

Article

Propuesta Para el Diseño de Programas de Readaptación Funcional en Población con Dolor Lumbar por Parte del Especialista en Ejercicio Físico

J.R. Heredia-Elvar^{1,2}, V. Segarra³, G Peña García-Orea^{1,2}, J. Aguilera Campillos^{1,2}, M. Sampietro⁴, M. Moyano⁴ y M.E. Da Silva Grigoletto⁵

¹Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y Salud (IICEFS)

²Facultad Ciencias Salud. Grado CCAFYD. Universidad Isabel I (España)

³ProElite Performance (España)

⁴Equipo Physical (Argentina)

⁵Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Sergipe (Brasil)

RESUMEN

En la actualidad el dolor lumbar, sin ser considerada una enfermedad ni entidad diagnóstica, es un problema que podemos encontrar con una alta prevalencia entre la población adulta, y que potencialmente un ochenta por ciento de la población podrá sufrirlo en algún momento de la vida. Este hecho supone un importante menoscabo a nivel funcional respecto a la salud y calidad de vida individual y acarrea importantes repercusiones socio-económicas y laborales. En el presente artículo se revisará la evidencia disponible respecto al papel del ejercicio físico en personas que han padecido dicho problema, y siendo diagnosticados y tratados por distintos especialistas de la salud, deben abordar un tratamiento específico, donde un correcto y adecuado programa de ejercicio, que pueda ser cumplido y generar adhesión en el cliente, puede constituir, a la luz de la información disponible, uno de los tratamientos más eficaces, económicos y seguros.

Palabras Clave: Lumbalgia, estabilidad, inestabilidad, ejercicio

INTRODUCCIÓN

La readaptación funcional en el contexto del ejercicio físico

El diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE) no contempla el término “readaptación”, lo cual obliga a replantear algunas cuestiones etimológicas. Dicho término está compuesto por el prefijo “re” (acción repetida) y el sufijo “adaptación”, el cual hace referencia al hecho de “acomodar, ajustar algo a otra cosa” o “acomodarse, avenirse a diversas circunstancias, condiciones, etc.”

Por lo tanto etimológicamente el término “readaptación” hará referencia al hecho de repetir el acomodarse a unas circunstancias específicas (RAE).

Por tanto, pensamos que tampoco sería correcto utilizar el término “readaptación” asociándolo a la preposición “de” para indicar la persona o acto al que complementar (readaptación *de* lesiones). El hecho de la “readaptación de lesiones” no parece el más adecuado respecto al acto que suele asociarse desde el punto de vista del especialista en ejercicio físico.

Quizás pudiera ser más oportuno hablar de la “readaptación físico-deportiva” (Lloret, 1989; Campos y Lalín, 2012) en el contexto en el que normalmente está asumido y es uso común el término, especialmente en lo concerniente al rendimiento deportivo.

Por otro lado, el término “funcional” hace referencia a “perteneciente o relativo a las funciones” (RAE), por lo que su uso en el contexto que nos ocupa está justificado en relación al objetivo de repetir (algo bastante común, dada su recurrencia) el acomodar a unas circunstancias específicas relativas a las funciones propias de la región que sufre la lesión y asociadas a permitir la función normal del sujeto en el contexto de las actividades de la vida diaria (AVD) y de la vida diaria laboral (AVDL) (Heredia et al., 2011, Heredia et al., 2014, Colado, Chulvi y Heredia, 2007)

El dolor lumbar: análisis y etiología

Antes de abordar la temática del dolor lumbar, resulta importante dejar constancia del hecho de que al tratarse de algo tan complejo y específico como es el “dolor” y que el mismo puede ser el reflejo de una alteración en cualquiera de las estructuras, órganos o sistemas psico-biológicos, no es responsabilidad del profesional del ejercicio su tratamiento, ni mucho menos su análisis o diagnóstico. Esta responsabilidad recae en exclusiva en profesionales sanitarios. En este caso el profesional del ejercicio se responsabilizará de conocer la información existente en torno a la cuestión y, especialmente, una vez ha concluido la labor de los profesionales sanitarios en el diagnóstico y tratamiento primario (terapéutico), ser capaces de realizar las adaptaciones específicas en los programas de entrenamiento para garantizar no solo la consecución de los niveles de condición física que le permitan una óptima salud, sino de que ello suponga la capacidad de realizar las tareas propias de las AVD/AVDL y/o deportiva de una forma óptima.

La lumbalgia, dolor de espalda baja o dolor lumbar (DL) es el *malestar localizado entre el borde inferior de las últimas costillas y el pliegue inferior de la zona glútea, con o sin irradiación a una o ambas piernas, sin que esta irradiación por debajo de la rodilla deba ser considerada de origen radicular*. Según el tiempo que persiste el dolor, la lumbalgia se clasifica en (Pérez et al., 2007): aguda (menos de 6 semanas), subaguda (de 6 a 12 semanas), crónica (más de 12 semanas), y recurrente (lumbalgia aguda en paciente que ha tenido episodios previos de dolor lumbar en una localización similar, con periodos libres de síntomas de tres meses). La mayoría de DL agudo se resuelve a lo largo de 4 semanas aunque es bastante frecuente la recurrencia (Croft et al., 1995) La mayor parte de los casos de lumbalgia corresponden a causas mecánicas y/o musculoesqueléticas de la columna vertebral, afectando por igual a hombres y mujeres pero con inicio más frecuente a partir de los 30 años.

La Organización Mundial de la Salud señala que el DL no es ni una enfermedad ni una entidad diagnóstica, sino que se trata del dolor de duración variable en la espalda, y que alrededor del 70-80% de las personas presentará en alguna etapa de su vida (Dillingham, 1995). Su relevancia radica en la incapacidad que provoca para continuar desarrollando actividades de la vida diaria y laboral, así como en la afectación de la calidad de vida, y por tanto en los gastos sociales generados por esta situación.

El dolor lumbar crónico (DLC) es el síntoma clínico informado con mayor frecuencia de enfermedades ortopédicas en Europa y Estados Unidos. Más del 50% de las personas en los Estados Unidos están afectadas por DL, y es la principal causa de ausencia al trabajo y discapacidad permanente (Chang et al., 2015). Además, el 62% de las personas que experimentan su primer episodio de DL desarrollarán síntomas crónicos que durarán más de un año (Hestbaek et al., 2003).

