HALLAZGOS EN LA ELECTROMIOGRAFÍA DE SUPERFICIE PARA LA PRUEBA DE EXTENSIÓN EN BÍPEDO DE ISQUIOTIBIALES (PEBI) EN PACIENTES CON DOLOR LUMBAR INESPECÍFICO MECÁNICO. ESTUDIO PILOTO.

Autor:

Marisol González Correa

Universidad del Bosque

Posgrados

Programa de especialización Ortopedia y Traumatología

2020

HALLAZGOS EN LA ELECTROMIOGRAFÍA DE SUPERFICIE PARA LA PRUEBA DE EXTENSIÓN EN BÍPEDO DE ISQUIOTIBIALES (PEBI) EN PACIENTES CON DOLOR LUMBAR INESPECÍFICO MECÁNICO. ESTUDIO PILOTO.

Autor:

Marisol González Correa

Asesor científico:

Dr. Juan Manuel Herrera

Asesor Metodológico:

Dra. Linda Margarita Ibatá

Universidad del Bosque

Posgrados

Programa de especialización Ortopedia y Traumatología

2020

Nota de salvedad de responsabilidad institucional

“la universidad El bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético en aras de la verdad y la justicia

Tabla de contenido

1. Introducción 6

2. Marco teórico 7

2.1 Marco teórico conceptual 7

2.1.1 PEBI…….....8

2.1.2 Papel de la electromiografía 9

2.1.3 Procesamiento de señal ……14

3. Problema del estudio 17

4. Pregunta de Investigación 19

5. Justificación 20

6. Objetivos.....21

6.1 Objetivo principal.....21

6.2 Objetivos específicos 21

7. Aspectos Metodológicos.....22

7.1 Tipo de estudio 22

7.2 Población 22

7.3 Criterios de inclusión.....22

7.4 Criterios de exclusión 22

7.5 Variables.....23

7.6 Materiales y métodos……..34

7.7 Plan de análisis ……..36

7.8 Sesgos ……....37

8. Aspectos éticos ……....38

9.Cronograma……..... 42

10. Presupuesto……43

11. Resultados …….46

12. Discusión……50

Introducción

El dolor lumbar es una causa frecuente de consulta donde aproximadamente en el 80% de los casos no se encuentra un diagnóstico que demuestre su desencadenante [i]por lo que se denomina como dolor lumbar inespecífico. Los diversos estudios lo consideran como la principal causa de discapacidad a nivel mundial [ii] para el año 2008 un estudio estimó prevalencia de esta patología en 18.3% [iii]

El dolor lumbar se constituye como una enfermedad más común en mujeres que en hombres y en personas de 40 a 69 años que en otros grupos de edad, siendo más prevalente en países con alto ingreso.[iv]

Dentro de la evaluación clínica se considera al dolor lumbar como un dolor e incomodidad, localizado por debajo del borde costal y encima del pliegue glúteo inferior, con o sin dolor referido en la pierna[v] el cual es interpretado como una sensación de rigidez o tensión[vi] .Para el diagnóstico de esta patología se han diseñado algunas pruebas sin embargo con baja sensibilidad o especificidad[vii], de igual forma no se considera útil a la realización de imágenes en los pacientes en que su historia o el examen físico presentan signos de alarma (banderas de una enfermedad); [viii]además se considera que las imágenes pueden conducir a tratamientos innecesarios y promover la cronificación.[ix]

En los primeros estudios de la línea de investigación para el año 2004 Herrera y Reina[x] diseñaron la prueba de extensión en bípedo de los isquiotibiales (PEBI) con el fin de diferenciar el dolor lumbar específico del inespecífico, Sin embargo, no se tiene una prueba objetiva de la respuesta muscular que ocurre al interior de la misma que desemboca en la mejoría del paciente que previamente fue evidenciada por lo que se propone este estudio.

Marco teórico

Marco conceptual

1. *Dolor lumbar inespecífico*

El dolor lumbar se puede definir como el dolor localizado entre la 12a costilla y los pliegues glúteos inferiores, asociado a irradiación del mismo a los miembros inferiores en algunos casos[xi]. Para su clasificación hay diversas opciones: tiempo, síntomas, patologías clínicas y sociales entre otras sin embargo para nuestro caso nos concentramos en una en particular, dividiremos el dolor lumbar en dos grandes grupos: el primero corresponde al grupo de causas específicas, dentro de los que se encuentran causas como patologías inflamatorias, infecciones, tumores, enfermedades óseas metabólicas, dolores referidos, dolores psicógenos, trauma y trastornos congénitos[xii].

El segundo grupo es el más grande y corresponde a las causas inespecíficas es decir cuando no se puede determinar la causa del dolor, dado el carácter poco específico tanto de los síntomas como de los hallazgos imagenológicos. En cuanto a sus consecuencias se evidencia una clara limitación funcional; no sólo se restringen las actividades recreativas si no también las actividades diarias ,las cuales a su vez se mueven en un espectro amplio de tiempo que puede ir de una discapacidad temporal o permanente además de un espectro de leve a severo , es tal su impacto que en algunos casos el temor de nuevos episodios similares de dolor se traducen en pérdida de la realización de las diversas actividades[xiii] y a su vez que provocan un aumento del sedentarismo y por tanto al aumento de comorbilidades para el paciente [xiv]

2. *PEBI (Prueba de extensión en bípedo de isquiotibiales)*

El dolor lumbar inespecífico hasta hace unos años carecía de una herramienta para su diagnóstico, a partir de esto Herrera y cols [xv]diseñaron una prueba de diagnóstico clínico denominada PEBI.

La PEBI se realizó con los pacientes con la posición anatómica en bípedo. Se elevó el miembro inferior derecho sobre una superficie de apoyo de 30 cm, con flexión de cadera de 30° y extensión de rodilla completa y tobillo en dorsiflexión máxima tolerada. La posición se mantuvo durante un minuto y se cambio la extremidad, siempre teniendo en cuenta que la rotación de la cadera debe ser neutra en las dos extremidades para que se produzca un bloqueo de la basculación de la pelvis sobre la cadera que se encuentra en extensión. La prueba se realizó en ambas extremidades y posteriormente se le solicitó al paciente que caminara un trayecto de 10 m. Si el dolor mejoraba o desaparecía, el signo se consideraba positivo para diagnóstico de dolor lumbar inespecífico.

3. Electromiografía (emg)

La EMG se entiende como un instrumento que se utilizan para obtener la actividad eléctrica muscular en el individuo sano o en pacientes con enfermedades del sistema nervioso cuya evaluación abarca desde la contracción muscular hasta los potenciales presentes en la fibra muscular (función neuromuscular, la condición neuromuscular, la extensión de la lesión nerviosa y las respuestas reflejas). Para entender esto se debe ampliar el aspecto mioeléctrico propio de la EMG el cual se basa en el sistema neuromuscular que a su vez tiene como fundamento a unidades motoras las cuales comprenden una única motoneurona y las fibras musculares suministradas por sus ramas axonales (figura 1)[xvi] La suma de estos potenciales se denomina potenciales de acción de la unidad motora (MUAP) y son responsables de la contracción muscular. Se acepta que el reclutamiento de estas unidades será desde la más pequeña a la más grande, lo cual es la representación del proceso de producción de fuerza muscular [xvii].Los picos en la EMG corresponden a MUAP individuales; sin embargo, dadas las características de la electromiografía de superficie sólo proporciona estimaciones globales y no individuales [xviii]

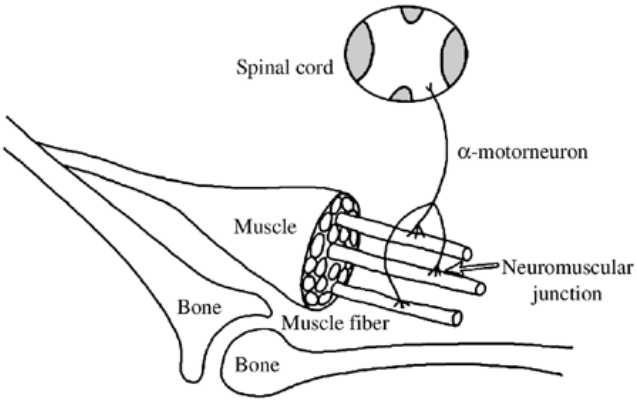


Figura 1 *Scheme of a motor unit, which is a single α-motorneuron and its associated muscle fibers*

(tomada biomechanical engineering and design second edition)

La señal electromiográfica que se percibe desde la piel tiene un espectro muy pequeño de 15 a 400 Hz, y con una amplitud muy pequeña, desde algunos micro a unos pocos mili vatios pico a pico[xix] por lo que se requiere que los aparatos de electromiografía estén dotados esencialmente de un sistema de detección y amplificación de señales bioeléctricas, de un sistema de reproducción gráfica o de almacenamiento y de un generador de estímulos eléctricos, cuya activación está sincronizada con el inicio del barrido del osciloscopio.[xx]

