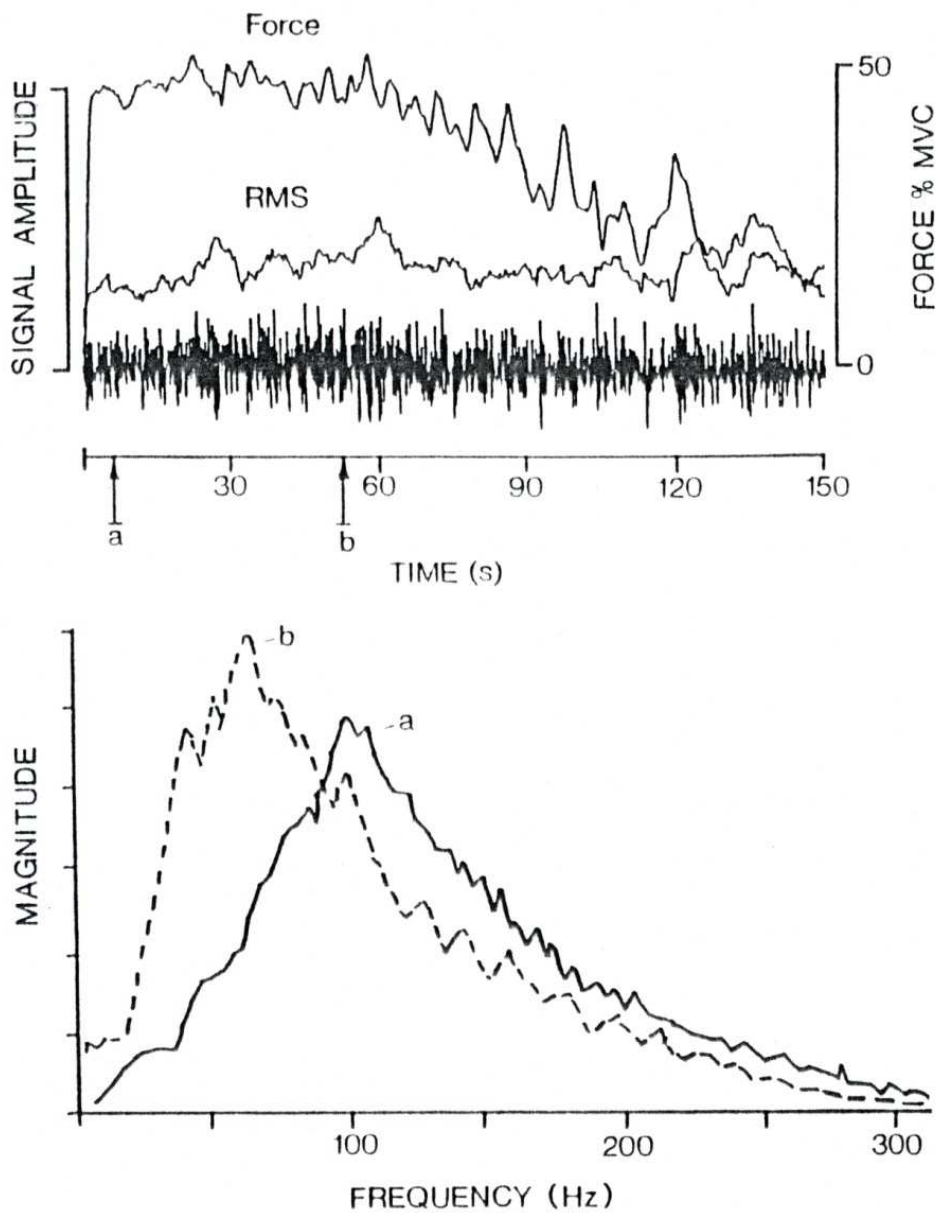
Traduce la fuerza muscular ejercida: ligera, arriba, y fuerte, abajo.)

El eje horizontal (abscisa) da el tiempo que dura la contracción muscular

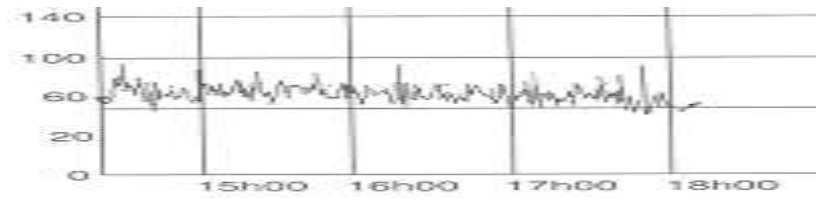


Representación de la señal electromiográfica: a) la señal bruta (o señal cruda); b) la señal rectificadora e integrada; c) la señal rectificadora media; d) la señal obtenida por el método de la raíz cuadrada del valor medio (RMS); e) la señal rectificadora suavizada (Ref.: J.BASMAJIAN, C. DE LUCA; *Muscle Alive*).

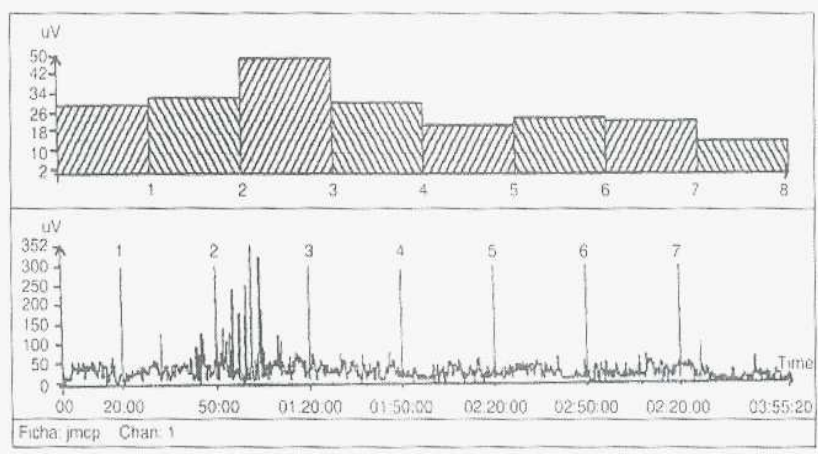
La señal RMS (abreviatura de “Root-Mean Square signal”) representa la raíz cuadrada del valor medio cuadrático, o raíz cuadrada de la media de los cuadrados de una magnitud; para una magnitud periódica la media se toma sobre un ciclo complejo. También se denomina valor eficaz. RMS representa la energía eléctrica global registrada en un músculo.