La *sintomatología* mecánica es definitoria de las lumbalgias primarias, en las que en un discreto porcentaje (aproximadamente el 5%) se encuentran distintas alteraciones estructurales del disco, de las articulaciones o alteraciones de la biomecánica de la columna lumbar, pero en la mayor parte de ellas (60-85%), ante la ausencia de causa aparente en pruebas de imagen, se clasificarán como lumbalgia inespecífica (Seguí y Gervás, 2002, Dillingham, 1995). Las lumbalgias secundarias, con mucho las menos frecuentes, estarían relacionadas con distintos procesos inflamatorios, tumores, infecciones, o patología metabólica.

Pese a que las patologías asociadas al raquis lumbar son múltiples y habría que revisar y exponer la posible relación o no entre estas y el dolor lumbar, no es el objetivo del presente artículo. Por ello y por orden de frecuencia consideraremos únicamente el hecho de que el dolor lumbar suele englobar tres grandes síndromes (Seguí y Gervás, 2002):

1. Lumbalgia mecánica aguda o lumbago.
2. Lumbo-ciática aguda (ciática y ciatalgia).
3. Estenosis lumbar.

Tabla 1. Causas primarias y secundarias del dolor lumbar	
Mecánicas	
	Inespecíficas
	Alteraciones degenerativas
	Prolapso del disco intervertebral
	Artrosis de las articulaciones interapofisarias
	Malformaciones adquiridas
	Estenosis vertebral
	Espondilolistesis
	Espondilólisis
	Malformaciones congénitas
	Espina bífida
	Anomalías de transición (lumbarización S1, sacralización L5)
	Sobrecarga funcional
	Dismetrías pélvicas
	Insuficiencia vertebral/trastornos de la estática
	De origen coxofemoral
Inflamatorias	
	Espondiloartritis anquilopoyética
	Artritis reumatoide
Neoplasias	
	Tumores vertebrales primarios o secundarios
Metabólicas	
	Osteoporosis (si aplastamiento vertebral)
	Osteomalacia
Infecciones	
	Osteomielitis vertebral
	Discitis
	Sacroileitis
Enfermedad ósea de Paget	
Funcionales y psicógenas	

Figura 1. Causas primarias y secundarias del dolor lumbar (Seguí y Gervás, 2002)

En base a todo esto, se puede determinar que las causas de la lumbalgia crónica son complejas, algunas de los cuales son desconocidas y por ello a menudo se refiere esta situación como DL *no específico o inespecífico*. Una causa fundamental implica el debilitamiento de la musculatura del tronco y pared abdominal (Lee et al., 2014), por eso para mitigar el DL y mejorar la movilidad es habitual recomendar el fortalecimiento de estos músculos. También se ha podido comprobar que los sujetos con DL e inestabilidad raquídea presentan alteraciones/retrasos del control motor y timing de la musculatura profunda del core (especialmente transverso abdominal, oblicuos internos y multifidos) ante fuerzas externas en comparación con personas asintomáticas (Hodges y Richardson, 1996; 1998; 1999). El DL también está asociado a una capacidad limitada para contraer conscientemente el transverso abdominal (Marshall y Murphy, 2006) y a una disfunción de la musculatura del suelo pélvico (Arab et al., 2010; Xia et al., 2013), entre otras disfunciones.

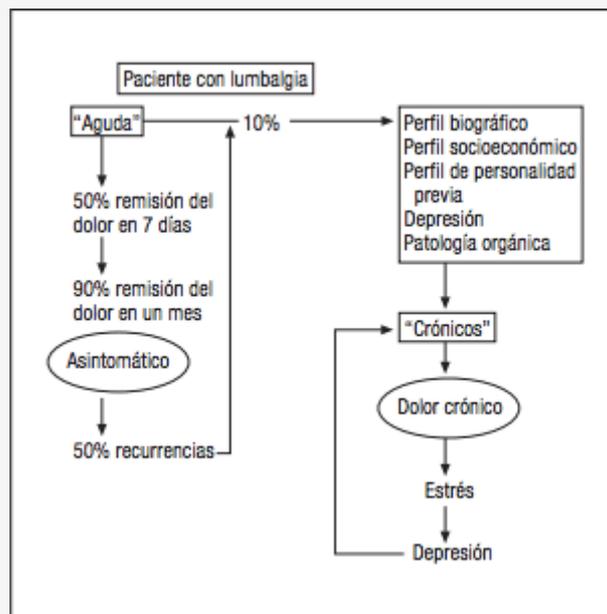


Figura 2. Algoritmo de la evolución natural del dolor lumbar (Seguí y Gervás, 2002).

Especialmente en los últimos veinte años se ha avanzado mucho en relación al vínculo entre dolor agudo y especialmente crónico y su influencia a nivel de neuroplasticidad en el sistema nervioso central (Pelletier, Higgins, Bourbonnais, 2015).

A este respecto se encuentra recogida en la literatura e investigación actual, la detección de ciertos cambios neurofisiológicos que se relacionan con dicha sintomatología y que propiciarían la sensibilización del sistema nervioso central y una alteración de la capacidad senso-perceptiva dolorosa, llegando incluso a encontrarse en la literatura modelos de amenaza, dolor y control motor (Moseley y Hodges, 2005) que son dignos de analizar para comprender y dimensionar la complejidad del problema, donde incluso en algunos estados dolorosos crónicos hasta los movimientos “imaginados” pueden producir dolor (Moseley, 2004).

Entre estas modificaciones a nivel del SNC relacionadas con el DL, podemos encontrar alteraciones en el volumen de la sustancia gris neocortical, aumento de la actividad de algunas áreas cerebrales responsables del dolor, cierto déficit en el control inhibitorio descendente del dolor, expansión del área dolorosa por aumento de las neuronas espinales implicadas en la transmisión del impulso nociceptivo, cambios en la representación motora cortical de los músculos profundos del tronco, mayor excitabilidad y reorganización funcional de las redes corticales asociadas a ciertos patrones de activación muscular a nivel de córtex motor, deterioro cuantitativo y cualitativo de los patrones motores y de movimiento, con cierta pérdida de capacidad propioceptiva respecto al control en torno al complejo lumbo-pélvico (O’ Sullivan, 2003; Tsao, 2008; Roussel, 2013. Hashmi, 2013; Graven-Nielsen, 2010; Puta, 2013; May, 2008)

Revisión actual de la literatura y evidencia científica respecto a DL y ejercicio físico.

No todos los conocimientos provenientes de los artículos científicos publicados, tienen el mismo impacto o valor sobre la toma de decisiones en materia de salud, por ello se hace necesario revisar y evaluar la calidad de la evidencia (Manterola et al., 2009).