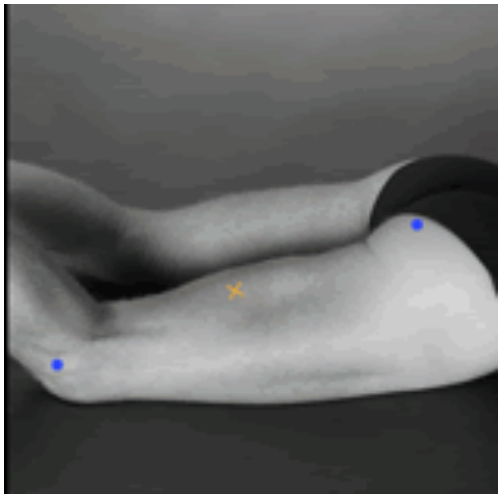
Para la electromiografía de superficie (emgs) los electrodos generalmente están hechos de plata / cloruro de plata (Ag /AgCl), cloruro de plata (AgCl), plata (Ag) u oro (Au). Electrodos hechos de Ag / AgCl a menudo se prefieren sobre los demás, ya que son casi no polarizables, lo que significa que la impedancia de la piel del electrodo es una resistencia y no una capacitancia. Por lo tanto, el potencial de superficie es menos sensible a los movimientos relativos entre la superficie del electrodo y la piel. Los electrodos [xxi] pueden ser desechables, los tipos de adhesivo o los que pueden usarse repetidamente denominados secos; los electrodos de tipo adhesivo usan un gel que crea una interfaz química entre la piel electrodo disminuyendo la impedancia y por lo tanto mejorando la señal , por su parte los electrodos secos se usan para el análisis de movimiento[xxii]

Para la realización de dicho procedimiento se deben tener en cuenta varias consideraciones como:

1. la abrasión de la piel: la cual consiste en eliminar las células muertas de la piel o sustancias que estén en ella, lo que se traduce en reducir la impedancia y por tanto mejorará la calidad de la señal.
2. Los electrodos deben poseer adhesivo: ya que un contacto deficiente entre el electrodo y la piel generaría un ruido adicional, por lo que se debe asegurar el contacto a través de las mismas.[xxiii]
3. Posición de los electrodos: cada músculo posee una posición para su estudio de tal forma que la señal obtenida corresponda al mismo con una señal más alta y menor interferencia: eliminando en gran proporción la señal de los músculos adyacentes o profundos.

   A continuación, se describen la posición que deben poseer los electrodos para el estudio de:

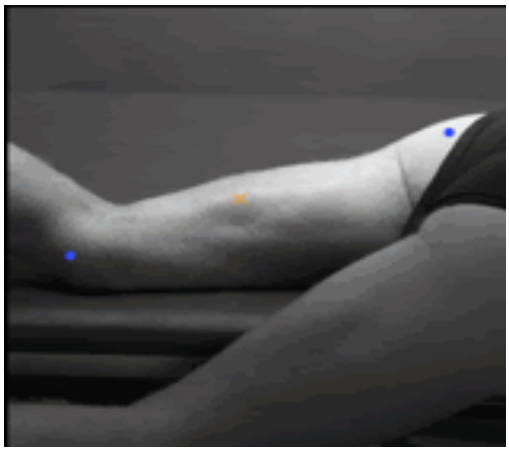
   A. Bíceps femoral



Ubicación: Los electrodos deben colocarse al 50% en la línea entre la tuberosidad isquiática y el epicóndilo lateral de la tibia.

Orientación: En la dirección de la línea entre la tuberosidad isquiática y el epicóndilo lateral de la tibia

B. Semitendinoso :



Ubicación: Los electrodos deben colocarse al 50% en la línea entre la tuberosidad isquiática y el epicóndilo medial de la tibia

Orientación :En dirección de la línea entre la tuberosidad isquiática y el epicóndilo medial de la tibia[xxiv]

4. Un electrodo de tierra es necesario para proporcionar una referencia común para la medición. Estos electrodos captan los potenciales producidos por las fibras musculares que se contraen.

Configuración de los electrodos:

Los electrodos se pueden clasificar según su configuración en: monopolares, bipolares, tripolares, multipolares etc. siendo más frecuentes las dos primeras. En la configuración monopolar la actividad eléctrica de un músculo se adquiere al colocar un electrodo de detección en el área de recolección y otro electrodo de referencia en un lugar que sea eléctricamente silencioso o en un lugar que tenga una asociación fisiológica y anatómica mínima con el electrodo de detección. Esta configuración se usa a menudo en aplicaciones clínicas debido a su relativa simplicidad; sin embargo, pueden introducir ruidos cruzados de otros músculos ya sean adyacentes o profundos.

Los electrodos bipolares tienen dos electrodos de detección en dos puntos de registro en el área de captación y se usa otro electrodo de referencia en una posición remota similar a la de la configuración monopolar.

Señal:

La señal EMG se produce por los potenciales de acción superpuestos de las unidades motoras y pasa a través de los tejidos musculares y de la piel, además se considera que sus características dependen de la estructura interna del individuo, lo que incluye las cualidades propias de la piel, la velocidad del flujo sanguíneo, la temperatura y la estructura del tejido (músculo, grasa, *etc.*)[xxv]

Procesamiento de señales

Cuando evaluamos la señal, en este caso específico de la EMG de superficie, se conoce la complejidad de dicho proceso , no solo por la producción de la misma y proceso fisiológico que implica si no por que es susceptible a factores tanto del paciente como técnicos que definirán las cualidades de la misma y de los datos obtenidos .

Fuentes de ruido

La identidad de una señal EMG real que se origina en el músculo y se pierde debido a la mezcla de varias señales de ruido o artefactos, alterando el resultado de la extracción de características de la señal y, por lo tanto, afectar el diagnóstico de las señales EMG. Se han propuesto varios métodos de eliminación de ruido durante la adquisición de la señal EMG a continuación se señalan los principales ruidos y como se pueden controlar

- Ruido inherente al electrodo: Todos los tipos de equipos electrónicos generan ruido eléctrico, también conocido como "ruido inherente". el electrodo posee una impedancia que dependerá del tamaño y la densidad de corriente del mismo[xxvi].Este ruido tiene componentes de frecuencia que van desde 0 Hz hasta varios miles de Hz. Este ruido puede eliminarse dando un mayor tamaño del electrodo, utilizando un diseño de circuito inteligente e instrumentos de alta calidad.

- De movimiento
    - Electrodos: en este aspecto se observan dos tipos de movimiento el primero dependiente de la relación electrodo piel , el cual puede ser controlado en el caso de los electrodos con gel , ya que este logrará amortiguar dicho proceso . el segundo está determinado por la piel exclusivamente y depende de si está estirada o débil ya que modificará el potencial de la misma , en este caso se controlará el ruido al disminuir la impedancia con procesos de abrasión o punción[xxvii] .
    - Cable:El movimiento del cable que conecta el electrodo al amplificador y la interfaz entre el electrodo y la piel crea artefactos de movimiento[xxviii]. Las fibras musculares generan actividad eléctrica con la actividad muscular la cual genera cambios en la longitud del músculo y la piel por lo tanto generando movimiento, en este caso se considera que el ruido posee un rango de frecuencia de 1 a 50 Hz[xxix] y se controlará disminuyendo una vez más la impedancia , usando cables blindados y electrodos activos en los cuales el electrodo está montado sobre un amplificador operacional (amplificador operacional) que tiene una entrada de alta impedancia y una baja impedancia de salida y es configurado como un búfer .
- Electromagnético: El cuerpo humano se comporta como una antena: la superficie del cuerpo se inunda de la radiación eléctrica y magnética que se encuentra en el ambiente encontrando ondas 120 v - 230 v, lo que se traduce en ruido electromagnético. Las fuentes electromagnéticas del entorno generan una señal no deseada en algunos casos escondiendo la señal que se registra proveniente de un músculo. En algunos casos la amplitud del ruido ambiental (radiación electromagnética) puede ser tres veces mayor que la señal EMG de interés.

- Cross talk :Una señal EMG no deseada de un grupo muscular que no se controla se denomina "diafonía". La diafonía contamina la señal y puede causar una interpretación incorrecta de la señal[xxx], en este caso el ruido se podrá disminuir eligiendo el tamaño del electrodo y las distancias entre electrodos (típicamente 1–2 cm o el radio del electrodo). Los electrodos con un área de superficie más pequeña reducen el espaciamiento bipolar y la diferenciación matemática, y la combinación de estos tres métodos reduce la interferencia potencial de manera efectiva[xxxi]
- Electrocardiográficos: La actividad eléctrica del corazón es el principal componente que interfiere para la electromiografía de superficie (sEMG) en la cintura escapular, lo que se denomina un "artefacto de electrocardiograma (ECG)"[xxxii] La actividad cardíaca (artefacto ECG) a menudo contamina las señales EMG, especialmente en la electromiografía de músculos del tren superior.

