UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

FACULTAD DE MEDICINA

CARRERA DE KINESIOLOGÍA

Efectividad de los ejercicios de control motor con y sin retroalimentación a través de imagen ecográfica en el tratamiento del lumbago crónico en pacientes de la ciudad de Temuco

Tesis para optar al grado de

Licenciado en Kinesiología

Autores:

Carla Aedo Ferreira

Marcia Delarze Vidal

Temuco, Octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

FACULTAD DE MEDICINA

CARRERA DE KINESIOLOGÍA

Efectividad de los ejercicios de control motor con y sin retroalimentación a través de imagen ecográfica en el tratamiento del lumbago crónico en pacientes de la ciudad de Temuco

Tesis para optar al grado de

Licenciado en Kinesiología

Autores:

Carla Aedo Ferreira

Marcia Delarze Vidal

Profesor Guía:

Mg. Klgo. Claudio Bascour S.

Temuco, Octubre de 2012

RESUMEN

Introducción: Entre los 18 y 45 años de edad, un 80% de la población presentará al menos una crisis de dolor lumbar. Usualmente, los ejercicios de control motor son practicados bajo la supervisión individualizada, a veces utilizando imagen de ultrasonido (US) para proporcionar retroalimentación de la contracción muscular, cuya eficacia para el tratamiento de dolor lumbar es desconocida.

Objetivo: Determinar la efectividad de los ejercicios de control motor con retroalimentación a través de US en pacientes diagnosticados con lumbago crónico.

Diseño del Estudio: Ensayo clínico controlado aleatorizado con enmascaramiento simple.

Método: Los participantes asistirán a 9 sesiones de tratamiento. Un primer grupo realizará ejercicios de control motor con retroalimentación con ultrasonido. Un segundo grupo ejecutará solo ejercicios de control motor. El grupo control asistirá a sesiones de ejercicios generales**.**

Evaluaciones: Al inicio y al final de la intervención se evaluará dolor (EVA), discapacidad (Roland-Morris, Oswestry) e inestabilidad (Prueba de inestabilidad segmentaria lumbar).

Conclusión: Valorar la efectividad de los ejercicios de control motor con retroalimentación a través de US y su integración en el área de la kinesiología.

Palabras Claves: Lumbago crónico, Control motor, US, Retroalimentación.

AGRADECIMIENTOS

Que difícil resulta escribir en pocas palabras los agradecimientos a todas las personas que han sido parte de este proceso luego de haber plasmado millones de palabras en este trabajo, es una lista extensa que de una u otra forma han contribuido a que este proyecto vea la luz, desde aquella que dio ánimo para continuar, hasta aquella que hizo una contribución con sus conocimientos. Agradecer principalmente a Dios que nos puso en este camino una prueba de perseverancia y optimismo en donde hemos crecido más como personas. Queremos dar también las infinitas gracias a nuestras familias, pilares fundamentales de nuestras vidas, gracias por su tremendo apoyo y preocupación constante. De manera especial agradecer a Sebastián y Nicolás, por su apoyo y alegría a lo largo de nuestro trabajo.

Mención aparte merece nuestro profesor guía Claudio, gracias por el continuo entusiasmo, preocupación y exigencia, para que todo salga lo mejor posible. Cabe agradecer también al profesor Sergio Muñoz, por su buena disposición al ayudarnos cuando se nos presentaron dudas.

"*Nunca desistas de un sueño. Sólo trata de ver las señales que te lleven a él.*"

Paulo Coelho

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción 1

CAPÍTULO II

2.1 Pregunta de Investigación 3

2.2 Objetivos del Estudio

2.2.1 Objetivo General 3

2.2.2 Objetivos Específicos 3

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Estabilidad de la columna lumbar 4

3.1.1 Sistema estabilizador pasivo 8

3.1.2 Sistema estabilizador activo 9

3.2 Lumbago

3.2.1 Definición 14

3.2.2 Epidemiología 16

3.2.3 Etiología 17

3.2.4 Factores de riesgo 23

3.2.5 Clasificación 27

3.2.6 Métodos diagnósticos 28

3.2.7 Tratamiento médico 30

3.2.8 Pronóstico 31

3.3 Estrategias de control motor

3.3.1 Concepto de control motor 32

3.3.1.1 Feedforward 35

3.3.1.2 Feedback 37

3.3.2 Mecanismos neuronales para control de columna lumbar y pelvis 39

3.3.3 Mecanismos musculares para control de columna y pelvis 40

3.4. Control motor en el dolor lumbar 47

3.5 Entrenamiento en columna lumbar de los músculos estabilizadores locales 54

3.6 Ecógrafo 60

CAPÍTULO IV

4.1 Búsqueda Sistemática de la Literatura 67

4.1.1 Pregunta de Búsqueda 67

4.1.2 Protocolo de Búsqueda 67

4.1.3 Resultado de la Búsqueda 69

4.2 Análisis Crítico de la Literatura 70

CAPÍTULO V: PROPUESTA DEL PROYECTO

5.1 Pregunta de Investigación 73

5.2 Justificación del Estudio 73

5.3 Diseño 75

5.4 Muestra

5.4.1 Población Diana 77

5.4.2 Población Accesible 78

5.4.3 Criterios de Inclusión y Exclusión 78

5.4.4 Estimación Tamaño de Muestra 79

5.4.5 Reclutamiento de la Muestra 80

5.5 Asignación Aleatoria 81

5.6 Flujograma 82

5.7 Enmascaramiento 83

5.8 Variables y Mediciones

5.8.1 Variable de Exposición 84

5.8.2 Variables de Resultado 113

5.8.3 Variables de Control 120

5.9 Propuesta Análisis Estadístico

5.9.1 Hipótesis 123

5.9.2 Manejo de Datos 123

5.10 Consideraciones Éticas 125

5.11 Administración y Presupuesto

5.11.1 Recursos Humanos 127

5.11.2 Gastos de Operación 128

5.11.3 Recursos y Presupuesto 130

5.11.4 Programa de Actividades 132

5.12 Cronograma de Actividades (Carta Gantt) 134

ANEXOS

Anexo 1: Ficha evaluación kinésica 135

Anexo 2: Escala de Funcionalidad de Oswestry. 140

Anexo 3: Cuestionario de Roland-Morris. 144

Anexo 4: Escala visual análoga (EVA) 146

Anexo 5: Consentimiento Informado para pacientes 147

REFERENCIAS 149

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación función muscular. 10

Tabla 2. Definiciones estándar para dolor lumbar. 15

Tabla 3. Recursos materiales. 130

Tabla 4. Remuneración del personal. 131

Tabla 5. Presupuesto total. 132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de estabilidad según Panjabi**.** 5

Figura 2. Funcionamiento del sistema de estabilidad espinal. 6

Figura 3. Factores del control motor. 33

Figura 4. Musculatura profunda del tronco. 42

Figura 5. Ejemplo de un programa coordinado de control. 45

Figura 6. Círculo vicioso del dolor y el déficit del control motor. 47

Figura 7. Vista transversal US de pared abdominal anterolateral relajada. 63

Figura 8. Vista transversal US de pared abdominal anterolateral contraída. 64

Figura 9. Técnica obtención de imágenes de US del TrA. 88

Figura 10. Paciente recibe retroalimentación. 89

Figura 11. Apariencia de US de pared anterolateral

del abdomen en sección transversa. 90

Figura 12.Técnica para la obtención de imágenes de US de los MFs. 92

Figura 13. Imagen MF lumbar en el plano parasagital**.** 94

Figura 14. Imagen de US del MF en sección longitudinal. 95

Figura 15. Palpación durante la activación del TrA. 98

Figura 16. Técnica para palpar el TrA. 100

Figura 17. Palpación MFs lumbares derecho e izquierdo en contracción. 102

Figura18. Auto-estiramiento de la musculatura lumbar. 105

Figura 19. "Cat-Camel". 106

Figura 20. "Curl-ups" nivel principiante. 108

Figura 21. Isométrico de musculatura paravertebral. 109

Figura 22. "Bird-Dog". 110

Figura 23. "Bird-dog". Ejercicios incorrectos. 111

Figura 24. Fortalecimiento de músculos extensores. 112

Figura 25. Escala Visual Análoga. 114

Figura 26. Test de inestabilidad. 119

Figura 27. Sistema digital de ecografía por ultrasonidos SOUNDMED. 129

ABREVIACIONES

AHE = Ejercicio de Hollowing

CL = Columna Lumbar

DI = Disco Intervertebral

DL = Dolor Lumbar

EIAS = Espina Ilíaca Ántero Superior

EMG = Electromiografía

FB = Feedback

MF = Multífido Lumbar

ODI = Cuestionario de discapacidad de Oswestry

OE = Oblicuo Externo

OI = Oblicuo Interno

RA = Recto Abdominal

RMDQ = Cuestionario de discapacidad de Roland-Morris

S.N.C = Sistema Nervios Central

TrA = Transverso del Abdomen

US = Ultrasonido

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Las enfermedades músculo-esqueléticas corresponden a un grupo de patologías de alta prevalencia en la población nacional, dentro de las cuales se encuentra el Síndrome de Dolor Lumbar [(1)]. Este cuadro constituye un problema social y económico para las personas, los países e instituciones de salud, ya que es una de las causas que produce mayor ausentismo laboral, afectando en especial a hombres y mujeres en plena producción laboral y económica. Entre los 18 y 45 años de edad, un 80% de la población ha presentado al menos una crisis de dolor lumbar [(2)], lo anterior, sugiere que aproximadamente 8 de cada 10 sujetos tendrá dolor lumbar en algún momento de su vida, traduciéndose así, en una pérdida del bienestar físico, mental y social, y por ende, en una disminución considerable de la calidad de vida.

Por ser el dolor lumbar un problema médico significativo, también debe ser una responsabilidad importante para los clínicos establecer su gravedad, decidir con claridad el tratamiento y conocer la validez de las intervenciones terapéuticas. Por tanto, es necesario conocer diversos métodos cada vez más eficaces que nos permitan aliviar los síntomas del paciente y por sobre todo evitar las recidivas.

Es en el sentido del tratamiento del dolor lumbar en donde existen diversas terapias contemporáneas con un valor desconocido, en esta área diferentes estudios señalan como opción terapéutica a los ejercicios de control motor, los que son considerados como una terapia potencialmente útil, la cual tiene un efecto biológico plausible, es fácilmente disponible en la atención primaria y es de bajo costo. Sin embargo, hasta la fecha, la eficacia del ejercicio de control motor no ha sido establecida con claridad [3]. Usualmente, los ejercicios de control motor son practicados bajo la supervisión individualizada, a veces utilizando imagen de ultrasonido para proporcionar retroalimentación de la contracción muscular [4]. Dado lo anterior, este estudio se enfoca en determinar la efectividad de los ejercicios de control motor en conjunto con el uso de imagen de ultrasonido en personas que presenten lumbago crónico, estableciendo una comparación con los ejercicios de control motor sin esta retroalimentación, así como con una tercera terapia de sólo ejercicios generales, siendo éstos últimos, los que habitualmente se utilizan en el tratamiento de esta patología. De esta manera se pretende esclarecer la terapia que logre actuar de mejor manera sobre la intensidad del dolor, y ayudar a que éste disminuya su efecto sobre las actividades de la vida diaria.

CAPÍTULO II

2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la efectividad de los ejercicios de control motor con y sin retroalimentación a través de imagen ecográfica en el tratamiento del lumbago crónico en pacientes de 18 a 45 años de la ciudad de Temuco, durante el período 2014-2016?

2.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la efectividad del uso de imagen ecográfica en el tratamiento de pacientes diagnosticados con lumbago crónico.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

✓ Determinar el efecto del uso de retroalimentación utilizando imagen ecográfica en la disminución del dolor en lumbago crónico.

✓ Determinar el efecto del uso de imagen ecográfica en la disminución de la inestabilidad de la columna lumbar.

✓ Determinar el efecto del uso de imagen ecográfica en el incremento de la funcionalidad de la columna lumbar.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 ESTABILIDAD DE LA COLUMNA LUMBAR

La estabilidad espinal es el resultado de una serie de patrones de activación muscular altamente coordinados (patrón motor), que involucra diversos músculos, donde el patrón de reclutamiento puede cambiar continuamente dependiendo de las tareas realizadas, es decir, del patrón de movimiento solicitado [(5)].

Estudios han evidenciado que la estabilidad espinal es dependiente de la integridad de los sistemas neuro-artro-músculo-esqueléticos, donde el sistema muscular cumple un rol fundamental [(5)].

Para Panjabi (1992), el sistema de estabilización espinal consta de tres subsistemas (Figura 1):

- ✓ *Subsistema pasivo*: incluye vértebras, articulaciones facetarias, discos intervertebrales, ligamentos espinales, y las cápsulas articulares, así como las propiedades pasivas mecánicas de los músculos.
- ✓ *Subsistema activo*: consta de los músculos y tendones que rodean la columna vertebral.
- ✓ *Subsistema neural y de retroalimentación (feedback)*: se compone de los diversos transductores de fuerza y movimiento, ubicados en los ligamentos, tendones y músculos, y los centros de control neural.

Estos subsistemas de control pasivo, activo y neural, aunque conceptualmente están separados, funcionalmente son interdependientes [6].

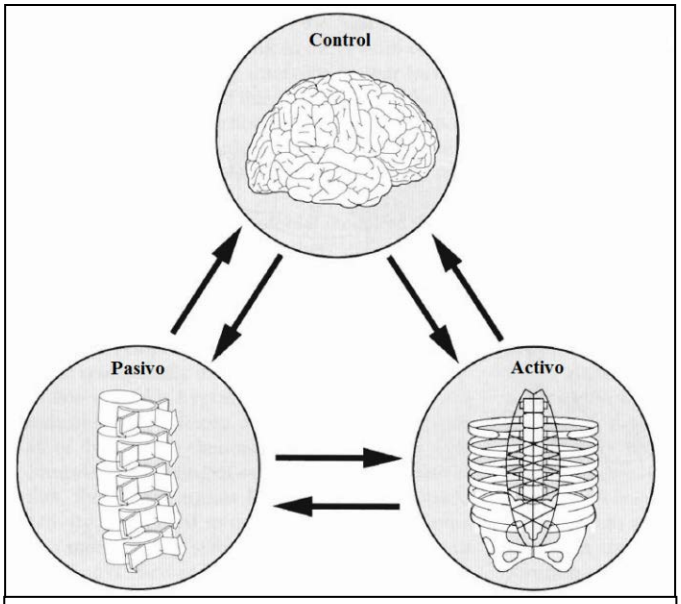


Figura 1. **Sistema de estabilidad según Panjabi**: El sistema de estabilidad de la columna se compone de tres subsistemas: pasivo, activo y la unidad de control neural [6] [7].

En condiciones normales, los tres subsistemas trabajan en armonía y proporcionan la estabilidad mecánica necesaria. Los diversos componentes de la columna vertebral generan información sobre el estado mecánico de ésta, como la posición, la carga y el movimiento de cada vértebra, de una manera dinámica. La unidad de control neural calcula la estabilidad necesaria y genera el patrón muscular adecuado para cada instancia [8] (Figura 2).

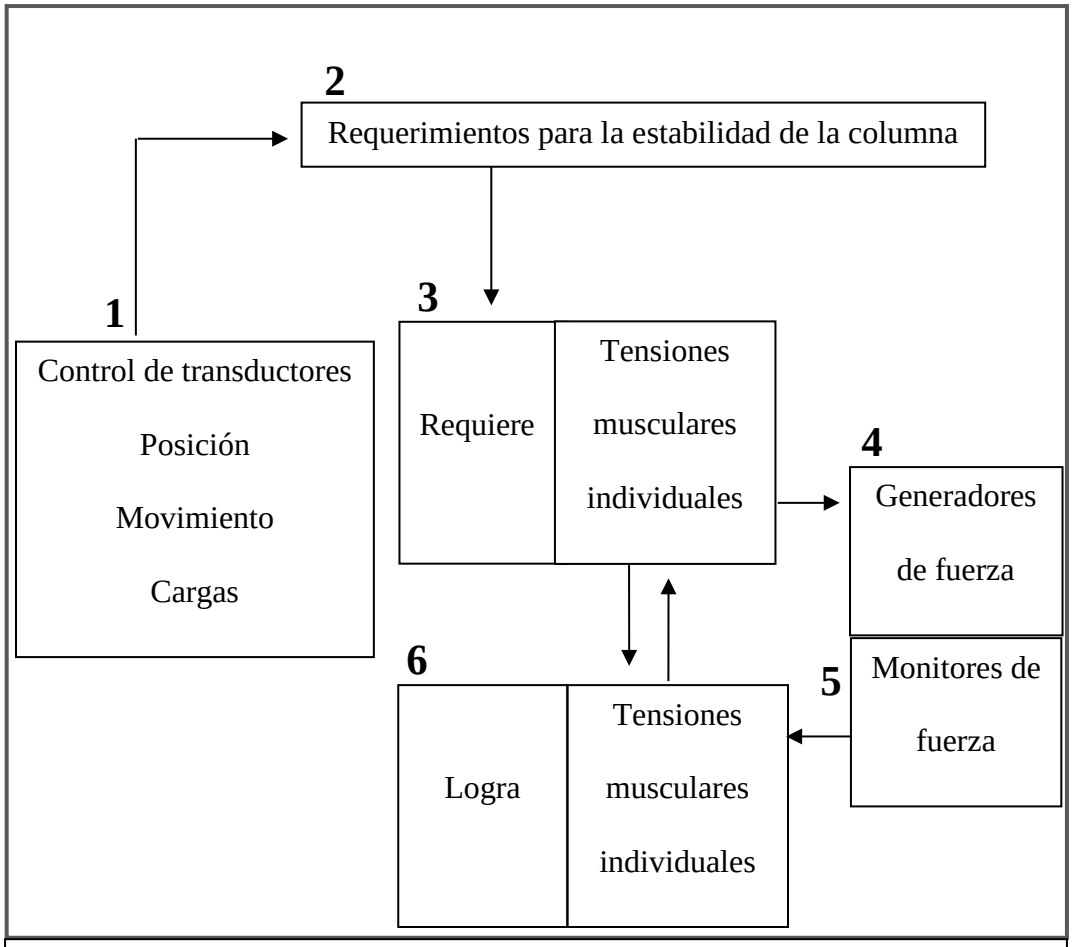


Figura 2. **Funcionamiento del sistema de estabilidad espinal**: La información desde el (1) Subsistema pasivo establece (2) requerimientos específicos para la estabilidad espinal. Por consiguiente, los requerimientos para (3) las tensiones musculares individuales están determinados por la unidad de control neural. El mensaje es enviado a los (4) generadores de fuerza. El feedback es proporcionado por los (5) monitores de fuerza mediante la comparación de lo (6) logrado y (3) lo que se requiere para las tensiones musculares individuales [(6)].

En este modelo de control espinal, la columna vertebral tiene dos funciones: una estructural y otra de transducción. La función estructural entrega rigidez a los segmentos vertebrales. La función de transducción, entrega la información que necesita la unidad de control neuromuscular para caracterizar en forma precisa la postura de la columna, los movimientos vertebrales, y las cargas espinales a través de innumerables mecanorreceptores localizados a nivel de los ligamentos de la columna vertebral, cápsula facetaria, y anillo discal [(9)].

Si la estabilidad es reducida en el subsistema pasivo, el sistema activo compensará el déficit en la estabilidad espinal y viceversa. Si la disfunción del sistema pasivo no puede ser compensada por el sistema activo, debido a lesiones severas o degenerativas, puede generarse un cuadro de inestabilidad vertebral [(9)].

La inestabilidad clínica fue definida por White y Panjabi como la pérdida de la capacidad de la columna para mantener los patrones de desplazamientos bajo cargas fisiológicas, lo cual conduce a cambios estructurales, disfunciones neurológicas y dolor incapacitante [(8)].

Para Panjabi (1992), la Zona Neutra (ZN) parece ser una medida clínicamente importante en la función de estabilidad de la columna. Se entiende por ZN, esa parte de la amplitud de movimiento intervertebral fisiológico, medido desde la posición neutral, dentro del cual el movimiento de la columna es producido con una resistencia interna mínima. Es la zona de alta flexibilidad o laxitud [(10)]. En presencia de lesiones de cualquiera de los subsistemas o en presencia de procesos degenerativos de la triada vertebral, se ha evidenciado un aumento en la ZN vertebral [(5)]. Según Panjabi, los cambios en la ZN se asocian de

forma más significativa con la presencia de una inestabilidad, que los cambios en el rango de movimiento [11].

Para una función correcta, el movimiento de la columna debe ser controlado dinámicamente [12].

El término estabilidad se define generalmente como la propiedad de una estructura que le permite volver al equilibrio, si ésta es perturbada. En este sentido, la columna vertebral es inherentemente inestable y depende de la contribución de los músculos para mantener ésta estabilidad [12]. La estabilidad funcional depende de la integración de la musculatura local y global [13].

3.1.1 SISTEMA ESTABILIZADOR PASIVO

Las estructuras pasivas de la columna vertebral y la pelvis contribuyen, en cierta medida, en el control de todos los elementos de estabilidad. Este subsistema pasivo incorpora las estructuras óseas y articulares y los ligamentos espinales, todo lo cual contribuye al control de movimiento de la columna y a la estabilidad. Si bien, es parte integrante del sistema de estabilización de la columna vertebral, los elementos pasivos ofrecen la mayor limitación hacia el final del rango de movimiento, pero no proporcionan un apoyo sustancial alrededor de la posición neutral, donde la columna exhibe la menor rigidez [7].

Entre los ligamentos de la columna, uno de los más interesantes en términos biomecánicos, es el ligamento amarillo. Su gran cantidad de fibras elásticas le da su color característico y le permite actuar como un resorte almacenando energía durante la flexión y posteriormente ayudando a los músculos

durante la extensión. Su capacidad elástica le impide protruir dentro del canal en extensión cuando está en máxima relajación [14]. Otro ligamento importante, es el supraespinoso, por ser el que está más alejado del centro de movimiento vertebral, su brazo de palanca es el más largo y el que puede proporcionar una mayor resistencia a la tracción. En personas de más de 80 años se encuentra lesionado en casi un 90% [14], por ello, en las cirugías de columna, se debe reconstruir de forma precisa. El ligamento supraespinoso sirve de unión entre las porciones derecha e izquierda de la fascia dorso lumbar. La columna con sus ligamentos intactos y sin músculos es una estructura muy inestable y se desequilibra al superar los 20 N (unos 2 kg) de presión [14]. La musculatura no solamente es un elemento que da movilidad, sino una gran estabilidad a la columna [14].

3.1.2 SISTEMA ESTABILIZADOR ACTIVO

Todos los músculos tienen la capacidad para:

- ✓ Acortarse concéntricamente y acelerar el movimiento, para cumplir con la función de la movilidad.
- ✓ Mantenerse isométricamente (o alargarse excéntricamente) y desacelerar el movimiento, para lograr la estabilidad.
- ✓ Proveer feedback propioceptivo aferente al Sistema Nervioso Central (SNC) para la coordinación y la regulación de la función muscular.

Comerford y Mottram (2001) han propuesto un sistema de clasificación de la función muscular, ellos han definido y caracterizado los músculos como

estabilizadores locales, estabilizadores globales y movilizadores globales (Tabla N°1) [13].

El papel del sistema muscular local es el de mantener la rigidez mecánica de la columna vertebral para el control intersegmentario del movimiento, mientras que los músculos globales en conjunto con la presión intra-abdominal, transfieren cargas a la caja torácica y a la pelvis. Estos músculos globales pueden tener una estabilidad primaria o un rol en la movilidad [15].

Tabla N°1. Clasificación de la función muscular [15].

Estabilizadores locales	Estabilizadores globales	Movilizadores globales
Aumentan la rigidez (estabilidad) del control de movimiento segmentario	Genera fuerza para controlar el rango de movimiento	Generan torque para producir rango de movimiento
Controlan la posición neutra de la articulación	La contracción es de tipo excéntrica para controlar todo el rango de movimiento, especialmente dentro del rango normal (no en hipermovilidad)	La contracción es de tipo concéntrica con cambios en la longitud para producir movimiento
La actividad es independiente de la	Actividad dependiente de la dirección del	Absorción de impacto

dirección del movimiento	movimiento	de cargas
Su contracción no produce cambio en la longitud muscular, no produce ROM	Desaceleración a baja carga de movimiento, especialmente en planos de rotación axial	Aceleración concéntrica de movimiento especialmente en el plano sagital de flexo-extensión
Activo continuamente durante todo el movimiento		Su actividad es dependiente de la dirección
Rol de entrada propioceptiva, posición articular, rango y cantidad de movimiento		No posee actividad continua

Mientras que los músculos globales grandes proporcionan la mayor parte de la rigidez a la columna vertebral, la actividad de los músculos cortos intrínsecos, como el multífido lumbar (MF) y el erector de la columna (estabilizadores locales) son necesarios para mantener la estabilidad de toda la columna lumbar (CL) [(15)].

Un aumento de 1 ± 3% en la tensión muscular de los músculos locales profundos, podría aumentar significativamente la rigidez de un segmento de

movimiento. Hoffer y Andreasen (1981) sugieren que un escaso 25% de la máxima contracción voluntaria de los músculos alrededor de una articulación, se requiere para producir una rigidez óptima (y estabilidad) en un segmento de movimiento [15].

La disfunción del movimiento se puede presentar como un problema local o global, aunque ambos se producen con frecuencia juntos. Ésta se puede presentar a nivel local como una disfunción en el control motor y en el reclutamiento del sistema profundo de estabilidad segmentaria, que resulta en un control erróneo de la posición articular neutra. Dicha disfunción también puede ocurrir globalmente como un desequilibrio entre la estabilidad de los músculos mono-articulares y la movilidad de los músculos bi-articulares. Este desequilibrio se produce debido a alteraciones en la longitud funcional y el reclutamiento de estos músculos alrededor de un segmento de movimiento [15].

Existe una clara evidencia de la disfunción del reclutamiento motor tanto en los sistemas de estabilidad local como global, asociados con dolor y patología. Estas alteraciones parecen presentarse con cargas bajas o en condiciones normales de movimiento funcional [15].

Los hábitos erróneos de movimiento, la pobre alineación postural y la sensibilización neurodinámica anormal, pueden contribuir al desarrollo de un desequilibrio entre la estabilidad global y los músculos de la movilidad. La disfunción de la estabilidad del sistema local sólo se presenta después del desarrollo de la patología y del dolor. Las estrategias de manejo deben ocuparse de la rehabilitación de ambos sistemas, tanto locales como globales al mismo tiempo [15].

En cuanto a la morfología, se ha encontrado que en pacientes con dolor lumbar (DL) hay un mayor porcentaje de grasa intramuscular en el músculo MF [16], asimismo en presencia de DL agudo y crónico, existe una pérdida de la sección transversal [15]. Oculta et al. (1996) informó que en el dolor lumbar agudo, la pérdida de la sección transversal no se recupera de forma automática después de la resolución del dolor de espalda. Además, ha demostrado que el reentrenamiento de dicho músculo específico restablece la sección transversal normal y esto disminuye significativamente la incidencia de recurrencia [15].

El transverso del abdomen (TrA) se activa normalmente de manera anticipatoria cuando se va a realizar un movimiento del tronco o cuando hay transferencia de carga a la extremidad [15]. En los pacientes con DL se produce un retraso significativo en el reclutamiento del TrA, de tal manera que ya no es reclutado cuando la columna vertebral es solicitada. En este caso, el reclutamiento anticipatorio y el consiguiente aumento de la protección realizada por la presión intra-abdominal y la rigidez de la columna vertebral ya no son tan eficaces. Este retraso en el reclutamiento y la falta de estabilidad del TrA, es independiente de la dirección del movimiento provocado e independiente del tipo o naturaleza de la patología. La pérdida del reclutamiento anticipatorio también se ha demostrado que persiste por mucho tiempo, aún después de la resolución del dolor de espalda [15].

También se informa que la actividad del diafragma se inicia antes que los movimientos rápidos de las extremidades y tiene actividad tónica tanto en los movimientos repetitivos del brazo como al caminar, al igual que el TrA [12].

3.2. LUMBAGO

3.2.1 DEFINICIÓN

El lumbago se caracteriza por dolor en la región lumbar, que si bien desde el punto de vista anatómico corresponde específicamente a la localización de las vértebras lumbares, compromete estructuras osteomusculares y ligamentosas. Desde el punto de vista clínico el dolor comprende desde el borde inferior de la parrilla costal hasta la región glútea inferior, acompañado generalmente de contractura muscular [(17)]. En estas directrices, el dolor lumbar crónico se define como el DL persistente durante al menos 12 semanas, a menos que se especifique lo contrario [(18)].