Amplitud de la señal EMG, RMS y Fuerza Muscular. Arriba amplitud y fuerza muscular durante un intento de contracción muscular aplicando una fuerza constante. (Ref.: J.BASMAJIAN, C. DE LUCA; *Muscle Alive*). Abajo representación del DSP (espectro de frecuencias) hacia el eje ordenadas, expresivo de fatiga muscular.



Frecuencia cardíaca

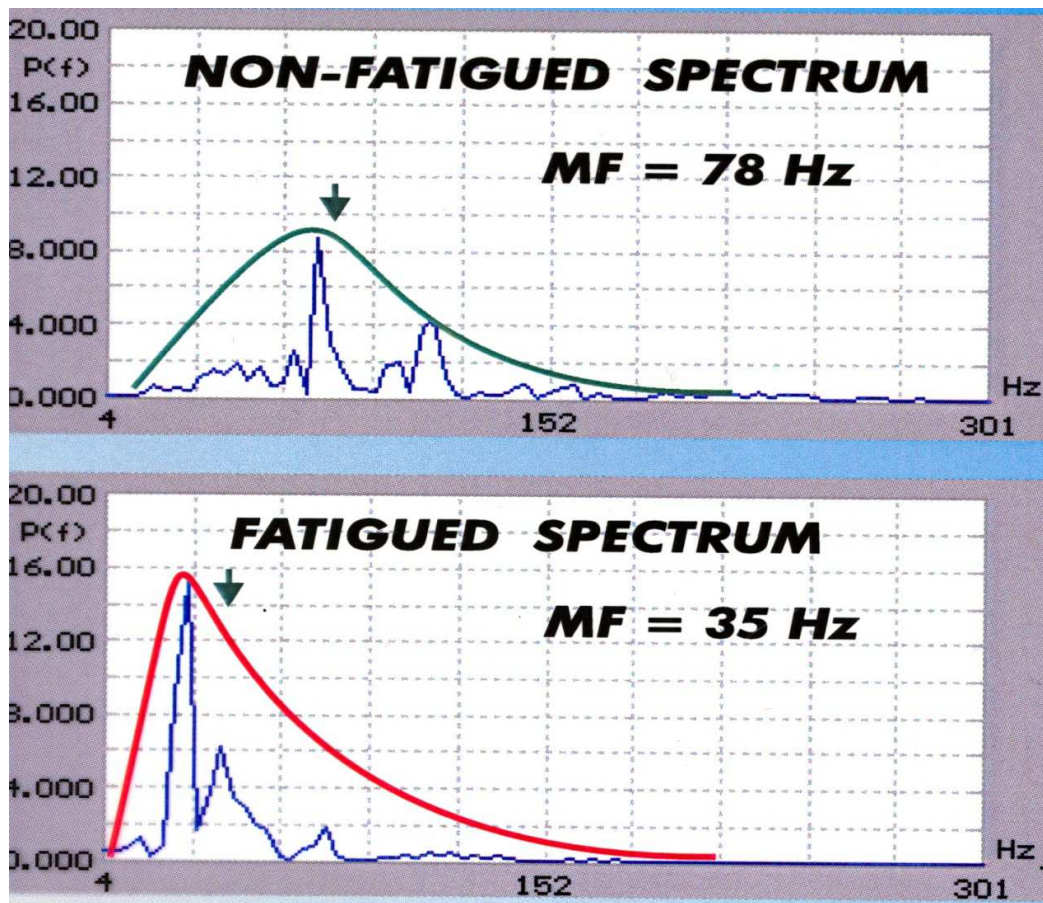


Trazado EMGS (abajo señal rectificada) e Histograma (superior)