Procesamiento de la señal

- Análisis de onda: El plano de frecuencia del tiempo es uno de los conceptos principales en análisis de señales. Se han aplicado varios métodos de procesamiento de señal digital a las señales SEMG, pero los métodos más populares incluyen la Transformación rápida de Fourier (FFT), la Transformación discreta de wavelet (DWT) y la Transformación de paquete Wavelet (WP)

  El uso de DWT y WPT brinda la capacidad de determinar ciertos contenidos de frecuencia en el dominio del tiempo y también realizar análisis locales de una señal, revelar las tendencias, puntos de ruptura y discontinuidades de las señales, además puede transformar la señal de forma discreta o continua siendo el método discreto ideal en señales como la EMGs [xxxiii]
- Estadísticas de orden superior (EOS)

  Los estimadores de dominio de tiempo que se han obtenido después de multiplicar más de dos series de tiempo se denominan estadísticas de orden superior.[xxxiv] EOS puede

obtener información no solo de desviaciones de linealidad, sino de señales gaussianas [xxxv] [xxxvi]. El HOS es importante para un diagnóstico neuromuscular de calidad para obtener información sobre los trenes de pulso de inervación y las características de los potenciales de acción de la unidad motora (MUAP). orden) con un modelo paramétrico se utilizan en este método.

- Descomposición empírica

  EMD es una técnica adaptativa para el análisis de señales no estacionarias y no lineales.[xxxvii] EMD es un método que proporciona información sobre las características de la señal de frecuencia de tiempo.

- Red neuronal artificial

  La red neuronal artificial (ANN) es un algoritmo de aprendizaje que intenta imitar cómo el cerebro humano procesa la información (Rumelhart y McClelland, 1986). Se considera un método adecuado para el estudio de datos no lineales y puede cubrir distinciones entre diferentes condiciones. Los requisitos para diseñar un ANN para una aplicación dada incluyen: (i) determinar la arquitectura de la red; (ii) definir el número total de capas, el número de unidades ocultas en las capas intermedias y el número de unidades en las capas de entrada y salida; y (iii) el algoritmo de entrenamiento utilizado durante la fase de aprendizaje [xxxviii]

- Análisis de componentes independientes

  El ACI es un método estadístico, que puede asumir la señal original de la señal de mezcla. Hoy en día se usa ampliamente para separar y eliminar fuentes de ruido de EMG y para descomponer las señales de EMG en un número máximo de componentes independientes. [1]

[1] omon P. Independent component analysis—A new concept? Signal Process. 1994;36:287–314.

Características de la electromiografía

- Dominio de tiempo: Las características en el dominio del tiempo generalmente se implementan de manera fácil y rápida, ya que estas características no necesitan ninguna transformación, que se calcula en función de series temporales de EMG sin procesar (Hudgins et al., 1993 , Oskoei y Hu, 2008 , Tkach et al., 2010)
- Dominio de frecuencia: Las características de frecuencia o dominio espectral se utilizan para estudiar la fatiga del músculo y el análisis de reclutamiento de MU. dentro de este grupo se encuentra la frecuencia media, frecuencia pico, primer segundo y tercer momento espectral etc. Sin embargo, no todas serán elegibles para estudios electromiografícos

2.2. Papel de la Electromiografía

La electromiografía es considerada como una técnica no invasiva que permite evaluar el desarrollo de la fatiga muscular local durante una contracción isométrica[xxxix], diversos estudios han demostrado que las personas con dolor lumbar inespecífico presentan alteraciones tanto a nivel postural como en los músculos lumbares bajos (en los que se incluyen desde una respuesta tardía al estímulo , la disminución en la amplitud de la activación muscular , una menor resistencia , alteraciones en la propiocepción y en la retroalimentación aferente) (Cholewicki et al., 2005 ; MacDonald et al., 2010 ; Radebold et al., 2000 ; Reeves et al., 2005 ; Stokes et al., 2006) [xl].

Problema de estudio

El dolor lumbar inespecífico se ha convertido en una patología cada más frecuente convirtiéndose en un problema de salud pública ya que es la principal causa de discapacidad laboral a nivel mundial , [xli]en 2010 a través de la Carga Global de Enfermedad (GBD) se determinó que el dolor lumbar provoca más discapacidad que cualquier otra patología (10.7% del total de YLD (Years Lived with Disability- años vividos con discapacidad); ocupa el sexto lugar en términos de carga de enfermedad general); y es la principal causa de discapacidad en los países desarrollados y en desarrollo[xlii],se estima que 4 de cada 5 personas presenta dolor lumbar una vez en la vida[xliii]siendo más prevalente en países industrializados donde alcanza hasta un 45 % . Se considera al dolor lumbar como una patología más frecuente en la población femenina y en pacientes con edad por encima de los 40 años[xliv] . En países como Estados Unidos esta patología genera costos aproximadamente de 100 mil millones de dólares por año [xlv]Se considera que dentro del dolor crónico hasta el 40 % se asocia con dolor lumbar[xlvi], lo que demuestra la necesidad de una mejor comprensión de la patología y la necesidad de un diagnóstico fiable y temprano .

En muchos casos dado su pico de aparición se considera que el dolor lumbar es una patología exclusiva del adulto; al respecto se han desarrollado estudios que demuestran el aumento de esta patología en la población infantil el cual aumenta con la edad y se convierte en predictor de la misma en la vida adulta [xlvii]

Es tal el impacto de esta patología que se ha considerado como la causa principal de incapacidades y necesidad de rehabilitación para la población que trabaja [xlviii],lo cual se traduce en una menor riqueza además que secundario a la disminución de actividad física – sedentarismo aparecen una serie de comorbilidades como la hipertensión arterial , la diabetes mellitus , enfermedades respiratorias[xlix] , obligando a una jubilación más temprana y llevando a un menor patrimonio [l] dentro de las guías alemanas para DLMI demuestran la necesidad de

un diagnóstico en base a la historia clínica y el examen físico para esta patología ya que evita costos tanto para el paciente como para el sistema de salud [li]

Con lo anterior se demuestra la importancia de un adecuado diagnóstico para el DLMI; en respuesta a esta necesidad Herrera y Reina diseñaron la PEBI la cual es diagnóstica para el 100 % de los pacientes con dicha patología. Sin embargo, aunque existe esta correlación clínica no es claro el fenómeno mioeléctrico que ocurre alrededor de la misma, por lo que se propone realizar un piloto del uso de la electromiografía para detectar cambios en el reclutamiento electromiográfico de pacientes con dolor lumbar inespecífico y a partir de este, si es posible, plantear un protocolo para la validación del PEBI basándonos en la electromiografía de superficie.

Pregunta de investigación

¿Qué cambios electromiografícos se presentan en los pacientes con dolor lumbar inespecífico mecánico que son llevados a la realización de la prueba de extensión en bípedo de isquiotibiales comparado con una población sin dolor lumbar?

Justificación

El dolor lumbar inespecífico es una patología de alto impacto social y económico el cual requería un método diagnóstico propio para dicha patología por lo que se diseñó la prueba en bípedo de isquiotibiales obteniendo un valor predictivo positivo del 100%.

Dadas las características de esta prueba se considera una herramienta útil para el diagnóstico del DLIM, sin embargo, no se tiene una prueba objetiva que explique o sustente a la misma. Por lo que genera la necesidad de esclarecer dicho proceso que permita un mayor conocimiento de la misma, teniendo en cuenta que es un fenómeno de bases neuromusculares se considera realización de un piloto a partir de la realización de pruebas electromiográficas para la explicación de la prueba.

A partir de la objetivación de la prueba se obtendrá mayor valor para la misma de tal forma que se considere como una herramienta clínica de uso diario que se podría generar menores costos para el sistema, por ejemplo, disminuyendo el uso de imágenes adicionales.

Objetivos

- General:
    - Comparar los cambios electromiografícos de los pacientes con dolor lumbar inespecífico llevados a la PEBI con pacientes sin dolor lumbar

- Específicos:
    - Determinar la respuesta al estímulo en la fibra muscular antes y después de la realización del PEBI en los pacientes con DLMI
    - Determinar la respuesta al estímulo en la fibra muscular antes y después de la realización del PEBI en los pacientes sin dolor lumbar

Aspectos metodológicos

Tipo de estudio:

Estudio cuasi experimental de diseño: antes y después. Recolección de datos prospectiva.

