

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
 TECNOLÓGICA EN PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DEL
 TRABAJO Y ENFERMEDADES PROFESIONALES - LEY N° 16.744**

Título:

PO156-2013 Generación de herramienta para la promoción, prevención y detección precoz del síndrome de dolor lumbar en población de riesgo.

Investigadores:

González	Saavedra	Ana Paola	Licenciada en Kinesiología, Magister en Ergonomía. Coordinadora de Ergonomía, Universidad Mayor. Santiago de Chile.
Ortega	Auriol	Pablo	Physical Therapist, MSc Human Movement Sciences, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands.
Claveria	González	Francisca	Licenciada en Kinesiología, MSc Rehabilitation Science, University of Alberta, Edmonton, Canadá.
Barra	Mondaca	Ignacio	Kinesiólogo, Licenciado en Kinesiología, CEMH-Universidad Mayor, Santiago de Chile.
Armijo	Olivo	Susan	Physical therapist, MSc PT, PhD, University of Alberta, Edmonton, Canadá

Fecha de Ejecución del Proyecto:

Enero 2014 - Julio 2015

Financiado por

Fundación Ciencia y Tecnología ACHS, Ciclo 2013.

Incluir Índice con numeración automática

1. Resumen:

El síndrome de dolor lumbar (SDL) es un trastorno que afecta principalmente a aquellos trabajadores sometidos a manejo manual de carga (MMC), siendo ésta una importante causa de ausentismo laboral en las empresas.

El objetivo de este estudio fue determinar la precisión diagnóstica de los test de flexión - extensión e índice de fatiga (individual y conjuntamente), medidos a través de electromiografía (EMG) de superficie, para la detección temprana del SDL en sujetos sanos, trabajadores con manejo manual de carga y sujetos en tratamiento por SDL, logrando diferenciar sujetos sanos de aquellos que presentan dolor lumbar y discapacidad debido al dolor.

El diseño de este estudio fue de corte transversal. 118 sujetos fueron requeridos para realizar los test EMG como a su vez completar el cuestionario de índice de discapacidad de columna lumbar. La precisión diagnóstica de los test fue analizada a través de la curva de ROC y de un modelo logístico.

Los resultados de este estudio validan el uso del test de flexión - extensión para diferenciar a los individuos que desarrollan discapacidad debido a dolor lumbar de individuos sin dolor. El modelo logístico del test, más las variables demográficas, clasifica correctamente ~ 84% de los sujetos con un AUC (ROC) de 0.92. Si este test se implementase como método diagnóstico laboral en las empresas permitiría identificar a los trabajadores en riesgo de desarrollar SDL y realizar medidas (prevención, promoción y/o intervención) oportunas con el fin de mejorar y/o mantener la salud de los trabajadores e incrementar la productividad de la empresa. Por el contrario, el test de fatiga no provee poder discriminador en esta muestra.

Palabras Claves: *región lumbar, dolor, electromiografía, fenómeno de flexión-relajación, diagnóstico.*

2. Introducción:

El síndrome de dolor lumbar (SDL) es un trastorno músculo-esquelético altamente prevalente. Se estima que un 80% de la población adulta experimenta al menos un episodio de SDL que impacta su funcionalidad (Warfield & Fausett, 2002). En Estados Unidos el SDL es la segunda causa de ausentismo laboral, afectando los niveles de productividad del país (Warfield y Fausett 2002). A nivel mundial el 37 % de los trastornos músculo-esqueléticos en la zona lumbar están relacionados con la actividad laboral desempeñada (Punnett et al. 2005). Dentro de estas actividades, los trabajadores sometidos a manejo manual de carga (MMC) presentan una mayor incidencia y prevalencia de SDL (Punnett y Wegman 2004), siendo ésta una importante causa de ausentismo laboral en las empresas. La encuesta nacional de empleo, trabajo, salud y calidad de vida (Min. Salud 2009) reporta que un 8,9 % de la población ha tenido un episodio de dolor lumbar en los últimos 12 meses. Además, de las personas que atribuyen sus dolores físicos a su ocupación laboral, el 17,2% reportan dolores lumbares, siendo los segundos en importancia después de las extremidades inferiores. Otro punto importante es la cantidad de recidivas de SDL que los trabajadores reportan en su historial médico. Se ha reportado que un 73% de los trabajadores presentan nuevos episodios de SDL en el corto plazo, lo que sugiere un criterio poco sensible para el alta diagnóstica y reincorporación de un trabajador a una carga laboral completa en el corto plazo. Además, las recidivas aumentan en relación a la edad de la primera manifestación y edad actual del sujeto (Donelson, McIntosh y Hall 2012). Por ejemplo, un sujeto que presenta un SDL a temprana edad comenzará a sufrir, con el paso del tiempo, más frecuentemente de episodios incapacitantes de SDL.

A nivel nacional existe una gran preocupación en el abordaje del SDL. Estadísticas de la Asociación Chilena de Seguridad sitúan al SDL como tercera enfermedad de mayor diagnóstico. Esta incidencia motivó, la creación de la “Guía Técnica para la evaluación y control de los riesgos asociados al manejo o manipulación manual de carga” desarrollada por la Subsecretaría de Previsión Social (Min. Salud 2008), demostrando la necesidad de nuevas estrategias para abordar esta problemática.

Dentro de la Guía Técnica para MMC se definen las características físicas del trabajador, la exigencia biomecánica y bioenergética como variables importantes dentro de la prevención y evaluación del SDL en trabajadores con MMC. En esta guía se destacan los problemas musculares asociados al SDL como la fatiga y las lesiones que se generan en el sistema muscular como parámetros importantes a evaluar. En esta misma línea dentro de la guía, en el capítulo de evaluación de factores de riesgo en MMC, se menciona a la electromiografía de superficie (EMG) como una técnica de medición directa para determinar objetivamente y de manera individualizada el riesgo asociado al desarrollo de SDL. La utilización de esta guía y normas establecidas para reducir el SDL dentro de la población no han sido efectivas frente a la gran incidencia de SDL dentro de los organismos administradores de salud.

Nuestra investigación se justifica en la validación y creación de test diagnósticos basados en electromiografía y sus protocolos de aplicación para la detección temprana y prevención del SDL en sujetos sometidos a MMC. Estos test diagnósticos serán utilizados en población trabajadora de riesgo.

El objetivo de nuestra investigación es determinar la precisión diagnóstica de los test de flexión - extensión e índice de fatiga (individual y conjuntamente), medidos a través de EMG de superficie, para la detección temprana del SDL en

sujetos sanos, trabajadores con manejo manual de carga y sujetos en tratamiento por SDL.

Marco teórico:

El uso de EMG ha sido descrito en estudios enfocados en los aspectos biomecánicos y electrofisiológicos involucrados en la patogenia y progresión del SDL desde los años '70 a la actualidad (Cobb et al. 1975). Investigaciones han reportado la presencia de diferencias significativas en actividad electromiográfica (EMG), en amplitud y frecuencia, en relación a sujetos sanos y sujetos con SDL (Alschuler et al. 2009). Así, los resultados de estos estudios son alentadores para el uso de EMG como herramienta diagnóstica. Sin embargo, existe una gran cantidad de pruebas y procesamientos de la señal EMG registrada, que impiden la comparación de los resultados entre estudios disponibles. Un estudio reciente (Neblett et al. 2013) buscó clarificar qué tipo de procesamientos y procedimientos son los más adecuados para distinguir a los sujetos que sufren de SDL, concluyendo que la utilización de un test de flexión – extensión y el uso de proporciones para el procesamiento de la señal es lo mejor disponible dentro de la literatura, destacando con una sensibilidad de 0.91 para diagnosticar el SDL. Otro parámetro obtenido de la EMG que ha demostrado una alta sensibilidad (0.81) es la medición de la fatiga muscular basada en la frecuencia mediana del espectro de la señal EMG. En nuestra investigación, se planteó el uso de estos dos test diagnósticos de manera simultánea, maximizando la sensibilidad diagnóstica, para la evaluación y detección temprana del SDL en trabajadores sometidos a MMC.

El fenómeno de flexión – extensión se ha descrito desde los años '50 (Floyd y Silver 1951) y se refiere a un patrón de actividad muscular durante la flexión máxima de tronco y la vuelta a una posición erguida. En esta prueba los músculos lumbares durante su contracción excéntrica manifiestan actividad EMG,

pero al final del rango de movimiento estos músculos dejan de ejercer fuerza y desaparece su actividad (Alschuler et al. 2009). La prueba ha demostrado ser consistente en sus resultados tanto para sujetos sanos (Othman et al. 2008; Sihvonen et al. 1991) como también en sujetos con SDL, evidenciando diferencias entre estos grupos. La diferencia radica en que los sujetos con SDL poseen una mayor actividad eléctrica muscular durante la prueba de flexión – extensión que los sujetos sanos, especialmente durante la fase de máxima flexión, la cual no debería evidenciar actividad EMG, mostrando una incapacidad de relajar la musculatura en el punto de mayor flexión lumbar (Golding 1952; Kaigle, Wessberg y Hansson 1998; Paquet, Malouin y Richards 1994; Shirado et al. 1995).

El índice de fatiga muscular está basado en el análisis de la frecuencia mediana de la señal. La obtención de ésta permite evaluar la fatiga y la recuperación (De Luca 1997). Cuando la señal de EMG es registrada de una contracción isométrica mantenida, la frecuencia mediana del espectro de poder puede ser determinada por el número y tipo de unidades motoras activas en ese momento (De Luca 2010). La disminución de la frecuencia media durante una contracción fatigante evidencia el fenómeno de la fatiga, y particularmente la pendiente del análisis de la regresión de los datos es el más utilizado como medida de fatiga.

De acuerdo al contexto expuesto anteriormente, se impone como una necesidad en la salud laboral la creación y validación de test diagnósticos que permitan una detección temprana del SDL. Esto se traducirá en una intervención oportuna, la cual maximizará la labor preventiva, cumpliendo con las metas sanitarias del país en relación a la prevención y tratamiento oportuno del SDL para disminuir el ausentismo laboral.