Debido a que el DL es a menudo recurrente, el uso exclusivo de las definiciones temporales para describir su curso ha sido cuestionado en la literatura. Una persona que experimenta episodios recurrentes de dolor de espalda en la mitad de los días, en un año, puede parecer que tiene una evolución favorable en cada situación, pero un resultado desfavorable a lo largo del tiempo. Von Korff sugiere definiciones operativas para estandarizar la descripción del curso de DL para los médicos e investigadores (Tabla 2) [(19)].

Tabla 2. Definiciones estándar para las manifestaciones del dolor lumbar [19].

Descriptor	Definición Operacional para Episodios de DL
Dolor lumbar transitorio	Presente por no más de 90 días consecutivos y no hay recurrencia en un período de 12 meses.
Dolor lumbar recurrente	Presente por menos de la mitad de los días en un período de 12 meses y se producen varios episodios durante el año.
Dolor lumbar crónico	Presente por lo menos la mitad de los días en un período de 12 meses en episodios únicos o múltiples.
Dolor lumbar agudo	Inicio reciente y repentino y no cumple con los criterios previamente definidos para el dolor recurrente o crónico.
Primera aparición	Aparición por primera vez en toda la vida del paciente.
Iniciación	Fase distinta del dolor (con inicio y final definible), superpuesto a un curso crónico o recurrente; un período donde el dolor es notablemente más grave que lo habitual para el paciente.

En esta línea, los investigadores sugieren que los clínicos deben obtener una historia del paciente con DL, que deba responder a lo que el paciente describe, y no sólo en términos temporales relacionados al episodio más reciente. Entre los factores pertinentes a incluir están: el número de episodios previos, la gravedad del episodio actual, el número de días con DL en el último año, y el grado en que la condición interfiere con las actividades diarias [19].

3.2.2 EPIDEMIOLOGÍA

Dentro de los desórdenes músculo-esqueléticos, el DL da cuenta de más del 50% de las incapacidades crónicas en países industrializados [(20)]. Una revisión sistemática identificó 56 estudios de prevalencia de dolor en la zona lumbar, treinta de ellos fueron de calidad aceptable, en donde se obtuvo que el punto de prevalencia descrito para DL fue de 12-33%, una prevalencia anual de 22 a 65% y una prevalencia de vida de 11 a 84% [(21)]. Se ha estimado una incidencia anual del 5% [(22)]. La prevalencia de lumbalgia puntual estimada en la población española adulta (mayor de 20 años) es del 14,8% y durante un período de 6 meses la probabilidad de padecer al menos un episodio de lumbalgia es del 44,8% [(23)]. Otros estudios indican que las tasas de prevalencia de lumbago entre países desarrollados son: 6,8% en EE.UU., 12% en Suiza, 13,7% en Dinamarca, 14% en el Reino Unido, 28,4% en Canadá y 33% en Bélgica, pero estas tasas son más bajas que aquellas de países en vías de desarrollo [(24)]. A nivel nacional, no han habido estudios epidemiológicos que grafiquen en cifras el impacto del DL [(25)].

Entre los 18 y 45 años de edad, un 80% de la población ha presentado al menos una crisis de DL [(2)], además, entre el 2% y el 5% de la población general consultará alguna vez por causas relacionadas [(26)].

Un estudio de cohorte, demostró que el 43% de los pacientes con DL agudo que se atendían en los centros de atención primaria, desarrollaban DL crónico, casi un tercio de ellos no se recuperó dentro del año [(19)]. Después de un primer episodio de DL, 44-78% personas sufren recaídas [(27)]. Otras investigaciones

señalan que la lumbalgia se cronifica hasta en un 5-10% de los casos [23], y que ésta tiene una prevalencia del 15 al 36% [28].

El DL es causado hasta en 97% de los casos por alteraciones mecánicas de la columna; en su mayoría se trata de trastornos inespecíficos de origen músculo-ligamentoso y otros menos frecuentes de origen degenerativo o relacionado con la edad, como las hernias de disco (4%) o la estenosis del canal vertebral (3%). Tan sólo un 1% de los casos son atribuibles a causas no mecánicas, como neoplasias o infección, y el 2% restante se origina en alteraciones viscerales (enfermedades renales, de órganos pélvicos, gastrointestinales o aneurismas aórticos, entre otras) que producen dolor referido [26].

3.2.3 ETIOLOGÍA

Cualquier estructura inervada en la CL puede causar síntomas de dolor en esta zona, así como dolor referido en la extremidad o extremidades [19].

Potenciales generadores de DL [19]:

- ✓ Músculos
- ✓ Ligamentos
- ✓ Duramadre
- ✓ Raíz nerviosa
- ✓ Articulación cigapofisaria
- ✓ Anillo fibroso

- ✓ Fascia toracolumbar
- ✓ Vértebra

Tejido contráctil

La literatura disponible sugiere que los músculos paraespinales de los pacientes con DL, son disfuncionales. Estudios han demostrado atrofia muscular, reducción de la actividad durante los movimientos del tronco, disminución de la fuerza muscular e incremento de la fatiga muscular en pacientes con DL. Los estudios que demostraron disminución del rendimiento muscular asociado con DL, apoyan un modelo de deficiencia muscular en la disfunción lumbar, en lugar de un modelo de espasmo muscular.

La atrofia parece específica para el MF, lo que sugiere un mecanismo que no es el del desuso para explicar la atrofia. Hides et al. sugieren que la inhibición refleja es probablemente la causa de atrofia en los músculos paraespinales [(19)].

La coordinación de los músculos superficiales y profundos del tronco cambia en el dolor recurrente de espalda (lumbalgia). La actividad de los músculos MF (éstos contribuyen al control del movimiento intervertebral) se retrasa y reduce durante las tareas posturales y funcionales. Por el contrario, la actividad de los músculos del tronco más superficiales es a menudo mayor, aunque esto varía entre individuos y entre las tareas. La actividad retrasada y reducida de estos músculos y el aumento simultáneo de actividad de los grandes músculos superficiales, son argumento para el cambio de carga y movimiento espinal, que puede contribuir a la recurrencia de los síntomas lumbares [(29)].

Características de los músculos paraespinales y del tronco en pacientes con DL [19]:

- ✓ Atrofia.
- ✓ Reducción de la actividad durante los movimientos del tronco.
- ✓ Disminución de la fuerza muscular.
- ✓ Incremento de la fatiga.
- ✓ Cambio en el porcentaje de los tipos de fibras.

Además de la atrofia de los músculos profundos, los pacientes con DL tienen una significativa proporción de fibras tipo II-B (contracción rápida glucolítica) que de tipo I (fibras de contracción lenta) en los músculos posteriores del tronco. La duración de los síntomas de DL mostró estar asociado significativamente con una gran proporción de fibras tipo II, tal que cuanto mayor sea la duración del dolor, mas glucolítica es la composición de las fibras paraespinales. Este hallazgo puede proveer alguna explicación para el incremento de la fatiga en pacientes con DL. Estos cambios de rendimiento muscular pueden contribuir al DL mediante la reducción del soporte muscular de la CL, resultando en un aumento del estrés sobre las estructuras no contráctiles [19].

Un enfoque para la rehabilitación de los pacientes con DL recurrente, implica la activación cognitiva específica de los músculos del tronco para obtener los patrones precisos de actividad. El entrenamiento específico puede mejorar la coordinación de los músculos abdominales durante tareas funcionales no entrenadas. Por ejemplo, las mejoras inmediatas y persistentes en la activación

postural de los músculos abdominales profundos, se produce por la activación cognitiva específica de estos músculos en personas con DL recurrente. Los cambios no son replicados por el entrenamiento motor, que involucra la activación de todos los músculos abdominales en los movimientos simples o tareas de bracing sin atención a los músculos activados [29].

Tejido no contráctil

Kellgen demostró que la fascia, ligamentos y periostio son fuentes de DL[19].

Dolor discogénico:

La estimulación mecánica del anillo fibroso externo causa dolor de espalda, sin irradiación a la pierna. Además, sólo el tercio externo del anillo fibroso está inervado, por lo tanto, el disco intervertebral (DI) debería ser considerado como causa de DL. En adición, cambios en el disco contribuyen a otras condiciones que subsecuentemente resultan en dolor somático o radicular. Por otra parte, se cree que ocurre un daño torsional en el anillo fibroso externo, cuando la torsión es acoplada con flexión lumbar.

Una respuesta al dolor, puede ser obtenida con la exposición de las terminaciones nociceptivas del anillo fibroso externo al material del núcleo pulposo o productos de degradación nuclear. Una fisura que se desarrolla en el interior de los ⅔ del anillo fibroso, eventualmente puede llegar a la inervación del tercio externo. Cuando la inervación del tercio externo comienza a ser interrumpida o toma contacto con el material nuclear o ambas ocurren, el paciente

se quejará de dolor de espalda, pero no es probable que padezca dolor radicular o signos de radiculopatía porque no prolapsa o no ocurre herniación del material discal. El prolapso del disco puede ocurrir gradualmente cuando éste es expuesto a compresiones repetidas o a cargas en flexión, aún así, la fisura radial en el disco debe preceder al prolapso discal [19].

No sólo el material nuclear es herniado, Dzieciol reportó que en el 29% de los casos, la herniación fue sólo del anillo. Esto puede explicar la falta de síntomas radiculares en algunos casos de herniación de disco, en la cual la raíz nerviosa es predominantemente expuesta a material del anillo [19].

Ligamento y fascia:

Kuslich et al. demostró que tanto el ligamento supraespinoso como los ligamentos interespinosos, pueden ser una fuente de DL, sin embargo la prevalencia de esguince para el ligamento interespinoso es muy bajo. El tendón común del longuísimo del tórax y el ligamento sacroilíaco del dorsal largo, son también ligamentos que son fuente de dolor, particularmente dolor a la palpación alrededor de la espina ilíaca posterior. El dolor puede aparecer después de un estrés prolongado en el tejido ligamentoso relacionado con los cambios posturales o alteraciones del movimiento. La fascia toracolumbar también puede ser fuente de dolor [19].

Articulación cigapofisaria (Síndrome de la Faceta Articular):

La prevalencia de la participación de las cigapofisarias en la génesis de DL puede ser de un 25%. EI-Bohy et al. demostró las posibilidades de esguince

capsular, fracturas, desgarros capsulares, y daños en el cartílago articular en la articulación intervertebral en estudios post mortem. La artrosis degenerativa de las articulaciones intervertebrales es otra posible causa del dolor. Sin embargo, no todas las artropatías son dolorosas, puesto que cambios radiográficos de la artrosis son igualmente comunes en los pacientes con y sin DL. Desafortunadamente, no existe un método definitivo para identificar a la articulación intervertebral como la fuente de DL [19].

Vértebra:

El cuerpo vertebral está implicado en varias enfermedades dolorosas, tales como: tumores primarios o secundarios, enfermedad de Paget y fracturas. El aumento de la lordosis lumbar o traumatismos en hiperextensión, pueden dar lugar a un impacto del proceso espinoso o de la lámina articular de las vértebras. Esto puede resultar en periostitis del proceso espinoso o de la lámina, o inflamación del ligamento interespinoso [19].

La espóndilolisis es un defecto de la pars articularis a menudo relacionado con la fractura por fatiga, aunque algunas personas también están predispuestas al desarrollo de la condición.

La localización de un defecto de la pars articularis, está relacionada con las actividades que realiza el paciente, así, por ejemplo, en la gimnasia, la incidencia de un defecto de la pars articularis es del 11% en las mujeres. Se sugiere que un defecto de la pars articularis en sí mismo no puede ser la fuente del dolor. Por el contrario, el defecto compromete la artrocinemática del movimiento intervertebral, de tal manera que la tensión creciente se coloca en otras estructuras

del arco vertebral posterior, tales como los ligamentos o los músculos paravertebrales, los que generarían dolor [19].

La espóndilolistesis es el desplazamiento anterior de una vértebra sobre otra, en la cual el dolor es el síntoma más frecuente y relevante como motivo de consulta, no obstante esto, el 50% de las espóndilolistesis cursan en forma asintomática. Sumado a esto, un 25% de deslizamiento, puede producir compresión radicular [30].

Es importante señalar que la evidencia radiográfica de una anomalía vertebral no indica necesariamente una mayor probabilidad de DL [19].

3.2.4 FACTORES DE RIESGO

La evidencia indica que existen causas identificables para el dolor de espalda y a la vez se sugiere que una causa única es difícil de descubrir. Estudios transversales indican cómo ciertos factores están asociados con DL en un punto del tiempo, pero ellos no abordan directamente si el factor provoca DL [19].

Genética

Una vía directa involucra el polimorfismo que afecta la composición del DI. El polimorfismo de los genes del colágeno IX, Agrecans, receptor de vitamina D y metaloproteínas de la matriz, han sido asociados con el desarrollo de degeneración del DI [19].

Una vía indirecta a la causa genética del DL, involucra el polimorfismo que afecta la cascada inflamatoria por síntesis excesiva de citoquinas proinflamatorias (IL1, IL6, IL8, Factor de Necrosis Tumoral Alfa). Cuando el disco es dañado se liberan estas citoquinas, las que pueden irritar la raíz nerviosa sin ocurrir una compresión mecánica. Los estudios en gemelos monocigotos corroboran el amplio papel de la herencia; los factores genéticos por tanto, juegan un rol importante en la degeneración discal, pero su rol en el DL no es claro [(19)].

Estudios indican que los factores genéticos comienzan a ser más evidentes a medida que las personas envejecen y que el componente medio ambiental es el factor más impetuoso para desarrollar DL en menores de 15 años [(19)].

Carga física

En la literatura revisada por expertos, se ha investigado exhaustivamente la relación entre los factores de carga física, la degeneración del DI, y el DL. Los ejemplos más comunes de factores de carga física que se han estudiado, incluyen la manipulación de materiales, carga postural, la vibración vehicular, y el tipo y/o cantidad de ejercicio. Estos factores causarían macro o microtraumas a los tejidos de la columna, lo que aceleraría los procesos de cambios degenerativos y eventualmente DL [(19)].

Algunos estudios muestran una relación positiva y otros una relación negativa, entre los factores de carga física y la degeneración discal lumbar. La evidencia existente en cuanto a la presentación clínica, sugiere una asociación positiva entre la degeneración discal y los factores de cargas físicas, pero la causa de la relación no es clara [(19)].

Fumar

Una teoría dice que el fumar afecta el suministro de sangre a la CL (aorta abdominal, arteria lumbar, arteria sacra) a través de la vasoconstricción (efecto inmediato) y enfermedad cardiovascular (a largo plazo). La vasoconstricción generaría limitación del suministro de sangre a la estructura lumbar, acelerando la degeneración del DI y/o de estructuras espinales [19].

Otra vía probable de degeneración es a través de la nicotina, estudios señalan que ésta genera cambios morfológicos [19].

No existen dosis claras al asociar tabaquismo con DL, ya sea por el número de cigarrillos fumados o por el número de años fumando. El no fumar no fue asociado a la disminución de la prevalencia del DL. Por lo tanto, se concluye que no hay evidencia para avalar que el tabaquismo sea causa definitiva de DL [19].

Alcohol

El alcohol causa incoordinación de los movimientos, lo que daña las estructuras de la columna (vía directa); además genera el desarrollo de comorbilidades que causan DL (vía indirecta). El alcohol como factor para DL no ha sido investigado a fondo, se concluye entonces que éste no parece ser un factor causante [19].

Obesidad

La obesidad se ha hipotetizado como causa de DL debido al incremento de las demandas mecánicas (compresivas o cizallas) que se producen en la anatomía lumbar. También ha sido presentada como una causa indirecta de DL, porque puede representar una medida sustitutiva para otra más dificultosa de medir, el estilo de vida, que actualmente es su verdadera causa. Muchos estudios reportan que no hay asociación entre obesidad y DL, sin embargo la evidencia preliminar propone que, aunque la obesidad puede no ser causa de éste, puede tener un impacto significativo en la prolongación del mismo [(19)].

Factores Psicológicos y Psicosociales

Estos factores pueden ser causa de DL a través de dos vías:

✓ La angustia puede conducir a una situación en la cual el Sistema Nervioso es sensibilizado, haciendo más probable la percepción de sustancias no tóxicas como estímulos periféricos nocivos.

✓ El paciente con angustia también tiene tendencia a somatizar sus síntomas, por lo tanto, ciertos pacientes con angustia pueden expresar su sintomatología psicológica como DL.

En un estudio se describe que pacientes que tenían una ligera o severa insatisfacción con su trabajo, o que sus ingresos eran bajos, tenían más probabilidades de experimentar un episodio de DL. Sin embargo, éstos no pueden ser vistos como causas, porque el número de cohortes prospectivo de los estudios era muy pequeño. Por tanto, factores psicológicos y psicosociales (banderas

amarillas) pueden no ser causa de éste tipo de dolor, pero como la obesidad, ellos parecen tener un significativo efecto en la duración del DL.

Estudios prospectivos han documentado que la consternación psicológica o psicosocial durante episodios agudos de DL, incrementan significativamente el riesgo de dolor lumbar crónico [19].

3.2.5 CLASIFICACIÓN

✓ En relación con el tiempo de evolución [31]:

Lumbalgia aguda: el dolor es de menos de 6 semanas de evolución.

Lumbalgia subaguda: el dolor tiene una duración entre las seis semanas y los 3 meses. En este caso se indicará si la evolución del dolor es constante o progresiva y si existen o no fases de remisión.

Lumbalgia crónica: el dolor está presente desde hace más de tres meses. Se indicará si la evolución del dolor es constante o progresiva y si existen o no fases de remisión. Se habla de lumbalgia crónica recidivante cuando se presentan episodios repetitivos del dolor en el que la duración de cada episodio es inferior a 3 meses.

✓ Según las características del DL y la naturaleza del proceso etiológico:

Lumbalgia mecánica: es la causa más frecuente, corresponde hasta a un 97% de los casos [32]. Se debe fundamentalmente por sobrecarga funcional o postural. Puede ser:

-Lumbalgia mecánica con afectación radicular.

-Lumbalgia mecánica simple sin afectación radicular.

Lumbalgia no mecánica: atribuible a tan sólo un 3% [32]. Presenta instauración gradual y progresiva. No mejora, incluso empeora con el reposo y se acompaña de otros síntomas sistémicos [33]. Puede ser [31]:

-Lumbalgia sugestiva de dolor referido.

-Lumbalgia con características compatibles con un origen infeccioso.

-Lumbalgia con características compatibles con un origen tumoral.

-Lumbalgia sugestiva de enfermedad reumatológica inflamatoria.

3.2.6 MÉTODOS DIAGNÓSTICOS

✓ ***Anamnesis:*** Es muy importante la historia clínica, cómo se inició el dolor, si es el primer episodio o son episodios recurrentes. Si hay antecedente de trauma, infección, neoplasia, laborales y emocionales predisponentes [34]. La anamnesis debe de ser exhaustiva y dirigida principalmente a diferenciar lumbalgia mecánica de no mecánica. Se indagan antecedentes personales y familiares, datos socio-demográficos, procedimientos quirúrgicos previos, tratamientos recibidos y sus

resultados, síntomas asociados, así como las características del dolor (localización, duración, tipo, forma de aparición, desencadenantes y factores que lo alivian) [35], entre otros [33].

✓ ***Exploración física*** [36]:

– Características de la marcha: la claudicación de una extremidad nos puede anticipar la sospecha de la presencia de una radiculopatía.

– Exploración estática: rectificación por dolor o alteraciones del eje de la columna que favorecen dolor, como aumento de la lordosis, cifosis y/o escoliosis. Posturas antiálgicas o atrofias [37].

– Exploración dinámica: Se solicita al paciente flexión, extensión y rotaciones de la columna, para ver qué movimientos gatillan dolor.

– Palpación: buscar sensibilidad y/o espasmos presentes en columna y músculos paravertebrales.

– Exploración neurológica: observar el desarrollo, tonicidad y función músculo-esquelética; se realiza exploración de reflejos de extremidades inferiores y sensibilidad. Se pueden realizar pruebas especiales (tensión de las raíces nerviosas espinales lumbares, pruebas de inestabilidad, otras).

- Explorar articulación de la cadera y sacroíliacas [35].

✓ ***Pruebas complementarias***: Los exámenes que podrían solicitarse abarcan [33]:

– Radiografía simple antero-posterior y lateral: excluyen otras causas (fracturas, infecciones, neoplasias, etc).

– Analítica (hemograma y VSG): sólo si se sospecha de infección o tumor.

– Tomografía axial computarizada (TAC).

– Resonancia magnética nuclear (RMN).

– Mielografía.

3.2.7 TRATAMIENTO MÉDICO

El tratamiento de un episodio de DL depende del diagnóstico, el método conservador se dirige a la causa de éste, pero en muchos casos el tratamiento quirúrgico va a ser necesario para eliminar la causa estructural, lo que exige un correcto diagnóstico. El 90% de los pacientes que presentan un episodio de DL no padecen de ninguna enfermedad que amenace la vida y, aunque en hasta el 85% de los casos no se llega a un diagnóstico definitivo, la mayoría se recupera por completo en 4 a 6 semanas [(26)].

Aunque existen numerosos tratamientos para el dolor lumbar agudo inespecífico, la mayoría tiene poca evidencia en cuanto a su beneficio. La educación al paciente y los medicamentos, como los anti-inflamatorios no esteroideos, paracetamol y relajantes musculares son beneficiosos [(38)]. Los relajantes musculares pueden ser favorables, particularmente cuando se asocian a algún analgésico [(26)]. El reposo en cama se debe evitar si es posible. Los ejercicios dirigidos por un terapeuta físico, tales como el método de McKenzie y ejercicios de estabilización de columna, pueden disminuir el dolor recurrente y la necesidad de acudir a los servicios de salud. La manipulación espinal y la quiropraxia no son más eficaces que los tratamientos médicos, y añadirlos a los tratamientos

establecidos no mejora los resultados. Ningún beneficio sustancial se ha demostrado con esteroides orales, acupuntura, masaje, tracción, apoyo lumbar, o los programas regulares de ejercicio [38].

Según una Guía de Práctica Clínica del Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital Clínico de la Universidad de Chile realizada el 2009 [25], se sugiere que el tratamiento para lumbago crónico debe incluir material escrito educativo y consejos para el paciente, se indica además que el ejercicio es efectivo para éste, el cual debe realizarse a través de un programa de ejercicios graduados y que fortalezcan los músculos estabilizadores del tronco, sin embargo, la evidencia no es concluyente a favor de un tipo de ejercicio sobre otro. También se hace mención en esta guía, que la tracción mecánica, el uso de ultrasonido y el TENS, tienen pobre evidencia para incluirla o excluirla como tratamiento en lumbago crónico. Se señala también, que existe escasa evidencia a cerca de los beneficios de las escuelas de lumbago (Back School, las cuales entregan información de anatomía y función de la columna, además de entrenar en técnicas de movimientos) y que algunas se centran en entrenar a los pacientes para que éstos ignoren el dolor tanto como puedan [25].

3.2.8 PRONÓSTICO

Un 90% de los pacientes con DL, se espera que esté libre de dolor o que muestren una mejoría en la fase aguda, y alrededor del 10% de los pacientes se espera que informen de DL que se continúa en la fase crónica [19].

3.3 ESTRATEGIAS DE CONTROL MOTOR

3.3.1 CONCEPTO DE CONTROL MOTOR

Históricamente, la comprensión en profundidad del control motor no ha sido fundamental para la práctica músculo-esquelética, aunque la discusión de ciertos problemas de control motor en un reciente texto de referencia indica que esta situación está cambiando [(39)].

Cuando se habla sobre control motor, en realidad se hace referencia a dos elementos; el primero se asocia con la estabilización del cuerpo en el espacio, o sea, el control motor aplicado al control de la postura y del equilibrio; el segundo se relaciona con el desplazamiento del cuerpo en el espacio, o sea, el control motor aplicado al movimiento. De ésta forma, se define el término ampliamente para abarcar tanto el control del movimiento como el de la postura [(40)].

El control motor incluye los sistemas perceptivos y de acción, organizados para alcanzar dichos objetivos o propósitos específicos. De esta manera, el estudio del control motor debe comprender el análisis de los procesos cognitivos, ya que se relacionan con el control de la percepción y de la acción (Figura 3) [(40)].

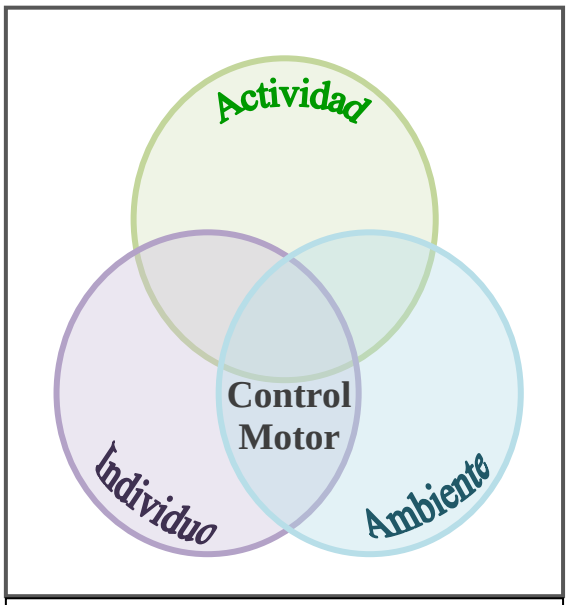


Figura 3. Factores del control motor: El control motor surge de la interacción entre el individuo, la actividad y el ambiente [40].

El control del movimiento o la "rigidez" del tronco a través de la co-contracción de los músculos que actúan en la zona lumbar es un mecanismo del Sistema Nervioso usado para satisfacer las demandas de estabilidad y controlar el buckling* [12].

*Buckling: Pérdida temporal de la estabilidad espinal segmentaria, posiblemente por una pérdida transitoria de la coordinación y del control motor, de uno o más músculos intersegmentarios, que se manifiesta durante las actividades de alta carga [5] [42].

Los ejercicios de control motor se han desarrollado en base a resultados de estudios de laboratorio que demuestran que en los individuos con dolor de espalda baja se ha deteriorado el control de los músculos profundos y superficiales del tronco (por ejemplo, TrA y MF) responsables de mantener la estabilidad de la columna vertebral. Los ejercicios de control motor utilizan los principios del aprendizaje motor para reentrenar el control de los músculos del tronco, la postura, y el patrón de movimiento, llevando finalmente a una reducción en los niveles de dolor y de discapacidad [41].

El objetivo del entrenamiento específico es el de reducir la actividad de los músculos superficiales del tronco, lo que puede aumentar la contribución de los músculos profundos de este segmento durante las tareas funcionales [29].

Panjabi presenta al control motor incluido dentro de un modelo innovador (Figura 1) del sistema de estabilización de la columna, que sirve como un modelo apropiado para comprender el mantenimiento de la estabilidad de la columna vertebral. Aquí, el desafío es inmenso para el SNC, para mover y controlar la columna vertebral, a pesar de los constantes cambios en las fuerzas internas y externas [7].

El SNC debe continuamente interpretar el estado de estabilidad, los mecanismos de planeamiento para superar los desafíos previsibles y rápidamente iniciar la actividad en respuesta a los desafíos inesperados [7], esto es lo que conocemos como control motor. El SNC debe interpretar la entrada aferente de los mecanorreceptores periféricos, y otros sistemas sensoriales, comparar estos requisitos en contra de un "modelo dinámico interno del cuerpo" y luego generar

una respuesta coordinada de los músculos del tronco para que la actividad muscular se produzca en el momento y cantidad adecuada, y así sucesivamente. Además, para sumar complejidad al sistema, la actividad muscular debe coordinarse para mantener el control de la columna vertebral con la jerarquía de los niveles interdependientes: el control de la traslación y rotación intervertebral, el control de la postura de la columna/orientación y control del cuerpo con respecto al ambiente. En particular, en virtud de los efectos de la gravedad, el SNC debe integrar el control de las fuerzas externas para soportar peso y controlar el centro de masa [7].

A continuación se examinarán las estrategias utilizadas por el SNC para llevar a cabo este control: feedforward y feedback.