Población Piloto

10 pacientes distribuidos en dos grupos: dolor lumbar inespecífico y sin dolor lumbar que se obtendrán en el periodo del 01 de mayo al 30 de junio de 2020 atendidos en un consultorio particular.

Criterios de inclusión

Pacientes entre los 18-60 años

Grupo 1 con prueba de PEBI +: diagnóstico de lumbar mecánico inespecífico

Grupo 2 sanos

Criterios de exclusión

- Pacientes con diagnóstico de:

Hipotiroidismo, neuropatía diabética o desmielinizantes, patologías dérmicas, neuropatías previas, edema de miembros inferiores, enfermedad renal crónica y obesidad para los dos grupos.

- Pacientes que no deseen participar del estudio

Variables

CATEGORÍA	VARIABLE	DEFINICIÓN	OPERALIZACIÓN	CLASIFICACIÓN	ESCALA	INSTRUMENTO
Sociodemográficas	Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el día en el cual se realizó la prueba	Número de años	Cuantitativa	Discreta	Historia clínica
	Sexo	Características anatómicas que se le atribuyen a una persona anotadas por el médico en	Masculino (1) Femenino (2)	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Historia clínica

		la historia clínica				
Clínicas	tipo de dolor lumbar	DLMI o paciente sano	DLMI o paciente sano	politómica		
	Dolor	Nivel de dolor subjetivo despues del PEBI	1 a 10	Cuantitativa	Discreta	EAD: escala análoga de dolor
	Contracción del longissimus - antes	Reclutamiento muscular del longisimus ante el estimulo con actividad isométrica antes del PEBI	Amplitud - Milivoltios	Cuantitativa	continua	EMGs+lab chart

	Fatiga del longissimus - antes	Variación negativa del reclutamiento muscular del longisimus ante el estimulo con actividad isométrica antes del PEBI	Cantidad de Potenciales por unidad de tiempo	Cuantitativa	continua	EMGs+lab chart
	Contracción del longissimus - después	Reclutamiento muscular del longisimus ante el estimulo con actividad isométrica	Amplitud - Milivoltios	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart

		después del PEBI				
	Fatiga del longissimus - después	Variación negativa del reclutamiento muscular del longisimus ante el estimulo con actividad isométrica después del PEBI	Cantidad de Potenciales por unidad de tiempo	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart
	Contracción de los iliocostales - antes	Reclutamiento muscular del los iliocostales ante el	Amplitud - Milivoltios	Cuantitativa	continua	EMGs+lab chart

		estimulo con actividad isométrica antes del PEBI				
	Fatiga de los iliocostales - antes	Variación negativa del reclutamiento muscular de los iliocostales ante el estimulo con actividad isométrica antes del PEBI	Cantidad de Potenciales por unidad de tiempo	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart
	Contracción de los iliocostal	Reclutamiento muscular del los	Amplitud - Milivoltios	Cuantitativa	continua	EMGs+lab chart

	es - después	iliocostales ante el estimulo con actividad isométrica después del PEBI				
	Fatiga de los iliocostales - después	Variación negativa del reclutamiento muscular de los iliocostales ante el estimulo con actividad isométrica despues del PEBI	Cantidad de Potenciales por unidad de tiempo	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart

	Contracción del bíceps femoral antes	Reclutamiento muscular del bíceps ante el estimulo con actividad isométrica antes del PEBI	Amplitud - Milivoltios	Cuantitativa	continua	EMGs+lab chart
	Fatiga del bíceps femoral antes	Variación negativa del reclutamiento muscular del bíceps femoral ante el estimulo con actividad isométrica antes del PEBI	Cantidad de Potenciales por unidad de tiempo	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart

	Contracción del bíceps femoral después	Reclutamiento muscular del bíceps ante el estimulo con actividad isométrica despues del PEBI	Amplitud - Milivoltios	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart
	Fatiga del bíceps femoral después	Variación negativa del reclutamiento muscular del bíceps femoral ante el estimulo con actividad isométrica despues del PEBI	Cantidad de Potenciales por unidad de tiempo	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart

	Contracción del semitendinoso antes	Reclutamiento muscular del semitendinoso ante el estimulo con actividad isométrica antes del PEBI	Amplitud - Milivoltios	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart
	Fatiga del semitendinoso antes	Variación negativa del reclutamiento muscular del bíceps ante el estimulo con actividad isométrica antes del PEBI	Cantidad de Potenciales por unidad de tiempo	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart

	Contracción del semitendinoso después	Reclutamiento muscular del semitendinoso ante el estimulo con actividad isométrica despues del PEBI		Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart
	Fatiga del semitendinoso - después	Variación negativa del reclutamiento muscular del bíceps ante el estimulo con actividad isométrica despues del PEBI	Cantidad de Potenciales por unidad de tiempo	Cuantitativa	Continua	EMGs+lab chart

Técnicas de recolección de datos

Una vez identificados los pacientes que cumplan los criterios de inclusión del estudio se realizará historia clínica, se recolectaran las variables demográficas de interés en Excel y se asignará al paciente en uno de los dos grupos acorde al criterio médico. Para la recolección de los datos electromiografícos se hará directamente del programa labchart con el cual se registra cada una de las mediciones.

Los datos serán tratados de manera confidencial y la identidad del paciente será suprimida dando cumplimiento a las regulaciones colombianas de Habeas Data. Los datos de los participantes permanecerán con carácter estrictamente confidencial en el centro de investigación.

Materiales y Métodos

Captación de los pacientes

- Previamente dentro del consultorio particular se tiene establecida la población que presenta dolor lumbar inespecífico, los pacientes que cumplen con los criterios de inclusión se les hará la invitación por el investigador principal o la Dra. Lina García, cuando acudan a una sesión de fisioterapia.
- Los pacientes sanos se invitarán en la consulta de fisioterapia por el investigador principal teniendo en cuenta que su patología no sea dolor lumbar o patologías que comprometan la columna vertebral ni los músculos isquiotibiales o lumbares bajos en estudio.

Si los pacientes deciden participar se procederá a la explicación del consentimiento informado, se explicará nuevamente el protocolo de nuestra investigación por parte del personal de la salud (Dr. Herrera- Docente de Ortopedia, Marisol González – Residente de Ortopedia o la Dra. Lina García – Fisioterapeuta) y posteriormente se procederá a la firma.

Pasos para la realización de la prueba (Estas pruebas se realizarán en el laboratorio de electrofisiología de la Universidad El Bosque , El examen físico lo realizara el investigador principal (Marisol González C) el cual constara de la evaluación de dolor lumbar y los arcos de movilidad de los miembros inferiores .En caso de ser necesario se costeará el transporte al lugar de la prueba de los pacientes):

1. Ingreso del paciente explicación nuevamente de la prueba y verificación de consentimiento informado. Cambio de ropa. Reposo 10 minutos
2. Preparación y limpieza de la piel con gel abrasivo en zona de electrodos # 4 por cada paciente (área de cada electrodo -diámetro 3 cm)

2.1 zonas de los electrodos: los músculos erectores de la columna longissimus (2 cm lateral al proceso espinal de L1) e iliocostales (Los electrodos deben colocarse a 1 dedo de ancho medial desde la línea desde la espina ilíaca posterior superior al punto más bajo de la costilla inferior, a nivel de L2.)

los músculos isquiotibiales de las dos extremidades: el bíceps femoral (al 50% de la línea tuberosidad isquiática y epicóndilo lateral de la tibia) y el semitendinoso (al 50% de la línea tuberosidad isquiática y epicóndilo medial de la tibia).

3. Se realizan ejercicios isométricos para lumbares bajos e isquiotibiales : Prueba de Sorensen - primera electromiografía
4. Se pide al paciente que se coloque en posición anatómica en bípedo.
5. Elevar el miembro inferior derecho o izquierdo sobre una superficie de apoyo de 30 cm, con flexión de cadera de 30° y extensión de rodilla completa y tobillo en dorsiflexión máxima tolerada.
6. Debe mantener la posición durante un minuto
7. Cambio de la extremidad, siempre teniendo en cuenta que la rotación de la cadera debe ser neutra en las dos extremidades para que se produzca un bloqueo de la basculación de la pelvis sobre la cadera que se encuentra en extensión
8. Se realiza prueba análoga de dolor
9. Se realizan ejercicios isométricos para lumbares bajos e isquiotibiales: Prueba de Sorensen - segunda electromiografía
10. Cambió de la extremidad, siempre teniendo en cuenta que la rotación de la cadera debe ser neutra en las dos extremidades para que se produzca un bloqueo de la basculación de la pelvis sobre la cadera que se encuentra en extensión-Se pide al paciente que realice caminata de 10 metros y evalúe persistencia del dolor
11. Retiro de electrodos, limpieza de la piel con solución salina.