Se deben considerar los niveles de evidencia, como las herramientas, instrumentos y escalas que clasifican, jerarquizan y valoran la evidencia disponible, de tal forma que en base a su utilización se puedan emitir juicios de valor (Manterola et al., 2009). En función del rigor científico del diseño de los estudios, pueden determinarse escalas de clasificación jerárquica de la evidencia, a partir de las cuales se establecen recomendaciones respecto a la adopción de un determinado procedimiento o intervención.

Como “grados de recomendación” se considerará la forma de clasificación de la sugerencia o indicación de adoptar o no la adquisición de medidas o toma de decisiones respecto a una determinada problemática.

Aunque hay diferentes escalas de gradación de la calidad de la evidencia científica y establecimiento de grados de recomendación, la mayoría guardan cierta similitud respecto a los criterios más determinantes.

Tabla 1. Clasificación de los niveles de evidencia y grados de recomendación.

Niveles de evidencia científica		Grados de recomendación	
1++	Metaanálisis alta calidad, revisiones sistemáticas ensayos clínicos o ensayos clínicos de alta calidad con muy bajo riesgo de sesgo	A	Al menos un metaanálisis, revisión sistemática o ensayo clínico clasificado como 1++ y directamente aplicable a población diana; o con un volumen de evidencia compuesta por estudios clasificados como 1+ y con gran consistencia entre ellos.
1+	Metaanálisis bien realizados, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos o ensayos clínicos bien realizados con bajo riesgo de sesgo.		
1-	Metaanálisis, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos o ensayos clínicos con alto riesgo de sesgo	B	Un volumen de evidencia compuesto por estudios clasificados como 2++, directamente aplicables a la población diana y que demuestran gran consistencia entre ellos; o con evidencia extrapolada desde estudios clasificados como 1++ o 1+.
2++	Revisiones sistemáticas de alta calidad de estudios de cohortes o de casos y controles. Estudios de cohortes o de casos y controles con riesgo muy bajo de sesgo y con alta probabilidad de establecer relación causal.	C	Un volumen de evidencia compuesto por estudios clasificados como 2+ directamente aplicables a la población diana de la guía que demuestran gran consistencia entre ellos; o evidencia extrapolada desde estudios clasificados como 2++
2+	Estudios de cohortes o de casos y controles bien realizados con bajo riesgo de sesgo y con una moderada probabilidad de establecer una relación causal		
2-	Estudios de cohortes o de casos y controles con alto riesgo de sesgo y riesgo significativo de que la relación no sea causal.	D	Evidencia del nivel 3 o 4; o evidencia extrapolada desde estudios clasificados como 2+
3	Estudios no analíticos, como informes de casos y series de casos.		
4	Opinión de expertos	SR	Recomendación de consensos de expertos o similares.

A pesar de que los resultados de los estudios biomecánicos relacionan la deficiencia en el control de la estabilidad del tronco con el riesgo de lesión en la zona lumbar, otros estudios prospectivos realizados con sujetos asintomáticos con debilidad abdominal y con deportistas recreacionales encontraron que el entrenamiento de fuerza y resistencia de la musculatura abdominal no reduce la probabilidad de aparición de episodios de dolor lumbar en esta población (Barbado, 2014). Además, los estudios clínicos de intervención que han evaluado el efecto de programas de rehabilitación orientados a la mejora de la estabilización de tronco en pacientes con DL ponen en duda la eficacia de los mismos (Barbado, 2014). Así, aunque las terapias basadas en la realización de ejercicios de estabilización del tronco hayan provocado mejoras en pacientes con DL en comparación con pacientes que únicamente habían recibido cuidados generales en algunos estudios (Goldby et al., 2006; Hides et al., 2001; Moseley, 2002), a menudo no han producido mejores resultados que otras formas de terapia física basadas en ejercicio físico general. De hecho, las más recientes revisiones sistemáticas y metaanálisis no han podido confirmar que el entrenamiento para el core (core-training) sea más efectivo para el tratamiento del DL que otras modalidades de ejercicio a largo plazo. En total destacan nueve revisiones sistemáticas en inglés sobre ejercicios de estabilización raquídea y DL en los últimos años, y algunas de ellas con metaanálisis incluido (Rackwitz et al., 2006; Ferreira et al., 2006; Hauggaard y Persson, 2007; May y Johnson, 2008; Macedo et al., 2009; Wang et al., 2012; Byström et al., 2013; Smith et al., 2014; Chang et al., 2015).

May y Johnson (2008) realizaron un revisión sistemática que incluyó 18 ensayos realizados hasta el 2006 llegando a la conclusión de que los ejercicios de estabilización específicos pueden ser más beneficiosos que la ausencia de tratamiento, pero también informaron de que era poco probable que produjeran un resultado mejor que cualquier otra forma de ejercicio. Además, la mayoría de estudios seleccionados que estaban a favor de los ejercicios de core combinaron estos ejercicios junto con alguna otra forma de tratamiento, por lo que resulta imposible determinar el verdadero efecto de los

ejercicios de estabilización *per se*.

Macedo et al. (2009) incluyeron estudios publicados hasta junio de 2008 y llegaron a la conclusión de que los ejercicios de estabilización no fueron mejores que el ejercicio general o la terapia manual.

Wang et al. (2012) concluyeron en su revisión sistemática que, en comparación con el ejercicio general, los ejercicios de core-stability eran más eficaces a corto plazo en la disminución del dolor y podían mejorar la capacidad funcional en pacientes con DL crónico. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas a largo plazo en la intensidad del dolor entre los pacientes que realizaron ejercicios de core-stability frente a los que realizaban ejercicio general.

Byström et al. (2013) informaron de que los ejercicios de estabilización raquídea fueron más favorables a largo plazo para la discapacidad que los ejercicios generales, y mejores para el alivido del DL a medio plazo -revisaron la literatura hasta octubre de 2011, pero no limitaron los sujetos a aquellos con DL no específico-.

Smith et al. (2014) realizaron una minuciosa y crítica revisión sistemática con metaanálisis con el objetivo de investigar la verdadera efectividad de los ejercicios de core-training sobre el DL no-específico, y comparar su efectividad con otras formas de ejercicio. Para ello se seleccionaron 29 estudios para comprobar el efecto post-tratamiento sobre el dolor y la discapacidad de los ejercicios de core *per se*. El metaanálisis mostró un beneficio significativo de los ejercicios de estabilización para el dolor y la discapacidad; sin embargo, cuando se comparó con otras formas alternativas de ejercicio no hubo diferencia estadística o clínicamente significativa. Por lo tanto, la revisión concluye que los ejercicios de estabilización no son más eficaces que otras formas de ejercicio para mejorar los síntomas del DL y discapacidad funcional a largo plazo, aunque a corto y medio plazo parecen ser mínimamente más beneficiosos.