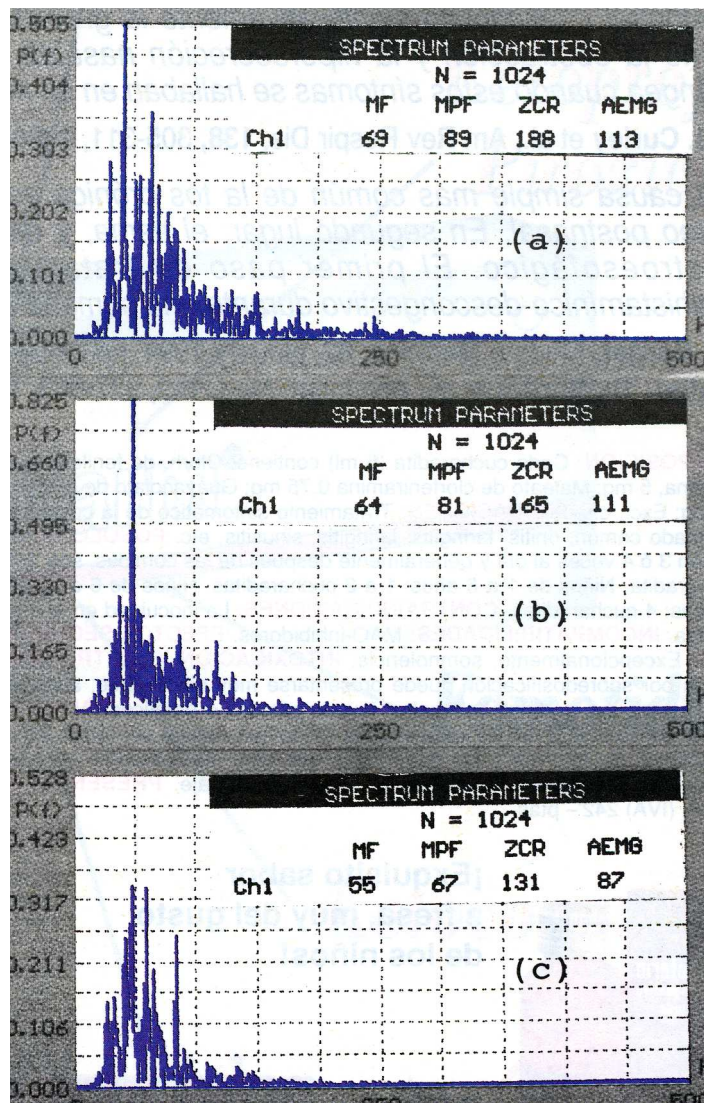
**EMGS con Holter muscular en el estudio de la carga de trabajo.-** En la imagen, a la izquierda, operario de **soldadura**, de 30 años de edad, sin patología previa, talla/peso 165/67 kgs. Lleva adosado a la espalda un **Holter muscular**. Los electrodos van conectados a la región lumbar, a nivel paravertebral derecho, a la altura del raquioma L4-L5, recogiendo el registro **durante 3 horas y 55 minutos**, correspondiente a su actividad laboral rutinaria. La finalidad era obtener un registro experimental de la carga de trabajo en los músculos extensores de la espalda, un registro de varias horas de parte la jornada laboral. Se han dispuesto marcadores cada 30 minutos (1 a 8). Al mismo tiempo se aprovecho la ocasión para hacer un registro de Frecuencia Cardíaca (gráfico superior) durante el tiempo de trabajo referido.

La parte superior del EMGS es el histograma del mismo registro, que representa la distribución de la carga de trabajo a lo largo de ese tiempo. El histograma indica como la carga de trabajo aumenta progresivamente en los primeros 90 minutos (marcadores 1 a 3), para luego decaer (marcadores 3-4) y estabilizarse prácticamente despues (marcadores 4 a 7) y finalmente con sensible caída (marcs. 7-8). La señal esta artefactada en algunos momentos, lo que era inevitable por las condiciones de trabajo. (Experiencia realizada por el autor en 1993. Imagen de la contraportada del libro *Ergonomía básica*, Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid, 1994, 2007).

El médico del trabajo en más de una ocasión habrá de dejar a un lado los útiles clínicos tradicionales de diagnóstico y exploración y, mudando de indumentaria, enfundándose el “mono”, penetrar en la fábrica o en el taller para entablar un diálogo directo con la realidad laboral, guiándolo su espíritu intuitivo con la observación detenida y minuciosa, llenando una inquietud científica. De tal modo, recabará la información necesaria, forjándose una experiencia indispensable para fundamentar su juicio. Y este aprendizaje es bien ajeno al carácter libresco de otro tipo de enseñanzas.



Fatiga muscular y DSP (Mega Electronics, Finland, 1996).- Representación del DSP (Densidad del espectro de frecuencias). Comparando ambos gráficos en el sistema cartesiano, se aprecia como en el de abajo hay un mayor decremento frecuencial; un desplazamiento de la señal hacia el eje de ordenadas (eje OY). MF /frecuencia mediana cae a 35 Hz, lo que expresa signos de fatiga muscular.



**DSP / densidad del espectro de potencia) en una prueba de esfuerzo lumbar.-** Análisis espectral referido al canal 1, en paciente al que se le ha practicado prueba de carga lumbar, referido al canal 1 (corresponde al área muscular L4-L5 izquierda).

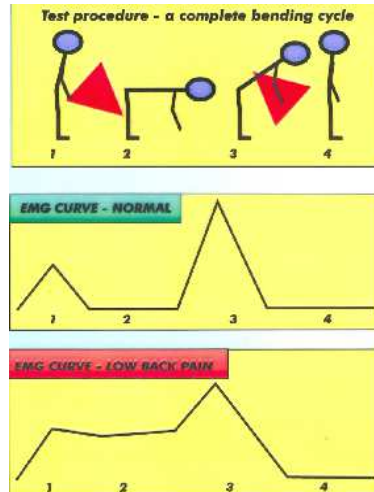
Obsérvese el progresivo decremento frecuencial, de forma sucesiva, de arriba abajo, en (a) a los 32 segundos de iniciación de la prueba de esfuerzo; (b) a los 60 siguientes; y (c), a los 120 ss, y para todos los parámetros referidos (MF, MPF y ZCR). Hay un desplazamiento del DSP hacia el eje de ordenadas. Así MF con una valor inicial de 69 (a, a los 32 ss) pasa a 64 a los 60 ss (b) y desciende a 55 a los 120 ss (c). Tales decrementos frecuenciales son un exponente de la fatiga muscular a la largo de la contracción isométrica sostenida, bajo las exigencias del test isométrico de SÖRENSEN. (Registro realizado por el autor de este trabajo)



## **ANEXO 2. Fenómeno flexión relajación** (FFR o PFR/por sus siglas en inglés)

Tiene sus antecedentes en estudios de hace más de 60 años. FLOYD WF & SILVER PHS, *Function of erectors spinae in flexion of the trunk*. Lancet, **1951**; 20:133-134. Años después los mismos autores publican *The function of erectors spinae in certain movements of posture in man*. J. Physiol. **1955**; 129: 184-203.