Plan de análisis

Análisis descriptivo: Inicialmente se realizará un análisis descriptivo de nuestra población de estudio presentando medidas de tendencia central y dispersión según la distribución de los datos. Media y desviación estándar para datos con distribución normal, mediana y rango intercuartílico para datos no normales. Adicionalmente se presentarán las variables categóricas como tablas de frecuencia y porcentajes y gráficos.

Los resultados de la EMG se compararán mediante un anova de los datos de los pacientes.

Sesgos

Dentro de la presente investigación se considera está expuesta a los siguientes posibles sesgos:

1. Sesgo de medición: dado que la obtención de los datos de la electromiografía puede estar en relación directa con calibración del equipo; se controlará con la verificación previa por parte del grupo de bioingeniería previamente a cada sesión de los mismos .
2. Sesgo de observación: Humedad y temperatura: se considera dado que los pacientes deben desplazarse al lugar de la prueba provocando sudoración en la piel que podría provocar una mal adherencia de los electrodos a la piel, además de aumentar el tiempo para inicio de la misma ,lo que se controlara con previo reposo antes de la prueba
3. Sesgo de observación: operador: se controla a través de los criterios de inclusión del paciente
4. Sesgo de selección: se revisará la historia clínica previa para verificar grupo correcto al que pertenece el participante.

Aspectos Éticos

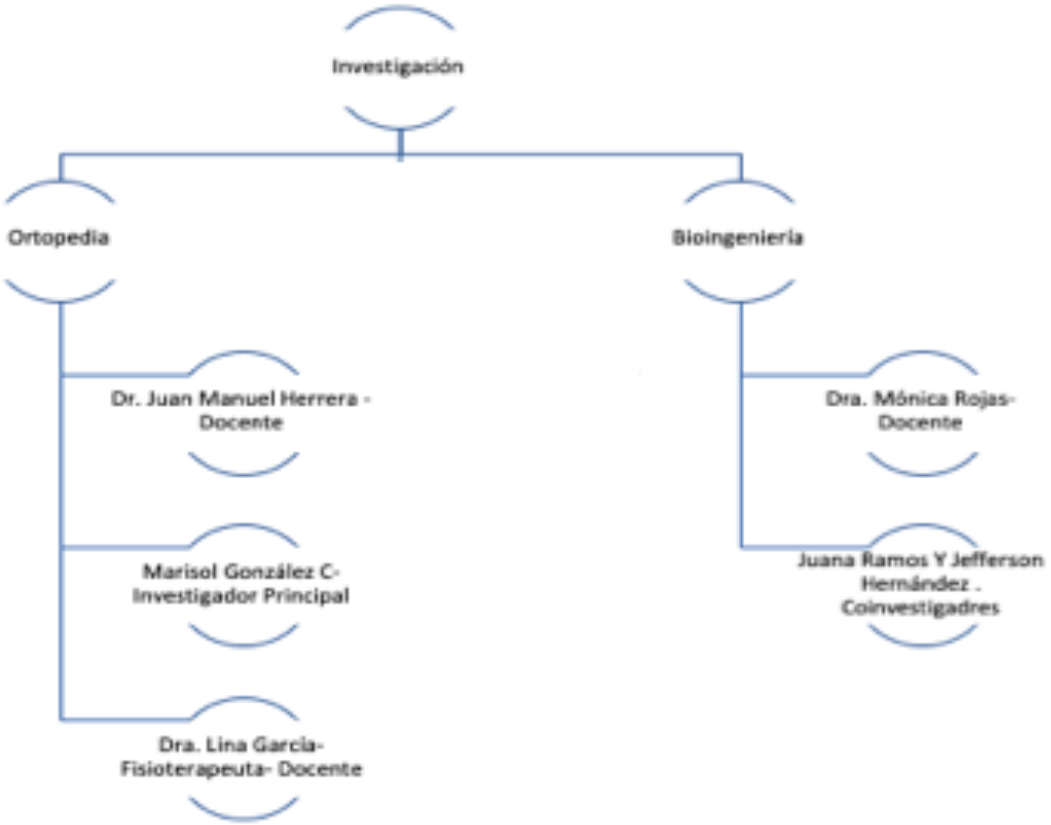
La presente investigación se regirá por los principios internacionales de acuerdo a la declaración de Helsinki: “velar solícitamente y ante todo por la salud de mi paciente”, comprendiendo que la investigación médica busca generar conocimiento nuevo asegurando el respeto a los seres humanos y la protección de su salud y sus derechos individuales.

De la misma forma, ésta se desarrollará acorde a los conceptos morales, éticos y legales del Código de Núremberg y según la Resolución Numero 8430 del Ministerio de Salud de Colombia del año 1993, Título II – Capítulo I , según el cual el presente estudio se ajusta a la definición de estudio de riesgo mínimo ; articulo 11 “Son estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o sicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, electrocardiogramas, pruebas de agudeza auditiva, termografías, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, recolección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraidos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimientos profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa” Por lo cual al establecer el perfil de riesgo y las variables a estudio y teniendo como parámetro el artículo 16 de la misma resolución , se considera que el estudio requiere consentimiento informado para su ejecución.

Se garantiza absoluta confidencialidad en el manejo de los datos. Para ello se tomarán precauciones como tachar, anular o suprimir algún dato que pueda hacer conocer la identidad de los pacientes cuyos datos incluye la disminución de riesgos para: identificación o singularización de una persona, vinculabilidad entre los datos de la misma base o con datos provenientes de otras bases de datos y finalmente, inferencia o deducir a partir de los valores o a partir del análisis de la información.

Las técnicas estadísticas utilizadas para la nominación incluyen la permutación y la aleatorización de registros en la matriz de análisis. Los datos de carácter personal (toda información numérica, alfabética, fotográfica, acústica o de cualquier otro tipo, susceptible de recogida, registro, tratamiento y transmisión, concerniente a personas físicas identificadas o identificables tales como nombres, apellidos, numero del carné de seguridad social, identificación personal, número de teléfono, etc.) no serán incluidos en la base de datos.

Organigrama



Funciones de los participantes:

Actividad	Delgado / desarrollo
Examen físico previo a la prueba	Lo realizara el investigador principal (Marisol González C) o El Dr Herrera en el consultorio de fisioterapia en cita previa a la correspondiente de la prueba Se valorara el dolor y la movilidad de la columna lumbar y los miembros inferiores así como los antecedentes del paciente .

La realización de la PEBI	se realizara en el consultorio de fisioterapia la podrá realizar el investigador principal o la Dra. Lina García como parte de los criterios de inclusión y dentro de la prueba se realizara en el laboratorio de fisiología de la universidad .
Manejo de la señal electromiografía y procesamiento	Juana Ramos y Jefferson Hernandez
El anonimato de los datos y el manejo de los datos	Dra. Mónica Rojas: se asignara un numero para cada uno de los pacientes al azar de 1ª-5a entre sanos y de 1b - 5 b , y de acuerdo a esto se realizara el almacenamiento de los datos con el numero de los pacientes , solo la persona encargada sabrá que numero correspondiente de los pacientes .
Electromiografía	La realizara Marisol González con la asistencia de la Dra Mónica Rojas.

En caso de ser necesario los investigadores con sus propios recursos financiaran el traslado de los pacientes para realizar la prueba .

Cronograma

Actividad	Agosto 19-Marzo 20	Marzo- Abril 2020	Mayo-junio 2020	Junio- Julio 2020
Creación de protocolo				
Presentación al comité de ética				
Ejecución de las pruebas piloto				
Análisis de resultados				
Desarrollo de doc. final				

Presupuesto

Insumo y /o labor	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Laboratorio fisiología Universidad	1		
Electromiógrafo superficie	1		Cables 300.000 Consola 45.000.000
Software lab chat	1		Licencia Universidad
Excel	1		Licencia Universidad
Materiales			
Gel	3	40.000	120.000
Electrodos			100.000
Polo a tierra	1	40.000	40.000
Hojas- resma	2	10.000	20.000
Equipos			
Impresora (personal del equipo)	1	500.000	500.000
Computadores	3	2.500000	7.500.000
Personal			

Horas Tutores			
Dra Mónica Rojas- Docente bioingeniería#1	65h	70.000	4.550.000
Dr Juan Manuel Herrera- Docente ortopedia #2	65h	70.000	4.550.000
Dr Rangel - Docente fisiatría #3	20h	70.000	1.400.000
Dra Linda Ibata- Docente Epidemiología #4	65h	70.000	4.550.000
Horas Residente Fisiatría	30h	50.000	1.500.000
Horas Residente Ortopedia	65h	50.000	3.250.000
Horas Estudiantes Bioingeniería	65 h		
Juana Ramos - Coinvestigador # 1	65h	40.000	2.600.000
Jefferson Hernandez . Coinvestigador # 2	65h	40.000	2.600.000
Horas Fisioterapeuta : Dra. Lina García	30h	50.000	1.500.000