Más recientemente Chang et al. (2015) realizaron una revisión sistemática con el objetivo de recoger los resultados de los estudios previos para explorar la eficacia de diferentes protocolos de entrenamiento del core que pretendían tratar el DLC en comparación con otros entrenamientos convencionales de la fuerza (con máquinas y pesos libres). De acuerdo con los resultados de varias escalas de percepción del dolor e instrumentos de evaluación, se concluyó que el entrenamiento del core era más eficaz que el entrenamiento de fuerza tradicional para aliviar el DLC. Igualmente, se confirmó que las diferentes estrategias del entrenamiento del core recogidas en esta revisión (ejercicios de estabilización raquídea estáticos, ejercicios de equilibrio del tronco y ejercicios de control motor) ayudaron en el alivio del DLC, y que se recomendaba centrar el entrenamiento de la musculatura profunda del core sobre el resto.

Por otro lado, los instrumentos de medida utilizados en los ensayos para poder valorar objetivamente la mejora funcional y el DL en estos pacientes (Escala Visual Analógica -VAS-, cuestionario Oswestry, Royald-Morris SF-36, Patient-Specific Functional Scale, etc.) son complejos y a veces no lo suficientemente sensibles y fiables, lo que limita en parte el conocimiento y extrapolación de los resultados. Además, la mayoría de estudios seleccionados que están a favor de los ejercicios de core combinaron estos ejercicios junto con alguna otra forma de tratamiento físico (actividades aeróbicas, estiramientos, higiene postural, etc.), por lo que resulta imposible determinar el verdadero efecto de los ejercicios de estabilización del tronco *per se*. También es probable que el entrenamiento del core pudiera verse favorecido por la implementación de ese otro tipo de actividades físicas más genéricas y a priori inespecíficas, de forma que la incorporación de ejercicios del core en un programa de entrenamiento más global que incluyera otro tipo de ejercicios (de fuerza, de estiramiento y/o aeróbicos) pudiera ser la mejor estrategia a implantar.

Tabla 2. Resumen de los niveles de evidencia y grados de recomendación respecto al dolor lumbar y ejercicio.

Resumen	Nivel Evidencia	Recomendación	Grado
El ejercicio físico en lumbalgia aguda es tan eficaz como otros tratamientos o no tratar	1++	En pacientes con lumbalgia aguda inespecífica el ejercicio no está recomendado	A
En la lumbalgia subaguda la realización de ejercicios programados en el ámbito laboral disminuye el absentismo; no obstante, su eficacia en otras poblaciones no es concluyente.	1++		
En pacientes con lumbalgia de más de cuatro semanas, la realización de un programa de ejercicios disminuye el dolor y la discapacidad a los 3 meses, aunque estos beneficios no se mantienen a largo plazo	1+	El lumbalgia subaguda y crónica inespecífica se recomienda la realización de ejercicio físico. El ejercicio físico puede ser la base fundamental del tratamiento	A
No hay evidencia de qué tipo de ejercicio, ni qué duración del mismo sería la más adecuada en la lumbalgia subaguda	1++		
El ejercicio es tan eficaz como otros tratamientos conservadores en cuanto a la disminución del dolor y el aumento de la capacidad funcional en pacientes con lumbalgia crónica. Estos ejercicios de forma general se realizan en programas individualizados.	1++		
Los ejercicios de estiramientos no son más eficaces que otro tipo de ejercicios	4	El ejercicio físico recomendado debería ser individualizado y tener en cuenta las preferencias y habilidades de cada sujeto	X
El ejercicio reduce los días de baja en personas con lumbalgia crónica	1++		

De todo ello podría deducirse:

1. Cuando no existe dolor y a fin de prevenir la aparición del mismo, puede ser recomendable realizar ejercicio físico de forma regular y adecuadamente controlado, teniendo en cuenta como factor fundamental el hecho de que será esta regularidad y dosificación la que garantizará la adhesión como factor fundamental para el potencial éxito (Hayden, Van Tulder & Tomlinson, 2005; Bertozzi et al., 2013; Kay et al., 2012).
2. Se debe considerar, en cualquier caso, que los beneficios del programa de ejercicios son más a medio-largo plazo, aunque algunas investigaciones actuales parecen mostrar efectos agudos relevantes. En esos beneficios a corto plazo el ejercicio dirigido a la mejora de la estabilidad del core, en comparación con un ejercicio de carácter más "general", parece poseer un mayor potencial respecto a la eficacia para la disminución del dolor y mejora de la función específica. Sin embargo existen todavía importantes limitaciones derivadas de la baja calidad de los datos y metodología y potencia de los estudios (Wang et al., 2012).
3. Cuando exista dolor y con supervisión médica, intentar mantener un grado mínimo de actividad física (a este respecto resulta fundamental igualmente la supervisión de un profesional del ejercicio), limitando la eliminación del ejercicio físico moderado-intenso a los episodios de dolor agudo o fases de exacerbación del dolor crónico (Bertozzi et al., 2013; Airaksinen et al, 2006; Hayden, Van Turlder, Malvaara & Koes, 2005; Van Tulder et al., 2006; Chou & Huffman, 2007)

Análisis de la relación entre dolor lumbar crónico (DLC) y estabilidad del core para la prevención y tratamiento del dolor lumbar (DL).

Durante la actividad física los músculos del tronco/core, comandados por el sistema sensoriomotor, garantizan la movilidad y la estabilidad del complejo lumbo-pélvico-cadera. Ya que toda esta musculatura es la principal responsable de salvaguardar la estabilidad raquídea parece lógico hipotetizar que si esta "armadura o corsé" muscular fuera entrenada se

podría prevenir y/o tratar el DL. De hecho, el entrenamiento del core o *core-training* tiene entre sus propósitos el poder ayudar a prevenir lesiones raquídeas (Taanila et al., 2009; Vera-García et al., 2015) y reducir el dolor lumbar e inestabilidad raquídea mediante la mejora de la estabilidad de la columna (Ikeda y McGill, 2012; Panjabi, 2003; Van Dieen et al., 2003).