Hay quienes lo remiten como “test Flex-Relax” (no confundir con la propaganda de un colchón) pero pensando en su sencillez *actualmente* no da para un despliegue en los medios serios de la prensa profesional. Es una exploración elemental, de escasa entidad para la lumbalgia con dolor muscular crónico / agudo, y más cuando incide en el nivel del raquioma L5-S1 o/y en sujetos a partir de cierta edad, que requieren una valoración más detenida. No es por supuesto un medio adecuado para la “determinación del grado de lumbalgia”, ni para “valorar la gravedad de las lesiones laborales” (afirmó **Diario Medico.com**, 25.11.2010. ¿Publireportaje?). Algunos a veces lo describen como “estudio cinemático y electromiográfico de superficie de la columna vertebral”. Sin embargo tan largo y pomposo epígrafe tiene valor muy limitado, aunque el FFR de los músculos paravertebrales es un examen de realización rápida e interpretación fácil. Se trata de un simple “fenómeno” que captura una señal electromiográfica, pero en modo alguno es un diagnóstico, y menos de función. Además, en este caso el test de Flexión-relajación no busca un estímulo en hiperextensión, esencial en el contexto ergonómico.



(Gráficos de Mega Electronics, Finland, 1995)

### **Respuesta EMGS en la flexo-extensión dorsolumbar**

**Gráfico superior**, movimiento dorsolumbar en distintas fases:

- 1.- iniciación de la flexión de la espalda;
- 2.- flexión completa
- 3.- iniciación del retorno a la extensión;
- 4.- regreso a posición inicial.

**Gráfico intermedio**, respuesta EMGS normal. (silencio eléctrico)

**Gráfico inferior**, respuesta anormal, en donde se aprecia (trazado 2) que no se produce relajación muscular, no hay aplanamiento de la curva, lo que quiere decir que la señal EMGS muestra la existencia de una contractura muscular. Esta respuesta muscular corresponde al resultado de la amplitud de la señal, integrada y promediada.

### **ANEXO 3.- Representación de la FATIGA MUSCULAR por EMGS** **Utilidad presente de la prueba esfuerzo lumbar**

**La fatiga muscular es un proceso que se genera en el tiempo**, que, fisiológicamente, en general no se presenta de forma súbita. La fatiga muscular manifiesta la incapacidad del músculo para mantener una respuesta ante determinadas exigencias de trabajo. En el nivel central, la fatiga se expresa inhibiendo la respuesta motriz, con el fin de que *el músculo economice su actuación*, con reducción de la excitación. En su vertiente periférica la fatiga se expresa por un decaimiento de la actividad muscular, esto es, del músculo propiamente dicho. *La fatiga muscular aparece cuando el régimen crítico ha sido sobrepasado.* (\*). Se produce una disminución de la fuerza, así como disminución de la precisión de movimientos y pudiéndose al final acompañarse de temblor.

(\*) La **potencia crítica** de un músculo, representa el régimen de funcionamiento en unas condiciones tales que pueda ser mantenida durante varias horas, esto es, a la máxima fuerza que un músculo puede ejercer durante un tiempo indefinido, sin expresar fatiga, tanto que por encima de ese comportamiento se llega al agotamiento local.

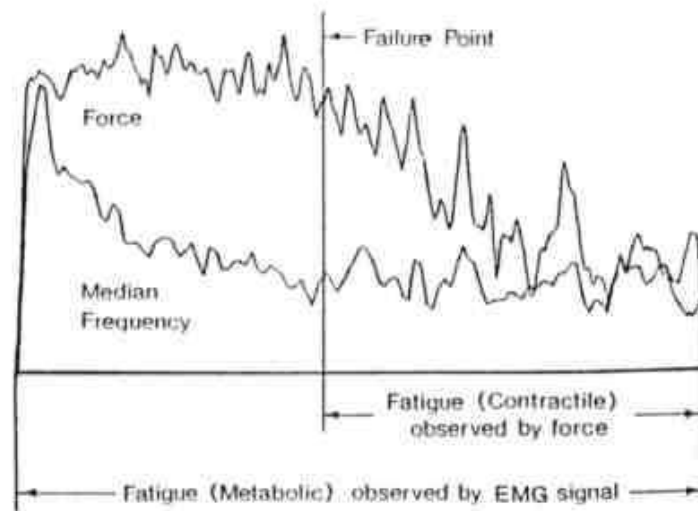
El estudio de la **FATIGA MUSCULAR** por EMGS se pueden sistematizar en dos grandes grupos: (1) representación de la señal en función de la relación voltaje/tiempo que se remite a la **amplitud de la señal**; (2) representación de la señal en función de las **frecuencias** (análisis del *espectro de frecuencias*).

(1) **Amplitud de la señal y estudios dinámicos.** La aplicación de la EMGS puede proyectarse tanto en **estudios dinámicos** como **estáticos**. No obstante, con carácter general, los estudios con EMGS dinámicos para valorar la fatiga muscular tienen mucho menos valor, y en general son poco representativos de la fatiga de trabajo en un orden clínico, en especial la *fatiga no fisiológica*. (2) **Análisis del espectro de frecuencias. Estudio de fatiga muscular con pruebas isométricas.** Son estudios más rigurosos que los anteriores. Permiten distinguir entre fatiga contráctil y fatiga metabólica (ver gráfico inferior).

En el estudio de la fatiga muscular con EMGS a través de la amplitud de la señal, se aprecia que en una primera fase dicha amplitud (expresada con el voltaje) va en aumento, pudiendo seguidamente evolucionando luego hacia su disminución o declive hasta la aparición del punto de fallo -pf-, o "faillure point").

De cualquier modo la amplitud de la señal es un parámetro burdo y poco específico. Es por eso que interesa adentrarse en el **terreno de las frecuencias**. Es en este último dominio (el de las frecuencias) en que el estudio de la fatiga muscular toma mayor relevancia y fiabilidad.