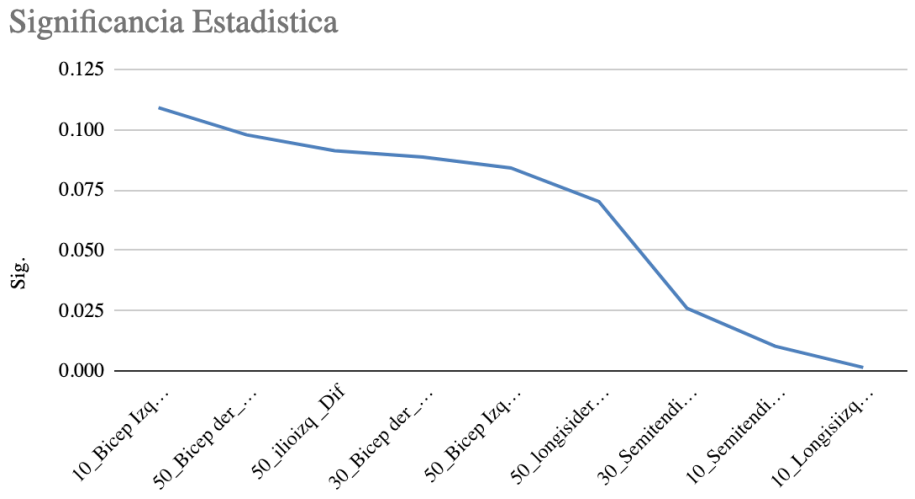
Total			

Resultados

Los pacientes participantes del estudio para el grupo # 1 (sanos) presentaron una edad de 30.83 ± 8.3, una talla de 1.68 ± 0.08 metros (m) , y un peso de 73 ± 10.35 kilogramos (kg), para el grupo # 2 (PEBI positiva) se encontro una edad en promedio de 38.4 ± 12.66, una talla de 1.63 metros ± 0.11, peso: 71.2 ± 15.85kg .

En el caso de los pacientes con dolor lumbar, se evaluo el dolor a traves de la escala analoga del dolor (EVA) antes y después de realizar la prueba PEBI (EVA antes: 3.83 ± 1.26, EVA después: 1.26 ± 0.99).

A traves de la electromiografia que se realizo se evaluo el índice de coactivacion muscular donde se evidenciaron cambios significativos para el semitendinoso antes de realizar la prueba al 10 y 30 % del reclutamiento máximo de cada paciente , de igual forma se observaron cambios significativos comparando la diferencia en la coactivación muscular del longisimus al 10 % del máximo del reclutamiento así como cambios que aunque no significativos son cercanos a la misma para los índices de coactivacion del bíceps en los tres momentos evaluados al 10 % , al 30 % y al 50 % de la capacidad máxima de cada paciente. (ver grafico 1 y tabla 1)



(Grafico 1: significancia estadística índices de coactivacion muscular anova)

Al evaluar la varianza de los diversos músculos estudiados en su índice de coactivacion como se evidencia el mayor valor para la contracción muscular del bíceps al 10, 30 y 50 % tanto antes como después del PEBI y en la diferencia del lado derecho, seguido por el semitendinoso de igual forma de los tres momentos de contracción muscular evaluados conservando la tendencia a presentarse antes , después y en la diferencia en las mediciones del lado derecho.(ver grafico 2 y tabla 1).

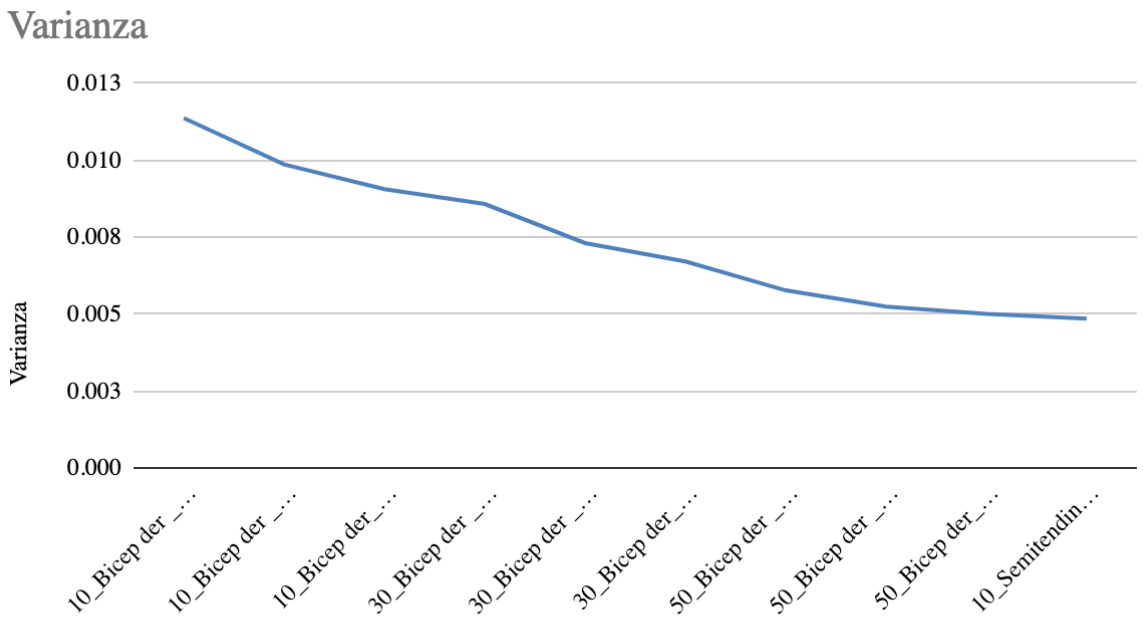


Grafico 2 : Varianza muscular

Para la fatiga muscular la significancia estadística aunque no significativa mas alta fue para el semitendinoso derecho al 50 % después del PEBI y en la diferencia del antes y después , seguido por el longisimus , bíceps y el ilio costal derechos al 50 % .

La varianza de la fatiga muscular fue de 0 para todos los músculos en su evaluación tanto antes como después . (ver tabla 1)

	Varianza	Sig.	Destandar
10_Bicep der _AntesPEBI	0.011	0.997	0.106626429
10_Bicep der _DespuesPEBI	0.010	0.787	0.09932174627
10_Bicep der_ dife	0.009	0.310	0.09520991575
30_Bicep der _AntesPEBI	0.009	0.816	0.09262973832
30_Bicep der _DespuesPEBI	0.007	0.482	0.08550514003
30_Bicep der_ dife	0.007	0.089	0.0819327105
50_Bicep der _AntesPEBI	0.006	0.685	0.07599346837
50_Bicep der _DespuesPEBI	0.005	0.525	0.0724265494
50_Bicep der_ dife	0.005	0.098	0.07078838585
10_Semitendinder _AntesPEBI	0.005	0.876	0.06970259946
10_semitendinder _DespuesPEBI	0.004	0.831	0.06675279145
10_semi der_ dife	0.004	0.820	0.06614490474
30_Semitendinder _AntesPEBI	0.004	0.533	0.06339686362
30_semitendinder _DespuesPEBI	0.004	0.404	0.06129188146
30_semi der_ dife	0.004	0.817	0.06094504233
50_Semitendinder _AntesPEBI	0.004	0.684	0.06043163625
50_semitendinder _DespuesPEBI	0.003	0.313	0.05813074897
50_Semitendinder _dife	0.003	0.327	0.05660954367
10_Longisider_AntesPEBI	0.003	0.361	0.05641719104
10_longisider _DespuesPEBI	0.003	0.274	0.05257971027
10_Longisider_difer	0.003	0.771	0.05096309257
30_Longisider_AntesPEBI	0.002	0.530	0.04788729746
30_longisider _DespuesPEBI	0.002	0.435	0.04774514504
30_Longisider_dif	0.002	0.429	0.04646351136
50_Longisider_AntesPEBI	0.002	0.771	0.04409200651
50_longisider _DespuesPEBI	0.002	0.169	0.04295727543
50_longisider _Dif	0.002	0.070	0.04243646425
10_ilioder_AntesPEBI	0.002	0.313	0.04239978719
10_ilioder _DespuesPEBI	0.002	0.498	0.04232366579
10_ilioder_dif	0.002	0.114	0.04168130338
30_ilioder_AntesPEBI	0.002	0.318	0.04013230322
30_ilioder _DespuesPEBI	0.002	0.366	0.03962900473
30_ilioder _Dif	0.002	0.512	0.03927767094
50_ilioder_AntesPEBI	0.001	0.251	0.03849936444
50_ilioder _DespuesPEBI	0.001	0.235	0.03833993119
50_ilioder _Dif	0.001	0.669	0.03775128303
10_Bicep Izq _AntesPEBI	0.001	0.216	0.03629225454
10_Bicep Izq _DespuesPEBI	0.001	0.838	0.03578296878
10_Bicep Izq _Dif	0.001	0.109	0.03544928311
30_Bicep Izq _AntesPEBI	0.001	0.343	0.03504429162
30_Bicep Izq _DespuesPEBI	0.001	0.614	0.03504009602
30_Bicep Izq _Dif	0.001	0.303	0.03439959357
50_Bicep Izq _AntesPEBI	0.001	0.255	0.03321065144
50_Bicep Izq _DespuesPEBI	0.001	0.623	0.03305133671
50_Bicep Izq _Dif	0.001	0.084	0.03219810207
10_Semitendinizq _AntesPEBI	0.001	0.010	0.0312305689
10_semitendinizq _DespuesPEBI	0.001	0.208	0.03035797617
10_semitendinizq _Dif	0.001	0.732	0.02961914681
30_Semitendinizq _AntesPEBI	0.001	0.026	0.02952995701
30_semitendinizq _DespuesPEBI	0.001	0.185	0.02850686376
30_Semitendinizq _dif	0.001	0.826	0.02669637934