Según los resultados de los estudios biomecánicos y epidemiológicos se piensa que existe una relación entre la disfunción de la activación muscular profunda del core -y que afecta el control neuromuscular de la estabilidad del tronco- y el síndrome de DL. Ante este panorama, se considera que el déficit en el control neuromuscular de la estabilidad del tronco es un factor de riesgo de lesión del raquis lumbar (Vera-García et al., 2015). No obstante, no está claro si el dolor lumbar provoca esta alteración en el control motor o si el mismo es el causante del dolor lumbar (Radebold et al., 2000; Hodges et al., 2003). Sin embargo, sí se han observado cambios en el reclutamiento muscular en personas con DL inducido por la infiltración de suero hipertónico cuando estos sujetos son evaluados con Estimulación Magnética Transcraneal (Tsao y Hodges, 2007). En pacientes con recidiva de dolor lumbar, se detectaron, con una sola sesión de entrenamiento (3 series de 10 repeticiones de 10 segundos) del transverso abdominal, cambios instantáneos en el timing del reclutamiento de éste músculo, lo que nos indica una mejora del feedforward del transverso abdominal (Tsao y Hodges, 2007)

Aunque la mayoría de los resultados biomecánicos no permitan inferir con claridad si dicho déficit en la estabilidad del tronco es la causa o la consecuencia de la lesión lumbar (Vera-García et al., 2015), un estudio prospectivo realizado por Cholewicki et al. (2005) mostró que aquellos individuos con mayor retraso en la respuesta refleja de la musculatura del tronco ante fuerzas externas tenían una mayor probabilidad de sufrir lesión lumbar en un periodo de 2 a 3 años posterior a la medición. Estos resultados sugieren que un retraso en la respuesta muscular ante perturbaciones externas es un factor de riesgo de sufrir lesión lumbar y no sólo una consecuencia de la lesión (Barbado, 2014). Por esta razón los ejercicios de core-stability podrían ser eficaces para aliviar o prevenir el DL al restituir dicho control de la estabilidad raquídea. Es decir, la capacidad refleja de la musculatura del *core* para responder óptimamente para estabilizar la columna vertebral ante las demandas de los movimientos segmentarios y perturbaciones externas

La mejora de la estabilidad raquídea tridimensionalmente hablando es posible mediante una mayor rigidez (*stiffness*) del tronco/core -aspecto entrenable-, la cual podría retener los micromovimientos de las articulaciones de la columna y reducir con ello el dolor en los pacientes con inestabilidad raquídea (Lee y McGill, 2015). Por tanto, cuando los músculos del core funcionan con normalidad pueden mantener la estabilidad segmentaria, proteger la columna vertebral, y reducir el estrés que impacta sobre las vértebras lumbares y discos intervertebrales (Huxel y Anderson, 2013). Bajo esta perspectiva podría desprenderse que la mejora de la rigidez del tronco/core mediante el entrenamiento, y por tanto la mejora de la estabilidad segmentaria, podría presentar un camino para prevenir y tratar el DL (Behm et al. 2010).

La tendencia habitual sobre la prevención del DL y lesiones raquídeas viene siendo el desarrollo de la resistencia muscular del core más que de la fuerza (McGill, 2001), en parte justificado por el alto porcentaje de fibras tipo I que presenta la musculatura erectora espinal y multífidos (Thorstensson y Carlson, 1987), y en particular, la mejora o restitución de la activación neural coordinada (control motor) del core para proporcionar estabilidad raquídea suficiente (Behm y Colado, 2012, Borghuis et al. 2008). Los factores ligados al control motor respecto a la capacidad muscular para garantizar una óptima estabilización es determinante ya que los ligamentos tienen un potencial limitado en la estabilización de la columna vertebral (Behm y Colado, 2012). De esta forma, la apropiada coordinación o control motor de la musculatura del *core* puede ser tanto o más importante que el nivel de activación o fortalecimiento muscular en sujetos que padecen DL.

Lee y McGill (2015) han podido concluir que los ejercicios de entrenamiento estáticos para la mejora de la estabilidad raquídea (*bird-dog*, *planchas*, etc.) son superiores para incrementar la *rigidez* estática del tronco que los ejercicios dinámicos (*curl-up*, extensiones de tronco, *crunch* con giro, etc.). Según los mismos autores del estudio, este hallazgo es importante por cuanto la mejora de la rigidez del tronco/core incrementa la capacidad de soportar cargas, contiene los micro-movimientos vertebrales dolorosos y mejora los movimientos balísticos distales de las extremidades.

Propuesta para el diseño de programas de readaptación funcional en DL.

Desde una perspectiva operativa la programación del entrenamiento atenderá a estructuras a corto y medio plazo (unidades de entrenamiento, microciclos y mesociclos respectivamente), (Heredia y Peña, 2016; Heredia et al., 2011; Heredia et al., 2014). Dichas estructuras operativas se establecerán partiendo de un modelo de planificación específico de programas de readaptación funcional (y por tanto no aplicables a otros contextos u objetivos) dividido en tres grandes fases (Heredia et al., 2014):