Los modernos ordenadores para uso doméstico dotados de coprocesador matemático (desde hace años) permiten hacer cálculos sobre la señal EMGS, como la transformada rápida de FOURIER (FFT ó *Fast Fourier Transform*) para conocer las frecuencias de descarga durante la activación muscular (frecuencia de descarga de la motoneurona sobre el músculo). La investigación confirma el desplazamiento de los espectros de potencia hacia las frecuencias más bajas, a causa de la fatiga muscular.



**Distinción entre fatiga metabólica y fatiga contráctil.**- El gráfico corresponde a una contracción isométrica. Se le exige al sujeto que mantenga el 50% de la máxima contracción voluntaria durante todo el tiempo que pueda. El punto de fallo (“**failure point**”) indica el momento en que el nivel de fuerza exigido (50% del máximo) ya no puede ser mantenido, expresión de la fatiga contráctil que se observa por el decaimiento del nivel de fuerza. Al mismo tiempo también puede observarse como **el decremento frecuencial ya se da con antelación**, indicativo de la fatiga metabólica, observada por la señal electromiográfica por medio del parámetro correspondiente (Median Frequency, MF, o frecuencia mediana) (Ref.: J.BASMAJIAN, C. De LUCA; *Muscle Alive*).

De ahí que pueda ser **abordable con fines preventivos** la fatiga del músculo (capturando las frecuencias de descarga) antes de que se manifieste externamente en sus aspectos negativos y más groseros, cual es la caída de la fuerza capaz de generar el músculo (que se reconoce en la amplitud del registro EMGS).

Como se ha dicho, interesa especialmente los parámetros que se remiten a las frecuencia de descarga (de la motoneurona sobre el músculo) las cuales en su decremento significan con bastante fiabilidad la fatiga muscular, que al mismo tiempo, a veces, puede permitir traducirlas como expresivas de dolor.

El estudio de esos parámetros y su representación a través de la *densidad de los espectros de potencia* (DSP) ha de realizarse en contracción isométrica sostenida (fuerza estática) buscando la máxima contracción voluntaria (MCV). El DSP, como su nombre indica, expresa la potencia de la señal, con su desplazamiento hacia frecuencias más bajas, demostración igualmente de la fatiga eléctrica y metabólica del músculo.

Este tipo de estudio, se insiste, **sólo puede hacerse en condiciones de contracción isométrica**. Es por lo que los estudios en dinámicos en flexión relajación no pueden entrar en la valoración de estos parámetros. De ahí sus limitaciones. En concreto, **en el proceso de fatiga muscular** y en el dolor muscular, puede en determinados casos interpretarse como alarma que indica la presentación de la fatiga metabólica, y como factor que advierte de que se puede presentar más adelante un “punto de fallo” en la fatiga contráctil. Tal observación tiene un gran interés preventivo, pues, insistiendo en lo dicho, **la fatiga metabólica antecede a la fatiga contráctil.**

► Lo anterior queda esto magníficamente ilustrado con el siguiente ejemplo de BASMAJIAN y DE LUCA. "Una viga de acero, que soporta la estructura principal de un puente, puede mantenerse en orden, sin modificación aparente (en lo visible), durante más de cincuenta años, pero, un día, de forma súbita, la viga cae y el puente se derrumba. Esto apreciado en la distancia del tiempo (y al margen de haberlo captado en la estructura – interna- del puente un signo de fatiga) nadie podría haberlo notado nada durante un período de cincuenta años. En cambio, *con un estudio más profundo se hubiese previsto que el punto de fallo (PF)* se produciría. Y es que **durante todo el tiempo la estructura cristalina de la viga de acero** (en su interior) **estuvo sufriendo una alteración por procesos químicos y físicos**. Para controlar la progresión de tales procesos se necesitan de datos de la misma *vida interior* (de la viga de acero) o modificaciones observables relativas a las **alteraciones internas**".

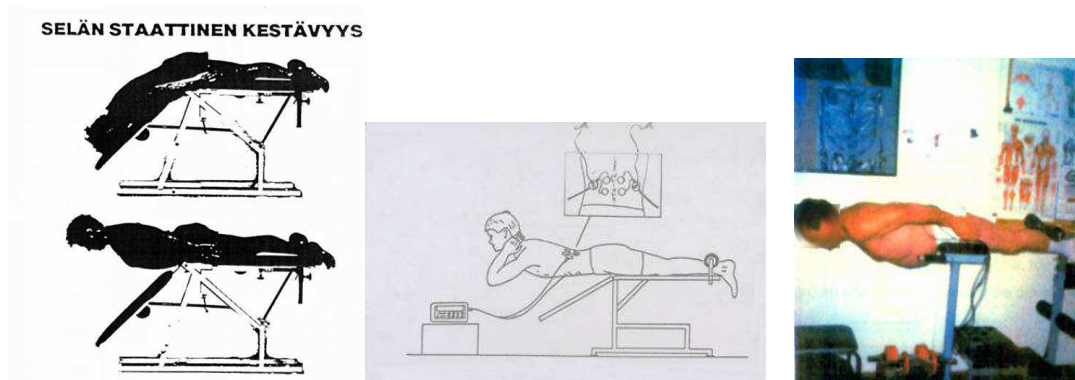
Esto quiere decir que con un estudio previo al derrumbe del puente, un estudio de los cambios químicos en la estructura del puente, hubieran previsto su caída (y en su caso sus consecuencias, a veces muy desgraciadas). Pues bien, se puede establecer un paralelismo entre esos *cambios químicos en la estructura del puente* y los *cambios bioquímicos* que en el "edificio humano" se pueden dar con ocasión de una contracción muscular mantenida, cambios bioquímicos que se pueden apreciar registrando las frecuencias de descarga de la motoneurona sobre el músculo.