50_Semitendinizq _AntesPEBI	0.001	0.133	0.02593900356
50_semitendinizq _DespuesPEBI	0.001	0.305	0.02576901422
50_Semitendinizq _Dif	0.001	0.696	0.02469371852
10_Longisiizqu_AntesPEBI	0.001	0.390	0.02465066652
10_longisiizq _DespuesPEBI	0.001	0.172	0.02382987948
10_Longisiizqu_Dif	0.001	0.001	0.02309447852
30_Longisiizqu_AntesPEBI	0.001	0.405	0.02246044114
30_longisiizq _DespuesPEBI	0.000	0.455	0.02183849443
30_Longisiizqu_Dif	0.000	0.691	0.01991683942
50_Longisiizqu_AntesPEBI	0.000	0.396	0.01867498243
50_longisiizq _DespuesPEBI	0.000	0.342	0.01572461114
50_longisiizq _Dif	0.000	0.972	0.01517797991
10_ilioizq_AntesPEBI	0.000	0.483	0.01494888039
10_ilioizq _DespuesPEBI	0.000	0.708	0.01451005171
10_ilioizq_Dif	0.000	0.390	0.013404584
30_ilioizq_AntesPEBI	0.000	0.960	0.01304320947
30_ilioizq _DespuesPEBI	0.000	0.705	0.01297132937
30_ilioizq _Dif	0.000	0.370	0.01295070554
50_ilioizq_AntesPEBI	0.000	0.487	0.01225131264
50_ilioizq _DespuesPEBI	0.000	0.997	0.01130068304
50_ilioizq _Dif	0.000	0.091	0.01077080718
50 _Fatig_bicepder_ antesPEBI	0.000	0.912	0.01059089557
50 _Fatig_bicepder_ despPEBI	0.000	0.466	0.01044113675
50 _Fatig_bicepder_ dif	0.000	0.679	0.01033560041
50 _Fatig_semder_ antesPEBI	0.000	0.875	0.009981949757
50 _Fatig_semider_ despPEBI	0.000	0.183	0.009704775718
50 _Fatig_semider_ dif	0.000	0.265	0.009535361072
50 _Fatig_longder_ antesPEBI	0.000	0.749	0.009101092461
50 _Fatig_londer_ despPEBI	0.000	0.305	0.009029685776
50 _Fatig_londer_ dif	0.000	0.490	0.008557448967
50 _Fatig_ilioder_ antesPEBI	0.000	0.331	0.00665349547
50 _Fatig_ilioder_ despPEBI	0.000	0.431	0.006464286078
50 _Fatig_ilioder_ dif	0.000	0.695	0.006232020274
50 _Fatig_bicepizq_ antesPEBI	0.000	0.658	0.006208995488
50 _Fatig_bicepizq_ despPEBI	0.000	0.340	0.006042317148
50 _Fatig_bicepizq_ dif	0.000	0.376	0.005592415801
50 _Fatig_semizq_ antesPEBI	0.000	0.469	0.005461554675
50 _Fatig_semiizq_ despPEBI	0.000	0.923	0.005288713
50 _Fatig_semiizq_ dif	0.000	0.744	0.005088011606
50 _Fatig_longizq_ antesPEBI	0.000	0.739	0.004572382765
50 _Fatig_lonizq_ despPEBI	0.000	0.722	0.002743234071
50 _Fatig_lonizq_ dif	0.000	0.960	0.0008718702773
50 _Fatig_ilioizq_ antesPEBI	0.000	0.857	0.0005574882437
50 _Fatig_ilioder_ despPEBI	0.000	0.687	0.0002290995283
50 _Fatig_ilioder_ dif	0.000	0.658	0.00007188009416

Tabla 1 : Varianza , significancia y desviaciones estándar de los índices de coactivacion y fatiga muscular

Discusión

Se deben tener encuentra dos escenarios dentro del piloto que realizamos : el primero evalúa el desarrollo del protocolo donde se evidencio que realizar la prueba de sorencen requiere por parte de los pacientes no estar durante un episodio agudo de dolor lumbar además de no presentar patologías que comprometan la pared abdominal o haberse realizado procedimientos en este mismo nivel ya que la debilidad de la pared abdominal si influye en la biomecánica de la columna por tanto en el desarrollo del dolor lumbar.

Adicionalmente el grupo piloto es un grupo joven para la tendencia de pacientes en los que habitualmente se muestra la patología lo que facilito la ejecución de esta secuencia de ejercicios isométricos mostrando requerir una condición física previa base para poderlos realizar y los cuales muy probablemente una población mayor no podrá realizar por lo que se debe considerar realizar otra secuencia diferente para el proyecto final.

El segundo hace referencia a los resultados de la prueba donde al evaluar los índices de coactivacion se observa especialmente en los isquitibiales como cambia el valor de cada musculo antes de realizar la prueba y esa diferencia que en algunos casos pese a ser una muestra pequeña ya es significativa , y la cual se pierde al realizar la PEBI y realizar nuevamente los ejercicios isométricos , eso nos demuestra que el dolor lumbar puede estar asociado a una contracción anormal muscular la cual resuelve con la ejecución de la PEBI por lo que después de su realización es lógico pensar que debe desaparecer esa diferencia como ocurrió en este piloto.

Respecto a los músculos lumbares ;el longisimus y los iliocostales ,los índices de coactivacion en general se observan cambios importantes en los primeros grados de la contracción muscular al 10 % lo que podría sugerir que aunque estos músculos tendrán importancia como punto de inicio de esta patología con el consecuente compromiso de los isquiotibiales .

Se propone evaluar la lateralidad de los pacientes ya que se observa claramente como los cambios observados en el la coactivación muscular se presentan especialmente en el hemicuerpo derecho , lo que podría mostrar a tendencia al desarrollo del dolor acorde a la utilización de un grupo muscular de mayor uso relacionado con la lateralidad del paciente.

Finalmente a partir de este piloto se estimo que la muestra para el estudio general dados los hallazgos en cada musculo, su varianza y significancia debe corresponder a 162 mediciones , que se traduce a 81 pacientes con dolor lumbar inespecífico .

---

[i]Deyo, R. (2002). Diagnostic Evaluation of LBP. Archives of Internal Medicine, 162(13), p.1444.

[ii] Global Burden of Disease Stud y 2013 Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. Lancet 2015;6736:1990–2013. –47.

[iii] Maher, C., Underwood, M. and Buchbinder, R. (2017). Non-specific low back pain. The Lancet, 389(10070), pp.736-747.ancet 2017;389:736

[iv] Hoy, D., Bain, C., Williams, G., March, L., Brooks, P., Blyth, F., Woolf, A., Vos, T. and Buchbinder, R. (2012). A systematic review of the global prevalence of low back pain. Arthritis & Rheumatism, 64(6), pp.2028-2037.

[v] Airaksinen, O., Brox, J., Cedraschi, C., Hildebrandt, J., Klaber-Moffett, J., Kovacs, F., Mannion, A., Reis, S., Staal, J., Ursin, H. and Zanoli, G. (2006). Chapter 4 European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. European Spine Journal, 15(S2), pp.s192-s300..

[vi] Hernández, N., Reina, E. and Herrera Arbeláez, J. (2017). Validación de la prueba de extensión en bípedo de los isquiotibiales (PEBI) para el diagnóstico diferencial del dolor lumbar inespecífico mecánico (DLIM). Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología, 31(2), pp.49-54.