3.3.1.1 FEEDFORWARD

La estabilidad lumbopélvica es controlada en adelanto de las fuerzas impuestas (feedforward) cuando la alteración del tronco es predecible. Por ejemplo, la actividad de los músculos del tronco se produce antes que la actividad de los músculos responsables del movimiento de los miembros inferiores y superiores, y antes de la carga, cuando una masa se añade al tronco de una manera predecible. En este tipo de tarea, el SNC predice el efecto que este movimiento tendrá en el cuerpo y planifica una secuencia de actividad muscular para superar esta perturbación. Esta predicción implica un "sistema interno de la dinámica del cuerpo", que es, una construcción abstracta hecha a lo largo de toda la experiencia de vida en el movimiento y participación en la formación de la interacción entre la

fuerza interna y externa. Una característica importante del feedforward del control de la columna vertebral, es que éste proporciona diferentes estrategias utilizadas por el SNC para controlar cada uno de los elementos de la estabilidad y de cómo estos pueden ser integrados. Las propiedades arquitectónicas de los músculos del tronco, los parámetros temporales y espaciales de la actividad de los músculos superficiales o globales, están vinculadas a la dirección de las fuerzas que actúan en la columna (Ej. la actividad de los músculos superficiales del tronco es anterior y de mayor amplitud cuando su actividad se opone a la dirección de las fuerzas reactivas), lo que es consistente con el control de su orientación. En asociación con movimientos de las extremidades, esta actividad también ha mostrado ser compatible con el control de la perturbación del equilibrio y el movimiento del centro de masa de manera simultánea con el mantenimiento de la postura erguida. En contraste, la actividad de los músculos profundos intrínsecos (TrA y MF) es independiente de la dirección y reactividad de las fuerzas, esto es consistente con las propiedades arquitectónicas de estos músculos para proporcionar un aumento general en el control intervertebral. Por lo tanto, los datos sugieren que el SNC utiliza el feedforward en una actividad sin dirección específica de los músculos intrínsecos locales, para controlar el movimiento intervertebral, y utiliza respuestas específicas de los músculos superficiales globales para controlar la orientación espinal. Los datos recientes sugieren que el SNC utiliza diferentes estrategias para controlar cada factor. Cuando los sujetos realizan una tarea de atención exigente, la latencia de movimiento de las extremidades y la actividad postural de los músculos superficiales, es retrasada, pero no hay ningún cambio en la latencia de la respuesta muscular profunda: el TrA y fibras profundas del MF. Esto sugiere

que la respuesta muscular profunda es más rudimentaria y que puede ser controlada por el SNC mediante un mecanismo más básico. Es importante destacar que las respuestas han mostrado estar vinculadas a la velocidad a la que se mueven las extremidades y al peso de éstas, sugiriendo que el SNC predice la amplitud de las fuerzas reactivas y como consecuencia ajusta las respuestas del feedforward [7].

Los movimientos repetitivos de las extremidades también pueden proporcionar un ejemplo de control anticipatorio. Aunque el mecanismo para el control del movimiento repetitivo no se entiende totalmente, hay evidencia de actividad diferencial de los músculos profundos y superficiales que es consistente con las diferentes funciones de estos músculos. Por ejemplo, la actividad tónica de los músculos espinales intrínsecos (TrA y MF) ocurre en asociación con los movimientos repetitivos del miembro superior, movimientos repetitivos de las extremidades inferiores en la marcha y durante movimientos repetitivos del tronco. En contraste, la actividad muscular superficial se produce de una manera fásica vinculada a la dirección del movimiento del miembro inferior [7].

3.3.1.2 FEEDBACK

Cuando la columna es perturbada de manera imprevista, el sistema nervioso debe responder rápidamente. En el extremo más básico del espectro, el control mediado por feedback (FB) puede funcionar a un nivel reflejo. Esta respuesta puede incluir el reflejo de estiramiento monosináptico, que involucra el estiramiento de un huso muscular generando un impulso aferente desde el receptor

de los husos para excitar las motoneuronas alfa en el mismo músculo, resultando una contracción. Se han identificado reflejos de corta latencia en los músculos paravertebrales cuando los sujetos atrapan un objeto de sorpresa en sus manos, y las respuestas han sido registradas en los músculos paraespinales y abdominales, en respuesta a un estímulo mecánico. Estas respuestas reflejas activan a los músculos paravertebrales en masa, sin diferenciar entre los componentes superficiales y profundos. Las respuestas simples son poco flexibles, y representan un mecanismo fundamental para el sistema motor para corregir un error, por ejemplo para resistir una extensión impuesta. Sin embargo, parece que hay una cierta integración, al existir cambios en los reflejos en otros músculos relacionados, un ejemplo de ello es, cuando la actividad del TrA se produce antes que la actividad de músculos paravertebrales, cuando el tronco se flexiona de forma inesperada por adición de una carga a la parte delantera de éste. Además, la actividad del TrA y la de los músculos paravertebrales se produce al mismo tiempo cuando el tronco está siendo perturbado por una carga que se añade a las extremidades superiores durante el movimiento del brazo. Este último hallazgo sugiere que la entrada aferente de los segmentos distantes puede estar implicada en la iniciación de la respuesta de los músculos del tronco. Esto también ocurre cuando la actividad de los músculos paravertebrales se reduce al retirar la carga del tronco por eliminación de un peso de los miembros superiores. Esta respuesta de descarga se argumenta que es a causa de la retirada del soporte para esta contracción muscular desde el input aferente [7].

El reflejo de circuito largo, es más complejo que el reflejo de estiramiento e involucra procesamiento de información en los niveles superiores del SNC,

incluyendo mecanismos transcorticales. Estas respuestas tienen una larga latencia en comparación con el reflejo de estiramiento, son más flexibles y pueden ser modificadas voluntariamente. Debido a su flexibilidad, se cree que estas respuestas tienen un papel más importante en la corrección de errores. Por ejemplo, cuando la superficie de soporte sobre el que una persona está de pie se mueve rápidamente, una compleja interacción de diversos segmentos corporales, incluyendo la respuesta de los músculos del tronco, se inicia con el fin de mantener el equilibrio del cuerpo [7].

3.3.2 MECANISMOS NEURONALES PARA EL CONTROL DE COLUMNA LUMBAR Y PELVIS

Para detectar el estado actual de estabilidad de la columna vertebral, el Sistema Nervioso debe utilizar la entrada (input) de una serie de mecanorreceptores musculares y de estructuras pasivas de la columna, así como del aporte de los sistemas visual y vestibular sobre el estado de la columna y el resto del cuerpo con respecto a su entorno [12].

Un hecho notable es que los déficits en la función sensorial son comúnmente reportados en el DL, lo que puede subyacer a los cambios en la precisión del control de movimiento [12].

3.3.3 MECANISMOS MUSCULARES PARA EL CONTROL DE LA COLUMNA Y LA PELVIS

Los grandes músculos superficiales de la CL y la pelvis son necesarios para un control óptimo de la columna. Bergmark, define los músculos superficiales que ascienden desde la pelvis hasta la caja torácica, como los músculos globales. La contracción de estos músculos genera un torque para oponerse a las fuerzas externas y para mover la columna, la pelvis, y todo el cuerpo. La co-contracción de estos músculos a cada lado del tronco proporciona una estrategia ideal para aumentar la rigidez del tronco y es común durante las tareas, tales como la elevación [(12)].

Muchos estudios han intentado identificar los músculos globales de mayor potencial para mantener la estabilidad de la columna. Si bien, el oblicuo externo del abdomen y el erector de la columna torácica suelen resaltarse como músculos que hacen una gran contribución, la selección de los músculos para una función específica depende de una serie de factores, incluyendo la dirección de la fuerza. Además de la contribución esencial de los músculos superficiales de gran tamaño al control del movimiento y la estabilidad de la CL y la pelvis, el SNC se basa en la contribución de los músculos profundos del tronco. Bergmark define éstos, como los músculos locales con unión directa en las vértebras lumbares. Los estudios in vitro e in vivo han confirmado la contribución esencial de estos músculos para el control de la columna. Por ejemplo, datos de estudios biomecánicos, experimentos con animales, experimentos humanos in vitro y experimentos humanos in vivo, indican que la actividad del MF lumbar contribuye

al control del movimiento intervertebral. Del mismo modo, estudios en animales y estudios en humanos in vitro e in vivo, indican que la actividad del TrA, contribuye al control intervertebral, movimiento sacro ilíaco, particularmente las traslaciones. Estos músculos se activan frecuentemente como un componente de las estrategias de control en una serie de tareas, temprana y tónicamente, y en una forma que generalmente no es específica para la dirección de las fuerzas que actúan sobre la columna vertebral [(12)].

Los músculos profundos contribuyen mínimamente a la flexión y extensión del tronco, debido a su localización anatómica y la línea de acción. El TrA tiene una mínima capacidad para actuar como un flexor, debido a que sus fibras pueden angular sólo hasta 12° desde la horizontal. Las fibras de los MF están cerca del centro de rotación de las articulaciones lumbares y tiene un brazo de momento muy pequeño. Sin embargo, al contribuir a la presión intraabdominal, tensionando la fascia toracolumbar, y los efectos directos de la contracción en los segmentos intervertebrales, estos músculos proporcionan una contribución adicional al control intervertebral. Si bien, la presión intraabdominal y la tensión de la fascia son importantes para el control del movimiento intervertebral, otros músculos que rodean la cavidad abdominal también proporcionan una contribución adicional. Estos músculos incluyen el diafragma y los músculos del piso pélvico. Los datos en estudios in vitro e in vivo confirman que la actividad de estos músculos contribuye al control de la CL (Figura 4) y las articulaciones sacroilíacas [(12)].

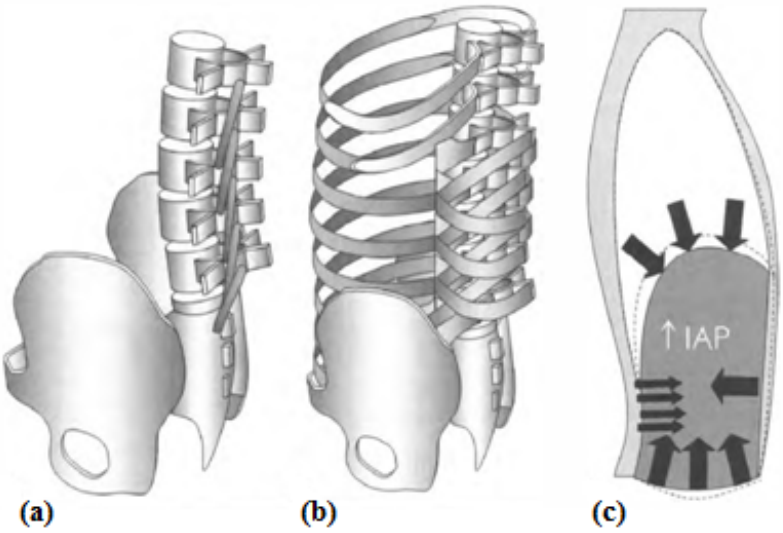


Figura 4. La **musculatura profunda del tronco** contribuye al control de la CL. **(a)** Los MF contribuyen al control del movimiento intervertebral por medio de una compresión suave entre los segmentos y el control de la traslación posteroanterior. (**b)** El TrA contribuye al control del movimiento intervertebral por medio del aumento de la presión intraabdominal y la tensión en la fascia toracolumbar. **(c)** Estos efectos dependen de la co-contracción del diafragma y los músculos del suelo pélvico [(12)].

Los músculos profundos proporcionan una posible solución para simplificar el control de la columna y potencialmente una solución ideal para mantener un control dinámico, permitiendo control durante el movimiento [(12)].

Los cambios que ocurren en el control de los músculos del tronco con DL y dolor pélvico varían considerablemente. Un aumento, una disminución, y cambios

inexistentes en la actividad muscular se han descrito en la literatura. Esta inconsistencia e incompleta comprensión de los investigadores con respecto a las adaptaciones motoras en el DL y dolor pélvico, han dado lugar a una gran controversia en la práctica clínica [12].

Una enorme variabilidad se ve en la adaptación de los músculos del tronco en personas con dolor lumbo-pélvico. Esto se interpreta a menudo para sugerir que ninguna adaptación constante del control de los músculos se produce durante el dolor. Sin embargo, un objetivo común puede reforzar las adaptaciones al dolor. A pesar de la variabilidad, se ha sugerido que un principio fundamental es que el SNC puede adaptarse al dolor o lesión, al aumentar la rigidez vertebral para aumentar el "margen de seguridad", es decir, para sobreproteger la parte del dolor y la lesión o una nueva lesión. En este caso, el Sistema Nervioso puede adoptar una estrategia para aumentar la rigidez de la columna por el aumento de la co-contracción de los músculos del tronco [12].

A pesar de la mayor actividad, el control del movimiento intervertebral puede verse comprometido debido a la actividad reducida o deterioro de los músculos profundos (si el escaso control de los músculos profundos conduce a una compensación por los músculos más superficiales, o si la hiperactividad de los músculos superficiales supera a la actividad de los músculos profundos) [12].

El control de la columna depende de la coordinación de un conjunto de músculos del tronco. En particular, existe una variedad de estrategias motoras para la estabilización de la columna vertebral, y los sujetos individuales adoptan una estrategia única en el DL [29].

En particular, el entrenamiento que implica la activación cognitiva repetida de los músculos, puede influenciar inmediatamente la forma en que son reclutados durante los movimientos funcionales no entrenados. La rehabilitación motora que incorpora este enfoque para inducir cambios en la estrategia motora, puede llevar a cambios en la sobrecarga de la columna vertebral y mejorar los síntomas [29].

Un estudio realizado por Tsao H. & Hodges P. [43] demuestra por primera vez que las mejoras persistentes en la activación del feedforward pueden lograrse con entrenamiento de contracciones voluntarias aisladas. Específicamente, cuatro semanas de este tipo de entrenamiento del TrA en las personas con DL recurrente se asocia con mejoría a largo plazo en el feedforward de los ajustes posturales y en la reducción de la modulación del músculo entrenado durante tareas funcionales no entrenadas. Los resultados también sugieren que estos cambios pueden ser retenidos durante seis meses a pesar del cese de entrenamiento. Junto con los últimos ensayos clínicos que apoyan la eficacia del entrenamiento de las contracciones voluntarias aisladas, los resultados actuales sugieren que la mejoría en el control motor puede ser un posible mecanismo subyacente de la mejoría clínica en los individuos con DL, pero en el futuro son necesarios ensayos clínicos aleatorizados para confirmar estos hallazgos [43].

A continuación se presenta un modelo de control motor del SNC para la acción de "atrape y agarre" ("reach-to-grasp") en sujetos sanos que se muestra en la figura 5 [39].

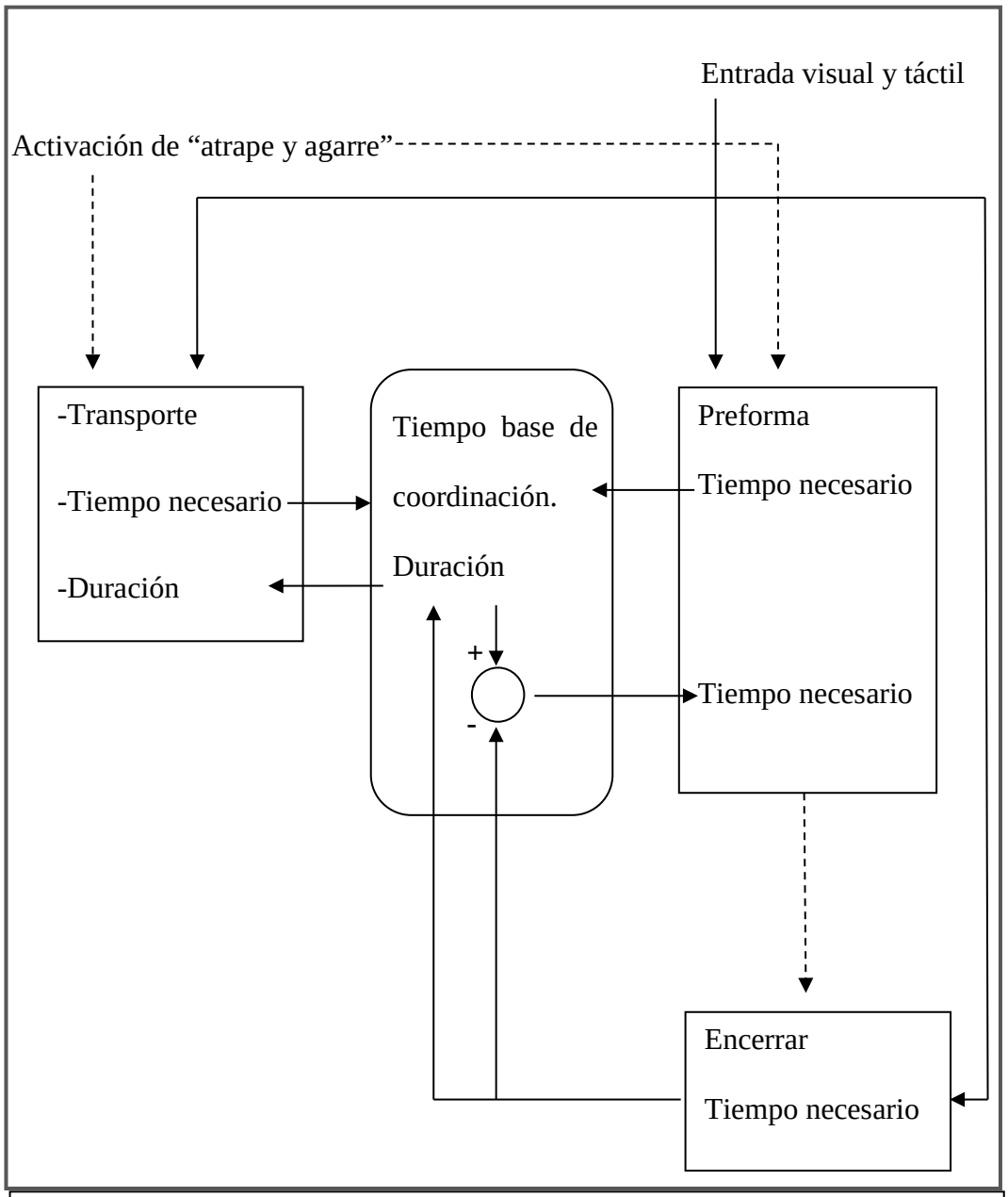


Figura 5. Ejemplo de un programa coordinado de control: Formado por tres esquemas motores [39].

El modelo es un ejemplo de un "programa motor", definido como un conjunto de comandos motores que está pre-estructurado y que define los elementos esenciales de una acción calificada. Es probable que utilicemos programas motores para muchas acciones [39].

En el ejemplo anterior, de la maniobra de “agarre”, debe haber un seguimiento continuo, especialmente si las condiciones cambian después del inicio del movimiento o si se requieren movimientos más precisos. El modelo propone dos mecanismos para esta función: feedback y feedforward (control anticipatorio). El feedback de la visión y la propiocepción sobre la ubicación de la mano y su abertura, es útil en la última parte del alcance. Los mecanismos de feedforward son responsables de los ajustes en la línea de movimiento [39].

Estudios empíricos consideran que la actividad muscular, que se produce antes de 100ms a 50ms después del inicio de la fuerza motriz, representa al feedforward de control [39].

En el modelo descrito anteriormente, el feedforward operaba para ajustar la posición de la mano. Éste también se produce a fin de avanzar el centro de masa antes del desplazamiento del miembro, mantener la estabilidad del sistema vestibular y el campo visual durante el movimiento del cuello, generar preparación para las fuerzas de reacción anticipadas y para actuar sinérgicamente, y de esta forma mantener la estabilidad muscular local que rodea las articulaciones vertebrales durante la generación de grandes movimientos de torsión. El feedforward está en marcha durante el movimiento, así como antes de que el movimiento comience [39].

3.4. CONTROL MOTOR EN EL DOLOR LUMBAR

Una parte considerable de la literatura sostiene que el dolor y las lesiones conducen a cambios en el control y estructura de los músculos del tronco (Figura 6) [12].

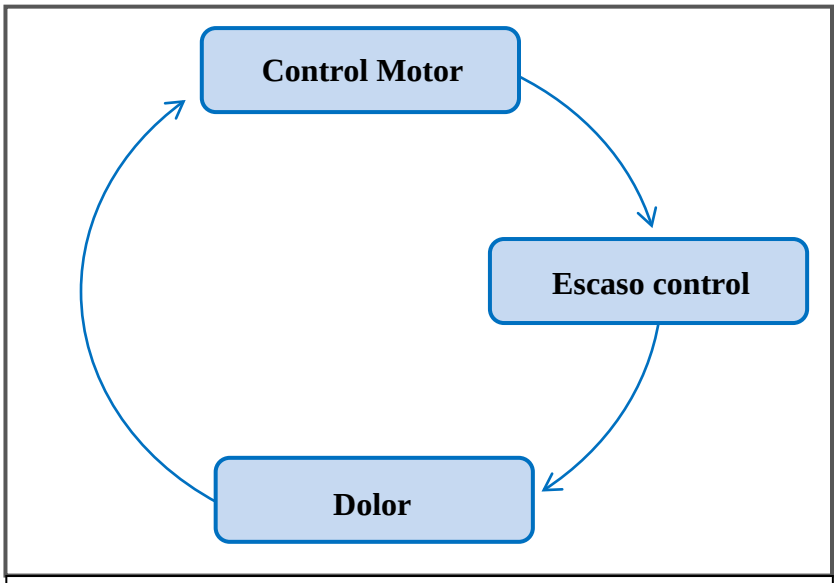


Figura 6. **Círculo vicioso del dolor y el déficit del control motor:** Aunque el déficit de control motor puede llevar al dolor como resultado del control comprometido de la columna y la pelvis, el dolor también puede conducir a cambios en el control motor. Un paciente que se presenta con dolor ya ha entrado en el ciclo, y no es tan importante dónde la persona entró [12].

El reclutamiento del TrA se ve afectado en pacientes con DL [44]. La coordinación motriz cambia constantemente en síndromes crónicos o recurrentes de dolor músculo-esquelético, incluyendo el DL [45].

Un enfoque común, en las primeras etapas de rehabilitación, implica la práctica de la activación voluntaria aislada de él o los músculos que presentan una coordinación alterada [45]. Esta estrategia de entrenamiento reduce el dolor, la discapacidad y la recurrencia de numerosas afecciones músculo-esqueléticas, además restaura la coordinación motriz, incluidos los ajustes posturales automáticos, relacionados con la postura corporal [45]. La base de este enfoque es que la activación repetida induce cambios plásticos en el Sistema Nervioso y conduce al reclutamiento modificado automático del músculo entrenado durante la realización de tareas sin entrenamiento funcional [43].

En un reciente estudio, se investigó si este método de entrenamiento puede inducir cambios inmediatos en la activación del feedforward mediante el modelo de cambios en la activación del músculo abdominal profundo (TrA), en pacientes con dolor lumbar recurrente. Aunque el TrA se activa en forma anticipada (feedforward) en individuos sanos, esta actividad se retrasa constantemente en las personas con dolor lumbar recurrente, y proporciona un marcador de disfunción del control postural. Los resultados de ese estudio mostraron mejoras inmediatas en los ajustes posturales (feedforward) del TrA después de sólo una sesión de entrenamiento de contracciones voluntarias aisladas de este músculo. Es importante destacar que estas mejoras no fueron replicadas por la activación del TrA en una manera no aislada durante una maniobra funcional de un grupo separado asignados al azar [43].

Mejoras en el control del TrA durante las tareas funcionales pueden ser beneficiosas para las personas con dolor lumbar recurrente. Los datos de experimentos con seres humanos y en animales sugieren que estos músculos tienen una importante contribución al control de la columna a través de la generación de presión intra-abdominal y la tensión de la fascia [43].

Neuroplasticidad cortical y la recuperación de la función

En la destreza motora, los cambios corticales neuroplásticos son acompañados a menudo por comportamientos considerados como ventajosos, tal como un aumento en el rendimiento motor. Por el contrario, en el dolor experimental o crónico, los cambios neuroplásticos son acompañados a menudo por un comportamiento considerado como desfavorable, tales como una disminución en el rendimiento. Puesto que el rendimiento motor alterado puede ser un factor para el mantenimiento del dolor, la rehabilitación motora enfocada en restablecer las estrategias motoras normales son un aspecto fundamental del tratamiento de trastornos dolorosos músculo-esqueléticos [46].

Los pacientes con dolor músculo-esquelético, en comparación con individuos sanos, tienen cambios funcionales (reorganización) de las propiedades neuronales en el sistema sensoriomotor, que representa a los músculos más afectados por el dolor. Por ejemplo, los pacientes con DL han reducido la conducción cortical espinal en los músculos lumbares y un cambio en la representación de los músculos de la espalda en la corteza somatosensorial. Además, un estudio de la topografía de las respuestas del TrA a la estimulación magnética transcraneal (TMS) en pacientes con episodios recurrentes de DL,

mostró un cambio posterior y lateral en el centro de gravedad (COG) y una mayor representación del TrA en la corteza motora primaria, lo que indica la reorganización cortical, en comparación con individuos sanos [43]. El hallazgo más interesante, sin embargo, fue que los pacientes mostraron un retraso en la activación del TrA electromiográficamente durante una tarea de movimiento rápido del brazo y este retraso se correlacionó con la extensión en la reorganización de la corteza motora primaria [46]. Por lo tanto, se han observado cambios adaptativos en la organización cortical motora en pacientes con DL [45].

Asimismo, se ha evidenciado que existe una expansión de la representación cortical relacionada con la entrada nociceptiva y un aumento de la excitación cortical en pacientes con DL [39].

La adquisición de una destreza motora sigue dos etapas: primero, una fase temprana, de rápido aprendizaje en el que se observa una mejora considerable en el rendimiento dentro de una sola sesión de entrenamiento, y en segundo lugar, una etapa posterior de más lento aprendizaje en el que ganancias mayores en el rendimiento se pueden observar a través de varias sesiones (e incluso semanas) de práctica. En resumen, los cambios corticales neuroplásticos en relación al entrenamiento de habilidades motoras ocurren rápidamente y en continua evolución con el entrenamiento prolongado [46].

Ante la evidencia de que el entrenamiento de destrezas motoras se asocia con cambios rápidos en la excitabilidad cortical, así como en la reorganización cortical, este tipo de entrenamiento se considera relevante para el tratamiento de pacientes con dolor músculo-esquelético. Un enfoque clínico común que ha demostrado ser eficaz en el tratamiento de los trastornos de dolor músculo-

esquelético, implica un entrenamiento de la activación del músculo retrasado o inhibido a través de contracciones repetidas aisladas [46].

Estos hallazgos apoyan las observaciones de pacientes con DL que muestran una reorganización de la corteza motora primaria después del entrenamiento aislado del TrA y no después de un ejercicio común como caminar [45].

En una reciente investigación, Tsao et al. [45].observaron que el ejercicio para el TrA indujo desplazamiento de la representación cortical motora de este músculo. Este cambio se asoció con la activación postural temprana del TrA. Por lo tanto, el entrenamiento motor puede revertir la reorganización de las redes neuronales de la corteza motora en pacientes con dolor recurrente. La relación observada entre la reorganización cortical y los cambios en la coordinación motora después del entrenamiento motor, ofrece una visión única de los posibles mecanismos que subyacen a la recuperación [45]. En resumen, este estudio proporcionó evidencia de que el entrenamiento de la destreza motora, puede conducir a la plasticidad del sistema motor y esto está asociado con la mejora de la coordinación motriz en pacientes con dolor recurrente. La forma exacta de como la plasticidad del sistema motor conduce a la recuperación de la coordinación postural sigue siendo especulativa [45].

Así también, un estudio comparó las representaciones de músculos entre voleibolistas y corredores, en donde el tamaño del mapa cortical para el deltoides medio fue mayor para voleibolistas que para los corredores. Además, la representación del tamaño total del músculo fue mayor para el brazo dominante que para el brazo no dominante en el grupo de vóleibol. Este hallazgo apoya la

hipótesis de que la actividad impulsa la plasticidad cortical, puesto que hay una organización cortical diferente entre dos grupos con diferentes niveles de habilidad. También hay evidencia de que una pequeña cantidad de práctica, puede causar cambios corticales y que la organización funcional de la corteza somatosensorial, puede cambiar dinámicamente durante la tarea y de acuerdo a los requisitos de ésta [39].

El mecanismo de feedforward, un elemento esencial del control motor, está alterado en pacientes neurológicamente intactos con DL [39].