Insistiendo, cierto que los parámetros frecuenciales pueden traducir **cambios metabólicos internos en el músculo** con ocasión de la contracción sostenida (acidificación, deficiencia de oxígeno, alteraciones de la conductibilidad de la membrana, etc.) capaces de expresar al mismo tiempo la fatiga muscular, la contractura y en determinados casos el dolor muscular. Esto es, **capaces de expresar con antelación la fatiga metabólica** ("antes de que el puente se caiga") previa a la fatiga contráctil ("cuando ya se ha caído o empezado derrumbarse el puente"). De los parámetros frecuenciales tiene especial significación la frecuencia mediana/MF/*median frequency*. Útil para comprenderlo es el texto siguiente.

Lo dicho guarda parentesco con el registro electrocardiográfico, como cuando hay un desnivel en el segmento ST del electrocardiograma (ECG) vinculándolo a una isquemia cardíaca, ocasionada por insuficiencia de aporte de sangre (oxígeno) al músculo cardíaco en esa zona. /// Al mismo tiempo considérese como el músculo esquelético a igual que el músculo cardíaco son músculos de carácter estriado (si bien el músculo cardíaco tiene peculiaridades que le confieren un régimen de trabajo diferente al músculo esquelético). De cualquier modo el registro de los potenciales de la actividad de cualquiera de ellos se realiza con electrodos de superficie. Y todavía otra matización: en el electrocardiograma tales potenciales se expresan en milivoltios (medida de tensión eléctrica que es igual a la milésima parte de un voltio, mV,  $10^{-3}$  V) sin embargo en la electromiografía de la que ahora se habla, la actividad muscular es todavía más pormenorizada, pues se expresa en microvoltios (millonésima parte de un voltio, símbolo  $\mu$ V) y numéricamente se corresponde con  $10^{-6}$  V.

► **Prueba de esfuerzo lumbar.-** Para estudio del dolor lumbar, la EMGS ha tomado hace años especial valor, dada la fiabilidad que parecieron ofrecer los estudios que se remiten al análisis de los *espectros de frecuencia* mediante la práctica de pruebas isométricas, como el *Low back fatigue test*, pudiendo poner de manifiesto la fatiga de los músculos paravertebrales. Se insiste en que la fatiga del músculo es muchas veces la antesala del dolor. A partir del test isométrico de SORENSEN, la señal EMGS arroja distintos parámetros.

(Ref.- Prueba de esfuerzo lumbar / Low Back Fatigue Test, [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com), noviembre/2006).



**NOTA.** Las imágenes que muestra la forma como se practica la *Prueba de esfuerzo lumbar / Low Back Fatigue Test* en “banco romano” de acuerdo con el test isométrico de SÖRENSEN (Ver Anexo 3)

La división de la región paravertebral lumbar se hace en cuatro cuadrantes, por encima y por debajo de la tercera vértebra lumbar (L3) disponiendo electrodos de superficie desechables (AgCl de 8 mm) en los niveles paravertebrales L1-L2 y L4-L5, a derecha e izquierda. Los electrodos a su vez se conectan a unos cables que incorporan elementos de amplificación, y de ahí a un microprocesador con entrada para cuatro canales. (Hoy día se puede trabajar con sistemas inalámbrico, pero hay que tener presente que con la conexión inalámbrica puede verse interferida la señal, obteniendo datos erróneos).

La carga que se impone a la región lumbar corresponde al peso del cuerpo, que ha de mantenerse por si mismo suspendido en el aire. El tiempo mínimo de registro para poder apreciar los resultados es de 30 segundos, **aunque es muy deseable que complete el tiempo de carga / esfuerzo hasta el fin del registro que permite el microprocesador, esto es, en torno a los dos minutos (2:09 minutos)**. La motivación del paciente no influye en los resultados del registro en tanto mantiene la posición de estudio.

*EMG analysis of lumbar paraspinal muscles as a predictor of the risk of low-back pain* (Eur Spine J. 2010 Jul;19 (7):1145-52. Epub 2010 Feb 2. PubMed - Medline) pone de manifiesto el interés Prueba de Fatiga / esfuerzo lumbar / Low Back Fatigue Test, y concluye con su utilidad para identificar un subgrupo de sujetos con el riesgo de desarrollar el dolor lumbar paravertebral en el futuro (“EMG variables recorded from lumbar paraspinal muscles can identify a sub group of subjects at increased risk of developing low-back pain in the future”).

Varios trabajos dados a conocer en publicaciones internacionales, algunas de gran prestigio (entre otras Spine) eran muy alentadores. En tal sentido y ánimo el autor del actual trabajo en noviembre/2006 publico *Prueba de esfuerzo lumbar / Low Back Fatigue Test*, [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com)).

No obstante es importante actualmente reconocer, quien escribe el primero, que el entusiasmo con que la técnica de análisis muscular por EMGS fue recibido inicialmente hoy día es preciso moderarlo.

En los últimos años de la vida de MICHEL FOUCAULT *en una ocasión* durante una entrevista en 1982, le dijeron “usted pensaba esto hace unos años y ahora dice otra cosa” a lo que respondió ‘Bueno, ¿crees que he trabajado durante todos estos años para decir lo mismo y no haber cambiado?’.

Ciertamente a principios de los años noventa llega la posibilidad de disponer a precio asequible de computadoras domesticas con coprocesador de alta velocidad, permitiendo ya el análisis de la Transformada Rápida de FOURIER (FFT) base para el cálculo de la fatiga muscular, y su expresión numérica.