[vii]Airaksinen, O., Brox, J., Cedraschi, C., Hildebrandt, J., Klaber-Moffett, J., Kovacs, F., Mannion, A., Reis, S., Staal, J., Ursin, H. and Zanoli, G. (2006). Chapter 4 European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. European Spine Journal, 15(S2), pp.s192-s300.

[viii] Chenot, J., Greitemann, B., Kladny, B., Petzke, F., Pfingsten, M. and Schorr, S. (2017). Non-Specific Low Back Pain. Deutsches Aerzteblatt Online.

[ix] Chou, R. (2011). Diagnostic Imaging for Low Back Pain: Advice for High-Value Health Care From the American College of Physicians. Annals of Internal Medicine, 154(3), p.181..

[x] Hernández, N., Reina, E. and Herrera Arbeláez, J. (2017). Validación de la prueba de extensión en bípedo de los isquiotibiales (PEBI) para el diagnóstico diferencial del dolor lumbar inespecífico mecánico (DLIM). Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología, 31(2), pp.49-54

[xi] Krismer, M. and van Tulder, M. (2007). Low back pain (non-specific). Best Practice & Research Clinical Rheumatology, 21(1), pp.77-91

[xii] Chenot, J., Greitemann, B., Kladny, B., Petzke, F., Pfingsten, M. and Schorr, S. (2017). Non-Specific Low Back Pain. Deutsches Aerzteblatt Online.

[xiii]Bo Andersen, L., Wedderkopp, N. and Leboeuf-Yde, C. (2006). Association Between Back Pain and Physical Fitness in Adolescents. Spine, 31(15), pp.1740-1744.

[xiv]Maher, C., Underwood, M. and Buchbinder, R. (2017). Non-specific low back pain. The Lancet, 389(10070), pp.736-747

[xv]Hernández, N., Reina, E. and Herrera Arbeláez, J. (2017). Validación de la prueba de extensión en bípedo de los isquiotibiales (PEBI) para el diagnóstico diferencial del dolor lumbar inespecífico mecánico (DLIM). Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología, 31(2), pp.49-54

[xvi] Kutz M(2009). Biomedical Engineering and Design Handbook, Volume 1.

[xvii] HENNEMAN, E. (1957). Relation between Size of Neurons and Their Susceptibility to Discharge. Science, 126(3287), pp.1345-1347.

[xviii]Cavalcanti Garcia[a], T.M. M. (2011) Vieir Surface electromyography: Why, when and how to use it pp17-18.
[xix] Merletti, R., Aventaggiato, M., Botter, A., Holobar, A., Marateb, H. and Vieira, T. (2010). Advances in Surface EMG: Recent Progress in Detection and Processing Techniques. Critical Reviews in Biomedical Engineering, 38(4), pp.305-345.
[xx]À. Rovira Cañellas,Farreras Rozman. (2016) Pruebas complementarias en neurología Medicina Interna, Capítulo 163, pp1304-1317
[xxi] M.A.. Cavalcanti (2011)Surface electromyography: Why, when and how to use it.Revista andaluza de deportes Vol. 4. Núm. 1.pp17-28
[xxii]Tam H, Webster J. Minimizing Electrode Motion Artifact by Skin Abrasion. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 1977;BME-24(2):134-139.
[xxiii] Roy, S.H., De Luca, G., Cheng, S., Johansson, A., Gilmore, L.D., De Luca, C.J., 2007.Electro-mechanical stability of surface EMG sensors. Medical and BiologicalEngineering and Computing 45, 447–457
[xxiv] http://www.seniam.org/
[xxv] Chowdhury, R. H., Reaz, M. B., Ali, M. A., Bakar, A. A., Chellappan, K., & Chang, T. G. (2013). Surface electromyography signal processing and classification techniques. Sensors (Basel, Switzerland), 13(9), 12431–12466. doi:10.3390/s130912431
[xxvi] Geddes LA, Baker LE. (1989)Principles of applied biomedical instrumentation. New York: Wiley,
[xxvii] Tam H, Webster J. Minimizing Electrode Motion Artifact by Skin Abrasion. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 1977;BME-24(2):134-139.
[xxviii] De Luca C.J. Electromyography. In: Webster J.G.,(1998)Encyclopaedia of Medical Devices and Instrumentation. Wiley; New York, NY, USA:pp. 1111–1120
[xxix]3. Clancy E, Morin E, Merletti R. Sampling, noise-reduction and amplitude estimation issues in surface electromyography. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2002;12(1):1-16.
[xxx] Gerdle B., Karlsson S., Day S., Djupsjöbacka M. Acquisition, Processing and Analysis of the Surface Electromyogram. In: Windhorst U., Johansson H.(1999). Modern Techniques in Neuroscience. Springer Verlag; Berlin, German. pp. 705–755. Chapter 26
[xxxi] Winter D.A., Fuglevand A.J., Archer S.E.(1994) Crosstalk in surface electromyography: Theoretical and practical estimates. J. Electromyogr. Kinesiol.4:15–26
[xxxii] Taelman J., Mijovic B., Huffel S.V.(2011) ECG Artifact Removal from Surface EMG Signals by Combining Empirical Mode Decomposition and Independent Component Analysis. Proceedings of the International Conference on Bio-Inspired Systems and Signal Processing, Subconference of the 4th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2011); Rome, Italy. 26–29 January
[xxxiii] Kilby, J., & Gholam Hosseini, H. (n.d.). Wavelet analysis of surface electromyography signals. The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. doi:10.1109/iembs.2004.1403174
[xxxiv]Gonzalez de la rosa JJ (2013) Higher-order statistics: Discussion and interpretation Measurement 46(8):2816–2827
[xxxv] Zazula, D. Experience with surface EMG decomposition using higher-order cumulants. In: Signal Processing 2001, pp.19-24. Poznan, Poland (2001)
[xxxvi] Chua K., Chandran V., Rajendra A.U., Min L.C.(2010) Application of higher order statistics/spectra in biomedical signals—A review. Med. Eng. Phys. ;32:679–689
[xxxvii] 4. Lei Y, Lin J, He Z, Zuo M.(2015) A review on empirical mode decomposition in fault diagnosis of rotating machinery. Mechanical Systems and Signal Processing.35(1-2):108-126.
[xxxviii] Badri L. (2010)Development of neural networks for noise reduction. Int. Arab J. Inf. Technol. 7:289–294.
[xxxix]Fernández, J., Acevedo, R. and Tabernig, C. (2007). Influence of muscular fatigue in evoked electromyogram. Journal of Physics: Conference Series, 90, p.012079.
[xl] Jacobs, J., Henry, S., Jones, S., Hitt, J. and Bunn, J. (2011). A history of low back pain associates with altered electromyographic activation patterns in response to perturbations of standing balance. Journal of Neurophysiology, 106(5), pp.2506-2514
[xli] Buchbinder R, Blyth FM, March LM, Brooks P, Woolf AD,(2013) Hoy DG Placng the global burden of low back pain in context.Best Pract Res Clin Rheumatol. PP575-89.
[xlii] Murray CJ, Vos T, Lozano R, et al. (2012) Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. Lancet.2197–2223
[xliii]A. L. Nachemson and E. Jonsson (2000) Neck and Back Pain: The Scientific Evidence of Causes, Diagnosis, and Treatment, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, Pa, USA

[xliv] Hoy D, Bain C, Williams G, et al. (2012) A systematic review of the global prevalence of low back pain. Arthritis Rheum PP 2028–37.
[xlv] Katz JN. (2006) Lumbar disc disorders and low-back pain: socioeconomic factors and consequences. J Bone Joint Surg Am 88, Suppl 2: 21–24
[xlvi] Cornelia Rolli Salathé and Achim Elfering,(2013) "A Health- and Resource-Oriented Perspective on NSLBP," ISRN Pain, vol. 2013, Article ID 640690, 19 pages https://doi.org/10.1155/2013/640690.
[xlvii] Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Kyvik KO (2006). Is comorbidity in adolescence a predictor for adult low back pain? A prospective study of a young population. BMC Musculoskelet Disord PP **7:** 29.
[xlviii] Deutsche Rentenversicherung Bund (DRV-Bund) DRV-Bund. Berlín (2016). Reha-Bericht Actualización 2016. Die medizinische und berufliche Rehabilitation der Rentenversicherung im Licht der Statistik.
[xlix] Schofield DJ, Shrestha RN, Passey ME, Earnest A, Fletcher SL.(2008) Chronic disease and labour force participation among older Australians. *Med J Aust* (**189):** 447–50.
[l] chofield DJ, Callander EJ, Shrestha RN, Passey ME, Kelly SJ, Percival R.(2015) Back problems, comorbidities, and their association with wealth. *Spine (***15):** 34–41.
[li] Gilbert FJ, Grant AM, Gillan MG, et al (2004). Low back pain: influence of early MR imaging or CT on treatment and outcome—multicenter randomized trial. Radiology.231:343–351