3. Objetivos de la investigación e Hipótesis.

Objetivo General

Determinar la precisión diagnóstica de los test de flexión - extensión e índice de fatiga (individual y conjuntamente), medidos a través de EMG de superficie, para la detección temprana del SDL en sujetos sanos, trabajadores con manejo manual de carga y sujetos en tratamiento por SDL.

Objetivos específicos

- Comparar los resultados de los test de flexión - extensión e índice de fatiga, medidos a través de EMG en las 3 poblaciones de estudio.
- Determinar la precisión diagnóstica individual y conjunta (sensibilidad y especificidad y likelihood ratios) de los test aplicados para detectar el SDL en una población de riesgo en trabajadores con manejo manual de carga y sujetos en tratamiento por SDL.
- Determinar la capacidad predictiva de los test aplicados, variables demográficas y antropométricas, sobre el desarrollo de SDL en una población de riesgo de trabajadores con manejo manual de carga y sujetos en tratamiento por SDL.

Hipótesis:

Los test basados en cambios en la función neuromuscular evaluados mediante electromiografía tendrán una alta precisión diagnóstica del SDL y podrán diferenciar una población de riesgo (trabajadores que realizan manejo manual de carga) con aquellos trabajadores que cursan SDL o están propensos a sufrir esta patología.

Dado el buen desempeño de estos test diagnósticos acorde a lo reportado por la bibliografía, es de esperar que su aplicación conjunta sirva como medida preventiva y logre identificar a los sujetos que puedan sufrir un episodio de SDL en

el mediano y corto plazo. La correcta detección de los sujetos que cursarán o cursan un SDL dentro de una población de riesgo, permite una mejor apreciación sobre el desempeño de los test diagnósticos, en comparación con estudios anteriores que utilizan otros diseños metodológicos. Así nuestro diseño permitirá prevenir el SDL en trabajadores que se encuentren sometidos a MMC, lo cual implicaría mejoras en la productividad, disminución en ausentismo laboral y menores gastos en atención en salud de los organismos administradores.

4. Metodología:

Diseño:

El diseño de este estudio es de corte transversal. Los test EMG de flexión - extensión y test de fatiga fueron aplicados a todos los sujetos con el objetivo de identificar sujetos con discapacidad por dolor lumbar de los sujetos sanos. Metodológicamente, para poder determinar la capacidad diagnóstica de cualquier test en salud, es necesario que la muestra a analizar contenga individuos con distintos niveles de la patología de interés. En el caso particular de este estudio, es necesario que la muestra esté conformada por sujetos con SDL, sujetos potencialmente en riesgo y sujetos que sean sanos. (Fritz & Wainner, 2001). De esta forma los tests diagnósticos utilizados pueden proveer resultados que no estén sesgados por la muestra, y a su vez puedan proveer un diagnóstico preciso incluso en aquellos sujetos que son difíciles de pesquisar. Sin embargo, para poder realizar el análisis de precisión diagnóstica de los tests, se tiene que dividir la muestra en dos grupos: aquellos que presentan la condición (SDL) o aquellos que no la presenten (no SDL) basado en un método reconocido como “Gold Standard”. Para este estudio el método que se consideró como “Gold Standard” para diagnosticar el SDL fue la examinación clínica combinado con el reporte de dolor de espalda baja por parte del sujeto. Además de esto, en este estudio se utilizó el cuestionario de Oswestry de discapacidad de la columna lumbar para

determinar cuáles sujetos padecían SDL y cuáles no. De esta forma los resultados de los test electromiográficos se contrastaron con los resultados de la apreciación clínica para determinar la precisión diagnóstica de los test y el cálculo de los parámetros de sensibilidad, especificidad y likelihood ratios.

La descripción de la muestra y los test aplicados serán descritos con mayor detalle en las respectivas secciones de este reporte.

El estudio se efectuó entre Enero 2013 y Julio 2015.

Participantes

Tamaño de muestra: Basado en la fórmula proporcionada por Malhotra et al. (2010), asumiendo una sensibilidad esperada del 80% y una prevalencia del 40% con una precisión del 0.1, un nivel de error alpha del 0.05 con sus respectivos 95% intervalos de confianza, fue necesario reclutar un número aproximado de 120 sujetos.

Para la selección de la muestra se utilizaron los siguientes criterios:

- **Criterios de inclusión:**

- Entre 18 y 50 años de edad con diagnóstico clínico de SDL (grupo tratamiento)
- Sin episodios de SDL (población sana)
- Al menos 6 meses de actividades que involucren MMC

- **Criterios de exclusión:**

- Escoliosis severa diagnosticada o intervenida quirúrgicamente, ya que estas condiciones pueden alterar el comportamiento muscular del sujeto a evaluar.
- Diagnóstico de enfermedad crónica que pueda afectar la función muscular manifestando síntomas de cansancio y fatiga, como por ejemplo enfermedad tiroidea o enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- Enfermedad neurológica central, como parálisis cerebral, síndromes genéticos u otros que afecten la actividad muscular.

Muestreo y reclutamiento de los sujetos

La selección de sujetos se realizó mediante un muestreo no probabilístico a conveniencia.

Empresas interesadas e instituciones de salud con sujetos de interés para el estudio fueron contactadas por el investigador principal. Una vez que las empresas e instituciones de salud accedieron al estudio, se concertó una cita con los sujetos interesados en participar donde el investigador principal les explicó los objetivos del estudio y se les clarificó dudas respecto a éste. Cada sujeto firmó un consentimiento informado. Este estudio fue aprobado por los Comités de Ética de la Universidad Mayor y la Clínica Santa María.

Procedimiento

Evaluación general de los sujetos:

Cada sujeto fue evaluado por un investigador a través de cuestionarios, una examinación física general y una anamnesis simple. La entrevista registró información sobre características etéreas, peso, talla, enfermedades y fármacos utilizados. En adición, se les solicitó a los sujetos responder el cuestionario Oswestry de índice de discapacidad (ODI) debido al SDL (Fairbank y Pynsent 2000). Este cuestionario fue usado para establecer el nivel de discapacidad del SDL en todos los grupos y a su vez fue usado como “Gold Standard” para establecer que cada sujeto presentaba incapacidad debido a SDL. Este clasifica a los individuos en 5 categorías de incapacidad: mínima, moderada, intensa, discapacidad y limitación funcional máxima.

Clasificación de los sujetos:

En este estudio se utilizaron las siguientes clasificaciones de los sujetos:

1) Sujetos sanos y sujetos con discapacidad debido al dolor lumbar

Para clasificar estos dos grupos de estudio, primero se le preguntó al sujeto si había tenido dolor lumbar dentro del último año y luego llenar el ODI. Si un individuo relataba no padecer de dolor de la espalda y tenía un punto de corte de menos o igual a 10% en el ODI se clasificó como sano, de lo contrario se consideró como sujeto con discapacidad debido al SDL (paciente). De esta forma, los resultados de los test electromiograficos de flexión-extensión se contrastaron con los resultados de este Gold Standard para determinar la precisión diagnóstica de cada test.

2) Sujetos sanos, en riesgo y con dolor lumbar

Los sujetos que participaron en este estudio también fueron clasificados en 3 grupos: Esta clasificación fue hecha solo para asegurarse de que sujetos con distintos niveles de la patología de interés fueran incluidos, lo cual metodológicamente previene el sesgo de espectro (Whiting et al., 2004) y asegura que los resultados de la precisión diagnóstica de los test sean válidos.(Fritz & Wainner, 2001; Whiting et al., 2004)

- a) **Sujetos Sanos:** Definido como aquellos sujetos que no auto-reportan molestias o patologías lumbares y no se encuentran sometidos a MMC diariamente.
- b) **Sujetos en riesgo:** Definido como sujetos que dentro de su jornada laboral realicen tareas que involucren MMC y no reporten molestias incapacitantes de la zona lumbar.

- c) Sujetos con SDL:** Son aquellos que se encuentran en tratamiento por patología lumbar diagnosticada al momento de la evaluación para el estudio.

Evaluación Electromiográfica

Las evaluaciones fueron realizadas en una sola sesión, todo el material de registro fue llevado a la universidad, empresa o institución de salud según correspondiera el día de evaluación. Una vez firmado el consentimiento informado, los sujetos fueron entrenados en el uso de los instrumentos, equipos y feedback (explicados abajo), además fueron instruidos para realizar los dos test clínicos de electromiografía, el test de Flexión - Extensión y el test de fatiga muscular (figura 2, 5). Luego de este entrenamiento, se posicionaron los electrodos de registro EMG, lo cual será descrito posteriormente en mayor detalle (figura 1).

Registro de Electromiografía

Para el registro de electromiografía se utilizaron 4 sensores de superficie, estos fueron posicionados sobre los músculos erectores espinales y multífidos bilateralmente. Se utilizaron sensores de barras con diferencial simple y distancia inter-electrodo de 1 cm. El protocolo para el posicionamiento de los electrodos se realizó acorde a las recomendaciones SENIAM (Hermens et al. 1999). Para el registro se utilizó un dispositivo semi-inalámbrico Delsys Myomonitor IV. Se registró la señal de manera continua durante la ejecución de ambos test (Flexión-Extensión como fatigabilidad Muscular) y el test de contracción voluntaria máxima.

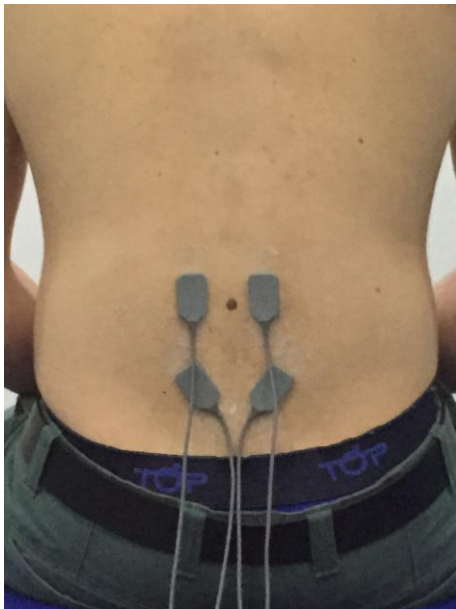


Figura 1. Representa la ubicación de los sensores de Electromiografía sobre musculatura Erectores espinales y Multifidos según recomendaciones de SENIAM, los electrodos se encuentran adheridos con cinta doble faz hipoalargenica.