Los mecanismos de feedforward han mostrado estar comprometidos en los músculos del tronco en presencia de DL [39]. Además, se encontró que la activación del feedforward del TrA está retrasada con la presencia de dolor en la zona inguinal de larga data. Los mecanismos de feedforward, incluso se ausentan durante una actividad rápida del miembro superior en pacientes con dolor lumbar crónico. El mecanismo exacto no se conoce bien, pero la pérdida de control anticipatorio durante el movimiento de las extremidades (cambiando el centro de masa), puede afectar negativamente a la estabilidad articular [39]. De los estudios in vitro, Panjabi (1992) propuso que el 80% de la estabilidad cervical se atribuye al sistema muscular (subsistema activo), en comparación con la estabilidad pasiva de los ligamentos y la cápsula, etc. La CL es inherentemente inestable ante fuerzas compresivas, estudios in vitro han indicado el colapso de la CL con cargas compresivas pequeñas, como 90N, esto indica la gran relevancia del componente muscular [7].Cuando se ve comprometida la estabilidad muscular, una tensión adicional se puede colocar en las estructuras articulares, exacerbando aún más la

inestabilidad y/o dolor. Alternativamente, el dolor en sí, puede provocar una inhibición de la actividad del feedforward [39].

Si bien los estudios experimentales de dolor, sin duda, proporcionan un vínculo entre el dolor y la alteración del control motor, hay menos evidencia para apoyar el inicio del dolor como consecuencia del control motor alterado. Se puede especular que el déficit en el control motor de la columna lleva a un control deficiente del movimiento articular, a microtraumatismos repetidos y eventualmente al dolor [46]. Asimismo, la inhibición de los músculos abdominales profundos puede afectar a la estabilidad y postura de la CL aumentando la probabilidad de DL. Aunque no hay consenso sobre la relación causa-efecto entre la alteración del control motor y el dolor, hay una serie de evidencia de que el dolor se asocia con alteración del control motor [46]. La literatura hace mención que la cronicidad/recurrencia de los síntomas está relacionada con una disfunción en el control de movimiento. Hay una gran evidencia que une las deficiencias de control motor de los músculos estabilizadores locales profundos (fuerza ineficaz, que controlan el movimiento intersegmental), al dolor y la recurrencia [47].

Muchos autores han propuesto que existe una relación entre el dolor que está provocado por una dirección particular de movimiento (por ejemplo, dolor de espalda provocado por la inclinación hacia delante) y las deficiencias de control motor de los músculos que controlan este movimiento [47].

Como se ha mencionado, aunque el dolor y la disfunción están relacionados, el dolor se puede resolver, pero la disfunción puede persistir. Esto puede causar una mayor predisposición de recurrencia, la progresión temprana a los cambios degenerativos y el mantenimiento de desequilibrios globales [15]. Las

estrategias de manejo idealmente deberían dirigirse a la rehabilitación tanto del sistema local y global al mismo tiempo [15].

3.5 ENTRENAMIENTO EN COLUMNA LUMBAR DE LOS MÚSCULOS ESTABILIZADORES LOCALES

El ejercicio es aprobado como un tratamiento eficaz para el dolor lumbar crónico en la mayoría de las guías de práctica clínica. El ejercicio de control motor (también conocido como ejercicio específico de estabilización), se consideró por primera vez como un tratamiento para el DL hace 13 años [16].

La justificación biológica para el ejercicio de control motor, está basada en la idea de que la estabilidad y el control de la columna se alteran en personas con DL [16].

Los ejercicios para estabilizar el tronco se han propuesto para mejorar el timing y el patrón de reclutamiento de los músculos abdominales profundos y la musculatura lumbar de la columna y, por lo tanto, son frecuentemente prescritos para personas con dolor lumbar crónico o recurrente, secundario a inestabilidad segmentaria [48].

La base exacta de la eficacia biológica del ejercicio de control motor en pacientes con DL, es aún incierto, pero si a los sujetos se les puede enseñar a controlar los músculos del tronco en el desempeño de las actividades funcionales, entonces esto puede explicar las mejoras observadas en la actividad, en la limitación de la actividad, y en la impresión de la recuperación global [16]. Una serie de mecanismos se han propuesto para explicar el efecto del entrenamiento de

control motor en el dolor. Estos mecanismos incluyen reducción de la carga y mejorar la calidad de movimiento, como resultado de una mejor coordinación de los músculos del tronco. Tales cambios en el control pueden ser mediados por los cambios plásticos en la corteza motora o en otras partes del sistema motor [16].

Como se ha mencionado anteriormente, los cambios en el control de los músculos del tronco pueden contribuir al DL. A medida que estos cambios persistan durante la remisión de los síntomas, los déficits en el control de los músculos abdominales se asocian con la recurrencia y cronicidad del DL [49].

La evidencia muestra que programas integrales de entrenamiento, cuyo objetivo sea la mejoría del control de los músculos del tronco, resultan en mejoras significativas tanto en el dolor como en resultados funcionales en personas con DL [49]. Sin embargo, a qué músculos debe estar dirigido el entrenamiento, y qué método es el más eficaz para el entrenamiento del sistema neuromuscular todavía se discute [49].

Estudios demuestran cambios corticales en respuesta a la práctica de los movimientos específicos en sujetos neurológicamente intactos. El entrenamiento de tareas específicas por lo tanto, puede ser utilizado en la rehabilitación de personas con disfunción músculo-esquelética con un SNC intacto, esto con el fin de obtener una óptima adquisición de habilidades [39].

Basándose en los datos actuales, se puede afirmar que las mejoras de los síntomas no pueden asociarse con cambios inmediatos en el reclutamiento de los músculos del tronco durante las tareas funcionales. Este hallazgo sugiere que, aunque diferentes enfoques para el entrenamiento de los músculos del tronco pueden estar asociados con alivio de los síntomas, no todas las intervenciones

pueden cambiar el control de los músculos de la misma manera [49]. Como no está claro si los cambios en la actividad muscular del tronco son una causa o consecuencia del DL (puesto que se dispone de evidencia para apoyar ambas hipótesis), se sugiere que las intervenciones con la capacidad para cambiar el tiempo y mejorar el control muscular, pueden ser eficaces tanto en el tratamiento como en la prevención del DL [49].

En el estudio de Ferreira et al (2010) [44] se muestra que, en el dolor lumbar crónico, la mejora en el reclutamiento del músculo TrA (medido por los cambios del espesor en la ecografía), fue mayor en aquellos que realizan ejercicio de control motor que en los que llevaron a cabo un programa de ejercicio general o de terapia de manipulación espinal. El grupo de ejercicio de control motor mostró un aumento absoluto en el reclutamiento del TrA del 7,8% en comparación con un ligero descenso en el reclutamiento del TrA en el grupo con ejercicio general (24,9%) y en el grupo de terapia de manipulación espinal (23,7%). Todos estos valores superaron lo previamente reportado como puntaje mínimo de cambio detectable de 1,16% para la medición ecográfica del TrA. Los resultados sugieren que el alivio del dolor con la terapia de manipulación espinal o el fomento de la actividad general (con programa de ejercicios generales), no es suficiente para mejorar al máximo la capacidad de reclutar el TrA y por lo tanto, la aplicación de un programa de ejercicios de control motor fue el método más eficaz para mejorar el reclutamiento del TrA en personas con dolor lumbar crónico. En el mismo estudio, cuando los datos de los tres grupos de tratamiento se agruparon, hubo una correlación moderada positiva entre el reclutamiento del TrA y la recuperación percibida, lo que revela que un aumento en el reclutamiento del TrA se relaciona

con mejoras en la recuperación percibida. También hubo una correlación negativa moderada entre el aumento del reclutamiento del TrA y la discapacidad medida con el cuestionario de Roland Morris, lo que significa que un aumento en el reclutamiento del TrA se asocia con reducciones en la discapacidad. Aunque ni el dolor ni la función tuvieron una correlación estadísticamente significativa con el reclutamiento del TrA, los efectos fueron en la dirección prevista [(44)]. Un hallazgo importante del estudio fue la interacción entre la capacidad del sujeto para reclutar el TrA al inicio y el efecto del ejercicio de control motor (v/s ejercicio general) sobre los resultados en el dolor. El efecto que se encontró fue en el sentido sugerido por las teorías clínicas. En este ensayo se demostró que el ejercicio de control motor produce mejores resultados a corto plazo que el ejercicio general, y así en promedio el ejercicio de control motor es superior. Sin embargo, el efecto promedio de la interacción del ejercicio de control motor funcionó mejor para los participantes que tenían poca capacidad para reclutar el TrA, y por el contrario, para los participantes que tenían una buena capacidad para activar este músculo, el ejercicio general puede ser una mejor opción de tratamiento [(44)].

También se han identificado mejorías en el reclutamiento del TrA asociado con el entrenamiento del control motor, en el corto plazo (4 semanas) en los pacientes con DL, así como en individuos asintomáticos [(44)].

En el reentrenamiento de la estabilidad, el control motor y el reclutamiento son la prioridad, no la fuerza y flexibilidad [(13)].

Costa et al. (2009) [(16)], realizaron un estudio en donde compararon doce sesiones de ejercicio de control motor versus un placebo. Estos ejercicios fueron

diseñados para mejorar la función de los músculos específicos de la región lumbar, el control postural y el movimiento. Dicho programa de ejercicios de control motor se realizó en dos etapas. La primera de ellas consistía en realizar un tren de actividad coordinada de los músculos del tronco, incluyendo la activación independiente de los músculos más profundos (TrA y MF) y reducir la hiperactividad de los músculos superficiales específicos de una manera individualizada. La segunda etapa consistió en aplicar la precisión de la coordinación deseada y entrenar estas habilidades en tareas estáticas e incorporarlos en tareas dinámicas y en posiciones funcionales. Los resultados de este estudio sugirieron que esta intervención se debe considerar para tratar a pacientes con dolor lumbar crónico con el fin de mejorar la actividad, la impresión global de la recuperación y mejorar la intensidad del dolor con resultados a largo plazo, pero no a corto plazo [16].

Para un movimiento óptimo, es probable que se requiera una combinación de feedback y feedforward. Sólo un estudio hasta la fecha se ha planteado si es que la pérdida del control del feedforward, puede ser rehabilitado con la fisioterapia. Cowan et al. (2003) informó de un programa convencional de 6 semanas de fisioterapia en 40 sujetos con dolor patelofemoral, (incluyendo entrenamiento muscular específico, el reentrenamiento profesional, biofeedback y taping para restaurar la coordinación y control del músculo), el cual demostró que la fisioterapia puede ser eficaz en la restauración de los mecanismos del feedforward. Sin embargo, no estaba claro qué componente del tratamiento fue el responsable [49].

Hay una escasez de estudios que evalúan el efecto de la terapia de control del feedforward en la columna vertebral [49].

El feedforward del TrA está retrasado en personas con DL. Investigaciones recientes han demostrado que las mejoras inmediatas en el feedforward del TrA, son posibles después de sólo una sesión de entrenamiento, lo cual es posible mediante repetidas contracciones voluntarias aisladas del TrA [49]. Cabe destacar que la activación es mejor en tareas funcionales que no han sido específicamente entrenadas [49].

Múltiples métodos de entrenamiento se han propuesto para mejorar el control de los músculos del tronco, sin embargo, dos métodos se describen comúnmente:

✓ Entrenamiento de contracciones voluntarias aisladas.

✓ Entrenamiento de los músculos de forma no aislada: participación de la co-contracción de la mayoría/todos de los músculos del tronco [49].

Los ensayos clínicos aleatorios que utilizan una combinación de entrenamiento aislado (lo que implica, contracciones voluntarias y repetidas del músculo que se ha identificado con una activación retardada), y no aislado, muestran que en personas con DL se generan mejoras en cuanto al dolor, la función y la recurrencia [49].

Se ha argumentado que el entrenamiento que involucra co-activaciones no aisladas de los músculos del tronco (incluso aquellos músculos que tienen déficit de control), es un método más funcional para rehabilitar el control de esta musculatura en personas con DL. Kavcic et al. (2004) sugieren que, como todos

los músculos juegan un papel durante las tareas funcionales, el entrenamiento debe incluir la activación de todos los músculos combinados [49].

Sin embargo, los resultados del estudio realizado por Leanne Hall (2009) et al. [49], demuestran que el entrenamiento de co-activaciones no aisladas de los músculos del tronco, no da lugar a una mejora inmediata en el control motor en las personas con dolor lumbar inespecífico [49]. Por lo tanto, el entrenamiento de las contracciones aisladas puede ser más eficiente para el control, al menos en las primeras fases de la rehabilitación [49].

Se recomienda que el ejercicio orientado funcionalmente, debe ser incorporado tan pronto como sea posible, y no después de muchas repeticiones de los componentes de un movimiento en particular [39]. Debido a la "tarea específica" del control cortical, los terapeutas deben considerar pedirle a los pacientes variaciones en la práctica de la tarea o del movimiento particular que se quiere rehabilitar, para así asegurar conexiones corticales necesarias para los diferentes requerimientos. De lo contrario, es posible que el rendimiento de la persona sólo pueda ser suficiente en algunas condiciones de trabajo, y no en otras [39].

3.6 ECÓGRAFO

Las imágenes en tiempo real del ultrasonido (US) se utilizan ampliamente en la actualidad. Es un método seguro, rentable y de fácil acceso para el examen de los diversos órganos y tejidos. Por otra parte, estas imágenes en tiempo real tienen el potencial de ser un beneficio considerable en la rehabilitación. Posibles

aplicaciones en la práctica de la fisioterapia y en el área de la investigación, hacen referencia a la medición del tamaño del músculo y a la observación y el seguimiento de la contracción muscular, mientras ocurre realmente. Esto puede ser útil para la rehabilitación muscular y la reeducación, especialmente en el caso de los músculos profundos, que a menudo son difíciles de evaluar [50].

Modalidades de ecografía

Existen tres modos básicos de presentar las imágenes ecográficas. El modo A ó de amplitud, es el que se empleó inicialmente para distinguir entre estructuras quísticas y las sólidas. Hoy en día es excepcionalmente empleado, salvo para comprobar los parámetros técnicos viendo la amplitud a las distintas profundidades. El modo M se emplea con las estructuras en movimiento como el corazón, y muestra la amplitud en el eje vertical, el tiempo y la profundidad en el eje horizontal. El modo B es la representación pictórica de los ecos y es la modalidad empleada en todos los equipos de ecografía en tiempo real [51].

Equipo

Un equipo de alta resolución y buena calidad es indispensable para la exploración del sistema músculo-esquelético y articular. La elección del transductor dependerá del tipo de estudio por realizar. Los transductores lineales de alta frecuencia (7 a 18 MHz) son adecuados para demostrar las estructuras anatómicas localizadas superficialmente, como algunos tendones, ligamentos, y pequeñas articulaciones, a diferencia, los transductores de baja frecuencia (3-5 MHz) son los preferidos para articulaciones grandes y profundas, como la

coxofemoral. En el US existe una interrelación constante entre la resolución de la imagen y la profundidad a la que penetran las ondas de US. Los transductores de alta frecuencia proveen de una mejor resolución espacial, aunque poseen poca penetración, a diferencia de los transductores de baja frecuencia [51].

Recientemente, la ecografía se ha utilizado para evaluar la morfología o el reclutamiento de los músculos profundos del tronco, en un intento de utilizar las herramientas menos invasivas [44].

Las imágenes de US de la pared abdominal anterolateral, pueden proporcionar precisa retroalimentación visual y el conocimiento instantáneo del rendimiento, mostrando el movimiento y el engrosamiento de los músculos abdominales más profundos de la persona. Cuando un individuo está en decúbito supino y en reposo, las imágenes en tiempo real del ultrasonido de la pared abdominal anterolateral (~ 10 cm lateral a la línea media, en el punto medio entre la cresta ilíaca y el borde inferior de la caja torácica) revelará 3 capas musculares distintas (Figura 7): El oblicuo externo (OE), oblicuo interno (OI), y el TrA (transverso abdominal) [52]. Cuando un individuo es competente en el reclutamiento de los músculos TrA/OI con relativa independencia del OE y el músculo recto abdominal (RA), un engrosamiento del músculo TrA y una excursión lateral en forma de “V” del músculo TrA al OI se observará en la imagen de ultrasonido, con un mínimo engrosamiento de los músculos OE y RA (Figura 8) [52].

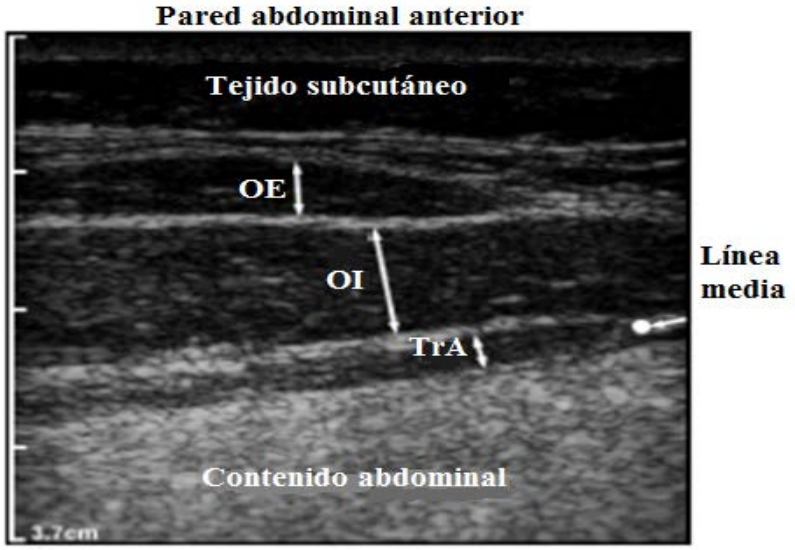


Figura 7. Vista transversal de US de pared abdominal anterolateral relajada: La flecha simple y el círculo blanco, indican el borde medial del músculo TrA donde su fascia se confunde con la del músculo OI. Las flechas dobles indican el ancho de cada uno de los músculos abdominales, TrA, OI y OE, que son separados por planos fasciales que parecen líneas blancas sobre la imagen del US. La escala en el lado izquierdo de la imagen del US indica la profundidad [(52)].

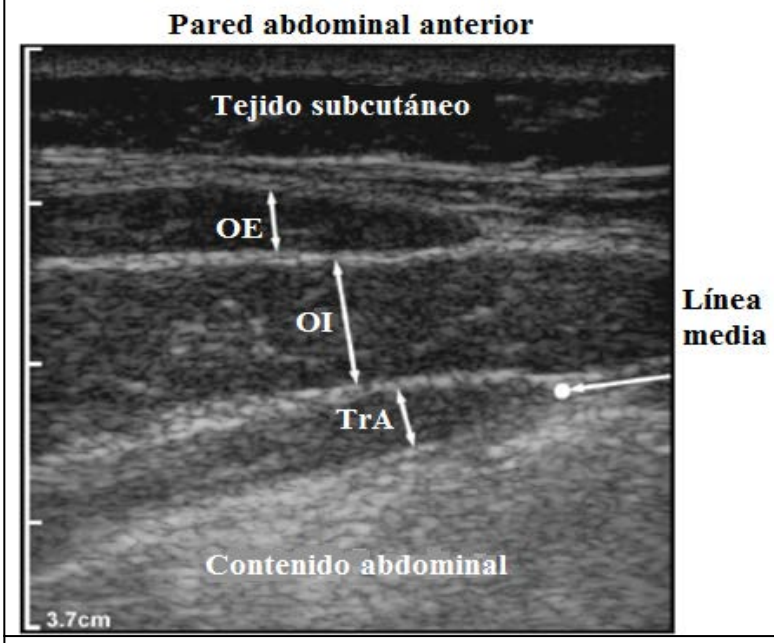


Figura 8. Vista transversal de US de pared abdominal anterolateral contraída: (como en la figura 7) sujeto que ahora está contrayendo el músculo TrA (el cabezal del US no se movió después de la Figura 7). La flecha simple y círculo blanco indican el borde medial del músculo TrA que se ha desplazado lateralmente respecto al borde medial del músculo TrA de la figura 7. Tener en cuenta también que el espesor del músculo TrA y, en menor medida, del músculo OI ha aumentado con la contracción voluntaria del sujeto, mientras que el músculo OE no ha cambiado de espesor en comparación con el músculo OE en la figura 7. La escala en el lado izquierdo de la imagen de US indica la profundidad [52].

Mientras que la confiabilidad de la medición del espesor del músculo TrA ha sido establecida, ha habido informes contradictorios sobre la correlación de los cambios en el músculo TrA, observados con la ecografía y los registros electromiográficos de ese mismo músculo [52].

El aprendizaje motor requiere FB. Cuando una persona está adquiriendo una nueva habilidad o modificando una habilidad ya adquirida debido a una disfunción física, el FB sensorial optimiza el aprendizaje motor. Un sistema sensoriomotor intacto recoge FB de muchas fuentes, lo que nos ayuda a refinar el movimiento; como ocurre durante el desarrollo del aprendizaje motor a través de la repetición. Tenemos muchos sistemas que nos dan FB sensorial: el sistema somatosensorial, el visual, el auditivo y el vestibular. La disfunción física suele lesionar en mayor o menor grado el FB sensorial necesario para facilitar el control y el aprendizaje motor [53].

Imagen de ultrasonido en tiempo real como feedback para la reeducación muscular

La Imagen de US en tiempo real ha sido usada para observar la contracción muscular en estudios de piso pélvico y de contracción muscular abdominal, ambos bajo cargas funcionales y durante una maniobra de Valsalva submáxima. Con el US en tiempo real, los pacientes pueden ver sus músculos contraerse y relajarse en el monitor y al mismo tiempo sentir la contracción [54].

El ejercicio inicial de estabilización del tronco, que los terapeutas físicos a menudo enseñan a los pacientes con DL, es el ejercicio de Hollowing (AHE). Para la realización correcta de AHE, se les enseña a los pacientes a reclutar los

músculos abdominales anterolaterales más profundos, en particular, el TrA y el OI, sin contraer los músculos abdominales o los músculos globales de la espalda (OE, RA, o erector de la columna). Se ha demostrado en individuos sin DL, que mientras se está acostado en posición supina con la realización de un correcto AHE, el músculo OI es preferentemente activado con respecto al RA [52].

La activación de los músculos abdominales profundos anterolaterales en un relativo aislamiento, parece ser particularmente difícil para las personas con DL. Estudios recientes en personas con DL, han reportado el uso excesivo del RA, así como la alteración de los patrones de reclutamiento muscular del TrA [52].

La enseñanza de AHE es también un desafío para los médicos, porque el músculo TrA está muy localizado y no se puede palpar de manera aislada; el músculo OI sólo se puede palpar en una pequeña ventana justo medial a la espina ilíaca antero-superior. Además, pocas personas saben cómo aislar de forma voluntaria estos músculos abdominales, que son más profundos que los músculos abdominales RA y OE. Además, el AHE es diferente a los programas de ejercicios típicos, ya que sólo una contracción isométrica de muy bajo nivel se necesita para la correcta realización de éste [52].

Para hacer frente a las dificultades en el aprendizaje y la enseñanza del AHE, varios investigadores de terapia física e instructores clínicos abogan por complementar tradicionales métodos de retroalimentación con el uso de técnicas de imagen en tiempo real por US, para ofrecer un aumentado FB visual [52].

CAPÍTULO IV

4.1 BÚSQUEDA SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Con la intención de filtrar y capturar el mejor nivel de evidencia, así como reducir al mínimo los sesgos en la información y realizar una investigación novedosa, se procedió a una búsqueda sistemática de la información, la cual se realizó en internet, hemeroteca y bases de datos.

4.1.1 PREGUNTA DE BÚSQUEDA

¿Cuál es la efectividad de los ejercicios de control motor con retroalimentación de imagen ecográfica en el tratamiento del lumbago crónico?

4.1.2 PROTOCOLO DE BÚSQUEDA

Búsqueda en Bases de Datos

Fuente de Búsqueda: Cochrane BVS

- ***Términos Ingresados:*** motor control exercises, low back pain, ultrasound.
- ***Operador Booleano***: AND.
- ***Nº de artículos encontrados:*** 20
- ***Nº de artículos que posiblemente servirían para responder la pregunta:*** 1.

Fuente de Búsqueda: Pubmed

- ***Términos Ingresados:*** motor control exercises, low back pain, ultrasound.
- ***Operador Booleano***: AND.
- ***Límites:*** Humans, published in the last 10 years.
- ***Nº de artículos encontrados:*** 12
- ***Nº de artículos que posiblemente servirían para responder la pregunta:*** 3.

*Uno de los artículos que servirían para responder la pregunta concordó con la búsqueda en Cochrane BVS.

Además se realizó una búsqueda en las siguientes bases de datos:

PEDro: se encontró un artículo que serviría para responder la pregunta, coincidiendo con la búsqueda en Cochrane BVS.

(Frase de búsqueda: motor control exercises AND low back pain).

Pubmed con términos Mesh: no se encontraron artículos que posiblemente servirían para responder la pregunta.

(Frase de búsqueda: ("Low Back Pain"[Mesh]) AND ("Ultrasonography"[Mesh] OR "ultrasonography" [Subheading]) AND motor control)

4.1.3 RESULTADO DE LA BÚSQUEDA

Como resultado final de la búsqueda se identificaron tres artículos que podrían responder nuestra pregunta (1 desde Cochrane BVS y 2 desde Pubmed), los que se detallan a continuación:

1. **Comparison of general exercise, motor control exercise and spinal manipulative therapy for chronic low back pain: A randomized trial** [(4)].

Ferreira ML, Ferreira PH, Latimer J, Herbert RD, Hodges PW, Jennings MD, Maher CG, Refshauge KM (2007)

2**. Retraining motor control of abdominal muscles among elite cricketers with low back pain** [(55)].

Hides JA, Stanton WR, Wilson SJ, Freke M, McMahon S, Sims K. (2010)

3. **Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain [(43)].**

Tsao H, Hodges PW. (2008)

4.2 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA LITERATURA

Comparison of general exercise, motor control exercise and spinal manipulative therapy for chronic low back pain: A randomized trial [4].

Ferreira ML, Ferreira PH, Latimer J, Herbert RD, Hodges PW, Jennings MD, Maher CG, Refshauge KM (Elsevier B.V. Pain 131 (2007) 31–37)

Si bien éste estudio es un ensayo clínico aleatorizado, en el cual se realiza un enmascaramiento de los pacientes, y se hace mención a aquellos que abandonaron el estudio, no existe un seguimiento completo, por ende no sabemos los efectos en los pacientes que abandonaron el estudio, haciendo probable que éstos tengan pronósticos diferentes de aquellos que sí permanecieron en él. Además, cabe señalar que los participantes pertenecientes al grupo con la intervención de ejercicios de control motor no fueron tratados de la misma manera, ya que quedaba a juicio del terapeuta el uso del feedback con imagen ultrasónica, el cual por ejemplo, consideraba no utilizarlo en pacientes obesos. El estudio concluye que los ejercicios de control motor con feedback y la terapia de manipulación espinal producen a corto plazo una leve mejoría en la función y en la percepción del efecto, en comparación al ejercicio en general, no así a mediano o largo plazo, pues no existe diferencia entre las tres terapias. Asimismo señala que ningún estudio ha evaluado si los ejercicios de control motor con imagen ultrasónica producen mejores resultados clínicos que ejercicios de control motor sin imagen ultrasónica, siendo ésta la interrogante que pretende solucionar la presente investigación.

Retraining motor control of abdominal muscles among elite cricketers with low back pain [55].

Hides JA, Stanton WR, Wilson SJ, Freke M, McMahon S, Sims K.

(Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 2010: 20: 834–842)

El diseño de ésta investigación fue un cohorte, sin embargo éste no tenia grupo de control, no hubo aleatorización y tampoco diagnóstico médico de la patología (dolor lumbar); asimismo este estudio presentaba una pequeña muestra (26 jugadores) por lo que no es extrapolable a la población.

A pesar de que se utilizó el ultrasonido ecográfico, éste se usó para enseñarles a contraer el músculo transverso abdominal, músculo multífido y musculatura del piso pélvico, sólo al inicio de un programa de entrenamiento (que involucraba además otras actividades, en las que no se utilizó este instrumento). Si bien se menciona que el ultrasonido ecográfico es utilizado con éxito para proporcionar información y así mejorar el aprendizaje motor en sujetos con dolor lumbar crónico, éste no es el objetivo del estudio, por lo mismo las conclusiones de la investigación se enfocan en la efectividad del programa de entrenamiento y no en la efectividad del uso de ultrasonido ecográfico en los jugadores de críquet con dolor lumbar crónico.

Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain [43].

Tsao H, Hodges PW.