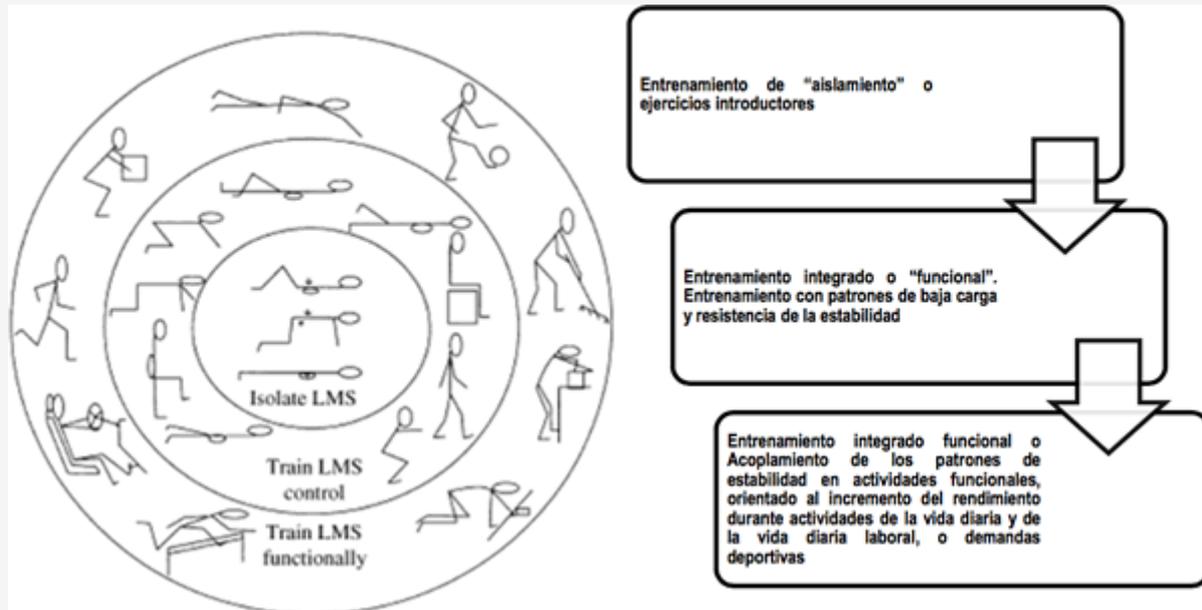


Figura 3. Propuesta de 3 fases en la rehabilitación lumbar basadas en aprendizaje motor a partir de O´Sullivan (2000)

Una de las principales limitaciones de esta propuesta surge de la dificultad para poder establecer la progresión en la misma. Esta limitación está en estrecha relación con las dificultades actuales para poder determinar de forma válida y fiable mediante un único (o varios) test de campo la capacidad de estabilización que posee el sujeto y con ello determinar la correcta progresión en estímulos y fases (Vera et al., 2015) Además hemos de considerar que dicha capacidad de estabilización será siempre dependiente del contexto, lo cual por tanto es una dificultad añadida a lo expuesto.

Fase I: Cognitiva

Esta primera etapa, al igual que ocurre en el resto, posee distintas denominaciones en función de los autores, aunque como también sucede en el resto de casos, los criterios generales son muy similares. Así autores como Liebenson (2003) la denominan etapa de “ejercicios introductorios (aislamiento)”, McGill (2008) “etapa de perfeccionamiento y corrección patrones motores y desarrollo estabilidad global”, Hodges (2003) y O´Sullivan (2006) o Hodges (2003) como fase “cognitiva”.

Aunque todos son muy adecuados y se ajustan perfectamente a los criterios y objetivos generales para esta etapa, nosotros consideramos apropiado el término utilizado por O´Sullivan (2006), ya que la implicación del sujeto es sumamente importante para lograr los objetivos. Coincidimos, igualmente con este autor en que el uso de retroalimentación obtenida de forma táctil-kinestésica o visual, es un paso necesario y básico para este proceso en fases iniciales.

Esta primera fase podría subdividirse en dos, dependiendo de la severidad y a partir del diagnóstico médico: una primera donde se produciría la movilización temprana protegida y que incluiría un periodo (lo más breve posible) de reposo, con utilización de terapias analgésicas y abordaje fisioterapéutico (todo ello llevado a cabo por especialistas en dichas áreas) y una segunda donde se progresa hacia el logro de los objetivos principales de dicha primera fase, una vez los profesionales sanitarios han dado su consentimiento. Incluso podríamos considerar que esta primera etapa el trabajo podría implicar cierta superposición e integración entre fisioterapeutas y especialistas en ejercicio físico.

En esta fase las estructuras intermedias y básicas de programación (mesociclos y microciclos) implican a sesiones específicas en la que se pueden incluir unidades de entrenamiento dirigidas a la mejora de la condición física general pero supeditadas al objetivo principal. La incorporación a actividades de acondicionamiento físico general quedarán relevadas al momento de no dolor, alta médica y limitadas en relación a tareas que requieran bajas demandas de estabilidad interna activa y proporcionen adecuados niveles de estabilidad externa pasiva, pero será importante reducir al mínimo la probable fase de “reposo” o inactividad establecida por los protocolos actuales. En cualquier caso los ejercicios se harán sin molestia ni dolor y no estarán propuestos, condicionados ni limitados por el nivel de acondicionamiento de los sujetos (Kolver & Beekhuizen, 2007), así como deben ser detectados los patrones disfuncionales y/o que puedan generar molestias o dolor (O´Sullivan, 2006)

La duración de esta fase es variable y estará en función de la capacidad del sujeto para adaptarse a los estímulos y poder, de esta forma, progresar hacia tareas más complejas que nos sitúen, incluso, en un momento de cierto solapamiento entre la fase I y la II, manteniendo un mínimo de estímulos de carácter básico y progresando hacia tareas más propias de un nivel más avanzado.

Entre los primeros objetivos estará el lograr que el sujeto active la musculatura “profunda” y además logre una adecuada capacidad de disociación y control lumbo-pelvico y lograr una lordosis fisiológica en cualquiera de las posiciones de carga (O´Sullivan 2006)



Imagen 1. Enseñanza de maniobra “abdominal hollowing”

Cuando la activación refleja de los músculos estabilizadores primarios o locales no se produce de manera automática, los intentos de aislar la activación del suelo pélvico, el TVA o los multifidos lumbares se asocian a menudo con la contracción de la pared abdominal, la contención de la respiración y el descenso del suelo pélvico (O´Sullivan, 2006)

Parece que existe también pudiera ser interesante el entrenamiento de la respiración diafragmática independientemente a la activación de los músculos transversos de la pared abdominal y del suelo pélvico (SP) (O´Sullivan, 2006)

El logro de la mejora del control postural básico en torno a una zona neutra a través del control de la región lumbo-pélvica de modo independiente al torax y las caderas, mejorando la movilidad de la región dorsal y coxo-femoral, son objetivos fundamentales en esta etapa (O´Sullivan, 2006). Muchas de estas tareas, en fases iniciales deben realizar en posiciones de baja carga raquídea (McGill, 2008)

De igual manera, a medida que se vaya progresando en la propuesta y variabilidad de tareas y a partir de la evaluación previa y la información del fisioterapeuta, se deberá atender a valorar posibles movimientos que puedan resultar molestos en su realización o bien en posibles conductas de anticipación o evitación del dolor (incrementos coactivación, alteración patrón, disminución ROM, etc.), que únicamente podrán detectarse en esta progresión y variabilidad de tareas sobre las

que se avanzarán en fases sucesivas (Indahl y Holm, 2008).