Test de flexión – extensión

Este test consiste en realizar una flexión máxima de tronco desde una posición bípeda y volver nuevamente a la posición inicial. El test se compone de 3 fases principales; 1) el sujeto en posición bípeda realiza una flexión de tronco y cadera hasta el máximo rango sin forzar el descenso, en tres segundos; 2) permanece en la posición de máxima flexión tres segundos y finalmente; 3) realiza una extensión de tronco y cadera para volver a la posición original en tres segundos. La temporalidad del registro fue instruida verbalmente y no registrada ni controlada por algún método. Durante la realización de este test se registró la EMG de la musculatura lumbar.

Normalización: Contracción voluntaria máxima (CVM)

Para el registro de fuerza durante el test de fatiga se utilizó una “silla instrumentada” para brindar un feedback de fuerza en tiempo real a los sujetos. El feedback es visualizado en un monitor frente al sujeto (figura 3). La silla fue confeccionada a pedido por Kinetecnics Inc. Chile de acuerdo a un modelo similar confeccionado por David Ltda. (Finlandia). La silla contó con una célula de carga AMTI (MA, USA) que se localizó en el respaldo para registrar la fuerza ejercida por los erectores espinales durante el movimiento de extensión de tronco (figura 2).



Figura 2. Vista lateral de silla instrumentada con célula de carga AMTI en respaldo.

Para poder normalizar la actividad EMG, se les solicitó a los sujetos realizar una contracción voluntaria máxima en la silla realizando extensión de tronco en sedente (figura 3 y 4). Los sujetos ejercen la fuerza sobre el respaldo a nivel inter-escapular evitando el uso de las extremidades inferiores. Los sujetos fueron motivados verbalmente para realizar la mayor fuerza muscular. La contracción fue mantenida por al menos tres segundos. Tres contracciones máximas fueron requeridas y el promedio fue utilizado para la posterior normalización de los datos.



Figura 3. Representación lateral durante la realización de la Contracción Voluntaria Máxima.

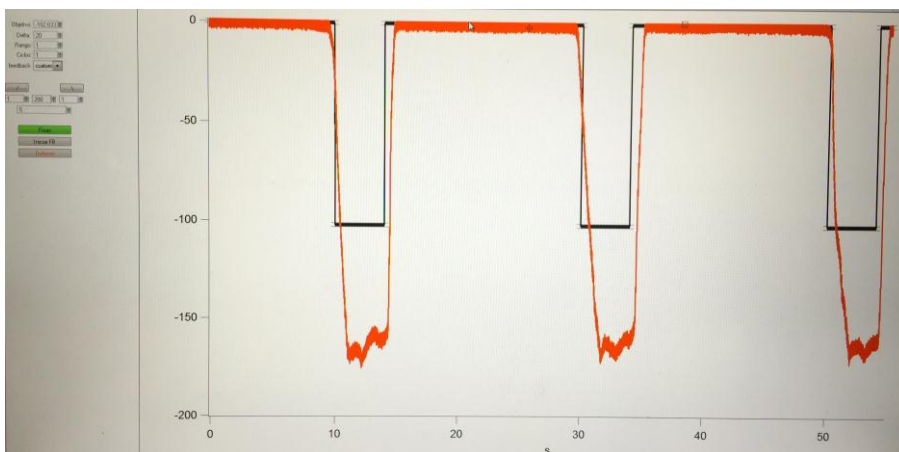


Figura 4. Feedback en tiempo real de la magnitud de la contracción voluntaria máxima.

Test de Fatiga Muscular

Para la realización del test se les solicitó a los sujetos realizar una extensión de tronco a un 60% de la contracción voluntaria máxima (CVM) obtenida anteriormente, llegando hasta la extenuación, considerada cuando el sujeto verbalmente expresa su imposibilidad de continuar con la prueba u observando la incapacidad del sujeto de mantener la fuerza correspondiente al 60% de su CVM. Para la mantención de una fuerza constante se implementó un feedback de tiempo real en el cual los sujetos debían mantener una fuerza constante, correspondiente a un 60% de fuerza durante la CVM. Este feedback fue visualizado en un monitor frente al sujeto (figura 5).

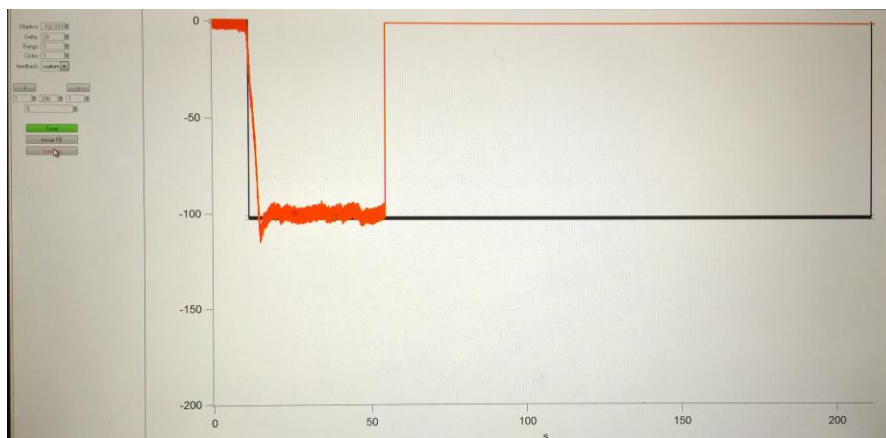


Figura 5. Representación de Feedback en tiempo real durante la realización del test de fatiga muscular. En negro se representa la fuerza correspondiente al 60% de la fuerza máxima registrada. En rojo se representa la fuerza ejercida sobre el respaldo de la silla instrumentada hasta la extenuación.

Procesamiento de las señales EMGs

Las señales fueron registradas a 1024 Hz, e inicialmente procesadas mediante un filtro Butterworth de segundo orden de pasa banda 10-400 Hz más un adicional de detención de bandas 49-51 Hz. Luego de una inspección visual de la señal y su espectrograma calculado mediante periodograma, éstas fueron rectificadas y normalizadas a la CVM de los sujetos.

Para las señales del test de flexión – extensión, se aplicó además a la señal un filtro de segundo orden Butterworth de 6Hz para la obtención de la envolvente de la señal.

Variables EMGs de Interés

Índice de flexión-extensión: Después del procesamiento de la señal se extrajo el promedio de la amplitud normalizada de las fases de flexión y extensión durante los 3 segundos de registro y se calculó la proporción de estas dos fases dividiendo la actividad EMG obtenida en flexión por la actividad EMG y la obtenida en extensión para calcular finalmente el índice de flexión - extensión.

Índice de fatiga: Se calculó mediante la frecuencia mediana obtenida del análisis del espectro de frecuencias mediante el método de Welch (Welch, 1967) en ventanas de 0.5 s. con una ventana Hamming. Luego del cálculo de la frecuencia mediana se aplicó una regresión lineal cuyo valor de pendiente fue la variable (índice de fatiga) a considerar para el análisis de los datos.

Análisis estadístico

Las variables de interés y los datos antropométricos de los sujetos se analizaron descriptivamente. Un análisis de MANOVA se realizó para ver si existían diferencias significativas en los datos antropométricos como a su vez en los test electromiográficos por grupo específico (sujetos sanos, en riesgo y con dolor lumbar) y por status de enfermedad (sanos o sujetos clasificados con discapacidad debido a SDL).

Para poder establecer la precisión diagnóstica de los test electromiográficos de interés y calcular los puntos de corte de cada uno de ellos, los datos electromiográficos de los músculos multífidos (derecho e izquierdo) y el

erector espinal (derecho e izquierdo) durante el test de flexión-extensión, como a su vez durante el test de fatiga, fueron sometidos a un análisis de curva de funcionamiento del receptor o más conocido como “ROC curve analysis”. Este análisis es considerado el “Gold Standard” para analizar la precisión diagnóstica de los test en salud (Fritz & Wainner, 2001). Este tipo de análisis determina la sensibilidad, especificidad, y likelihood ratios de cada test, como a su vez la capacidad discriminativa. Esto quiere decir, que este análisis indica si el test es capaz de determinar con exactitud los individuos que padecen o no padecen de la condición de interés. La exactitud de la discriminación está dada por el área debajo de la curva (AUC). Así, el AUC es un índice de discriminación de la clasificación proporcionada por cada test. Los siguientes valores de referencia se ocuparon para evaluar la capacidad discriminativa de los test basado en el AUC:

- Excelente discriminación AUC = 0,90 a 1,0
- Buena discriminación: AUC = 0,80 hasta 0,90
- Discriminación moderada AUC = 0,70 a 0,80)
- Pobre discriminación AUC = 0,60 a 0,70; y
- Discriminación no es mejor que el azar ($AUC \leq 0.50$)(Bewick, Cheek, & Ball, 2004)

Se calculó para cada test y para cada músculo (espinales y multífidos) el área bajo la curva (AUC) proporcionada por cada análisis de ROC. A su vez, con este análisis se pudo determinar un punto de corte que fuera eficiente para clasificar a los sujetos en sanos o con discapacidad debido al dolor lumbar. Este método compara los valores de 2 grupos (pacientes y sanos) en cada medida y construye un gráfico donde se visualiza la eficiencia de cada test en términos de la clasificación de los grupos para cada posible punto de corte. El gráfico compara la clasificación de verdadero-positivo (paciente identificado como paciente) con la clasificación de falso-positivo (sujeto sano identificado como paciente) (Pepe,

Longton y Janes 2009). El punto de corte que maximiza tanto la sensibilidad y la especificidad, es decir, donde fueron casi iguales y el porcentaje de apropiada clasificación fuese el más alto fue elegido como el mejor punto de corte para diferenciar entre pacientes con SDL y sujetos sanos.

Además se realizó un análisis de regresión logística con los tests de interés, más las variables demográficas para determinar cuál fue la combinación de los tests que arrojaban una mejor predicción de los sujetos con patología.

Los datos fueron analizados con SPSS 22 y Stata versión 12.

4. Resultados

Participantes

Se evaluaron un total de 172 sujetos de los cuales quedaron excluidos 54 correspondientes a un 31% del total debido a diversos motivos, encontrándose incapacidad de realizar la prueba de manera correcta, mala calidad de las señales obtenidas, aumento del tejido graso en la zona lumbar, vestuario que no permitía el correcto posicionamiento de los electrodos, como las más comunes.