(Journal of Electromyography and Kinesiology 18 (2008) 559-567)

El objetivo de este estudio es comprobar si un programa de entrenamiento de contracciones aisladas del músculo transverso del abdomen (a través de feedback con ultrasonido ecográfico), con duración mayor a una sesión, presenta mayores cambios en la activación del feedforward, en comparación a un estudio realizado con anterioridad que sólo involucraba una sesión de tratamiento. Con este objetivo, se concluye que cuatro semanas de este tipo de entrenamiento para el músculo transverso del abdomen se asocian con mejorías a largo plazo en los ajustes posturales (feedforward) en las personas con dolor lumbar recurrente, lo que generaría un cambio potencial en el control motor, siendo esto último un posible mecanismo para mejorar la clínica del dolor lumbar, señalando que para comprobar lo anterior son necesarios otros estudios a futuro.

En esta investigación no existe aleatorización, puesto que sólo consta de un grupo de sujetos (no existe grupo de control), siendo la muestra de éste mismo muy reducida (n= 9), por lo mismo los resultados no son extrapolables a la población, sumado a esto, existió perdida de seguimiento de dos individuos. Además, si bien se señala la edad y sexo de los pacientes, no se mencionan otras características que pudieran ser importantes al momento de concluir (altura, peso, IMC, tipo de tratamiento antes de la inclusión, etc.).

CAPÍTULO V: PROPUESTA DEL PROYECTO

5.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la efectividad de los ejercicios de control motor con y sin retroalimentación a través de imagen ecográfica en el tratamiento del lumbago crónico en pacientes de 18 a 45 años de la ciudad de Temuco, durante el período 2014-2016?

5.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El 80% de la población puede presentar alguna vez en su vida un episodio de DL, siendo una de las causas de consulta más frecuentes en la población adulta [(26)]. Debido a lo anterior, los participantes del estudio serían posibles de reunir, permitiéndonos obtener el número adecuado de pacientes para extrapolar los resultados a la población, y así generar conclusiones adecuadas y cercanas a la realidad. A pesar de que los instrumentos pueden tener alto costo, el impacto que generará la investigación en la sociedad es alto, por lo tanto es factible acceder a recursos que permitan dirigir la investigación. En cuanto a la experiencia técnica adecuada, contaríamos con el personal adecuado para el desarrollo de la investigación, con competencias apropiadas para llevar a cabo el tratamiento en los

pacientes bajo estudio; dado lo anterior, se justifica que el proyecto sea factible de realizar.

El estudio es interesante pues permitiría aportar conocimientos actualizados a los profesionales y así contribuir a través de ellos a un tratamiento óptimo para la población.

Así también, permitiría confirmar y/o extender información previa respecto a la relación entre los ejercicios de control motor y el lumbago crónico, los que concluyen que éstos son eficaces en el tratamiento de dolor de espalda baja. Además, permitiría proveer nuevos hallazgos en cuanto a la utilización de imagen ecográfica como fuente de terapia y no sólo como medio de evaluación (que es el uso que se le provee mayormente), lo que hace de ésta una investigación novedosa.

En cuanto a la ética, ésta se verá manifestada en nuestra investigación en el principio de autonomía, ya que cada paciente tendrá la facultad de acuerdo a su conveniencia de ingresar o abandonar la investigación, siendo debidamente informado de los objetivos de la investigación y los procedimientos que recibirán. Asimismo, se les entregará el consentimiento informado, y sólo quienes firmen ingresarán al estudio. Además, estará establecido el principio de beneficencia y no maleficencia, buscando el bien y/o mejoría del paciente, minimizando al máximo los riesgos, y entregando así mismo el máximo de beneficios, todo esto en post del mejoramiento en la calidad de vida del paciente. En la investigación, los pacientes

serán tratados de la misma manera y sin discriminación alguna, independiente de su condición patológica, étnica o socioeconómica.

Por último, esta investigación traerá consigo importante información para la comunidad científica tanto a nivel nacional (ya que existen factores psicosociales que influyen en el lumbago crónico), como internacional, puesto que se han llevado a cabo varios estudios en relación a control motor y DL, pero hasta el momento ninguno ha utilizado la imagen ecográfica como tratamiento (como variable única independiente), es por esto último, que también nuestro estudio será relevante para el quehacer clínico, en donde es de útil importancia conocer qué herramientas de las disponibles actualmente permitirían llevar a cabo un mejor plan de tratamiento, cabe mencionar además, que la realización de este estudio permitiría sentar bases para investigaciones futuras.

5.3 DISEÑO

Este estudio es del tipo experimental por varias razones, la primera de ellas es que se asignará de forma aleatoria a los pacientes a una exposición, que en este caso será la realización de ejercicios de control motor con la ayuda de US ecográfico, en donde ningún participante se asignará de manera autónoma a un grupo control o de intervención, y por ende, esto último constituye también la segunda característica de un estudio experimental, que es el de presentar una maniobra de intervención y un grupo control [(56)]. La tercera, es que en esta

investigación habrá un control de las condiciones bajo estudio en relación a la selección de sujetos, la forma en cómo será administrado el tratamiento, la forma en la que las observaciones serán obtenidas, los instrumentos que serán utilizados para realizar las mediciones y finalmente los criterios de interpretación, los cuáles serán implementados lo más uniforme y homogéneamente posible. La cuarta razón que define a un diseño experimental y que se aplica a este estudio, es que los sujetos serán estratificados en cuanto a edad, sexo, y escolaridad alcanzada, esto con el fin de poder realizar comparaciones dentro de un mismo grupo. Por último, como quinta característica de este estudio, que justifica que sea experimental, es que las variables a investigar serán claramente definidas y cuantificadas antes y después de haber recibido la intervención [56].

En relación con la característica de temporalidad, será un estudio de tipo longitudinal prospectivo, agregar además que a diferencia de los estudios observacionales, el estudio experimental contempla una población homogénea que puede ser comparable en cuanto a su condición de enfermedad, que en este caso serían sujetos con lumbago crónico.

Se realizará un Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA), ya que es el diseño que se ajusta a lo que se pretende realizar, que corresponde a evaluar la eficacia de un tratamiento, en nuestro caso, ejercicios de control motor con retroalimentación a través de ultrasonido ecográfico, en un problema de salud prevalente en nuestra población como lo es el lumbago crónico. Además, en la investigación epidemiológica, este tipo de diseño es considerado el “Gold Standard” en cuanto a nivel de evidencia se refiere, siendo su característica principal, ser el diseño que se relacione más a un experimento, debido al control

de las condiciones bajo estudio y porque se podrían establecer en esta investigación relaciones de causa-efecto al realizar en ésta [56]:

✓ La aleatorización correspondiente en los sujetos con lumbago crónico, que permitirá incluir a las personas en un grupo con ejercicios de control motor y estimulación a través de US ecográfico, un segundo grupo con ejercicios de control motor sin US ecográfico y un tercer grupo control con ejercicios generales.

✓ Comparaciones de tratamientos gracias a la existencia de un grupo control.

✓ La estrategia de cegamiento al tratamiento, nos permitiría reducir los posibles sesgos de información que pudieran surgir al realizar las mediciones de las variables en los pacientes. Esto finalmente accedería a la realización de comparaciones confiables.

5.4 MUESTRA

5.4.1 POBLACIÓN DIANA

Corresponde a la población de estudio que comparte características demográficas, sociales, hábitos de vida y problemas de salud en común, por lo que constituyen el universo al que se quiere generalizar los resultados. La población diana de este estudio corresponde a aquellos pacientes entre 18 y 45 años de edad con diagnóstico médico de lumbago crónico.

5.4.2 POBLACIÓN ACCESIBLE

Dentro de la población diana se encuentra la población accesible, la que corresponde al conjunto de casos que satisfacen criterios predeterminados y que al mismo tiempo son accesibles para el investigador. En el caso del presente estudio corresponde a todos aquellos pacientes con diagnóstico médico de lumbago crónico, que acudan al Centro de Atención Kinésica de la Universidad de La Frontera, ubicado en la ciudad de Temuco, IX Región de La Araucanía, entre los meses de Enero del 2014 a Abril del 2016.

5.4.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de Inclusión:

- ✓ Rango de edad comprendido entre los 18 y 45 años.
- ✓ Presentar diagnóstico clínico de lumbago crónico en el último año.
- ✓ Presentar dolor de tipo moderado según escala EVA.
- ✓ Firma del consentimiento informado.

Criterios de Exclusión:

✓ Presentar patología vertebral específica (banderas rojas: tumores, infección, Sd.de cauda equina, otros).

✓ Presentar dolor radicular.

✓ Tratamiento farmacológico con relajantes musculares, anticonvulsivos, ansiolíticos, antidepresivos y opioides durante toda la duración del estudio.

✓ Haber recibido tratamiento kinésico en los últimos tres meses para este diagnóstico.

✓ Presentar enfermedad músculo-esquelética sistémica (AR, fibromialgia, otras).

✓ Otras patologías de columna.

✓ Embarazadas.

✓ Obesidad (IMC: ≥ 30).

5.4.4 ESTIMACIÓN TAMAÑO DE MUESTRA

Según cálculos realizados con el Programa para análisis epidemiológicos de datos (Epidat Versión 4.0) será necesario reclutar un tamaño de muestra efectiva de 303 sujetos (101 pacientes en cada grupo), sin embargo, se considerará una pérdida de seguimiento del 10% (en base a datos de estudios previos), estableciendo así una muestra final de 333 sujetos (111 pacientes en cada grupo).

Para hacer la estimación del tamaño muestral se considerarán los siguientes parámetros:

- Nivel de significación: 95%.
- Error α: 5%.
- Error β: 20%.
- Potencia (1-β): 80%.

5.4.5 RECLUTAMIENTO DE LA MUESTRA

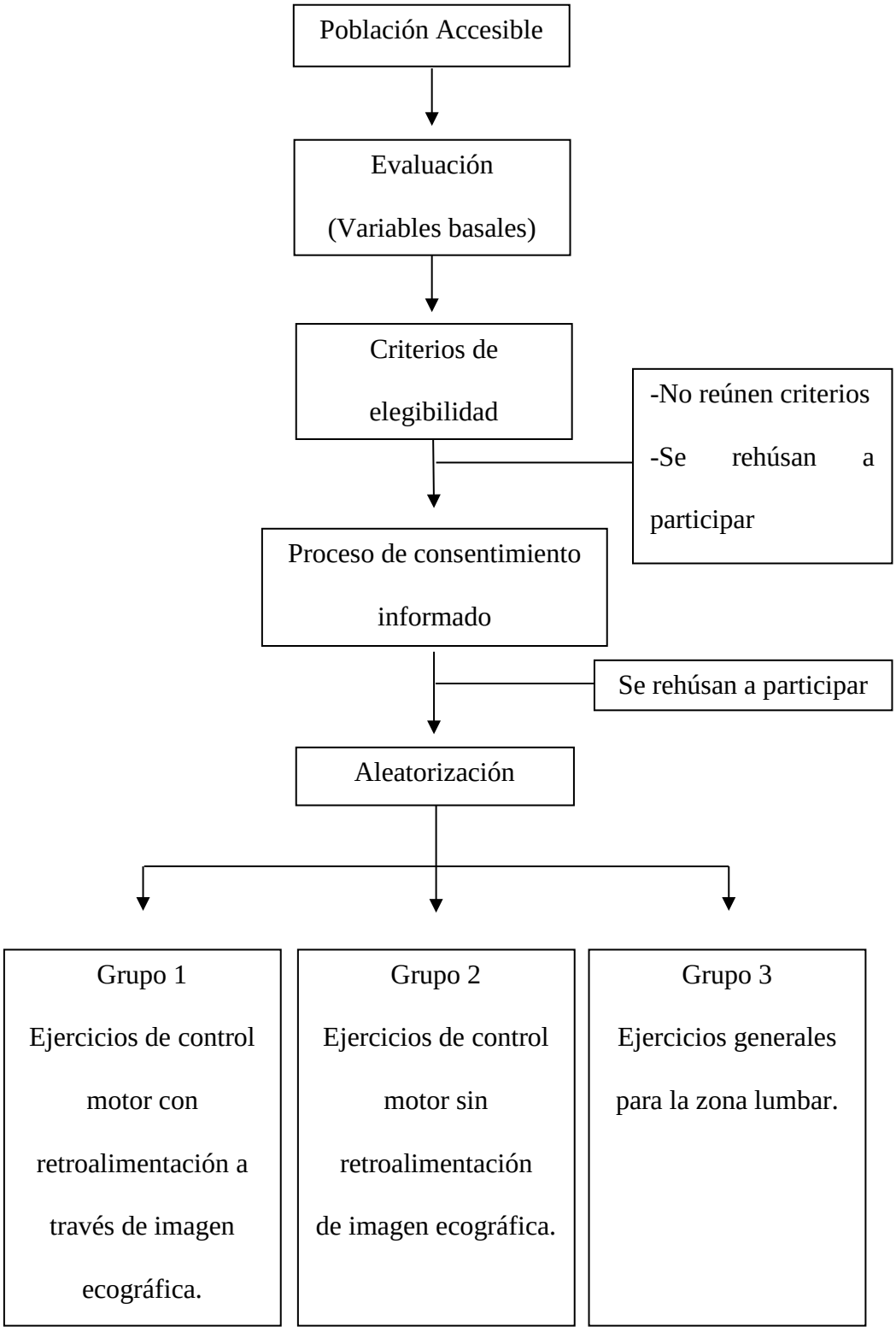
Los pacientes que ingresarán al estudio serán reclutados desde el Centro de Atención Kinésica de la Universidad de La Frontera, ubicado en la ciudad de Temuco. De esta manera, serán pre-seleccionados aquellos sujetos que acudan a este recinto con el diagnóstico médico de Lumbago crónico, para luego aplicar la pauta de evaluación establecida (Anexo 1), seleccionando así a los pacientes que cumplan con los criterios de elegibilidad. Asimismo, se solicitará a diferentes médicos pertenecientes al Servicio de Salud Araucanía Sur (específicamente: Consultorio Miraflores, CESFAM Santa Rosa, CESFAM Amanecer y CESFAM Labranza), la derivación al estudio de los pacientes que cumplan con las características requeridas. Para ello se fijará una reunión con los médicos de cada centro para proporcionarles la información del estudio.

5.5 ASIGNACIÓN ALEATORIA

Para lograr que las naturales diferencias existentes entre los individuos puedan quedar igualmente distribuidas en los diferentes grupos de experimentación, se recurre al azar. El procedimiento de asignación aleatoria persigue disminuir las diferencias que puedan generarse al constituir los distintos grupos de individuos a los que se asignarán las intervenciones, teniendo todos los participantes las mismas probabilidades de ser asignados a los grupos en estudio. El propósito es balancear entre los grupos, factores que puedan influir sobre la variable dependiente. El procedimiento aleatorio se aplicará con posterioridad a la selección de los sujetos y a su consentimiento informado [(57)]. En resumen, el objetivo de realizar una aleatorización es conseguir que los diferentes grupos sean comparables u homogéneos, evitar el sesgo del investigador en la asignación de enfermos a tratamientos y garantizar que los tests estadísticos tengan valores de significación estadística válidos [(58)].

En esta investigación, los pacientes serán ingresados con un número al programa Stata Versión 12 (utilizando la función “Ralloc”), el cual ejecutará una aleatorización del tipo en bloque, lo que permite asegurar el balance entre los grupos.

5.6 FLUJOGRAMA



5.7 ENMASCARAMIENTO

El enmascaramiento o ciego es una condición impuesta sobre un procedimiento específico para intentar ocultar el conocimiento del tratamiento asignado, el curso del tratamiento u observaciones previas. Los procedimientos usualmente cegados son la intervención asignada o evaluación del estado de los sujetos de estudio. El cegamiento previene determinados sesgos en las diversas etapas de la investigación y protege la secuencia después de la asignación al grupo de tratamiento. Al respecto, existen básicamente tres niveles de enmascaramiento, entre los cuales se encuentran el simple, el doble y el triple ciego [56].

Este estudio contempla un simple ciego, puesto que sólo el kinesiólogo evaluador y el estadístico desconocerán el grupo al que pertenece el paciente evaluado, ya que los pacientes no pueden ser cegados, puesto que conocerán la intervención asignada (no pudiéndoles ocultar el ejercicio establecido).

5.8 VARIABLES Y MEDICIONES

5.8.1 VARIABLE DE EXPOSICIÓN

Tratamiento con imagen ecográfica

La ecografía es una técnica no invasiva que permite la visualización de los órganos internos de las diferentes especies domésticas, e incluso del hombre. Tiene la ventaja de no perturbar las funciones, y sin tener el riesgo de exposición a radiación de rayos X, permite un uso frecuente, no sólo en órganos reproductivos aislados, sino también del seguimiento de eventos reproductivos completos [(59)].

El ecógrafo es una máquina que emite ultrasonidos de alta frecuencia, que aplicados sobre el abdomen llegan a los órganos internos, y allí se reflejan hacia fuera. Esta reflexión se recoge en una imagen tipo televisión, en un monitor. No se utilizan radiaciones ionizantes en esta prueba.

El diagnóstico ultrasónico está basado en la propagación de una onda de sonido a través de un medio fluido o semifluido (tejidos blandos del cuerpo) y el registro del "eco" o rebote del sonido para producir una imagen visual. Recibe el nombre de ultrasonido debido a la ultra-alta frecuencia de las ondas de sonido emitidas por el equipo. Los líquidos no reflejan las ondas de sonido (son no ecogénicos o anecoicos), y se observan en la pantalla como imágenes oscuras o negras. En contraste, las estructuras más densas, como los huesos o cérvix, son

ecogénicas o ecoicas, porque reflejan una gran proporción de las ondas de sonido dirigidas a ellas, observándose en la pantalla de un color gris claro a blanco [59].

Los equipos usados mayormente son de modo B y en tiempo real. Modo B se refiere a la modalidad de diferentes grados de brillantez. Imágenes de tiempo real son las que se presentan en movimiento continuo en el monitor [59].

La utilización de ultrasonido ecográfico no sólo se limita a ser un método evaluativo de la condición del paciente al ser un método seguro, fácilmente accesible y rentable para el examen de diversos órganos y tejidos, si no que actualmente este instrumento se ha acercado al área de tratamiento en el campo músculo-esquelético, al permitir la observación y monitoreo de la contracción muscular mientras ésta ocurre realmente. Ésta propiedad puede ser utilizada en la reeducación muscular, especialmente en el caso de los músculos profundos, los cuales son de difícil acceso. Diversos estudios han utilizado este método para proveer FB al paciente en la realización de ejercicios de control motor.

En una investigación realizada por J. A. Hides et al. [55] en jugadores de críquets, se señala que es una ventaja de tratamiento el proporcionar retroalimentación al paciente por medio de ecografía para generar una contracción del TrA de forma aislada. Asimismo, el uso de US ecográfico en el re-entrenamiento específico de éste músculo, facilita el desarrollo de cambios en su tiempo de activación, que no sólo son evidentes inmediatamente después del entrenamiento [55], sino que además estos efectos se mantienen seis meses después de la intervención [55].

El US ecográfico ha sido utilizado con éxito en la entrega de retroalimentación para mejorar el re-aprendizaje motor en sujetos con dolor lumbar crónico [55] y además, se ha demostrado que en sujetos normales, este método es superior a la instrucción clínica [55].

Uno de los aspectos funcionales más importantes de la acción muscular (y disfunción) es la relación entre la co-contracción del TrA, del MF y el sistema fascial profundo, el cual rodea la región lumbo-pélvica. La investigación actual está demostrando que cada vientre muscular del TrA, con inserción en la fascia toracolumbar y fascia abdominal anterior, es capaz de ejercer una estabilización lumbo-pélvica a través del sistema fascial [7].

La importancia del concepto de "corsé muscular profundo" para el apoyo de la región lumbo-pélvica, ha llegado a través del uso clínico de las imágenes en tiempo real del US.

Una importante característica del uso de esta modalidad de imagen para examinar el corsé, es que esta técnica permite la observación de la tensión y el movimiento en resbaladizo. Se piensa que la tensión de las unidades músculo-fasciales, es un mecanismo crucial de protección y estabilización que no es ofrecida por la observación por electromiografía (EMG). Por ejemplo, mientras la EMG del TrA, puede detectar la actividad del músculo, es imposible juzgar si es una contracción excéntrica o concéntrica, y además es imposible comprobar si ha ocurrido tensión del sistema fascial [7].

PROGRAMA DE EJERCICIOS

El programa de ejercicios tiene una duración de 3 semanas de intervención, en las cuales cada grupo asistirá a 3 sesiones semanales de tratamiento (un total de 9 sesiones), la primera sesión consistirá en la educación y familiarización con los ejercicios, en el caso del grupo 1, tanto con los ejercicios como con el equipo de US.

Programa de Ejercicios Grupo 1:

Ejercicios de control motor con retroalimentación a través de imagen ecográfica

Activación del transverso del abdomen (TrA)

✓ *Descripción del ejercicio:* Se ubica al paciente en decúbito supino, con torso descubierto. Caderas y rodillas flexionadas en 45°, miembro superior reposando paralelo al tronco. El transductor de US (transductor curvo de 5 MHz) se coloca transversalmente a través del abdomen, a mitad de camino entre la cresta ilíaca y la caja torácica (Figura 9). Entre la piel del paciente y el transductor se utilizará un gel de conducción hipoalergénico a base de agua. El borde medial del transductor se coloca de manera que el borde medial del músculo sea visible en la imagen (Figura 10). Durante la contracción, el TrA debe deslizarse lateralmente (Ej.: acortarse en relación con los abdominales oblicuos) y aumentar su espesor. Los músculos adyacentes deben mostrar un cambio mínimo de grosor [(12)].

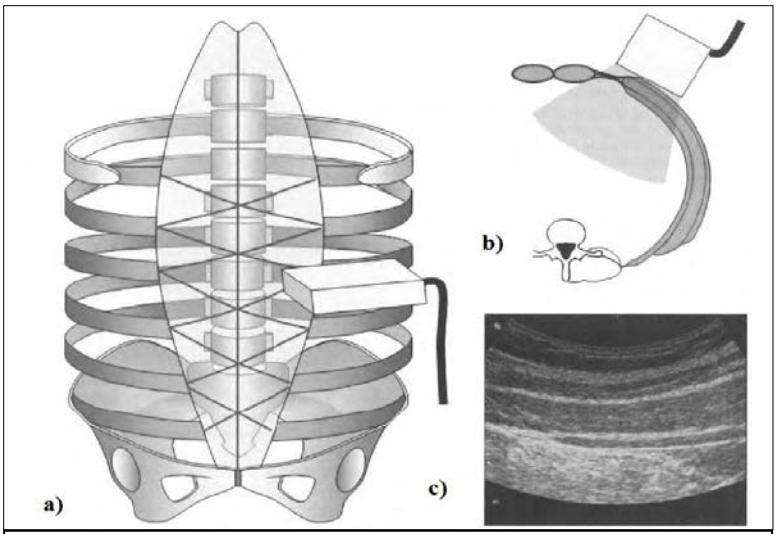


Figura 9. Técnica obtención de imágenes de US del TrA: El transductor se coloca transversalmente a lo largo de la pared abdominal, a mitad de camino entre la caja torácica y la cresta ilíaca; los músculos de la pared abdominal son considerados como tres capas oscuras separadas por la fascia de color blanco. a) Colocación del transductor. b) Imagen anatómica. c) Imagen típica de US [(12)].

En esta posición se le darán las siguientes indicaciones al paciente, y aquella que éste comprenda de mejor manera (y por ende realice de forma adecuada el ejercicio) se le procederá a repetir. Dado lo anterior, se establecen las siguientes posibilidades, mencionándolas de acuerdo al orden en que aparecen a continuación [(12)]:

1. *"Relájese, respire y exhale. Sin respirar, lenta y suavemente atraiga la parte inferior del abdomen; mantenga la contracción y respire, y luego poco a poco relájese".*

2. *"Poco a poco atraiga la parte inferior del abdomen, lejos del elástico de sus pantalones".*

3. *"Lentamente, tire su ombligo hacia arriba y hacia su columna".*

4. *"Tire lenta y suavemente su abdomen para aplanar su estómago por debajo de su ombligo".*

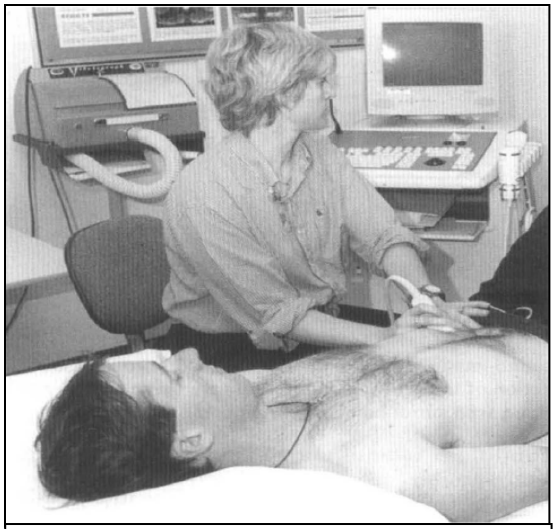


Figura 10. El **paciente recibe retroalimentación** en tiempo real de los músculos de la pared anterolateral desde el US [7].

La imagen anterolateral del abdomen puede observarse en la figura 11. En el ecógrafo, las fascias son claramente visibles, y los músculos de la pared abdominal (OE, OI, TrA), son también claramente identificables [7].

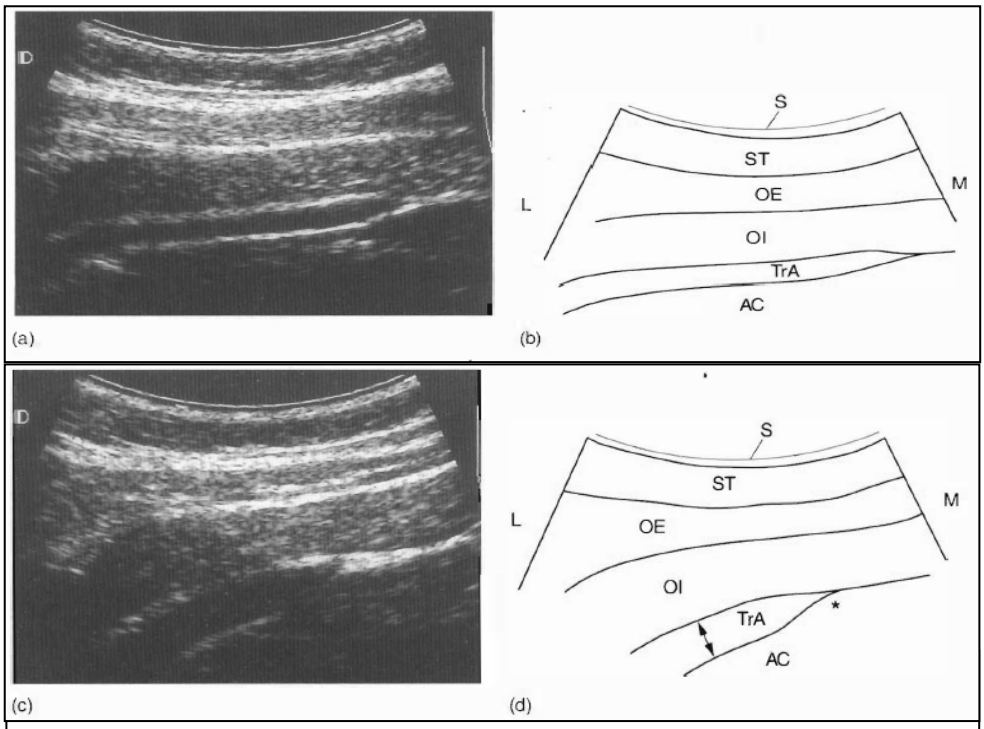


Figura 11. Apariencia de US de la pared anterolateral del abdomen en sección transversa. Esta imagen muestra el correcto patrón de activación para el TrA. a) Pared abdominal relajada. b) El tejido visible en (a). c) Patrón correcto de activación del TrA: se acorta y genera una tensión de la fascia abdominal anterior, además se espesa ligeramente en diámetro, indicando de esta manera que se ha contraído. Se observa también, que al momento de su contracción, el TrA se envuelve alrededor de la cintura (acción de corsé) y la dimensión del OE y OI permanecen relativamente sin cambios [7].

d) El tejido visible en (c). S: piel; ST: tejido subcutáneo; OE: oblicuo externo del abdomen; OI: oblicuo interno del abdomen; TrA: transverso del abdomen; AC: contenido abdominal; L: lateral; M: medial.

(*) Denota tensión de la fascia abdominal anterior;

(◄—►) Grosor del TrA. [7].