Sin embargo con el devenir del tiempo, conforme se han ido acumulando experiencias, ahora es obligado, en una saludable autocrítica, adoptar una cautelosa prudencia, lo que no quiere decir que se vaya a desconocer el valor de tal técnica de EMGS, quizá más todavía a medida que se avance en resultados por el esfuerzo investigador.

► **En la actualidad el uso de la EMGS se estima en estos términos:**

(1) para una aproximación a la fatiga muscular, la EMGS junto al test isométrico de SÖRENSEN puede proporcionar datos útiles al terapeuta en el seguimiento del paciente, y así apreciar su evolución en el curso del tratamiento rehabilitador; (\*)

(2) el parámetro de la amplitud de la señal es poco riguroso y específico.

(3) interesa mucho más adentrarse **en el terreno de las frecuencias;** en este dominio (el de las frecuencias) el estudio de la fatiga muscular toma mayor relevancia y fiabilidad) siendo la frecuencia mediana (MF) la que proporciona mayor fiabilidad;

(4) preventivamente la *Prueba de esfuerzo lumbar / Low Back Fatigue Test* en “banco romano” practicada siguiendo el test isométrico de SÖRENSEN puede aportar datos de interés, especialmente para aquellas actividades que demanden una especial carga interna de trabajo en la región lumbar.

(\*) Insistiendo en lo ya anotado (ver parte primera de este trabajo) conviene considerar que **las pruebas funcionales o/y biomecánicas han de contribuir como un elemento más para tratamiento del paciente,** tanto que a la vista de ciertos resultados **tales pruebas han de servir para reorientar dicho tratamiento** (introduciendo correcciones, cambios, nuevas terapias etc.). En tal orden conviene su práctica **antes,**

**durante y después del tratamiento.** Antes del tratamiento (para ver las deficiencias) durante (buscando apreciar la evolución) y después (para constatar los resultados). En ocasiones parece hay demasiada prisa por dar de alta al paciente, incluso tomando un carácter de fijación insana (¡que se ponga a trabajar de una vez!) cuando en realidad en lo que hay que pensar es en el restablecimiento real del enfermo.

**NOTA.-** Igualmente anotar que las pruebas musculares referidas, incluyendo la que se ha denominado como prueba de esfuerzo lumbar (*Low Back Fatigue Test* en “banco romano”) NO son equiparables las pruebas *ergometría cardiaca*. Hablando de *ergometría* (prueba de esfuerzo cardiaca) existen **protocolos** (\*) bien fundamentados y reconocidos, como es el BRUCE. No se puede decir lo mismo ni mucho menos para columna lumbar. Por otra parte, por ejemplo, la prueba de esfuerzo que se realice para reasignar las tareas a un paciente a su alta, obliga a conocer muy bien los movimientos y la carga de las distintas actividades, utilizando a veces como parámetro de referencia la frecuencia cardiaca.

(Ref.- Una “biomecánica” cuestionada. Pruebas de “Capacidad Funcional” lumbar. [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com) 01/septiembre/2014).

(\*) **Un protocolo para uso médico** consiste en establecer, siempre con carácter muy general, la conducta del facultativo ante una situación o/y patología en cuestión. Hay distinguir claramente que una cosa es un protocolo refrendado por la comunidad científica internacional, como la prueba de esfuerzo cardíaco, *ERGOMETRÍA*, permitiendo considerar la capacidad para desarrollar trabajo físico un individuo; otra cosa muy distinta es fijar unas reglas de estudio y actuación para exámenes auxiliares del paciente, o para un determinado proyecto de investigación, que aunque se quiera denominar como “protocolo” no alcanza ni mucho menos el rigor del nivel anterior. Además los protocolos han de utilizarse como guías de orientación (de mínimos). Nada más. La estandarización de un protocolo puede servir como punto de partida, una referencia genérica de procedimiento, **pero siempre bajo la óptica supervisora que entiende que cada situación es diferente**. Son el producto de una validación técnica que puede realizarse por consenso o por juicio de expertos. Un protocolo médico ha de ser refrendado por la comunidad científica internacional del sector. También es extensible para estos casos la exigencia de que han de ser regularmente actualizados con la participación de aquellos que los deben aplicar. (Artículo 4, Principios generales Ley de Ordenación de las Profesiones Sanitarias, Ley 44/2003, de 21 de Noviembre).

Trabajos relacionados: (1) Una “biomecánica” cuestionada. Pruebas de “Capacidad Funcional” lumbar. [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com) 01/septiembre/2014. (2) Biomecánica empresarial. Valoración “biomecánica” del latigazo cervical, [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com) 03/noviembre/2016. (3) Un reduccionismo peligroso. Biomecánica para el estudio de la patología vertebral. Estudios biomecánicos con EMGS. Limitaciones para su proyección laboral. [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com) 28/02/11. (4) La Electromiografía de Superficie en la Prevención de la Fatiga Muscular. [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com) junio/2005. (5) Prueba de esfuerzo lumbar / *Low Back Fatigue Test*. [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com), Septiembre/2006. Un sistema español “único en el mercado”. “Garantiza una correcta evaluación del Síndrome del Latigazo Cervical”. (IBV/2018). [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com), 17/julio/2019.

./...

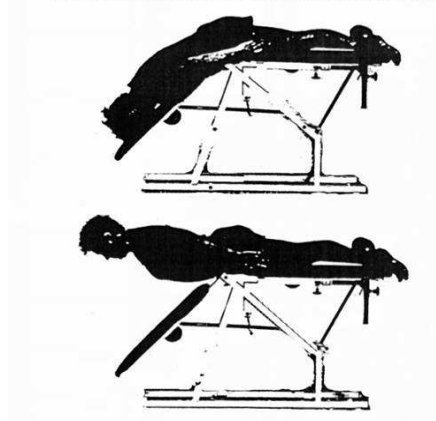
## ANEXO 4.- Utilidad actual de la prueba isométrica de SØRENSEN.