Del total de evaluados, 118 sujetos fueron incluidos en el estudio, categorizándose en 3 grandes grupos, distinguiendo 40 sujetos sanos, 40 sujetos clasificados en riesgo (trabajadores que dentro de su jornada laboral realizan tareas que involucren MMC y no reportan molestias incapacitantes de la zona lumbar) y 38 sujetos considerados pacientes con dolor lumbar recibiendo tratamiento kinésico estándar.

Los trabajadores que realizaban MMC fueron reclutados de empresas de distintos rubros:

- Viña Chocalan, Melipilla, Santiago.
- Pinturas BUNT, La Cisterna, Santiago.
- Servicio de Atención Médica de Urgencia (SAMU), Santiago Centro, Santiago.

Los sujetos sanos fueron reclutados entre estudiantes y trabajadores administrativos de la Universidad Mayor, sede Huechuraba, Santiago.

Los sujetos en tratamiento por SDL fueron reclutados en su totalidad del Servicio de Kinesiología de la Clínica Santa María, Providencia, Santiago.

Datos antropométricos de la muestra

La descripción de los datos antropométricos de los sujetos por cada uno de estos grupos se encuentra en la Tabla 1.

Estadística descriptiva				
	Grupos	Promedio	Desv. Estándar	N
Edad (años)	S	21.58	2.241	40
	R	43.02	11.45	40
	SDL	45.89	15.15	38
Peso (kg)	S	69.70	11.47	40
	R	78.92	11.29	40
	SDL	72.61	14.50	38
Estatura (cm)	S	170.07	7.91	40
	R	169.73	7.36	40
	SDL	165.61	9.46	38

Tabla 1. Estadística descriptiva de los datos demográficos para los grupos sanos(S), en riesgo (R) y con síndrome de dolor lumbar (SDL).

Hubo diferencias significativas en todas las variables antropométricas entre los 3 grupos de estudio (edad ($p < 0.001$); peso ($p = 0.004$); estatura ($p = 0.034$)). Los sujetos de los grupos en riesgo y con SDL fueron significativamente de más edad, con mayor peso y de menor estatura que los individuos sanos.

La Tabla 2 presenta los datos demográficos y antropométricos descriptivos de la muestra, dividida en 2 grupos: sanos y con discapacidad debido al dolor lumbar. Hubo diferencias significativas entre estos dos grupos en edad ($p < 0.001$) y estatura ($p = 0.022$). El Peso no fue estadísticamente diferente entre los grupos. Los sujetos con discapacidad debido a SDL fueron significativamente de más edad y de menor estatura que los individuos sanos.

Estadística descriptiva				
	Estatus de la enfermedad	Promedio	Desv. Estándar.	N
Edad (años)	S	30.10	11.81	61
	SDL	43.72	15.77	57
Peso (kg)	S	74.31	12.59	61
	SDL	73.18	13.45	57
Estatura (cm)	S	170.23	7.72	61
	SDL	166.68	8.86	57

Tabla 2. Descripción de datos demográficos y antropométricos descriptivos de la muestra dividida en grupos: sanos y con discapacidad

Datos descriptivos de los test electromiográficos

Los datos descriptivos de los test EMG de flexión - extensión para los músculos multífidos (derecho e izquierdo) y erector espinal (derecho e izquierdo) como a su vez el índice de fatiga para ambos músculos y ambos lados de los 3 grupos analizados es presentado en la Tabla 3. El grupo de sanos e individuos con discapacidad debido al dolor lumbar es presentado en la Tabla 4.

Como puede verse en los datos descriptivos, los individuos sanos siempre presentaron un mayor ratio de flexo-extensión que los individuos en riesgo o con SDL para todos los músculos analizados. Sin embargo, no existe un patrón claro de aumento o disminución cuando se comparan los grupos en relación al índice de fatiga.

Basado en el análisis de MANOVA, se determinó que hubo diferencias significativas solo en el test de flexión - extensión entre los individuos sanos, en riesgo y con SDL, como a su vez entre los individuos sanos y aquellos clasificados con discapacidad debido al SDL en la mayoría de los músculos analizados. Los

únicos ratios de flexión- extensión que no fueron significativamente distintos entre los individuos sanos y aquellos en riesgo fueron el ratio de los músculos multífidos derecho e izquierdo. Sujetos con SDL presentaron un ratio de flexión-extensión significativamente menor que los sujetos clasificados en riesgo y sanos ($p < 0.01$). Además los sujetos con SDL presentaron un ratio de flexión-extensión significativamente menor que aquellos clasificados como sanos. El resto de los test no presentó diferencias significativas entre ninguno de los grupos analizados.

	GRUPO	PROMEDIO	DEV. STD.	N
FLX - EXT Ratio Multífido D.	S	3.24	0.94	40
	R	2.99	0.84	40
	SDL	1.84	0.44	38
FLX - EXT Ratio Erector Espinal D.	S	4.60	1.42	40
	R	3.54	1.11	40
	SDL	2.16	0.72	38
FLX - EXT Ratio Erector Espinal I.	S	4.53	1.26	40
	R	3.59	1.06	40
	SDL	2.17	0.77	38
FLX - EXT Ratio Multífido I.	S	3.17	1.08	40
	R	3.02	0.90	40
	SDL	2.03	0.55	38
Índice Fatiga Multífido D.	S	-0.07	0.15	40
	R	-0.04	0.11	40
	SDL	-0.03	0.20	38
Índice Fatiga Erector Espinal D.	S	-0.05	0.09	40
	R	-0.07	0.18	40
	SDL	-0.04	0.22	38
Índice Fatiga Erector Espinal I.	S	-0.07	0.19	40
	R	-0.03	0.17	40
	SDL	-0.05	0.20	38
Índice Fatiga Multífido I	S	-0.03	0.12	40
	R	-0.01	0.21	40
	SDL	0.01	0.14	38

Tabla 3: Estadística descriptiva de la proporción del test de flx – ext, e índice de fatiga para los grupos sanos(S), en riesgo (R) y con síndrome de dolor lumbar (SDL).

	GRUPO	PROMEDIO	DEV. STD.	N
FLX - EXT Ratio Multífido D.	S	3.25	0.90	61
	SDL	2.11	0.67	57
FLX - EXT Ratio Erector Espinal D.	S	4.25	1.39	61
	SDL	2.60	1.10	57
FLX - EXT Ratio Erector Espinal I.	S	4.19	1.31	61
	SDL	2.66	1.08	57
FLX - EXT Ratio Multífido I.	S	3.25	1.04	61
	SDL	2.22	0.63	57
Índice Fatiga Multífido D.	S	-0.06	0.13	61
	SDL	-0.04	0.17	57
Índice Fatiga Erector Espinal D.	S	-0.06	0.15	61
	SDL	-0.05	0.19	57
Índice Fatiga Erector Espinal I.	S	-0.05	0.20	61
	SDL	-0.05	0.18	57
Índice Fatiga Multífido I	S	-0.01	0.19	61
	SDL	-0.02	0.13	57

Tabla 4: Estadística descriptiva una vez aplicado el criterio estándar para clasificar a la muestra en sanos o con SDL.

Análisis de ROC

La Tabla 5 muestra un resumen del análisis de ROC para los test analizados. Para cada test, se calculó sensibilidad, especificidad, likelihood ratios y porcentaje de individuos clasificados correctamente. El test de flexión - extensión fue superior al test de fatiga en todos los músculos analizados para diferenciar individuos sanos de individuos con discapacidad debido al dolor lumbar. El AUC para este test fue de 0.82 a 0.86, indicando una buena discriminación. En cambio el test de índice de fatiga, tuvo una AUC de 0.41 a 0.49 para los músculos analizados, indicando una discriminación que no es mejor que el azar.

TEST	PUNTO DE CORTE	AUC [95%CI]	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD	% CLASIFICADO CORRECTAMENTE	LR+	LR-
FLX - EXT Ratio Multifido D.	2.45	0.86 (0.79 - 0.93)	81.97%	78.95%	80.51%	3.8934	0.2284
FLX - EXT Ratio Multifido I.	2.53	0.84 (0.76 - 0.91)	85.25%	70.18%	77.97%	2.8582	0.2102
FLX - EXT Ratio Erector Espinal D.	3.34	0.82 (0.75 - 0.89)	68.85%	80.70%	74.58%	3.5678	0.386
FLX - EXT Ratio Erector Espinal I.	2.64	0.83 (0.75 - 0.90)	96.72%	59.65%	78.81%	2.397	0.055
Índice Fatiga Multifido D.	-0.033	0.43 (0.33 - 0.54)	57.38%	40.35%	49.15%	0.9619	1.0563
Índice Fatiga Multifido I.	-0.03	0.49 (0.39 - 0.60)	59.02%	50.88%	55.08%	1.2014	0.8055
Índice Fatiga Erector Espinal D.	-0.032	0.41 (0.31 - 0.52)	45.90%	45.61%	45.76%	0.844	1.186
Índice Fatiga Erector Espinal I.	-0.027	0.46 (0.36 - 0.57)	47.54%	50.88%	49.15%	0.9678	1.0311

Tabla 5: Resultados de análisis ROC por músculo para los diferentes test utilizados.

Figura 6 y Figura 7 muestran el gráfico de ROC para el Test de flexión - extensión del músculo multifido derecho y el músculo erector espinal derecho respectivamente.