✓ *Retroalimentación:* Para la correcta comprensión de la imagen de US, se debe orientar al paciente hacia la pantalla del equipo (y así observar la imagen en tiempo real del TrA), dándole a conocer los límites de las tres capas musculares, otorgándole de este modo un FB visual y auditivo. Se debe observar una contracción lenta y controlada del TrA, esto debe ocurrir con una relajación relativa y un reducido movimiento del OE y OI. La contracción simultánea de las tres capas musculares como una sola entidad, no debe ocurrir; cuando esto sucede el paciente puede darse cuenta de su patrón deficiente de control y de cómo el TrA ha perdido su función independiente. Además si se produce una contracción de la musculatura oblicua esta se observará "más gruesa" en la imagen de US. Esto permitirá que el paciente evalúe la eficacia de la estrategia para disminuir su actividad, tales como el cambio de postura, adoptar una posición neutra de la columna y usar estrategias de relajación para la respiración diafragmática. Los músculos se observan "más delgados" una vez que se relajan [7].

✓ *Duración:* Mantener la contracción por 10 segundos y repetir 10 veces el ejercicio [12]. Entre cada repetición descansar 3-5 segundos.

Activación del multífido lumbar (MF)

✓ *Descripción del ejercicio:* Se ubica al paciente en decúbito prono, colocando un cojín en la zona abdominal, con brazos reposando a ambos lados del tronco. La contracción del MF se puede observar con el transductor de US colocado parasagitalmente a unos 2-3 cms. lateral a la línea media (Figura 12). Durante la contracción, los fascículos del músculo se deben mover, y el espesor del músculo debería aumentar. Es importante que ocurra de forma lenta, y con un suave aumento de espesor, en particular en las fibras profundas del músculo [12].

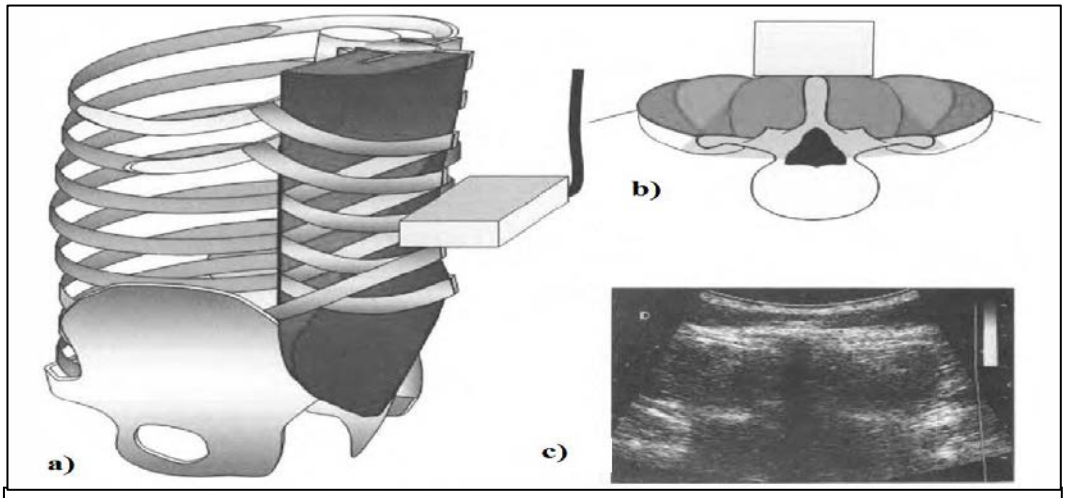


Figura 12. Técnica para la obtención de imágenes de US de los MFs: El transductor se coloca transversalmente a través del proceso espinoso a nivel de la lámina. El MF se observa como una región circular de músculo adyacente al proceso espinoso rodeado por un límite fascial blanco.

La contracción se observa mejor mediante una vista longitudinal en parasagital, donde se puede ver como el músculo aumenta su espesor en múltiples segmentos. a) Colocación del transductor. b) Imagen anatómica. c) Imagen típica de US [12].

En esta posición se le darán las distintas indicaciones al paciente, y aquella que éste comprenda de mejor manera (y por ende realice de forma adecuada el ejercicio) se le procederá a repetir (Figura 13). Dado lo anterior, se establecen las siguientes posibilidades, mencionándolas de acuerdo al orden en que aparecen a continuación [12]:

1. "*Relájese, respire y exhale. Sin respirar, lenta y suavemente hinche los músculos en el transductor, mantenga la contracción y respire, luego relájese lentamente”*.

2. "*Piense en inclinar la pelvis, pero sin realmente hacerlo”*.

3. *"Tense un cable que va desde el frente de la pelvis a la columna vertebral”*.

Figura 13. Imagen MF lumbar en el plano parasagital.

**Nota:* *En la fotografía no está presente el cojín abdominal* [7].

La figura 14 ilustra una sección longitudinal de los MFs en el nivel L_5 en un estado relajado (fig. 14a) y cuando el músculo se ha contraído de manera isométrica (Fig. 14b). Es importante mencionar que el MF por lo general aparece de color negro en la ecografía, debido a su excelente perfusión [7].

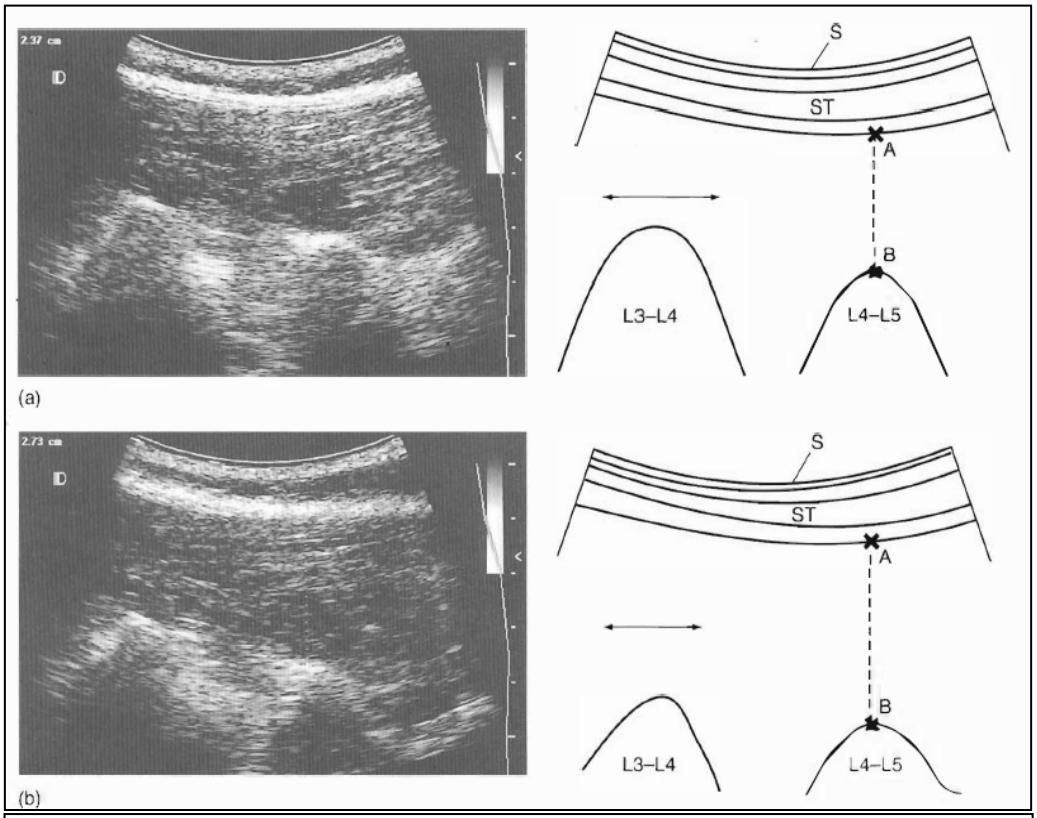


Figura 14. Imagen de US del MF en sección longitudinal: (a) estado relajado; (b) después de una contracción isométrica. La línea AB representa la profundidad del músculo desde el aspecto superior de L_4-L_5 de la articulación cigapofisaria. En el estado relajado (a), éste es de 2.37 cms.; en contracción (b), esta profundidad se incrementa a 2.73 cms. S: piel; ST: tejido subcutáneo. (◄►) Dirección de las fibras del MF [7].

✓ *Retroalimentación:* Para la correcta comprensión de la imagen de US, se debe orientar al paciente hacia la pantalla del equipo (a pesar que el paciente se encuentre en decúbito prono), dándole a conocer los límites del músculo MF, y de este modo percatarse del aumento de espesor del músculo. Se debe dar una retroalimentación visual y auditiva precisa, para así asegurar que el paciente está activando los MFs correctamente [(7)].

Observación: Durante la contracción del MF, se debe observar un movimiento mínimo. La sustitución de los músculos superficiales del tronco se identifica frecuentemente por una rápida contracción en las imágenes de US [(12)].

✓ *Duración:* Mantener la contracción por 10 segundos y repetir 10 veces el ejercicio [(12)]. Entre cada repetición descansar 3-5 segundos.

Programa de Ejercicios Grupo 2:

Ejercicios de control motor sin retroalimentación de imagen ecográfica

<u>Activación del transverso del abdomen (TrA)</u>

✓ *Descripción del ejercicio:* Se ubica al paciente en decúbito supino, con torso descubierto. Caderas y rodillas levemente flexionadas, miembro superior reposando paralelo al tronco. Los dedos del kinesiólogo se colocan ligeramente inferior y medial a la espina ilíaca antero-superior (EIAS), ejerciendo una presión suave pero firme en el músculo. Para palpar la contracción se pueden utilizar los pulgares o los dedos (Figura 15).

En esta posición se le darán las siguientes indicaciones al paciente, y aquella que éste comprenda de mejor manera (y por ende realice de forma adecuada el ejercicio) se le procederá a repetir. Dado lo anterior, se establecen las siguientes posibilidades, mencionándolas de acuerdo al orden en que aparecen a continuación:

1. *"Relájese, respire y exhale. Sin respirar, lenta y suavemente atraiga la parte inferior del abdomen; mantenga la contracción y respire, luego relájese poco a poco".*

2. *"Poco a poco atraiga la parte inferior del abdomen, lejos del elástico de sus pantalones".*

3. *"Lentamente, tire su ombligo hacia arriba y hacia su columna".*

4.*"Tire lenta y suavemente su abdomen para aplanar su estómago por debajo de su ombligo".*

5. *"Poco a poco mueva mis dedos".* (Los dedos del kinesiólogo se han colocado medial a la EIAS) [(12)].

Figura 15. Palpación durante la activación del TrA: Posición de la mano para la palpación.

Durante la contracción del TrA, se debe sentir un aumento suave y profundo de la tensión bajo los dedos. Cuando se activa el OI, ocurre un aumento del músculo directamente debajo de los dedos (el músculo se "hincha"), esto es signo de una incorrecta solicitación del TrA. (Figura 16 c). Esta técnica se basa en la anatomía de la región distal de los músculos abdominales. Las fibras musculares del OE no se extienden por debajo de la EIAS, las fibras musculares del TrA son cortas y profundas, pero se adhieren a la fascia medial.

Idealmente, la contracción debe ser evaluada bilateralmente para valorar la asimetría. Además, la contracción se puede evaluar con el paciente en múltiples posturas (supino, sedente, bípedo) [(12)]. Para esta investigación sólo se considera la evaluación en decúbito supino.

Observación*:* Se puede observar un suave aplanamiento o un movimiento hacia dentro de la pared abdominal inferior durante la contracción del TrA [(12)].

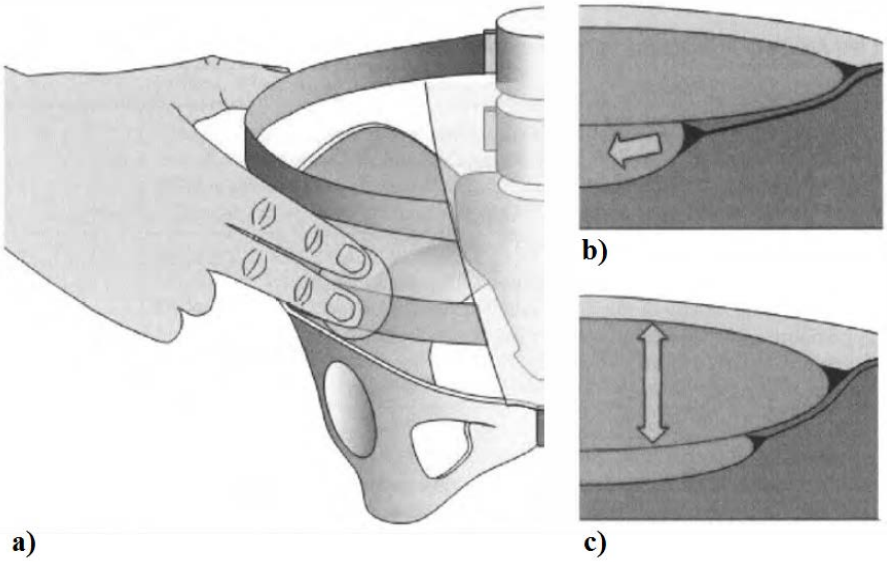


Figura 16. Técnica para palpar el TrA: a) Los dedos o los pulgares se colocan medial e inferior a la EIAS. b) La contracción del TrA se percibe como una tensión profunda de la fascia, pues las fibras del TrA son cortas y se unen a la fascia medial. c) La contracción del OI se percibe como un abultamiento inmediatamente debajo de la piel [(12)].

Las respuestas que se esperan idealmente son: un aumento lento y suave de la tensión bajo los dedos del kinesiólogo, ausencia o escasa actividad de los músculos superficiales, un funcionamiento suave y constante (sin pausas), contracción simétrica, aproximadamente 10% a 15% de esfuerzo, capacidad de respirar con normalidad [(12)].

Para evaluar si existe sustitución de los músculos superficiales del tronco, se percibirá la contracción del OE en la cara anterolateral de la pared abdominal (donde es identificable como una banda casi vertical de musculatura desde las

costillas a la pelvis), éste también se puede palpar en su origen, las costillas inferiores. Si se colocan las manos en la cara lateral del abdomen, la contracción del OE se palpa como una ampliación de la cintura. Sumado a ello, cuando ocurre una incorrecta solicitación del Tra, el OI es más palpable como un abultamiento en la pared abdominal inferior, como se ha descrito anteriormente y la actividad del RA se palpa como tensión del músculo encima y debajo del ombligo [12].

✓ *Duración:* Mantener la contracción por 10 segundos y repetir 10 veces el ejercicio [12]. Entre cada repetición descansar 3-5 segundos.

Activación del multífido lumbar (MF)

✓ *Descripción del ejercicio:* Se ubica al paciente en decúbito prono, colocando un cojín en la zona abdominal y brazos fuera de la camilla (90° de abducción de hombros y 90° de flexión de codos). Los pulgares del kinesiólogo se ubican lateral al espacio interespinoso (esta técnica es ideal para evaluar simetría) (Figura 17). La actividad se puede palpar como un aumento lento y suave de la tensión bajo los pulgares [12].

En esta posición se le darán las siguientes indicaciones al paciente, y aquella que éste comprenda de mejor manera (y por ende realice de forma adecuada el ejercicio) se le procederá a repetir. Dado lo anterior, se establecen las siguientes posibilidades, mencionándolas de acuerdo al orden en que aparecen a continuación [12]:

1. *"Relájese, respire y exhale. Sin respirar, lenta y suavemente hinche los músculos en mis dedos, mantenga la contracción y respire, y luego relájese lentamente".*

2. "Piense en inclinar la pelvis, pero sin realmente hacerlo".

3. "Tense un cable que va desde el frente de la pelvis a la columna vertebral".

Durante la contracción del MF, se debe observar un movimiento mínimo, aunque la contracción muscular a menudo puede ser vista cuando los dedos son empujados al momento de palpar [(12)].

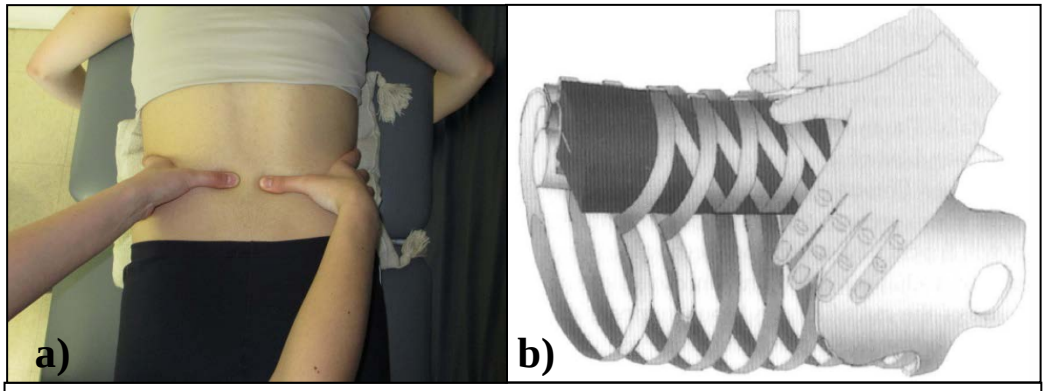


Figura 17. Palpación MFs lumbares derecho e izquierdo en contracción: (a) Posición de la mano para la palpación. (b) La palpación se siente por las diferencias entre los lados y entre los niveles vertebrales [(7)].

Las respuestas que se esperan idealmente son: aumento lento y suave de la tensión bajo los dedos del kinesiólogo, una escasa o nula actividad de los músculos superficiales, acción suave y sostenida (sin pausas), aproximadamente 10% a 15% de esfuerzo, contracción simétrica, capaz de respirar con normalidad [12].

Para evaluar si existe sustitución de los músculos superficiales del tronco, se puede palpar la contracción de los músculos erectores de la columna, particularmente lateral al MF y a la unión toracolumbar. Es así como la contracción de los músculos paravertebrales superficiales suele ir acompañada de una inclinación anterior de la pelvis y una extensión sutil de la unión toracolumbar. A veces se puede observar una inclinación posterior de la pelvis como un intento del músculo MF para empujar la columna hacia los dedos [12].

✓ *Duración:* Mantener la contracción por 10 segundos y repetir 10 veces el ejercicio [12]. Entre cada repetición descansar 3-5 segundos.

Programa de Ejercicios Grupo 3:

Ejercicios generales para la zona lumbar

Basándonos en diferente bibliografía [42] [60] [61] hemos considerado pertinentes los siguientes ejercicios:

<u>Ejercicio 1:</u> Auto-estiramiento de la musculatura lumbar [60]

✓ *Descripción del ejercicio*: Se ubica al paciente en decúbito supino, solicitándole que lleve primero una rodilla y luego la otra al pecho, rodeando con ambas manos los muslos (por posterior) y elevando el sacro de la colchoneta. Puede recibir ayuda del terapeuta (Figura 18).

✓ *Dosificación:* Realizar 10 repeticiones, manteniendo 15 segundos en cada repetición.

✓ *Observación:* No se sujeta la pierna por la tibia, porque sometería a tensión las articulaciones de la rodilla, mientras se aplica la fuerza de estiramiento.

Figura 18. Auto-estiramiento de la musculatura lumbar.

<u>Ejercicio 2:</u> "Cat-Camel" [42]

✓ *Descripción del ejercicio*: Se ubica al paciente en posición cuadrúpeda (4 pies) sobre la colchoneta, con rodillas en el suelo (en 90°) y las manos ubicadas a una distancia paralela a los hombros. Se le pide al paciente que arquee la columna de tal forma que quede encorvada hacia arriba (con cifosis total), esto debe ir acompañado de una retroversión pélvica (Figura 19a). Posterior a esto, sin pausa alguna, se le solicita que extienda la columna de tal forma que quede arqueada hacia abajo, incorporando una anteversión pélvica (Figura 19b).

✓ *Dosificación:* Realizar 6 ciclos de flexo-extensión.

✓ *Observación:* Se trata de un ejercicio de movilización, no de estiramiento, por lo mismo no hay que presionar en las fases finales de la flexo-extensión.

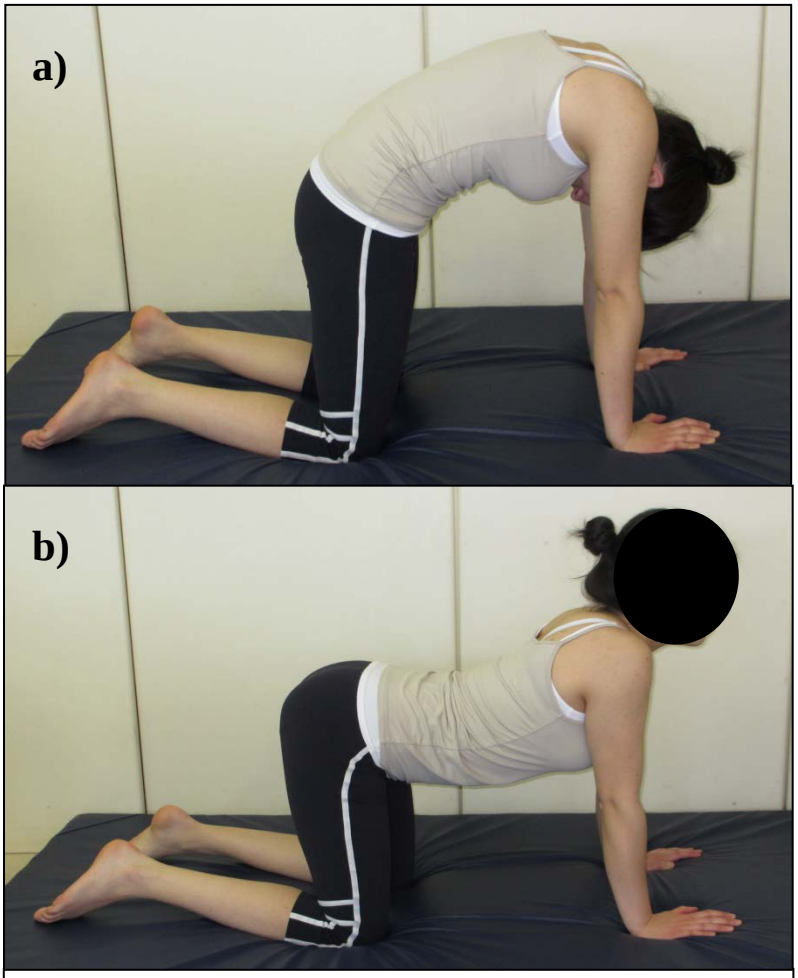


Figura 19. “Cat-Camel”

<u>Ejercicio 3:</u> "Curl-Ups" nivel principiante [42].

✓ *Descripción del ejercicio*: Se ubica al paciente en decúbito supino, apoyando las manos en la región lumbar. Una rodilla en flexión de 90°, mientras que la otra extremidad permanece relajada en el suelo (esto añade un torque a la pelvis para evitar el aplanamiento de la columna lumbar en el suelo). El paciente debe dejar los codos en el suelo mientras eleva la cabeza y los hombros a una pequeña distancia del suelo. El movimiento se enfoca en la columna torácica, sin flexión cervical ni lumbar.

✓ *Dosificación:* Realizar 3 series de 10 repeticiones. Entre cada serie descansar 10 segundos.

✓ *Observaciones*: No aplanar la espalda en el suelo, pues la columna se sale de su equilibrio elástico y aumenta la tensión en los tejidos pasivos.

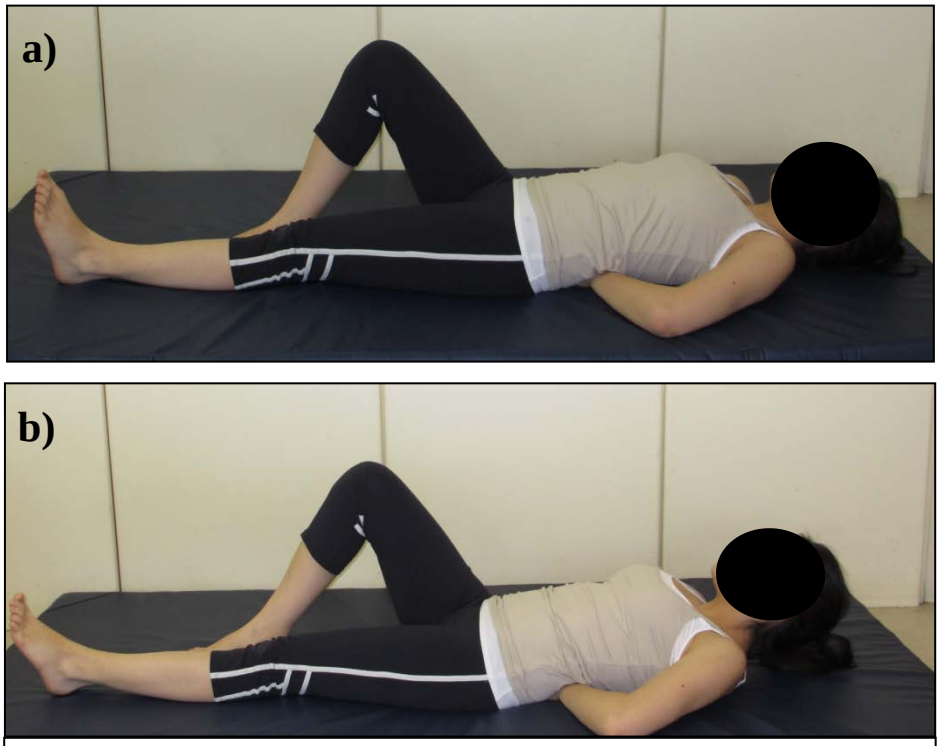


Figura 20. "Curl-ups" nivel principiante:

a) Posición inicial; b) posición final.

<u>Ejercicio 4:</u> Isométrico de musculatura paravertebral [61]

✓ *Descripción del ejercicio*: Se ubica al paciente en decúbito supino, con 45° de flexión de caderas y pies completamente apoyados en la colchoneta. Se le solicita que ejerza una presión mantenida con ambas extremidades superiores hacia el suelo (Figura 21).

✓ *Dosificación:* Realizar 10 repeticiones, manteniendo 15 segundos en cada repetición.

✓ *Observaciones***:** Al ser un trabajo isométrico, no se puede apreciar movimiento, sin embargo existirá un trabajo muscular.

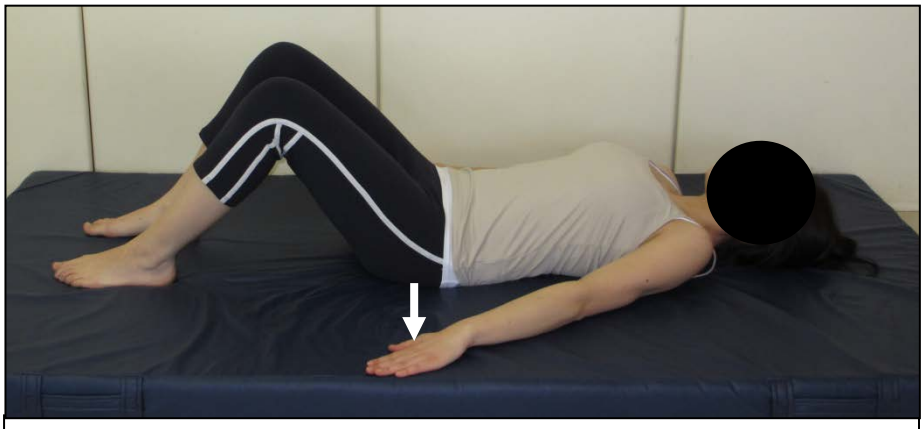


Figura 21. **Isométrico de musculatura paravertebral**.

<u>Ejercicio 5:</u> "Bird-Dog" [42]

✓ *Descripción del ejercicio*: Se ubica al paciente en posición cuadrúpeda (4 pies), apoyando sus manos y rodillas. Se le solicita que eleve una pierna y simultáneamente eleve también su brazo contralateral, conservando ambas extremidades paralelas al suelo, manteniendo su columna y cabeza en posición neutra, mirando hacia abajo (Figura 22).

✓ *Dosificación:* Mantener las extremidades paralelas al piso por alrededor de 6 a 8 segundos. Realizar 10 repeticiones.

Observaciones: Se debe evitar elevar el brazo o la pierna más allá de la horizontal, teniendo la precaución de no producir una hiperlordosis lumbar; así mismo, se debe evitar que el pie apunte hacia abajo y fuera (debe mirar sólo hacia abajo) y el giro de la pelvis hacia un lado (Figura 23).

Figura 22. "Bird-Dog".