Entre los objetivos en esta fase consideraremos:

1. Aprendizaje de maniobras básicas de co-activación (Hollowing, Bracing, Lewit)
2. Mejora patrón ventilatorio-reentrenamiento respiratorio.
3. Mejora del control postural básico (aprendizaje posición de zona neutra)
4. Mejora de la movilidad cadera y raquis dorsal
5. Mejora resistencia muscular y fortalecimiento preferencial musculatura cadera y tronco
6. Mejora capacidad control y estabilización estática en tareas simples y lineales en todos los planos de movimiento.



Imagen 2. Ejercicio de control postural básico y mejora de control y estabilización en tareas simple y lineal.

Fase II: ASOCIATIVA

La segunda fase, es una etapa de cierta continuidad e incorporación de nuevos objetivos a medida que el sujeto progresa y se van produciendo las pertinentes adaptaciones.

La denominación, de igual forma que en la anterior etapa, varía según autores. Así, especialistas como McGill (2008) la denominan “etapa de aumento de resistencia y fuerza”, mientras que Liebenson (2004) la consideran como una “etapa de ejercicios analíticos funcionales (baja carga y resistencia estabilidad”, por su parte Hodges la denomina “fase automática (automatización)” y otros como O’Sullivan (2006) con quien de nuevo coincidimos, como fase “asociativa”.

En esta fase se intenta progresar en la capacidad para reproducir y perfeccionar ciertos patrones de movimiento en torno a una zona neutra, con adecuados niveles de coactivación, fundamentalmente en tareas estáticas y dinámicas simples. Además en esta fase el patrón incorrecto o doloroso debe haber sido ya no solo identificado (fase cognitiva), sino dividirse en componentes más simples que han de ser abordados en micro-progresiones para garantizar adecuadas estrategias de control y estabilización. Sin embargo, quizás deberíamos revisar las pautas tradicionales en este sentido y no realizar un número elevado de repeticiones al menos en las primeras fases (O’Sullivan, 2006). De igual manera se ha de progresar ya hacia mitad y final de esta fase en relación a tareas en bipedestación que permitan acciones secuenciales y/o combinadas de empuje y tracción en esta posición de bipedestación, incluso en apoyo unipodal, a alcanzar en la fase de integración (McGill, 2008)

Como ya ha sido comentado, en esta fase los criterios operativos son muy similares a la fase anterior pero hay importantes modificaciones en la estrategia relacionada con la metodología de entrenamiento y la selección y progresión de los ejercicios (ejercicios simples a combinados e incluso secuenciales de baja complejidad). Los niveles de actividades orientadas al acondicionamiento físico podrán ir progresando cuantitativa y cualitativamente, pero siguen estando supeditadas y limitadas por la inclusión de unidades de entrenamiento específicas para el objetivo de readaptación funcional.

Los objetivos a considerar en esta etapa, dando cierta continuidad a los de la etapa anterior serán:

- Mejora control y estabilidad tridimensional tronco.
- Mejora capacidad control y estabilización estática y dinámica en acciones combinadas de MMII y MMSS en todos los planos de movimiento.
- Mejora resistencia musculatura tronco

Fase III: INTEGRADORA

En torno a esta última fase, encontramos de nuevo cierta heterogeneidad en su denominación, pero no tanto en sus objetivos y criterios de desarrollo. Así O´Sullivan (2006) la denomina “fase autónoma”, mientras que Liebenson (2004) la establecen como una etapa de “ejercicios integrados funcionales con acoplamiento de los patrones de estabilidad en actividades funcionales orientadas al rendimiento deportivo o las actividades diarias” y otros como McGill (2008) la consideran como una “etapa para mejorar de la fuerza, potencia y agilidad”.

Por nuestra parte, atendiendo a los objetivos y como han sido desarrollados en la literatura, consideramos que es una fase “integradora”, donde se pretende alcanzar una cierta autonomía que permita desarrollar las tareas específica propias (del rendimiento deportivo y/o de las AVD y AVDL) con adecuados patrones de control y estabilidad con intensidades similares o ligeramente superiores a las requeridas por la especialidad deportiva o las tareas de la vida diaria y laboral.

Esto implicará intentar disminuir el foco atencional en la ejecución de la tarea y aumentar las demandas a nivel perceptivo mediante un mayor número, variedad y heterogeneidad en los estímulos planteados en una misma tarea, así como enfatizar la toma de decisiones a nivel perceptivo motor.

Es por ello que en esta fase el sujeto debe ser capaz de desarrollar sesiones de entrenamiento globales, por lo que el objetivo se modifica hacia el logro de progresos relacionados con la mejora de la condición física global como muestra de la recuperación de la funcionalidad respecto a su dolencia o patología.

Así, respecto a esta fase, los objetivos se orientan hacia:

- Mejora del control y estabilidad tridimensional del tronco.
- Mejora de la capacidad control y estabilización estática y dinámica en acciones combinadas de MMII y MMSS en todos los planos de movimiento.
- Mejora de la resistencia de la musculatura del tronco



CONCLUSIONES

Hemos visto la importancia del sistema de control motor, basado en la forma en que el SNC recibirá, tratará e interpretará las señales vía aferente por medio de los mecanorreceptores y demás sistemas sensoriales para generar respuestas adecuadas a nivel de activación muscular y garantizado unos niveles óptimos de estabilidad tanto a nivel estático como dinámico y atendiendo al control intersegmentario, postural, movimiento del tronco, control del centro de masas, respiración, etc (Brumagne, Hodges, Cholewicki, 2008). Este mecanismo parece no poseer adecuados niveles de control motor, presentando estrategias más limitadas y deficitarias que pueden ser un elemento que predisponga a la lesión o recurrencia. Por tanto el garantizar la consecución de una serie de objetivos relacionados con aspectos de control, estabilidad y resistencia parecen ser fundamentales respecto a la readaptación funcional en relación a tareas de las AVD/AVDL o actividades deportivas.

Es evidente que no todos los ejercicios y protocolos de entrenamiento del core serán válidos para el objetivo de reducir los síntomas del dolor y discapacidad provocados por el DL no específico en todo tipo de poblaciones. Pero desde un punto de vista teórico parece lógico considerar que una correcta intervención de entrenamiento pudiera ayudar a mejorar la inestabilidad raquídea y a restablecer la falta de coordinación/control motor que presentan muchos sujetos con DL crónico, y por tanto, mejorar su capacidad funcional y disminuir el dolor asociado. Esto hace que se asuma en general que un óptimo programa de entrenamiento tenga el potencial para recuperar la función muscular debilitada del tronco de sujetos con DL crónico y así mejorar la capacidad de controlar el complejo lumbo-pélvico, lo que aliviaría el mecanismo irritante y el dolor.