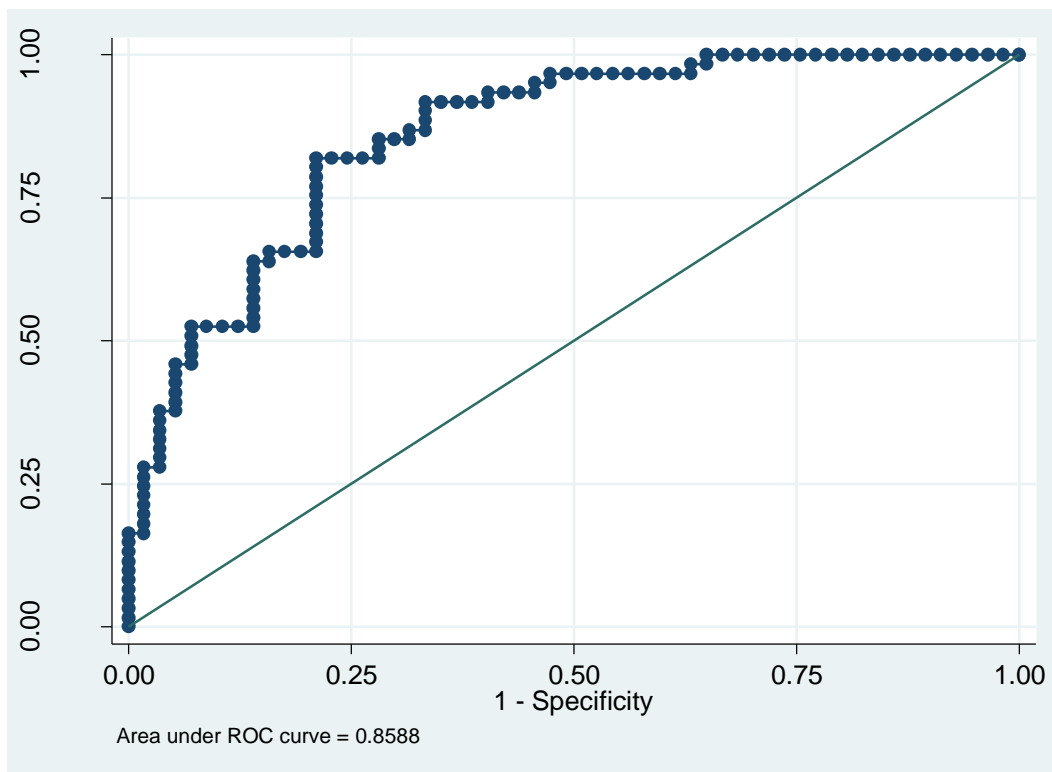


Figura 6. Gráfico de ROC para el Test de flexión - extensión del músculo multifido derecho.

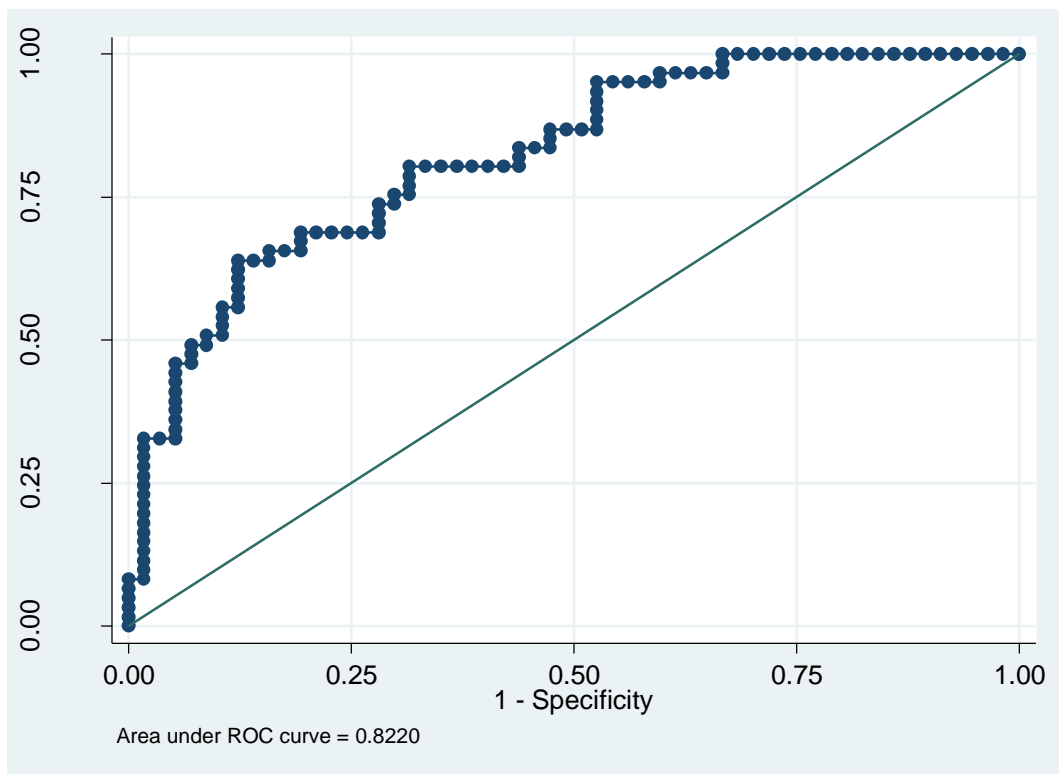


Figura 7. Gráfico de ROC para el Test de flexión - extensión del músculo erector espinal derecho.

Modelo Logístico

Se construyó un modelo logístico para saber cuál de los test o la combinación de test era mejor para discriminar si individuos pertenecían al grupo de sujetos sanos o individuos con discapacidad debido al SDL.

Primero se construyó un modelo logístico con el Test de flexión - extensión para los músculos multífidos. Este modelo se comparó con el modelo que incluía el Test de flexión - extensión para los músculos erectores espinales. Estos dos modelos no fueron significativamente distintos con AUC similares ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.5$) (figura 8).

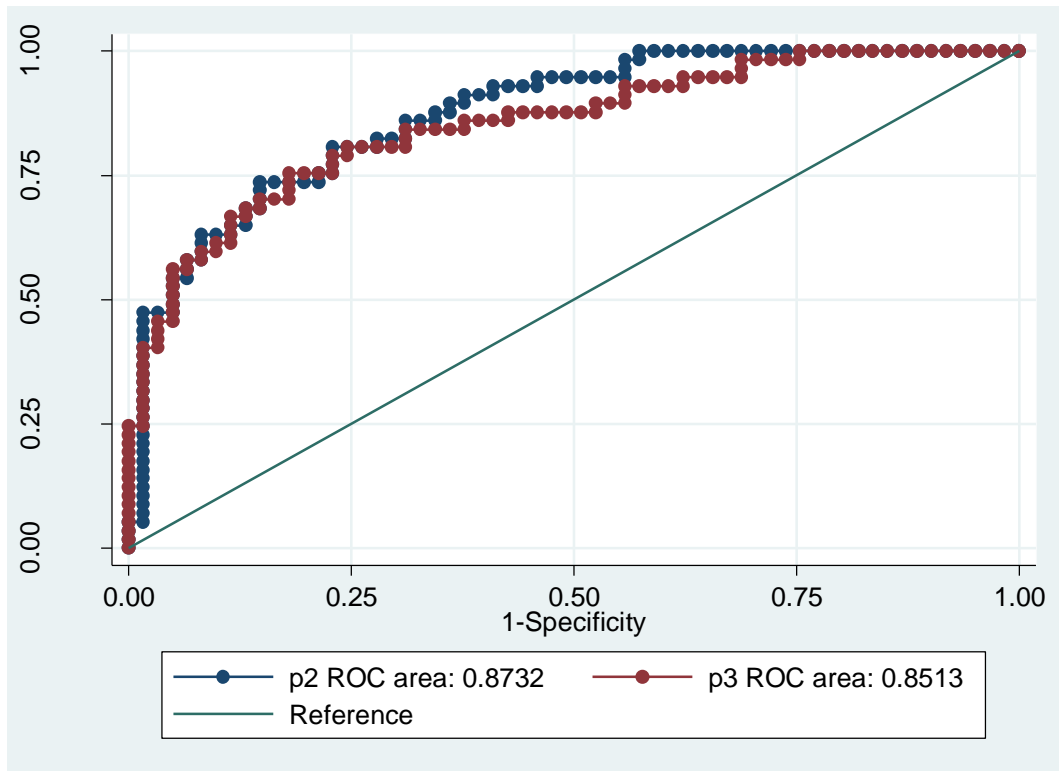


Figura 8. Comparación del AUC de dos modelos: El azul incluyendo el test de flexión - extensión de los músculos multifidos y en rojo el modelo incluyendo el test de flexión - extensión de los músculos erectores

Luego se construyó un modelo que incluyó solo los test de índices de fatiga para los músculos multifidos y erectores, lo mismo que para el test de flexión - extensión. Tampoco hubo diferencias entre el AUC para estos dos modelos. Sin embargo el AUC para el índice de fatiga para todos los músculos analizados fue mucho más baja que para el test de flexión - extensión, como se puede ver en la figura 9.

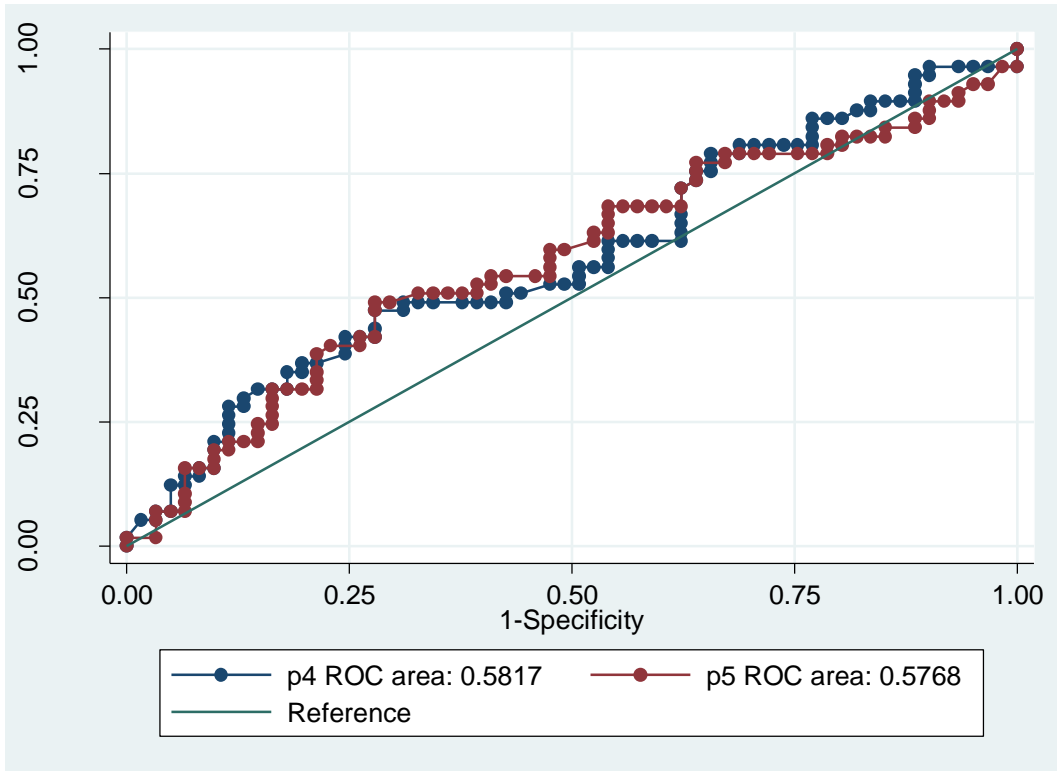


Figure 9. Comparación del AUC de dos modelos: El azul incluyendo el test de índice de fatiga de los músculos multifidos y en rojo el modelo incluyendo el test de índice de fatiga de los músculos erectores.