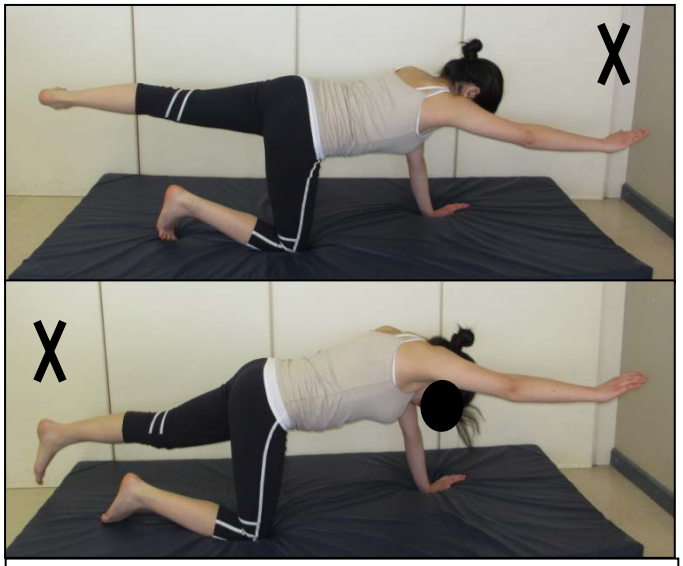


Figura 23. "Bird-dog". Ejercicios incorrectos.

<u>Ejercicio 6:</u> Fortalecimiento de músculos extensores [60].

✓ *Descripción del ejercicio:* Paciente sentado sobre un balón gimnástico enfrentando al terapeuta, pies completamente apoyados en el suelo, columna en posición funcional y sujetando con cada mano un extremo de cada banda elástica de color amarillo (marca Thera-Band) (debido a su menor resistencia elástica en comparación con los otros colores, esta permite generar perturbaciones y no aumentar resistencia o aumentar trabajo muscular de por sí) mientras que los otros extremos se encuentran fijos en una espaldera. Se le solicita que ejerza tracción contra la resistencia (con patrón diagonal) sin flexionar los codos, manteniendo la postura, de esta manera se genera una mejora en el control de tronco y a la vez estimula el movimiento de extremidades superiores generando así un ejercicio funcional (Figura 24).

✓ *Dosificación:* Realizar 3 series de 10 repeticiones en cada lado. Entre cada serie descansar 10 segundos.

✓ *Observaciones***:** Evitar compensaciones con el tronco (inclinaciones).

Figura 24. Fortalecimiento de músculos extensores.

5.8.2 VARIABLES DE RESULTADO:

Intensidad del dolor

El dolor es una experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada a lesión tisular real o potencial, o descrita en términos de dicho daño [62]. Corresponde a una variable del tipo cuantitativa continua. El instrumento de medida más utilizado para la sensación de dolor es la escala visual análoga (EVA), y será el instrumento a utilizar para evaluar esta variable. La EVA es hoy de uso universal. Es un método relativamente simple, que ocupa poco tiempo, aún cuando requiere de un cierto grado de comprensión y de colaboración por parte del paciente [63]. Este instrumento ha sido descrito y probado en su validez y confiabilidad como una forma simple de cuantificar la intensidad subjetiva del dolor [64] [65].

Esta escala consiste en una línea (de aproximadamente 10 cm de longitud) marcada en un papel que tiene en su origen izado las palabras "NINGÚN DOLOR" y en su extremo derecho "MÁXIMO DOLOR IMAGINABLE". El paciente debe marcar un punto entre ambos extremos. La distancia en centímetros desde el punto de «no dolor» a la marcada por el paciente representa la intensidad del dolor. Cada centímetro puede disponer o no de marcas, aunque para algunos autores la presencia de estas marcas disminuye su precisión. La forma en la que se presenta al paciente, ya sea horizontal o vertical, no afecta el resultado. Es la escala más usada, incluso en los pacientes críticos. Para algunos autores tiene

ventajas con respecto a otras. Se necesita que el paciente tenga buena coordinación motora y visual, por lo que tiene limitaciones en el paciente anciano y en el paciente sedado (Anexo 4) [66].

Un valor inferior a 4 en la EVA significa dolor leve o leve-moderado, un valor entre 4 y 6 implica la presencia de dolor moderado-grave, y un valor superior a 6 implica la presencia de un dolor muy intenso [66].

Se compararán los resultados obtenidos con la diferencia mínima clínicamente importante (DMCI). La DMCI es definida como la "más pequeña diferencia de la intensidad de dolor medida a través de la Escala Visual Análoga (EVA) percibida por los pacientes como efectiva y que es capaz de cambiar la conducta kinésica" [67]; en otras palabras, para que una terapia pudiera ser considerada efectiva, su efecto debería ser superior a esta DMCI. De acuerdo a la información existente en la literatura, se ha estimado que esta DMCI sería de 1,2 cm [68].

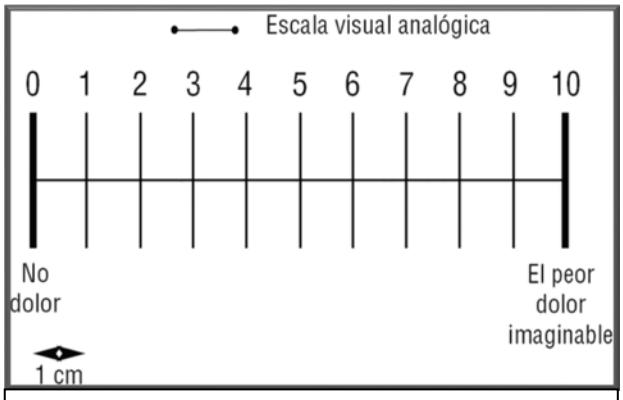


Figura 25. Escala Visual Análoga (EVA)

Discapacidad funcional

Esta variable es de tipo cuantitativa discreta. Conocer cómo el dolor limita las actividades de la vida cotidiana, es decir, la repercusión funcional de éste en el paciente, es necesario para decidir el tratamiento y conocer la eficacia de las intervenciones terapéuticas. Existe un consenso casi unánime en que éste tipo de medición debería formar parte de la valoración rutinaria del paciente con DL [(69)].

Para la medición de esta variable, se utilizarán dos cuestionarios, el Cuestionario de discapacidad de Oswestry (indicado especialmente en pacientes con incapacidad moderada-intensa), y el Cuestionario de discapacidad de Roland-Morris (el cual reporta mejor sensibilidad en pacientes con discapacidad más leve). Ambos son ampliamente utilizados, han sido probados, y son aplicables en una amplia variedad de entornos [(70)].

Cuestionario de discapacidad de Oswestry (ODI)

La escala de Oswestry es una de las más utilizadas y recomendada a nivel mundial para medir la repercusión funcional del DL, está especialmente indicada en pacientes con incapacidad moderada-intensa, que son los habituales en las consultas especializadas del sistema músculo-esquelético (Anexo 2) [(70)].

Es una de las escalas más usadas actualmente en los centros de rehabilitación europeos y entre los neurocirujanos españoles. Ha sido traducida y adaptada a numerosos idiomas, además, la versión en castellano ha demostrado su fiabilidad, validez y consistencia interna [(69)].

Esta escala consta de 10 secciones, en las que para cada sección la puntuación total posible es de 5 puntos, por tanto si la primera sentencia de la sección es marcada, se obtiene un puntaje para esa sección de 0, si el último estado de esta sección es marcado, el puntaje para ésta es de 5.

Una vez terminado el cuestionario, se suman los puntajes de cada sección, y se calcula un porcentaje, tomando como referencia que el 100% corresponde a 50 puntos.

Interpretación del puntaje [71].

0% - 20% = Mínima discapacidad. El paciente puede hacer frente a la mayoría de las actividades de la vida cotidiana. Por lo general no está indicado el tratamiento, además de asesoramiento sobre el levantarse, sentarse y los ejercicios.

21% - 40% = Moderada discapacidad. El paciente experimenta más dolor y dificultad para sentarse, levantarse y estar de pie. Los viajes y la vida social son más difíciles y puede estar discapacitado para el trabajo.

41% - 60% = Discapacidad severa. El dolor sigue siendo el principal problema en este grupo, y las actividades de la vida diaria se ven afectadas. Estos pacientes requieren una indagación detallada.

61% - 80% = Imposibilitado. El dolor de espalda afecta a todos los aspectos de la vida del paciente. Se requiere de una intervención efectiva.

81% - 100% = Estos pacientes están en una cama con ruedas o está exagerando sus síntomas.

Cuestionario de discapacidad de Roland-Morris (RMDQ)

El Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ) es un cuestionario autoadministrado, que evalúa la discapacidad en pacientes con DL, interrogándolos sobre su estado funcional actual. Éste consta de 24 preguntas, en las cuales se contesta "sí" o "no", sumando un punto por cada respuesta positiva y cero por cada negativa (Anexo 3) [(72)].

Es de aplicación simple y rápida (aproximadamente 3-5 minutos para contestarlo y 1 para corregirlo); varios estudios han demostrado su validez, confiabilidad y correlación adecuada con otros parámetros clínicos. El RMDQ fue comparado directamente con el ODI en varios estudios, mostrando buena correlación, aunque el ODI tiende a ser levemente más sensible en pacientes más graves y el RMDQ en pacientes con discapacidades más leves [(72)].

Para responderlo, simplemente se señalan las frases que se aplican al caso concreto del paciente, en el momento en el que está respondiendo. Es importante que el paciente señale exclusivamente las frases que describen su situación en el momento en el que realiza el cuestionario, y no las referidas a la situación en la que ha estado en el pasado o que cree puede estar en el futuro [(73)].

Una vez completado el cuestionario, basta contar el número de frases señaladas por el paciente. Ése es el resultado. Los valores extremos oscilan entre 0 (ausencia de incapacidad por lumbalgia) y 24 (máxima incapacidad posible). Una incapacidad por debajo de 4 puntos es muy leve. Una variación en la puntuación sólo tiene relevancia clínica si es de 2 ó más puntos, aunque el dintel óptimo está entre 3 y 4 [(73)].

Éste cuestionario no proporciona descripciones de los diferentes grados de discapacidad (por ejemplo, el 40% -60% es discapacidad grave). La mejoría clínica se puede observar a través de los resultados obtenidos en los cuestionarios aplicados a lo largo de la intervención. Si, por ejemplo, al comienzo del tratamiento, la puntuación de un paciente fue de 12 y, al término del tratamiento, su puntuación fue de 2 (10 puntos de mejora), se calcula una mejoría del 83% (10/12 x 100) [(74)].

Inestabilidad:

Esta variable es de tipo cualitativa nominal. Se ha propuesto, de acuerdo a la evidencia actual, que la inestabilidad del movimiento segmental lumbar (vértebra-disco-vértebra) es la causa más probable de DL. Las estructuras anatómicas que pueden ser comprimidas, estresadas o estiradas incluyen a las raíces nerviosas espinales, ligamentos, cápsulas articulares intervertebrales y discos intervertebrales [(6)]. La inestabilidad clínica es definida como un decrecimiento en la capacidad de estabilización del sistema segmental lumbar, dentro de sus límites fisiológicos durante el movimiento, lo cual conduce indefectiblemente a cambios estructurales, disfunciones neurológicas y dolor incapacitante [(6)].

Para la medición de esta variable, se utilizará la prueba de inestabilidad segmentaria lumbar (Figura 25), en el cual el sujeto en posición prono, permanece con el torso sobre la camilla y los miembros inferiores en el borde de la misma, pero de tal forma que los pies están apoyados en el suelo. Mientras el paciente

permanece en esta posición, el kinesiólogo realiza una presión sobre diferentes segmentos de la CL. Luego se le solicita al paciente que eleve ambas EEII del suelo mediante la contracción de los extensores de cadera y músculos espinales. Nuevamente el kinesiólogo realiza las presiones sobre diferentes segmentos de la CL muscular [75] [76].

Si aparece dolor al aplicar presión en la CL al inicio, pero desaparece durante la contracción muscular, la prueba es positiva para inestabilidad. La falta de dolor por esta última condición se explica porque está siendo protegida y enmascarada por la contracción muscular [75]. Finalmente, añadir que este test posee un elevado grado de sensibilidad [77].

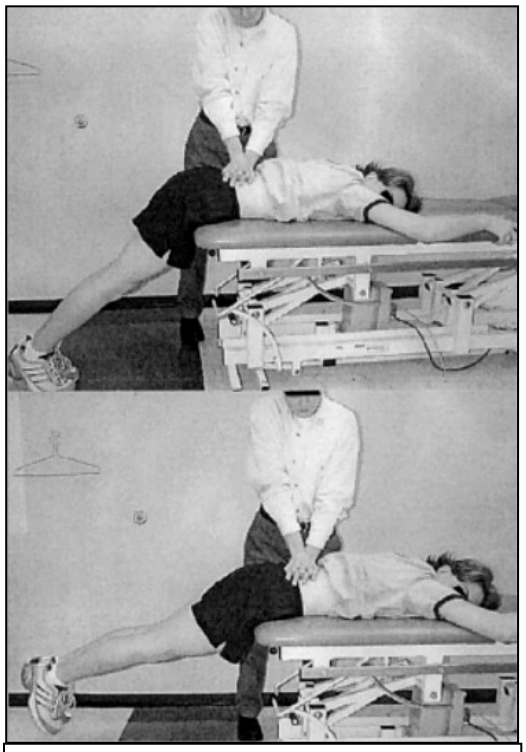


Figura 25. Test de inestabilidad.

5.8.3 VARIABLES DE CONTROL

Edad

Término que se utiliza para hacer mención al tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales [78] .Corresponde a una variable cuantitativa continua, la cual será medida en años.

Sexo

Es una variable de tipo cualitativa nominal. Se refiere a las características que vienen determinadas biológicamente [79].

Masa corporal

Magnitud física que expresa la cantidad de materia que contiene un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo (*kg*) [78]. Es una variable cuantitativa continua.

Estatura

Altura, medida de una persona desde los pies a la cabeza [78]. Corresponde a una variable cuantitativa continua.

Índice de Masa Corporal

El Índice de Masa Corporal (IMC) es una variable del tipo cuantitativa continua. Es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos. Se calcula dividiendo el peso de una persona en kilos por el cuadrado de su talla en metros (kg/m2) [80]. La definición de la OMS es la siguiente:

Un IMC igual o superior a 25 determina sobrepeso.

Un IMC igual o superior a 30 determina obesidad.

IMC de Normalidad: 19-24,9 kg/m^2.

El IMC proporciona la medida más útil del sobrepeso y la obesidad en la población, puesto que es la misma para ambos sexos y para los adultos de todas las edades. Sin embargo, hay que considerarla a título indicativo porque es posible que no se corresponda con el mismo nivel de grosor en diferentes personas [80].

Consumo de AINEs

Los anti-inflamatorios no esteroídeos (AINEs) son fármacos con una estructura química heterogénea que comparten actividad antipirética, antiinflamatoria y analgésica a través de su capacidad para inhibir la producción de prostaglandinas proinflamatorias. El término AINE incluye a los considerados AINEs tradicionales (como el ibuprofeno, naproxeno o diclofenaco), a los inhibidores selectivos de la ciclooxigenasa 2 (COX-2), también denominados COXIB, y al ácido acetilsalicílico (AAS) [81].

Los AINEs inhiben la actividad de la enzima ciclo-oxigenasa (COX), resultando en la disminución de la formación de prostaglandinas y tromboxanos a partir del ácido araquidónico. La disminución en la síntesis de prostaglandinas y su importancia en la producción del dolor, inflamación y fiebre y actividad en diferentes tejidos, es la responsable de la mayoría de sus efectos terapéuticos [82] [83].

Este tipo de variable, es considerada cualitativa nominal.

Nivel de escolaridad

Corresponde a una variable cualitativa de tipo ordinal. Se define como el nivel de estudio alcanzado por la persona, el cual puede encontrarse dentro de las siguientes categorías:

- ✓ Sin Estudios
- ✓ Básica Incompleta
- ✓ Básica Completa
- ✓ Media Incompleta
- ✓ Media Completa
- ✓ CFT Incompleto
- ✓ CFT Completo
- ✓ Universitaria Incompleta
- ✓ Universitaria Completa
- ✓ Otros Estudios

5.9 PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.9.1 HIPÓTESIS

H_0: Los ejercicios de control motor con retroalimentación a través de imagen ecográfica son menos o igual de efectivos que los ejercicios de control motor sin retroalimentación de imagen ecográfica o que los ejercicios generales para la zona lumbar, en el tratamiento del lumbago crónico en pacientes de 18 a 45 años.

(H_1): Los ejercicios de control motor con retroalimentación a través de imagen ecográfica son más efectivos que los ejercicios de control motor sin retroalimentación de imagen ecográfica o que los ejercicios generales para la zona lumbar, en el tratamiento del lumbago crónico en pacientes de 18 a 45 años.

5.9.2 MANEJO DE DATOS

Análisis Descriptivo

Es aquella parte de la estadística que tiene por objeto recoger, clasificar y resumir un grupo de datos, para así deducir conclusiones sobre su estructura y composición [84]. En este estudio se compararán las características basales entre los tres grupos, asimismo, se describirán los resultados obtenidos en las variables dependientes, para luego agrupar los datos en tablas de distribución de frecuencias y tablas de asociación. Para caracterizar las variables se utilizarán las medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar).

Análisis Inferencial

Es aquella parte de la estadística que provee de técnicas que permiten estimar parámetros y probar hipótesis, haciendo referencia a toda la población objeto, a partir de datos muestrales y del cálculo de probabilidades [(84)]; de esta manera, puede considerarse la inferencia estadística como los métodos que hacen posible la estimación de una característica de una población, o la toma de una decisión con respecto a una población, con base únicamente en resultados muestrales [(85)]. Para analizar las variables de resultado se utilizará el análisis de varianza (ANOVA) con ajuste para comparaciones múltiples. Además para el análisis de proporciones se aplicará la prueba Chi cuadrado; todo esto con el objetivo de percibir la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Esta investigación también será analizada por el método estándar denominado "intención de tratar", para así mantener la comparabilidad a través de los grupos de intervención, evitando introducir un sesgo que pudiera surgir al no analizar aquellos pacientes que hicieron abandono del estudio o que no tuvieron adherencia al tratamiento, y de esta manera tener un estimación de la efectividad del tratamiento (efecto del tratamiento dado a cada participante) más que una prueba verdadera de la eficacia del mismo (esto es, efecto del tratamiento en aquellos quienes siguieron el protocolo de estudio) [(56)].

5.10 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Cuando se recurre a seres humanos como participantes en estudios científicos, debe garantizarse la protección de los derechos de esas personas [86]. Es por esto, que el propósito actual de la ética de la investigación es proteger estos derechos y el bienestar de los que participan en investigaciones científicas [56]. Para garantizar lo anterior, se reconocen cuatro principios bioéticos: Autonomía, Beneficencia, No Maleficencia y Justicia.

Principio de Autonomía

Es el más moderno de los principios de la bioética, el cual surge como consecuencia de un concepto del ser humano que implica la idea de libertad personal. Este principio exige el respeto a la capacidad de decisión de las personas, y el derecho a que se respete su voluntad, en aquellas cuestiones que se refieren a ellas mismas, en otras palabras, se tiene en cuenta la libertad y responsabilidad del paciente, el cual decide lo que es bueno para él, aunque ello no sea compartido por los demás. El paradigma básico de la autonomía es el Consentimiento Informado (En el Anexo N° 5 se adjunta dicha carta de consentimiento informado), el cual supone que los participantes cuentan con información adecuada respecto de la investigación, que son capaces de comprenderla y de ejercer su libre voluntad, el cual les permite aceptar o declinar voluntariamente la invitación a participar [86].

Principio de Beneficencia y de No Maleficencia

Hace referencia a “hacer el bien” u obrar en función del mayor beneficio posible para el paciente, permitiendo lograr los máximos beneficios, así como reducir al mínimo el daño y la equivocación en los participantes de la investigación, mejorando de éste modo la calidad de vida de éstos.

El equipo de salud en servicio al paciente debe preocuparse por hacer el bien, y cuidar de no hacer daño a una persona o a un colectivo.

Nuestra investigación contará con personas calificadas, tanto en el empleo del equipo técnico como en los procedimientos, para así asegurar que los participantes no sean expuestos a experiencias que resulten en daños graves o permanentes a su salud. De esta forma, se minimizará al máximo el grado de riesgo para quienes participen en el estudio, entregando por tanto el máximo de beneficios [(86)].

Principio de Justicia

El principio de justicia incluye el derecho del sujeto a un trato justo, lo que hace alusión a que éste recibirá un trato equitativo antes, durante y después de su participación en la investigación, es por esto que el presente estudio realizará una selección justa y no discriminatoria de los sujetos (independiente de su clase social, creencias religiosas y posturas ideológicas), de manera que los riesgos o beneficios se compartan equitativamente. Además, se hará un trato sin prejuicios de quienes se rehúsen a participar o que abandonen el estudio después de haber aceptado integrarse a la investigación, sumado a esto, los participantes podrán aclarar cualquier interrogante en el momento que ellos estimen conveniente,

asimismo se efectuará el cumplimiento de todos los acuerdos establecidos. Este principio también incluye el derecho a la privacidad, de esta forma, el presente estudio garantizará a los participantes que la información obtenida durante el estudio se mantendrá en la más estricta confidencialidad [86].

5.11 ADMINISTRACIÓN Y PRESUPUESTO

5.11.1 RECURSOS HUMANOS

En el presente estudio se dispondrá del siguiente equipo de trabajo:

1.- <u>Investigadores principales 1 y 2:</u> Serán los coordinadores y responsables del estudio. Se encargarán de elaborar la pauta que guiará el proceso, supervisando el cumplimiento del cronograma de actividades, además seleccionarán el equipo de trabajo y velarán por el cumplimiento de la confidencialidad de los datos de cada sujeto. Asimismo, se encargarán de difundir la investigación y sus resultados.

2.- <u>Kinesiólogo 1:</u> Será el encargado de aplicar el tratamiento asignado al grupo 1 (Ejercicios de control motor con retroalimentación de imagen ecográfica). Contará con las habilidades necesarias para la aplicación de la terapia (conocimiento y uso del equipo de ultrasonido).

3.- <u>Kinesiólogo 2:</u> Será el encargado de aplicar el tratamiento asignado al grupo 2 (Ejercicios de control motor sin retroalimentación de imagen ecográfica).

4.- <u>Kinesiólogo 3:</u> Será el encargado de aplicar el tratamiento asignado al grupo 3 (Ejercicios generales de la musculatura del tronco).

5.- Kinesiólogo Evaluador: Evaluará y registrará las mediciones basales y finales de los grupos, en las fichas clínicas establecidas. Permanecerá cegado durante la investigación.

6.- Estadístico: Realizará la asignación aleatoria de los pacientes a los tratamientos, teniendo como función principal efectuar el análisis estadístico. Permanecerá cegado durante la investigación.

7.- Secretaria: Citará a los pacientes a una hora y fecha estipulada, registrará la asistencia de estos a las sesiones de tratamiento e ingresará las fichas de cada uno de los pacientes.

5.11.2 GASTOS DE OPERACIÓN

Lugar Físico:

En el aspecto administrativo, se requerirá el uso de una oficina (dónde se llevará a cabo el registro de los sujetos, programación de horarios de atención de pacientes, recepción de consentimiento informado, entre otros), 3 veces a la semana durante media jornada, la cual se encontrará ubicada en el Centro de Atención Kinésica de la Universidad de La Frontera.

La realización de cada intervención se efectuará en las dependencias de la Universidad de La Frontera, específicamente en los laboratorios de la carrera de Kinesiología, ubicados en el tercer piso del edificio SA, en la Facultad de Medicina (por lo que no se incurrirá en gastos de arriendo para la realización de la intervención).

Materiales y Equipamiento:

Se necesitará adquirir un sistema digital de ecografía por ultrasonidos portátil, marca SOUNDMED modelo SD 2000 PLUS, para estudios de Articulaciones y Músculo-Esquelético (Figura 26); así como toallas de papel y gel conductor (materiales para equipo), todo esto para la intervención del grupo 1. En relación a los materiales a utilizar en el grupo 3, los laboratorios cuentan con los implementos necesarios para la intervención (colchoneta, banda elástica, pelota). Se llevará a cabo también, gastos en papelería (fotocopias de la ficha de evaluación y del consentimiento informado, otros) y en difusión del estudio (volantes, anuncios radiales y en medios de comunicación escritos, etc).

Figura 26. Sistema digital de ecografía por ultrasonidos portátil, marca SOUNDMED modelo SD 2000 PLUS.

5.11.3 RECURSOS Y PRESUPUESTO

Según una estimación tentativa del presupuesto para financiar los gastos del estudio, para un tamaño muestral de 333 participantes, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 3. Recursos Materiales

Recursos Materiales	**Cantidad**	**Costo Unidad ($)**	**Total ($)**
Arriendo Oficina	25 meses	50.000	1.250.000
Ultrasonido Ecográfico	1	4. 581.500	4.581.500
Materiales para equipo	45 Bidones 222 Toallas de papel	8.000 350	360.000 77.700
Papelería y Difusión			100.000
Gastos imprevistos			30.000
Total			**6.399.200**

Tabla 4. Remuneración del Personal

Recursos Humanos	N° Horas Mensuales	Costo Mensual ($)	Costo Total ($)
Kinesiólogo 1	48	288.000	3.200.000*
Kinesiólogo 2	48	288.000	3.200.000*
Kinesiólogo 3	48	288.000	3.200.000*
Kinesiólogo Evaluador	16	96.000	1.100.000*
Estadístico			200.000
Secretaria	48	72.000	1.872.000
Total			**12.772.000**

*Sólo se les cancelará $3.200.000, ya que al momento de la publicación del estudio se los incluirá dentro del equipo de investigación. Lo mismo aplica para el kinesiólogo evaluador. Obteniendo así, los beneficios que implica ser partícipe de una publicación.

Tabla 5. Presupuesto Total

Presupuesto	Costo Total
Recursos Materiales	$ 6.399.200
Remuneración del personal	$ 12.772.000
Presupuesto Total	**$ 19.171.200**

5.11.4 PROGRAMA DE ACTIVIDADES

ETAPA 1: Enero 2014. Preparación del Estudio.

I. Conseguir aprobación del estudio por parte del Comité de Ética.

II. Conseguir la aprobación de la Directora del Centro de Atención Kinésica de la Universidad de La Frontera para el arriendo de oficina por un periodo de 2 años y 1 mes.

III. Conseguir la aprobación de la Directora de la Carrera de Kinesiología de la Universidad de La Frontera para hacer uso de los laboratorios de esta institución, por un periodo de 2 años y 1 mes.

IV. Conformar y reclutar el equipo de trabajo.

V. Realizar reuniones para la asignación de roles a los profesionales del estudio e indicarles la planificación de éste.

VI. Realizar reunión con médicos pertenecientes al Servicio de Salud Araucanía Sur (específicamente: Consultorio Miraflores, CESFAM Santa Rosa, CESFAM Amanecer y CESFAM Labranza) para informar acerca de la investigación y sus objetivos, solicitándoles la derivación

al estudio de los pacientes que cumplan con las características requeridas.

VII. Organizar la coordinación de horarios con la Directora de la Carrera de Kinesiología de la Universidad de La Frontera para hacer uso de los laboratorios.

ETAPA 2: Febrero 2014 - Febrero 2016. Difusión, Reclutamiento de Muestra y Ejecución de la Intervención.

I. Realizar difusión del estudio a la población en general.

II. Realizar la aleatorización para la conformación de los grupos y la asignación de los tratamientos.

III. Realizar pre-selección de sujetos.

IV. Realizar evaluación con pauta establecida (Anexo 1).

V. Aplicar criterios de elegibilidad.

VI. Solicitar aceptación y firma del consentimiento informado.

VII. Completar fichas de ingreso.

VIII. Aplicación del programa de intervención.

IX. Realizar evaluaciones finales del tratamiento.

ETAPA 3: Marzo – Abril 2016. Análisis Estadístico y Resultados.