*Is the SØRENSEN test valid to assess muscle fatigue of the trunk extensor muscles? / ¿Es válida la prueba de SØRENSEN para evaluar la fatiga muscular de los músculos extensores del tronco?* Journal of back and musculoskeletal rehabilitation. **2016.** Demoulin C<sup>1, 2</sup>, Boyer M<sup>1</sup>, Duchateau J<sup>3</sup>, Grosdent S<sup>1, 2</sup>, Jidovtseff B<sup>1</sup>, Crielaard JM<sup>1, 2</sup>, Vanderthommen M<sup>1, 2</sup>.

Información de los autores: (1) Departamento de Ciencias del Deporte y Rehabilitación, Universidad de Lieja, Lieja, Bélgica. (2) Departamento de Medicina Física y Rehabilitación, Liege University Hospital Center, Liege, Bélgica. (3) Laboratorio de Biología Aplicada y Unidad de Investigación en Neurofisiología, Université Libre de Bruxelles, Bruselas, Bélgica).

**RESUMEN.- Antecedentes:** Muy pocos estudios han cuantificado el grado de fatiga caracterizado por la disminución de la fuerza de máxima contracción voluntaria (MVC) de los (músculos) extensores del tronco inducida por la prueba de SØRENSEN ampliamente utilizada. **Objetivo:** Medir el grado de fatiga de los músculos extensores del tronco inducido por la prueba de SØRENSEN. **Métodos:** Ochenta sujetos jóvenes y sanos se dividieron aleatoriamente en un grupo de control (CG) y un Grupo Experimental (EG), cada uno con un 50% de los dos géneros. El EG realizó una MVC isométrica de los extensores del tronco (prueba previa a la fatiga) seguida de la prueba de SØRENSEN, seguida de esta última inmediatamente por otra MVC (prueba posterior a la fatiga). El CG realizó solo las pruebas previas y posteriores a la fatiga sin ningún esfuerzo intermedio. **Resultados:** La comparación de las pruebas previas y posteriores a la fatiga reveló una disminución significativa ( $P < 0.05$ ) en la fuerza MVC normalizada por la masa corporal (-13%) en el EG, mientras que se produjo un pequeño aumento en el CG (+ 2.7%,  $P = 0.001$ ). **CONCLUSIONES:** Este estudio muestra que la prueba de SØRENSEN realizada hasta el agotamiento en una población joven y sana ofrece un resultado sobre la reducción de capacidad de los músculos extensores del tronco para generar la fuerza máxima, e indica que **esta prueba es válida para la evaluación de la fatiga en los músculos extensores del tronco.**

### SELÄN STAATTINEN KESTÄVYYS





NOTA.- “La primera prueba para evaluar la resistencia isométrica de los músculos extensores del tronco fue descrita por HANSEN en 1964. En 1984, después de un estudio de BIERING-SORENSEN, esta prueba se conoció como la "prueba de SORENSEN" y ganó una popularidad considerable como herramienta que se informó para predecir dolor lumbar en el próximo año en hombres. La prueba consiste en medir la cantidad de tiempo que una persona puede sostener la parte superior del cuerpo sin soporte en una posición horizontal propensa con la parte inferior del cuerpo fija a la mesa de examen”. (**Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature**. Christophe Demoulin, Marc Vanderthommen, Christophe Duysens, Jean-Michel Crielaard. Revue du Rhumatisme. **2006**).

En concreto, la validez del test de SÖRENSEN, entre otros tests de campo para conocer la resistencia de los músculos del tronco, utilizando al mismo tiempo la electromiografía, la mayoría de los estudios han mostrado su validez para analizar la fatiga muscular mediante el tratamiento de la señal electromiográfica **en el dominio de las frecuencia** y el tiempo (COOREVIST et al. 2008, GILLEARD y BROWN, 1994, HAGBERG, 1981, MULLER et al. 2010, SAINT-MAURICE et al. 2015), aunque también hay criterios discordantes al cuestionar la validez del mismo test isométrico de SÖRENSEN para evaluar la resistencia esos mismos músculos extensores del tronco (KANKAAPÄÄ et al. 1998 y MOFFROID et al. 1994). (\*).

(\*) Ref.- **Características de test para la valoración de la musculatura del tronco**. CASTO JUAN RECIO. Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández de Elche (España ) en **2017**. **Resumen**.- La resistencia de la musculatura del tronco tiene gran interés la prevención y tratamiento de lesiones (principalmente del raquis lumbar) y para mejor la capacidad funcional. El **objetivo** de esta Tesis Doctoral fue analizar y describir diversas características de algunos de los test más representativos para la valoración de la resistencia de la musculatura del tronco. Consecuentemente, se han desarrollado diversos protocolos para su valoración, especialmente test de campo. (Un test de campo para valorar la condición física de los músculos, en este caso del tronco, se caracteriza por su sencillez y brevedad). En los estudios descriptivos se analizaron varias de las características más importantes de los protocolos. Los **resultados** que los test analizados, entre ellos el de SÖRENSEN, dan una **buena fiabilidad relativa**, es decir, son capaces de discriminar correctamente entre sujetos de características similares; no obstante embargo, la **fiabilidad absoluta de algunos test de campo podría cuestionar** su uso en determinados contextos (por ejemplo en el alto rendimiento deportivo), por la dificultad para conocer con certeza si los cambios producidos en un deportista tras una intervención son reales o debidos a errores de la medida. (Nota.- La fiabilidad de un test se remite a la reproductividad de los valores obtenidos después de varias repeticiones (test-retest). La fiabilidad absoluta determina la consistencia de los resultados para cada individuo. La fiabilidad relativa indica la consistencia test-retest examinados los resultados obtenidos para cada participante en relación al total de la muestra).