La figura 10 muestra la evaluación de dos modelos. Uno considerando solo los test de flexión - extensión para todos los músculos y el segundo adicionando los test de fatiga para todos los músculos. Al comparar los dos modelos no se encontró diferencias significativas en la capacidad predictiva al agregar los test de fatiga, así el test de flexión - extensión por si solo provee una buena capacidad de discriminación de los sujetos.

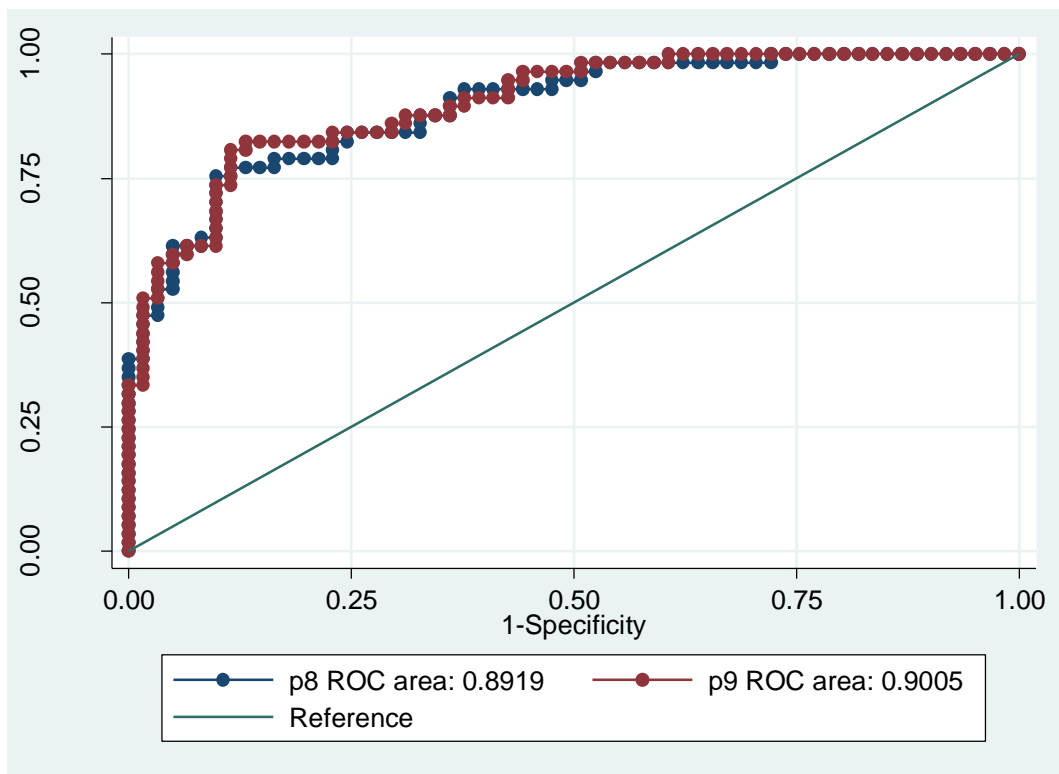


Figura 10. Comparación del AUC de dos modelos: En azul el modelo considerando solo los test de flexión - extensión para todos los músculos y el segundo en rojo adicionando los test de fatiga para todos los músculos

Al agregar las variables demográficas al modelo logístico, solo se observa un pequeño incremento en el AUC, de 0.89 (solo incluyendo los test de flexión - extensión) a 0.92 (sumando las variables demográficas). Sin embargo la diferencia entre estos dos modelos no fue estadísticamente significativa (Figura 11). Este modelo final clasifica correctamente casi un 84% de los sujetos con un AUC del modelo de ROC de 0.92, lo cual es considerado como excelente discriminación. La sensibilidad y especificidad de este modelo es 82.46% y 85.25% respectivamente.

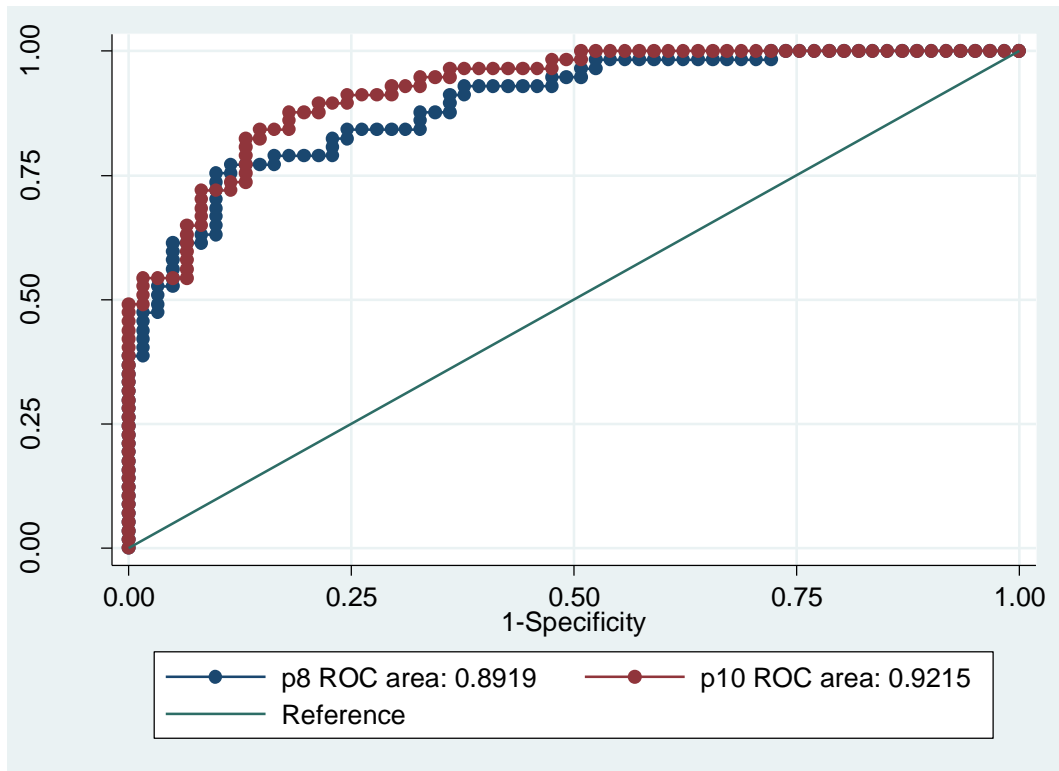


Figura 11. Comparación del AUC de dos modelos: En azul el modelo considerando solo los test de flexión - extensión para todos los músculos y el segundo en rojo adicionando las variables demográficas.

5. Discusión

El estudio logró cumplir los objetivos propuestos inicialmente, pudiendo determinar la precisión diagnóstica individual y conjunta de los test de electromiografía. Los resultados sugieren que la aplicación individual del test de flexión extensión es suficiente para poder discriminar entre sujetos sanos y sujetos con SDL. La adición del test de fatiga al test de flexión-extensión no incrementa el poder discriminativo.

En un análisis inicial se determinó la existencia de diferencias significativas en el test de flexión - extensión entre los diferentes grupos en la mayoría de los músculos analizados. Esto sugiere la posibilidad de utilizar el test para discriminar entre diferentes poblaciones, y si se implementan monitoreos constantes de trabajadores podrían identificarse aquellos sujetos que muestren alteraciones en los resultados de su test. Una identificación temprana e incluso antes de la instalación de patología clínica puede ser de importancia en el pronóstico del SDL.

Los resultados de este estudio resaltan la capacidad de discriminación del test de flexión - extensión como medida diagnóstica para detectar los individuos que desarrollan discapacidad debido a dolor lumbar (medida a través del ODI). El modelo logístico que utiliza el test de flexión – extensión, más las variables demográficas disponibles al momento de aplicar el test, clasifica correctamente casi a un 84% de los sujetos con un AUC del modelo de ROC de 0.92, lo cual es considerado como excelente discriminación. La sensibilidad y especificidad de este modelo es 82.46% y 85.25% respectivamente. Así, los resultados de este estudio validan el uso de este test para diferenciar a los individuos que desarrollan discapacidad debido a dolor lumbar de individuos sin dolor de espalda. Por el contrario, el test de fatiga y su variable EMG (índice de fatiga) no proveen poder discriminador en esta muestra.

Los resultados del estudio muestran una buena capacidad discriminativa del test de flexión – extensión aplicado a la muestra. El análisis de los modelos estadísticos sugiere que la sola utilización de este test es igualmente efectiva que su aplicación conjunta con datos demográficos o la adición del test de fatiga. Los resultados se encuentran en concordancia con estudios previos que reportan valores muy similares de AUC en análisis ROC (2.59 ± 1.04 para sujetos sanos; 1.35 ± 0.41 para SDL.) (Geisser et al. 2005; Neblett et al. 2013). La buena discriminación alcanzada era esperable, esto debido a los resultados positivos obtenidos con otras proporciones aplicadas al test de flexión-relajación (Ambroz et al. 2000; Sihvonen et al. 1991; Watson et al. 1997). La explicación de una menor proporción en el test flexión-extensión de los sujetos con dolor lumbar en relación a los sujetos sanos, se basa en el reclutamiento extra que realizan sus músculos como posibles mecanismos protectores, una respuesta al dolor y/o por miedo a una nueva lesión (Ahern et al. 1988; D’hooge et al. 2013; Hodges 2011).