I. Ingreso de resultados a la base de datos.

II. Realización del análisis estadístico de los resultados.

III. Publicar los resultados del estudio.

5.12 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (CARTA GANTT)

	2014				2014 - 2016	2016		
Actividad / Meses	**E**	**F**	**M**	**A**	**Mayo – Enero (2014) (2016)**	**F**	**M**	**A**
Etapa 1								
I	●							
II	●							
III	●							
IV	●							
V	●							
VI	●							
VII	●							
Etapa 2								
I		●	●	●				
II		●						
III		●	●	●	●			
IV		●	●	●	●			
V		●	●	●	●			
VI		●	●	●	●			
VII		●	●	●	●			
VIII		●	●	●	●	●		
IX		●	●	●	●	●		
Etapa 3								
I							●	
II							●	●
III								●

ANEXOS

ANEXO 1: FICHA EVALUCIÓN KINÉSICA

I. Datos Personales

Nombre:
Edad:
Estado civil:
Ocupación:
Fecha de Ingreso:

Fecha de Nac.:
Domicilio:
Previsión:
Sexo:
Teléfono:

Peso:
Talla:

IMC:

Normopeso	19- 24,9 kg/m^2	
Sobrepeso	≥ 25 kg/m^2	
Obesidad	≥ 30 kg/m^2	

II. Antecedentes Familiares y Personales

Comorbilidades			
TTOs Quirúrgicos			
Redes de Apoyo			
Fuma	Sí		N° de Paquetes/ día:
	No		
Consumo de Alcohol y/o Drogas	Sí		Frecuencia:
	No		
Otros			

III. Antecedentes médicos:

Diagnóstico Médico: **Fecha de Dg. Médico:**

Medicamentos utilizados	
Relajantes Musculares	
Anticonvulsionantes	
Ansiolíticos	
Antidepresivos	
Opioides	
Otros:	

Tratamiento kinésico anterior		
Sí		Desde cuándo:
No		

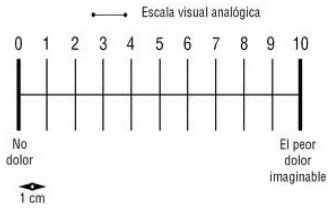
Enfermedades músculo-esqueléticas sistémicas	
Artritis Reumatoide	
Fibromialgia	
Dermatomiositis	
Lupus Herimatoso	
Otras:	

Patología vertebral específica	
Tumor	
Infección	
Síndrome Cauda Equina	
Fracturas	
Otras:	

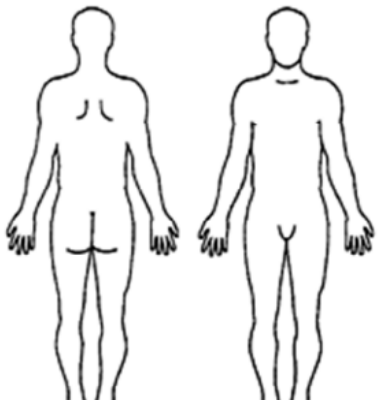
Otras patologías		**(¿Cuál?)**
Respiratorias		
Cardiovasculares		
Neurológicas		
Genéticas		
Congénitas		
Vesicales		
Otras:		

IV. Evaluación del Dolor:

EVA (Cuantitativa)	**Estática**	**Dinámica**
Leve < 4		
Moderado 4 – 6		
Severo > 6		



EVA (Cualitativo)				
Frecuencia:				
Acentuación:				
Presenta irradiación	Sí		No	
	Lugar:			



Marque zona de dolor

V. <u>Signos de Alarma:</u>

Banderas rojas	
Fiebre	
Pérdida de peso	
Dolor torácico	
Sudor nocturno	
Malestar perineal	
Uso prolongado corticoides	
Otros:	

Banderas amarillas	
Depresión	
Insatisfacción laboral	
Ansiedad	
Angustia	
Estrés	
Obesidad	
Otros:	

VI. <u>Inspección (</u>Ev. Postural: asimetrías, deformidades, posición antálgica; antropometría de EEII; otros).

VII. <u>Palpación</u>

Elementos Duros	Elementos Blandos
EIAS EIPS Crestas ilíacas Procesos espinosos lumbares Procesos transversos lumbares Isquion Trocánter mayor	Ms. Paravertebrales Ms. Cuadrado lumbar Ms. Piriforme Puntos superficiales del N. ciático

VIII. <u>Movilidad</u>

Test de Schober modificado: Flexión_____ cms. Extensión_____ cms. Rotación: Derecha_____cms. Izquierda_____ cms. Inclinaciones: Derecha_____cms. Izquierda_____ cms.

IX. <u>Pruebas Especiales</u>

-EPE: _____ (+) _____(–)

-Test de Inestabilidad segmentaria lumbar: _____ (+) _____(–)

-Slump Test: _____ (+) _____(–)

-Flexo-extensiones repetidas de columna vertebral en posición bípeda:
____ Disfunción articular o de tejido blando
____ Degeneración discal
____ Sd. Postural

X. <u>Valoración Funcional</u>

-Cuestionario de Roland Morris: _____Puntos.

-Escala de funcionalidad de Oswestry: _____ %.

XI. <u>Hallazgos Imagenológicos (</u>Fracturas, Espóndilolisis, Espóndilolistesis, Espóndiloartrosis, etc.)

ANEXO 2: ESCALA DE FUNCIONALIDAD DE OSWESTRY

En las siguientes actividades, marque con una cruz la frase que en cada pregunta se parezca más a su situación:

1. Intensidad del dolor

(0) Puedo soportar el dolor sin necesidad de tomar calmantes.

(1) El dolor es fuerte pero me arreglo sin tomar calmantes.

(2) Los calmantes me alivian completamente el dolor.

(3) Los calmantes me alivian un poco el dolor.

(4) Los calmantes apenas me alivian el dolor.

(5) Los calmantes no me alivian el dolor y no los tomo.

2. Estar de pie

(0) Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera sin que me aumente el dolor.

(1) Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera pero me aumenta el dolor.

(2) El dolor me impide estar de pie más de una hora.

(3) El dolor me impide estar de pie más de media hora.

(4) El dolor me impide estar de pie más de 10 minutos.

(5) El dolor me impide estar de pie.

3. Cuidados personales

(0) Me las puedo arreglar solo sin que me aumente el dolor.

(1) Me las puedo arreglar solo pero esto me aumenta el dolor.

(2) Lavarme, vestirme, etc. me produce dolor y tengo que hacerlo despacio y con cuidado.

(3) Necesito alguna ayuda pero consigo hacer la mayoría de las cosas yo solo.

(4) Necesito ayuda para hacer la mayoría de las cosas.

(5) No puedo vestirme, me cuesta lavarme y suelo quedarme en la cama.

4. Dormir

(0) El dolor no me impide dormir bien.

(1) Sólo puedo dormir si tomo pastillas.

(2) Incluso tomando pastillas duermo menos de 6 horas.

(3) Incluso tomando pastillas duermo menos de 4 horas.

(4) Incluso tomando pastillas duermo menos de 2 horas.

(5) El dolor me impide totalmente dormir.

5. Levantar peso

(0) Puedo levantar objetos pesados sin que me aumente el dolor.

(1) Puedo levantar objetos pesados pero me aumenta el dolor.

(2) El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo hacerlo si están en un sitio cómodo (ej. en una mesa).

(3) El dolor me impide levantar objetos pesados, pero sí puedo levantar objetos ligeros o medianos si están en un sitio cómodo.

(4) Sólo puedo levantar objetos muy ligeros.

(5) No puedo levantar ni elevar ningún objeto.

6. Actividad sexual

(0) Mi actividad sexual es normal y no me aumenta el dolor.

(1) Mi actividad sexual es normal pero me aumenta el dolor.

(2) Mi actividad sexual es casi normal pero me aumenta mucho el dolor.

(3) Mi actividad sexual se ha visto muy limitada a causa del dolor.

(4) Mi actividad sexual es casi nula a causa del dolor.

(5) El dolor me impide todo tipo de actividad sexual.

7. Andar

(0) El dolor no me impide andar.

(1) El dolor me impide andar más de un kilómetro.

(2) El dolor me impide andar más de 500 metros.

(3) El dolor me impide andar más de 250 metros.

(4) Sólo puedo andar con bastón o muletas.

(5) Permanezco en la cama casi todo el tiempo y tengo que ir a rastras al baño.

8. Vida social

(0) Mi vida social es normal y no me aumenta el dolor.

(1) Mi vida social es normal pero me aumenta el dolor.

(2) El dolor no tiene no tiene un efecto importante en mi vida social, pero si impide mis actividades más enérgicas como bailar, etc.

(3) El dolor ha limitado mi vida social y no salgo tan a menudo.

(4) El dolor ha limitado mi vida social al hogar.

(5) No tengo vida social a causa del dolor.

9. Estar sentado

(0) Puedo estar sentado en cualquier tipo de silla todo el tiempo que quiera.

(1) Puedo estar sentado en mi silla favorita todo el tiempo que quiera.

(2) El dolor me impide estar sentado más de una hora.

(3) El dolor me impide estar sentado más de media hora.

(4) El dolor me impide estar sentado más de 10 minutos.

(5) El dolor me impide estar sentado.

10. Viajar

(0) Puedo viajar a cualquier sitio sin que me aumente el dolor.

(1) Puedo viajar a cualquier sitio, pero me aumenta el dolor.

(2) El dolor es fuerte pero aguanto viajes de más de 2 horas.

(3) El dolor me limita a viajes de menos de una hora.

(4) El dolor me limita a viajes cortos y necesarios de menos de media hora.

(5) El dolor me impide viajar excepto para ir al médico o al hospital.

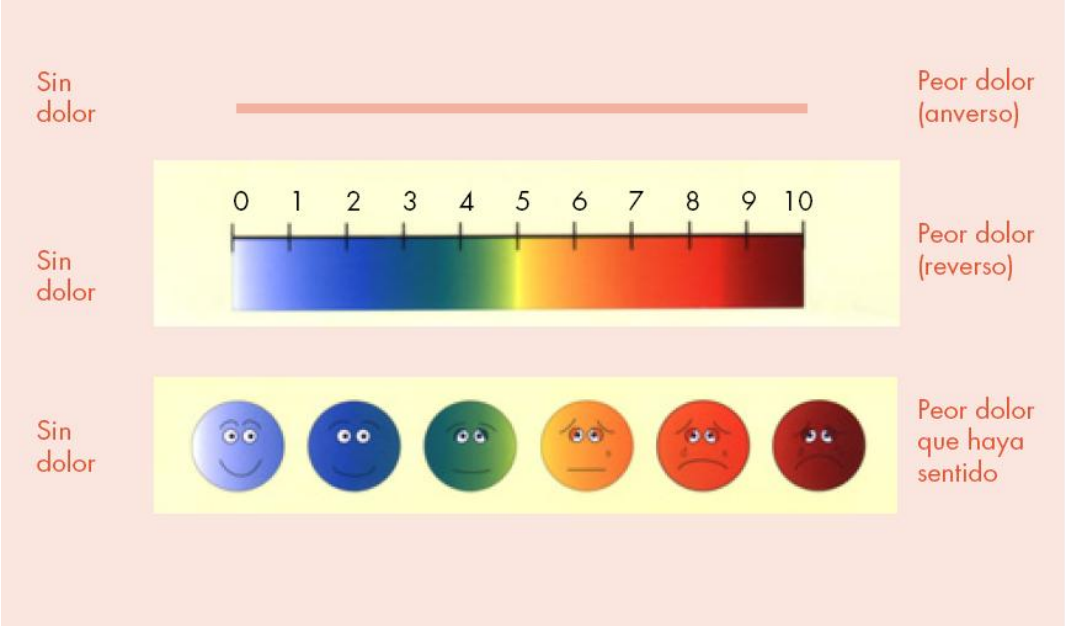
ANEXO 3: CUESTIONARIO DE ROLAND-MORRIS

Cuando su espalda le duele, puede que le sea difícil hacer algunas de las cosas que habitualmente hace. Esta lista contiene algunas de las frases que la gente usa para explicar cómo se encuentra cuando le duele la espalda (o los riñones). Cuando las lea, puede que encuentre algunas que describan su estado de **hoy**. Cuando lea la lista, piense en cómo se encuentra usted hoy. Cuando lea usted una frase que describa como se siente **hoy**, póngale una señal. Si la frase no describe su estado de hoy, pase a la siguiente frase. **Recuerde, tan solo señale la frase si está usted seguro de que describe cómo se encuentra usted hoy**.

1. ☐ Me quedo en casa la mayor parte del día debido al dolor en mi espalda.
2. ☐ Cambio de posición a menudo para tratar de poner mi espalda más cómoda.
3. ☐ Camino más despacio de lo usual debido al dolor en mi espalda.
4. ☐ Debido al dolor en mi espalda, no estoy haciendo ninguno de los quehaceres que usualmente hago en la casa.
5. ☐ Debido al dolor en mi espalda, utilizo la baranda o pasamanos para subir las escaleras.
6. ☐ Debido al dolor en mi espalda, me acuesto a descansar más seguido de lo usual.
7. ☐ Debido al dolor en mi espalda, tengo que agarrarme de algo para poder levantarme de un sillón.
8. ☐ Debido al dolor en mi espalda, les pido ayuda a otros para hacer cosas.
9. ☐ Me visto más despacio de lo usual debido al dolor en mi espalda.

10. ☐ Sólo me paro por períodos cortos de tiempo debido al dolor en mi espalda.
11. ☐ Debido al dolor en mi espalda, trato de no agacharme o arrodillarme.
12. ☐ Encuentro difícil levantarme de una silla debido al dolor en mi espalda.
13. ☐ Me duele la espalda la mayor parte del tiempo.
14. ☐ Encuentro difícil cambiar de posición en la cama debido al dolor en mi espalda.
15. ☐ No tengo mucho apetito debido al dolor en mi espalda.
16. ☐ Tengo dificultad al ponerme calcetines o medias debido al dolor en mi espalda.
17. ☐ Sólo camino distancias cortas debido al dolor en mi espalda.
18. ☐ Duermo menos de lo usual debido al dolor en mi espalda.
19. ☐ Debido al dolor en mi espalda, me visto con la ayuda de alguien más.
20. ☐ Me siento la mayor parte del día debido al dolor en mi espalda.
21. ☐ Evito trabajos pesados en la casa debido al dolor en mi espalda.
22. ☐ Debido al dolor en mi espalda, estoy más irritable y de peor humor de lo usual, con los demás.
23. ☐ Debido al dolor en mi espalda, subo las escaleras más despacio de lo usual.
24. ☐ Me quedo en cama la mayor parte del día debido al dolor en mi espalda.

ANEXO 4: ESCALA VISUAL ANÁLOGA (EVA)



ANEXO 5: CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PACIENTES

Se le ha invitado a participar del estudio **“Efectividad de los ejercicios de control motor con y sin retroalimentación a través de imagen ecográfica en el tratamiento del lumbago crónico en pacientes de 18 a 45 años de la ciudad de Temuco”**, cuyo objetivo es determinar qué terapia es mejor en términos de la disminución del dolor, la discapacidad y la mejoría en la estabilidad de la columna en pacientes diagnosticados con Lumbago crónico. El estudio realizará la comparación de tres grupos; el primer grupo llevará a cabo un programa de ejercicios denominados “de control motor”, dónde se les indicarán instrucciones para activar la musculatura específica de su espalda, a través de la estimulación de un ecógrafo. El segundo grupo, realizará la misma pauta anterior, sin considerar la estimulación con el ecógrafo, mientras que, el tercer grupo trabajará con una pauta de ejercicios generales, los cuáles se enfocarán de una forma general en los músculos de la espalda.

La información que se pueda obtener con la directa contribución de su participación en el estudio, será en beneficio de todos aquellos pacientes de la novena región de La Araucanía que presenten lumbago crónico. Usted no recibirá ningún tipo de retribución económica por el hecho de participar en el estudio.

Si Ud. decide participar en este estudio será asignado a uno de los grupos de tratamiento de forma aleatoria, es decir, al azar, como cuando se lanza una moneda al aire.

Su participación será totalmente confidencial, resguardando su identidad, además de los resultados de las evaluaciones personales obtenidas para cualquier

persona extraña a la investigación, no así los resultados finales del estudio, pues estos se darán a conocer al término de la investigación.

Su participación en el estudio no conlleva riesgos físicos para su persona. Usted podría beneficiarse o no con los resultados del estudio. Sin embargo la comunidad que presente la patología descrita se verá directamente beneficiada con los resultados del estudio, pues se podrían aplicar a los pacientes los ejercicios con los que se obtuvieron mejores resultados. Usted puede retirarse del estudio cuando estime conveniente, su decisión no será motivo de penalización, ni tampoco perderá ningún beneficio a los que tiene derecho.

Si tiene dudas o consultas respecto de su participación en este estudio puede contactar a las investigadoras responsables, Srtas.: Marcia Delarze V. y Carla Aedo F., quienes son alumnas de la carrera de Kinesiología de la Universidad de La Frontera de Temuco, al fono: 045-326289, o contactar al Presidente del Comité de Ética Científica de la Facultad de Medicina de esta casa de estudios al fono: 045-325704.

Yo:_____, RUT:_____

he accedido a participar en este estudio, pues se me ha informado sobre lo que se espera de mi participación, y los beneficios y riesgos de ésta.

Firma Participante: _____

Firma Investigadoras Responsables:

Marcia Delarze: _____

Carla Aedo: _____

REFERENCIAS

1. Zitko P, et al. Programa de Atención Músculoesquelética en Atención Primaria: primera evaluación semestral. Rev Chil Salud Pública; 2008.

2. Unidad de Programas y Protocolos. Protocolos de Referencia y Contrareferencia SS O'Higgins. Minsal. Chile; 2011.

3. Maher et al. The effect of motor control exercise versus placebo in patients with chronic low back pain. BMC Musculoskeletal Disorders; 2005.

4. Ferreira M, et al. Comparison of general exercise, motor control exercise and spinal manipulative therapy for chronic low back pain: A randomized trial. Pain 131 (2007) 31–37.

5. Jordán R. Consideraciones Neuromecánicas y Neurofisiológicas en la Rehabilitación Espinal Lumbar. Kinesiologia; 2008.

6. Panjabi M. The Stabilizing System of the Spine. Part I. Function, Dysfunction, Adaptation, and Enhancement. Journal of Spinal Disorders & Techniques, Volumen 5. Number 4. August; 1992.

7. Richardson C. et al. Therapeutic Exercise for Lumbopelvic Stabilization: A Motor Control Approach for the treatment and Prevention of Low Back Pain Editorial Churchill Livingston, 2 ed; 2004.

8. Panjabi M. Clinical spinal instability and low back pain. Journal of electromyography and kinesiology; 2003.

9. Jordán R. Rehabilitación de Columna Lumbar. Revista Médica Clínica Las Condes; 2008.

10. Panjabi M. The Stabilizing System of the Spine. Part II. Neutral Zone and Instability Hypothesis; 1992.

11. Torres Cueco R. La Columna Cervical; Síndromes Clínicos Y Su Tratamiento Manipulativo.

12. Magee D, Zachazewski J, Quillen W. Pathology and intervention in musculoskeletal rehabilitation. Capítulo 11. Editorial Saunders Elsevier; 2009.

13. Comerford M. & Mottram S. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. Manual Therapy; 2001.

14. Miralles R. Biomecánica de la columna. R e v. Soc. Esp. Dolor; 2001

15. Comerford, S. L. Mottram. Movement and stability dysfunction - contemporary developments. Manual Therapy; 2001.

16. Costa Leonardo , Maher ., Christopher G., et al. Motor Control Exercise for Chronic Low Back Pain: A Randomized Placebo-Controlled Trial. Physical Therapy; 2009.

17. Gil Chang V. Fundamentos de Medicina de Rehabilitación. 2007.

18. Airaksinen O. Chapter 4: European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. Eur Spine J ; 2006.

19. Magee D, Zachazewski J, Quillen W. Pathology and intervention in musculoskeletal rehabilitation. Capítulo 9. Editorial Saunders Elsevier; 2009.

20. Taimela S., Negrini S., Paroli C. Functional rehabilitation of low back disorders. Europa Medicophisica, 2004

21. Walker BF. La prevalencia del dolor lumbar: una revisión sistemática de la literatura desde 1966 a 1998. J Spinal Disord, 2000.

22. Matus C. Imagenología del dolor lumbar. Revista Chilena de Radiología, 2003.

23. Humbria A. et al. Impacto poblacional del dolor lumbar en España: resultados del estudio EPISER. Rev Esp Reumatol; 2002.

24. Kent, PM. y JL. Keating. The epidemiology of low back pain in primary care. Chiropr Osteopat, 2005.

25. Guías de Práctica Clínica Servicio de Medicina Física y Rehabilitación Hospital Clínico Universidad de Chile. Evaluación y Manejo del Paciente Adulto con Lumbago, 2009.

26. Uribe R. Revisión de tema. Dolor lumbar: una aproximación general basada en la evidencia. Univ. Méd. Bogotá (Colombia), 2008.

27. Airaksinen O. et al. European guidelines for the management of chronic non-specific low back pain; 2004.

28. Covarrubias-Gómez A. Lumbalgia: Un problema de salud pública. Revista Mexicana de Anestesiología, 2010.

29. Tsao H. et al. Motor training of the lumbar paraspinal muscles induces immediate changes in motor coordination in patients with recurrent low back pain. The Journal of Pain, 2010.

30. Escuela de Medicina PUC. Espondilolistesis. Se consigue en: http://escuela.med.puc.cl/publ/OrtopediaTraumatologia/Trau_Secc02/Trau_Sec02_09.html

31. "La Lumbalgia" en Atención Primaria. Guía de actuación. Servicio Navarro de Salud Osasunbidea, 2000.

32. Uribe R. Dolor lumbar: una aproximación general basada en la evidencia. Univ. Méd. Bogotá; 2008.

33. Jiménez J. Manual de Protocolos y Actuación en Urgencias para Residentes.

34. Bases de la medicina clínica. Universidad de Chile.

35. Beaumont C, Zazpe I, Vázquez A. Lumbalgia aguda y lumbociática. Servicio de Urgencias1. Servicio de Neurocirugía2. Hospital de Navarra.

36. Aliste M. Lumbago: Sección Reumatología, Depto. de Medicina, Hospital Clínico, U. de Chile. Reumatología; 2005.

37. Gómez-Conesa, S. Valbuena Moya. Lumbalgia crónica y discapacidad laboral.

38. Casazza BA. Diagnosis and Treatment of Acute Low Back Pain. American Family Physician; 2012.

39. Paulette M. van Vliet, Nicola R. Heneghan. Motor control and the management of musculoskeletal dysfunction. Manual Therapy; 2006.

40. Shumway-Cook A., Woollacott M. Motor Control: theory and practical applications. Primera edición; 1995.

41. Macedo L. et al. Effect of motor control exercises versus graded activity in patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. Physical Therapy, 2012.

42. McGill. Low Back Disorders: Evidence-Based Prevention and Rehabilitation, 2 ed, 2002.

43. Tsao H, Hodges P. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. Journal of Electromyography and Kinesiology; 2008.

44. Ferreira P. et al. Changes in recruitment of transversus abdominis correlate with disability in people with chronic low back pain. British Journal of Sports Medicine, 2010.

45. Tsao H et al. Driving plasticity in the motor cortex in recurrent low back pain. European Journal of Pain, 2010.

46. Boudreau S. et al. The role of motor learning and neuroplasticity in designing rehabilitation approaches for musculoskeletal pain disorders. Manual Therapy, 2010.

47. Mottram S. & Comerford M. A new perspective on risk assessment. Physical Therapy in Sport, 2008.

48. Henry S & Westervelt K. The Use of Real-Time Ultrasound Feedback in Teaching Abdominal Hollowing Exercises to Healthy Subjects. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 2005.

49. Leanne Hall et al. Immediate effects of co-contraction training on motor control of the trunk muscles in people with recurrent low back pain. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2009.

50. Oculta J. et al. Las imágenes por ultrasonido en la rehabilitación. Australian Journal of Physiotherapy, 1995.

51. Ventura L. Manual de ecografía músculoesquelética. Capítulo 1: Principios físicos básicos del ultrasonido. Editorial Médica Panamericana, 2010.

52. Henry S. et al 2005. The Use of Real-Time Ultrasound Feedback in Teaching Abdominal Hollowing Exercises to Healthy Subjects. J Orthop Sports Phys Ther. Volume 35. Number 6. June; 2005.

53. King II, T. I. Optimizing Motor Control Using Biofeedback. En C. A. Trombly & M. V. Radomski (Ed.), Occupational Therapy for Physical Dysfunction.5ª edición, 2002.

54. Hides J. et al. Ultrasound imaging in rehabilitation. Australian Journal of Physiotherapy, 1995.

55. Hides J, et al. Retraining motor control of abdominal muscles among elite cricketers with low back pain. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 2010.

56. Lazcano-Ponce E, et al. Ensayos clínicos aleatorizados: variantes, métodos de aleatorización, análisis, consideraciones éticas y regulación. Salud Pública de México 2004.

57. Paulos J. Boletín Escuela de Medicina P. Universidad Católica de Chile, Dolor Lumbar. 1994; 23: 183-188.

58. Lomeña J. Ensayo Clínico. Extractado de Rev Esp Cardiol, 1997

59. Echevarría L. La ecografía como técnica diagnóstica. Rev Inv Vet Perú, 2001.

60. Kisner C, Colby L. Ejercicio Terapeútico, Fundamentos y Técnicas. Philadelphia, PA: Editorial Paidotribo; 2005.

61. Pacheco L, Monné L, Pujol M, Araolaza M. La columna vertebral, nuestro eje vital. España: Sociedad Catalana de Medicina

62. Asociación internacional para el estudio del dolor (IASP). 1994. Se consigue en: http://www.iasp-pain.org/AM/Template.cfm?Section=Pain_Definitions#Pain

63. Torregrosa S, Bugedo G. Medición del dolor. Boletín Esc. de Medicina, P. Universidad Católica de Chile, 1994.

64. Cole B, Finch E, Gowland C, Mayo N. Physical Rehabiltation Outcome Measures. 2ª ed. Her Majesty the Queen in Right of Canada, 1994.

65. Streiner D y Norman G. Health Measurement Scales. A Practical Guide to their Development and Use. 2ª ed. New York: Oxford University Press, 1995.

66. Pardo C, et al. Monitorización del dolor. Recomendaciones del grupo de trabajo de analgesia y sedación de la SEMICYUC. Med. Intensiva, 2006.

67. Guyatt G, Feeny D, Patrick D. Issues in Quality-of-Life Measurement in Clinical Trials. Controlled Clinical Trials, 1991.

68. Kelly AM. The Minimum Clinically Significant Difference in Visual Analogue Pain Store Does Not Differ with Severity of Pain. Emergency Medicine Journal, 2001.

69. Flórez García M. T. Design and development of computer-aided application for the Oswestry Disability Index. Patología del Aparato Locomotor, 2005.

70. Roland M, Fairbank J. The Roland–Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. SPINE, 2000.

71. Davidson M., Keating J.A. Comparison of five low back disability questionnaires: reliability and responsiveness. Physical Therapy, 2002.

72. Scharovsky A. et al. Dolor Lumbar Crónico: Adaptación Cultural y Validación del Roland Morris Disability Questionnaire. Rev. Iberoamericana del Dolor, 2007.

73. Kovacs F.M. El uso del cuestionario de Roland-Morris en los pacientes con lumbalgia asistidos en Atención Primaria. Semergen, 2005.

74. Stratford P. et al. Defining the minimum level of detectable change for the Roland-Morris questionnaire. Phys Ther. 1996 Apr;76(4):359-65; discussion 66-8.

75. Solano R, Bascour C. Guía de Curso Completo Laboratorios de Evaluación y Tratamiento Columna Vertebral y ATM. Universidad de La Frontera, Temuco; 2012.

76**.** Evidencias científicas del ejercicio terapéutico en el control del dolor crónico ocupacional en residencias. Capítulo 5: Estudio ergonómico en trabajadores y trabajadoras de residencias privadas.

77. Abdullah M. Alqarni, Anthony G. SchneiderS, Paul A. Hendrick. Clinical Tests to Diagnose Lumbar Segmental Instability: A Systematic Review. Journal of orthopaedic & sports physical therapy, volume 41, number 3,| march; 2011.

78. Real academia española (RAE). Vigésima segunda edición. www.rae.es

79. Organización Mundial de la Salud. Integración de las perspectivas de género en la labor de la OMS: Política de la OMS en materia de género. 2002

80. Organización Mundial de la Salud. Obesidad y sobrepeso. Nota descriptiva N°311. Mayo de 2012.

81. Loza E. AINEs en la práctica clínica: lo que hay que saber. Inf Ter Sist Nac Salud, 2011.

82. Hall V. et al. Antiinflamatorios no esteroidales (AINE´S). Centro Nacional de Información de Medicamentos. Universidad de Costa Rica, 2001.

83. Rand Mc Nally. Drug Information for the Health Care Professional, 2001.

84**.** Bustos L. Inferencia Estadística. CIGES. Universidad de La Frontera. Temuco, 2010.

85. Estadística Descriptiva – Análisis de Datos. Se consigue en: http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/introprob/descriptiva-teo.pdf

86. Polit D, Hungler B. Investigación científica en ciencias de la salud. 6 ª edición.; México: Interamericana-McGraw-Hill, 2000.