Acorde con esto, el cálculo de la proporción busca maximizar esta característica observable en la amplitud de la señal EMG de las fases del test. En consecuencia el uso de una proporción es hasta ahora el mejor cálculo para ser utilizado como herramienta diagnóstica en el SDL.

No obstante el test de fatigabilidad muscular mostró no ser discriminativo por si solo para determinar la condición de un sujeto con o sin dolor lumbar. Esto puede estar influenciado por diversos factores tanto intrínsecos como extrínsecos de la tarea y del sujeto, pudiendo mencionar la posición del sujeto sobre la silla en la que se realiza la tarea, motivación durante la prueba e intensidad de dolor al momento de la ejecución de la prueba, como además la dificultad en la mantención de la presión sobre la silla. (Enoka 1995). Otra determinante de los resultados

obtenidos por parte de la fatigabilidad muscular puede ser la disposición, diseño y soporte de la silla, en donde el sujeto adopta una posición sedente, reclinada levemente hacia posterior con una flexión de cadera y rodillas aproximadamente de 90°. Dicho esto y según algunos resultados de investigaciones realizadas anteriormente se evidencia una disminución en la actividad muscular tanto en la activación máxima como en el índice de fatigabilidad cuando se adopta una posición sedente en comparación a la posición prona (Test de Sorensen) haciendo que la tarea de fatigabilidad sea dependiente de la disposición que se adopta y una correcta ejecución de la fuerza (da Silva et al. 2005; Elfving y Dederling 2007).

Implicaciones para la práctica clínica

Debido al alto impacto que el SDL ha tenido en los trabajadores con MMC, estos hallazgos tienen una relevante implicancia práctica clínica. El test de flexión - extensión demostró ser un método de screening sensible y de alto nivel discriminativo al momento de diferenciar personas sanas y personas con SDL. Si este test se implementase como método diagnóstico en las empresas, permitiría determinar si, con un resultado del test bajo el punto de corte determinado para cada músculo (ver Tabla 5), el trabajador está en riesgo de desarrollar SDL. Por lo tanto, permitiría identificar trabajadores simuladores, disminuir recidivas, generar programas de rehabilitación de columna más específicos y además, utilizarlo como criterio sensible para el alta médica y reincorporación laboral. Como también, utilizarlo de indicador de evaluaciones periódicas de los trabajadores con y sin riesgo, con el fin de tener un seguimiento y poder medir los resultados e impacto de las medidas tomadas por la empresa. Por lo tanto, su utilización regular a modo de screening en población de riesgo resultará en una prevención de la manifestación clínica de SDL. Finalmente la implementación de programas de screening conlleva una alerta y educación sobre el SDL actuando como medida de promoción en el SDL.

Implicancia Ergonómica:

Desde el punto de vista de la Legislación y la Ergonomía, se obliga al empleador a adoptar medidas de control y de supervisión que apunten a una protección efectiva y eficaz de la seguridad y salud de los trabajadores, que en el caso del MMC no se limita a no sobrepasar los límites generales de carga humana, sino que debe hacer una correcta identificación y evaluación de sus riesgos; establecer procedimientos de trabajo seguro; informar y capacitar a los trabajadores sobre la manipulación correcta de cargas; tener medidas de supervisión para el cumplimiento de las normas de seguridad, etc. Por lo tanto, el riesgo se podría gestionar en forma más adecuada contando con este tipo de herramienta de evaluación, generando mejores Programas de Vigilancia Epidemiológica. El empleador y el Organismo Administrador podrían tener una clasificación más precisa de trabajadores, tareas y ambientes laborales claramente identificados, generando alertas y vigilancia periódica para detectar cualquier evolución dañina y actuar antes de que la condición sea irreversible.

Cumpliendo [con el objetivo de la promoción, prevención y detección precoz del síndrome de SDL](#) podemos mencionar etapas, como:

i) Evaluar: Esta etapa implica estimar la probabilidad individual o colectiva que tiene un proceso de MMC de generar trastornos a la salud, en particular SDL, utilizando esta herramienta directamente sobre los trabajadores para medir distintas variables durante la ejecución de su trabajo. La gran ventaja de esta técnica como se indicó, es su precisión y la incorporación de variables personales en la evaluación, por lo tanto, la Detección y el Diagnóstico, estarían plenamente asegurado. [Esto permitiría relacionar la condición individual de riesgo con la evaluación de riesgos de MMC \(aspectos vinculados al ambiente de trabajo\).](#)

ii) Controlar: Esta etapa implica definir prioridades, especificar y aplicar medidas para disminuir la magnitud de los factores de riesgo. De acuerdo a los resultados obtenidos, este paso implementa medidas preventivas en la empresa, como educación sobre posturas adecuadas de trabajo, consejos sobre ejercicios y pausas laborales, entre otras medidas para evitar que los trabajadores desarrollen esta condición. Además, se pueden realizar intervenciones personalizadas para cada trabajador en riesgo, como programas de rehabilitación de columna y/o la reubicación del trabajador en otra actividad laboral que signifique un MMC más liviano u otro que no implique manejo de cargas. Finalmente, esto ayudaría a disminuir la incidencia y prevalencia del SDL, disminuir las altas tasas de ausentismo laboral ocasionados por esta lesión, incrementando a la vez la productividad general. Por lo tanto, la prevención, vista como el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa, sería mucho mejor manejada teniendo datos precisos, detallados y priorizados de los trabajadores.

iii) Asegurar: Esta etapa implica verificar en el tiempo la eficiencia y eficacia de las medidas de control implementadas. Es recomendable efectuar un seguimiento después de un período de tiempo razonable si las condiciones de trabajo cambian. La promoción también es potenciada teniendo en cuenta reevaluaciones de los trabajadores, considerando cada modificación de tarea, reubicación de puesto, rotaciones de actividades, etc.

Considerando las recomendaciones de la guía técnica y las potencialidades de la herramienta propuesta en todas las etapas mencionadas, se deberían mejorar, potenciar y economizar, asegurándose una detección, promoción y prevención clara en las empresas. Es cierto que se requiere una inversión monetaria en equipos y personal especializado para su aplicación en terreno y durante la etapa de análisis e interpretación de los resultados. Sin embargo, esto

debería considerarse como marginal al comparar [estos costos](#) con los beneficios a corto y largo plazo que se tendría al mejorar considerablemente la gestión del riesgo por parte del empleador y de los organismos administradores del seguro laboral, generándose perfiles más claros de trabajadores, diagnósticos más precisos, incremento en la eficiencia y eficacia de las tareas, manifestándose en una mayor satisfacción y productividad.

Fortalezas y debilidades del estudio

Este estudio está limitado por el diseño desarrollado. Por motivos prácticos, de tiempo y de recursos económicos, se decidió realizar un estudio de corte. Así la información obtenida refleja las respuestas dadas por los individuos participantes al momento de la evaluación. Un diseño ideal habría sido un diseño longitudinal donde individuos en riesgo de dolor lumbar pudiesen ser seguidos para correlacionar el resultado de los test utilizados con el desarrollo clínico del SDL. Sin embargo, esta forma ideal de diseño hubiese tomado al menos un par de años en ser realizado, más los recursos económicos y humanos que eso conlleva. De esta misma forma la caracterización de los test de EMG como preventivos o de promoción debe ser abordado por futuras investigaciones, sin embargo, el presente estudio genera una base científica primordial para el desarrollo de investigación en el área.

Otra limitación es la forma que utilizamos para categorizar a los individuos sanos de los individuos con dolor lumbar. Fueron dos formas; primero se le preguntó al sujeto si ha tenido dolor lumbar dentro del último año y la otra se les pidió llenar el ODI. Si un individuo relataba no dolor de la espalda y tenía un punto de corte de menos o igual a 10% en el ODI se clasificó como sano, de lo contrario se consideró como paciente. Esta forma de clasificar y el punto de corte usado del cuestionario fue arbitraria y talvez podría clasificar erróneamente a algunos

sujetos. Las variables demográficas entre los individuos sanos y con SDL fueron significativamente distintas. Los sujetos con discapacidad debido a SDL fueron significativamente de más edad y de menos estatura que los individuos sanos. Estas variables fueron adicionadas al modelo logístico para el ajuste del modelo.

Dentro de las limitaciones en terreno o durante las evaluaciones se encuentran por un lado, sujetos con gran componente graso a nivel de la zona lumbar, lo que generaba dificultad en la adquisición correcta de la señal eléctrica de los músculos evaluados, así como el vestuario utilizado, sobre todo en las mujeres, que hacía que este componente apareciera sobre la zona del pantalón. Se adiciona, a las limitaciones la característica del diseño de la silla que se utilizó, debido a que tiene una inclinación hacia posterior, el sujeto adopta una posición de desventaja para realizar la fuerza máxima de extensión lumbar, sumado a esto, al no poseer una sujeción o soporte en la zona de las piernas, se generan fuerzas por parte de ellas (empuje con los pies) al momento de buscar la fuerza máxima extensora de columna haciendo que la actividad muscular de interés no fuera la que se viera reflejada en la fuerza generada final. Dentro de las instrucciones que se daba al sujeto era aislar lo más posible las piernas y sólo realizar movimiento de columna sobre el respaldo para poder aislar la acción de la musculatura extensora espinal. Otra limitación al momento de realizar las evaluaciones fue la capacidad de comprensión por parte del sujeto a evaluar para entender cuál era el movimiento que debía realizar y en qué consistía la tarea que debía realizar. No obstante a esto, la mayoría de los sujetos que se encuentran en el estudio realizó la prueba sin mayores inconvenientes.

Finalmente, la mayor limitante que se evidenció durante todo el periodo de evaluación fue la captación de la población en estudio, principalmente el grupo de

sujetos con diagnóstico de SDL y que estuvieran en tratamiento kinésico, esto hizo retrasar las evaluaciones y el proyecto en su totalidad.

A pesar de las limitaciones de este estudio, creemos que la metodología utilizada, el número de sujetos, más el análisis detallado de la capacidad discriminadora de los test usando adecuados métodos estadísticos provee una información útil para ser utilizada en la clínica como a su vez en el ambiente laboral.

Conclusión

El presente estudio permite concluir que la EMG, específicamente en su test de flexión - extensión puede ser utilizada como herramienta diagnóstica con una alta sensibilidad para el SDL. Sin embargo, el índice de fatiga muscular basado en el espectrograma de la señal EMG, parece no ser un criterio sensible para el diagnóstico de SDL. Más allá, la aplicación conjunta de los test mencionados no incrementa la capacidad diagnóstica del modelo.

El bajo costo, reducido tiempo de ejecución, fácil análisis y la inmediata aplicación e interpretación del test de flexión - extensión hacen altamente recomendable su utilización para evaluar sujetos que en sus puestos de trabajo presenten riesgo de desarrollar un SDL. Su utilización frecuente como método de monitoreo para implementar estrategias de prevención y MMC podría ayudar en la disminución de la incidencia, recidivas y simulaciones por esta patología. Orientaría mucho mejor la gestión de los riesgos y se podrían realizar programas de vigilancia epidemiológicas de los lugares de trabajo con justificación biomecánica y fisiológica.

Agradecimientos

A todo el equipo de trabajo. Las empresas e instituciones que confiaron en el potencial futuro de esta investigación: Universidad Mayor, el Centro de Estudio del Movimiento Humano (CEHM) de la Escuela de Kinesiología, Servicio de Kinesiología de la Clínica Santa María, especialmente a los kinesiólogos Francisca Arroyo y Alejandro Parra, Empresas Bunt, Viña Chocalán y SAMU Metropolitano.

6. Bibliografía

AHERN, D.K., FOLLICK, M.J., COUNCIL, J.R., LASER-WOLSTON, N. y LITCHMAN, H. 1988. Comparison of lumbar paravertebral EMG patterns in chronic low back pain patients and non-patient controls. En: PMID: 2971912, *Pain*, vol. 34, no. 2, pp. 153-160.

ALSCHULER, K.N., NEBLETT, R., WIGGERT, E., HAIG, A.J. y GEISSER, M.E. 2009. Flexion-relaxation and clinical features associated with chronic low back pain: A comparison of different methods of quantifying flexion-relaxation. En: PMID: 19851155, *The Clinical Journal of Pain*, vol. 25, no. 9, pp. 760-766. ISSN 1536-5409.

AMBROZ, C., SCOTT, A., AMBROZ, A. y TALBOTT, E.O. 2000. Chronic low back pain assessment using surface electromyography. En: PMID: 10874660, *Journal of Occupational and Environmental Medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 42, no. 6, pp. 660-669.

BEWICK, V., CHEEK, L., & BALL, J. 2004. Statistics review 13: Receiver operating characteristics curves. *Critical Care*, 8(6), 508-512. doi: 10.1186/cc3000

COBB, C.R., DEVRIES, H.A., URBAN, R.T., LUEKENS, C.A. y BAGG, R.J. 1975. Electrical activity in muscle pain. En: PMID: 1130502, *American Journal of Physical Medicine*, vol. 54, no. 2, pp. 80-87.

DA SILVA, R.A., ARSENAULT, A.B., GRAVEL, D., LARIVIÈRE, C. y DE OLIVEIRA, E. 2005. Back muscle strength and fatigue in healthy and chronic low back pain subjects: a comparative study of 3 assessment protocols. En: PMID: 15827924, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 86, no. 4, pp. 722-729. ISSN 0003-9993. DOI 10.1016/j.apmr.2004.08.007.

DE LUCA, C. 2010. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics* [en línea], [Consulta: 9 julio 2012].

DE LUCA, C.J. 1997. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*, vol. 13, pp. 135–163.

D'HOOGHE, R., HODGES, P., TSAO, H., HALL, L., MACDONALD, D. y DANNEELS, L. 2013. Altered trunk muscle coordination during rapid trunk flexion in people in remission of recurrent low back pain. En: PMID: 23079004, *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, vol. 23, no. 1, pp. 173-181.

DONELSON, R., MCINTOSH, G. y HALL, H. 2012. Is it time to rethink the typical course of low back pain? En: PMID: 22381638, *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*, vol. 4, no. 6, pp. 394-401; quiz 400. ISSN 1934-1563.

ELFVING, B. y DEDERING, A. 2007. Task dependency in back muscle fatigue--correlations between two test methods. En: PMID: 17046123, *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, vol. 22, no. 1, pp. 28-33.

ENOKA, R.M. 1995. Mechanisms of muscle fatigue: Central factors and task dependency. En: PMID: 20719645, *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, vol. 5, no. 3, pp. 141-149.

FAIRBANK, J.C. y PYNSENT, P.B. 2000. The Oswestry Disability Index. En: PMID: 11074683, *Spine*, vol. 25, no. 22, pp. 2940-2952; discussion 2952.

FLOYD, W.F. y SILVER, P.H.S. 1951. Function of erectores spinae in flexion of the trunk. En: PMID: 14795792, *Lancet (London, England)*, vol. 1, no. 6647, pp. 133-134.

FRITZ, J. M., & WAINNER, R. S. 2001. Examining diagnostic tests: An evidence-based perspective. *Physical Therapy*, 81(9), 1546-1564.

GEISSER, M.E., RANAVAYA, M., HAIG, A.J., ROTH, R.S., ZUCKER, R., AMBROZ, C. y CARUSO, M. 2005. A meta-analytic review of surface electromyography among persons with low back pain and normal, healthy controls. En: PMID: 16275595, *The Journal of Pain: Official Journal of the American Pain Society*, vol. 6, no. 11, pp. 711-726.

GOLDING, J.S.R. 1952. Electromyography of the Erector Spinae in Low Back Pain. En: PMID: 14957661PMCID: PMC2530847, *Postgraduate Medical Journal*, vol. 28, no. 321, pp. 401-406.

HERMENS, H.J., FRERIKS, B., MERLETTI, R., STEGEMAN, D.F., BLOK, J., RAU, G. y DISSELHORST-KLUG, C. 1999. *European recommendations for surface ElectroMyoGraphy: results of the SENIAM project*. Enschede: Roessingh Research and Development.

HODGES, P.W. 2011. Pain and motor control: From the laboratory to rehabilitation. En: PMID: 21306915, *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, vol. 21, no. 2, pp. 220-228.

KAIGLE, A.M., WESSBERG, P. y HANSSON, T.H. 1998. Muscular and kinematic behavior of the lumbar spine during flexion-extension. En: PMID: 9588475, *Journal of Spinal Disorders*, vol. 11, no. 2, pp. 163-174.

MIN. SALUD, 2009. *Informe ENETS*. 2009. S.l.: Gobierno de Chile.

MIN. SALUD, G., 2008. *Guía Técnica para la Evaluación y Control de los riesgos asociados al Manejo o Manipulación manual de Carga*. 2008. S.l.: Gobierno de Chile.

NEBLETT, R., BREDE, E., MAYER, T.G. y GATCHEL, R.J. 2013. What is the best surface EMG measure of lumbar flexion-relaxation for distinguishing chronic low back pain patients from pain-free controls? En: PMID: 23328325PMCID: PMC3594078, *The Clinical Journal of Pain*, vol. 29, no. 4, pp. 334-340.

OTHMAN, S.H., IBRAHIM, F., OMAR, S.Z. y RAHIM, R.B.A. 2008. Flexion Relaxation Phenomenon of Back Muscles in Discriminating Between Healthy and Chronic Low Back Pain Women. En: D.N.A.A. OSMAN, D.F. IBRAHIM, D.W.A.B.W. ABAS, H.S.A. RAHMAN y D.H.-N. TING (eds.), *4th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering 2008* [en línea]. S.l.: Springer Berlin Heidelberg, IFMBE Proceedings, 21, pp. 199-203. [Consulta: 17 marzo 2013].

PAQUET, N., MALOUIN, F. y RICHARDS, C.L. 1994. Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients. En: PMID: 8184355, *Spine*, vol. 19, no. 5, pp. 596-603.

PEPE, M., LONGTON, G. y JANES, H. 2009. Estimation and Comparison of Receiver Operating Characteristic Curves. En: PMID: 20161343PMCID: PMC2774909, *The Stata journal*, vol. 9, no. 1, pp. 1.

PUNNETT, L., PRÜSS-UTÜN, A., NELSON, D.I., FINGERHUT, M.A., LEIGH, J., TAK, S. y PHILLIPS, S. 2005. Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures. En: PMID: 16299708, *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 48, no. 6, pp. 459-469.

PUNNETT, L. y WEGMAN, D.H. 2004. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. En: PMID: 14759746, *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, vol. 14, no. 1, pp. 13-23. ISSN 1050-6411.

SHIRADO, O., ITO, T., KANEDA, K. y STRAX, T.E. 1995. Flexion-relaxation phenomenon in the back muscles. A comparative study between healthy subjects and patients with chronic low back pain. En: PMID: 7710729, *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, vol. 74, no. 2, pp. 139-144.

SIHVONEN, T., PARTANEN, J., HÄNNINEN, O. y SOIMAKALLIO, S. 1991. Electric behavior of low back muscles during lumbar pelvic rhythm in low back pain patients and healthy controls. En: PMID: 1835833, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 72, no. 13, pp. 1080-1087.

WARFIELD, C.A. y FAUSETT, H.J. 2002. *Manual of pain management*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

WATSON, P.J., BOOKER, C.K., MAIN, C.J. y CHEN, A.C.N. 1997. Surface electromyography in the identification of chronic low back pain patients: the development of the flexion relaxation ratio. En: PMID: 11415689, *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, vol. 12, no. 3, pp. 165-171.

WELCH, P. D. 1967. The Use Of Fast Fourier Transform For The Estimation Of Power Spectra A Method Based On Time Averaging Over Short, Modified Periodograms. *Ieee Trans Audio Electroacoust V Au-15(2)*, 70-73.

WHITING, P., RUTJES, A. W. S., REITSMA, J. B., GLAS, A. S., BOSSUYT, P. M. M., & KLEIJNEN, J. 2004. Sources of Variation and Bias in Studies of Diagnostic Accuracy: A Systematic Review. *Annals of Internal Medicine*, 140(3), 189-202.