Sin embargo, aunque algunos estudios apunten hacia la efectividad de este tipo de intervenciones para mejorar el estado de sujetos con DL, aún no se conoce la mejor “dosis-respuesta” de ejercicio para cumplir este propósito (características de los ejercicios, duración o el número de repeticiones, etc.). Se necesita más investigación que se centre en estas cuestiones antes de realizar generalizaciones más precisas sobre del core-training para este objetivo. Además, la diversidad de ejercicios, dispositivos utilizados, y protocolos de entrenamiento del core presentados en los estudios de intervención dificulta poder comparar resultados entre sí (algunos estudios han utilizado el “método Pilates” u otros ejercicios de fortalecimiento de la musculatura del tronco, sin especificar los ejercicios y dosis de entrenamiento utilizados), todo lo cual hace ser cautos a la hora de generalizar y extrapolar los resultados en cuanto a la eficacia y/o superioridad/inferioridad del core-training frente a otras terapias y entrenamiento físicos.

La presente es una propuesta que muestra un criterio general. Los ejercicios deben ser adecuadamente adaptados y planteados en base a progresiones siguiendo los criterios generales establecidos en casa fase. El proceso deberá ser controlado y dirigido por un profesional de la Ciencias del Ejercicio (Licenciado/Graduado en Ciencias Actividad Física y Deporte o profesional cualificado y con competencias en el área).

REFERENCIAS

1. Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klaber-Moffett J, Kovacs F, et al. Chapter 4. (2006). European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J* 2006 Mar;15 Suppl 2:S192-300.
2. Arab AM, Behbahani RB, Lorestani L, Azari A. (2010). Assessment of pelvic floor muscle function in women with and without low back pain using transabdominal ultrasound. *Man Ther* 2010;15:235-39.
3. Barbado Murillo D (2014). Tesis doctoral: Análisis biomecánico de la estabilidad del tronco en función de la especialización y el rendimiento deportivo. *Departamento de Psicología de la Salud. Universidad Miguel Hernández de Elche (Alicante)*.
4. Behm DG y Colado JC. (2012). The effectiveness of resistance training Using unstable surfaces and devices for Rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther* 2012;7(2):226-41.
5. Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley P. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Appl Physiol Nutr Metab* 2010;35(1):91-108.
6. Bertozzi L, Gardenghi I, Turoni F, et al. (2013). Effect of therapeutic exercise on pain and disability in the management of chronic nonspecific neck pain: systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Phys Ther.* 2013; 93(8):1026-36.
7. Borghuis J, Hof AL, Lemmink KA. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Med* 2008;38(11):893-916.
8. Byström MG, Rasmussen-Barr E, Grooten WJA. (2013). Motor control exercises reduces pain and disability in chronic and recurrent low back pain: a meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013, 38:E350-8.
9. Campos Izquierdo, A. y Lalín Novoa, C. (2012). El licenciado en ciencias de la actividad física y del deporte como readaptador físico-deportivo / The graduate of physical activity and sport sciences as physical and sport readaptator. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 12 (45) pp. 93-109.*

10. Carter J, Beam W, McMahan S, and Barr M. (2005). Effects of stability ball training on spinal stability in those who work in sedentary occupations. *Med Sci Sports Exerc Suppl* 2005;37:177-78.
11. Carter JM, Beam WC, McMahan SG, Barr ML, and Brown LE. (2006). The effects of stability ball training on spinal stability in sedentary individuals. *J Strength Cond Res* 2006;20(2):429-35.
12. Chang WD, Lin HY, Lai PT. (2015). Core strength training for patients with chronic low back pain. *J Phys Ther Sci* 2015;27(3): 619-622.
13. Chou R, Huffman LH. (2007). Evaluation & Management of Low Back Pain: Evidence Review for the American Pain Society. *Oregon Evidence-based Practice Center. Oregon*
14. Chung S, Lee J, and Yoon J. (2007). Effects of Stabilization Exercise Using a Ball on Multifidus Cross-Sectional Area in Patients with Chronic Low Back Pain. *J Sports Sci Med* 2013;12:000-000. *Diccionario Real Academia de la Lengua Española*
15. Dillingham T. (1995). Evaluation and management of low backpain: and overview. *State of the Art Reviews* 1995;9(3):559-74.
16. Ferreira PH, Ferreira ML, Maher CG, Herbert RD, Refshauge K. (2006). Specific stabilisation exercise for spinal and pelvic pain: a systematic review. *Aust J Physiother* 2006, 52:79-88.
17. Goldby LJ, Moore AP, Doust J, & Trew ME. (2006). A randomized controlled trial investigating the efficiency of musculoskeletal physiotherapy on chronic low back disorder. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006 31(10), 1083-1093.
18. Hauggaard A, Persson AL. (2007). Specific spinal stabilisation exercises in patients with low back pain - a systematic review. *Phys Ther Rev* 2007, 12(3):233-248.
19. Hayden JA, van Tulder MW, Malvaara A, Koes BW. (2005). Exercise therapy for the treatment of non-specific low back pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2005, Jul 20; (3): CD00335.
20. Hayden JA, van Tulder MW, Tomlinson G. (2005). Systematic review: strategies for using exercise therapy to improve outcomes in chronic low back pain. *Ann Intern Med.* 2005; 142(9):776-85.
21. Heredia JR, Isidro F, Peña G, Mata F, Moral S, Martín M, Segarra V, Da Silva M. (2012). Criterios básicos para el diseño de programas de acondicionamiento neuromuscular saludable en centros de fitness. *EFDeportes. Año 17- Nº 170*.
22. Heredia JR, Peña G, Moral S (2011). Entrenamiento funcional en Sañudo B y García B (Coordinadores): Nuevas orientaciones para una actividad física saludable en centros de fitness. *Editorial Wanceulen*.
23. Heredia-Elvar, J.R.; Peña García-Oreo, G.; Mata Ordoñez, F.; Isidro Donate, F.; Martín, F.; Segarra, V.; Martín, M.; Edir Da Silva Grigoletto, M.E. (2014). Entrenamiento funcional y core: tópicos, mitos, evidencias y nuevas propuestas. *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires - Año 19 - Nº 194*
24. Heredia, JR (2013). Nuevas IV Simposio Internacional Entrenamiento de la Fuerza. *Instituto Nacional de Educación Física. Universidad Politécnica de Madrid. Libro Actas. INEF. Madrid*.
25. Heredia, JR; Isidro, F; Chulvi, I; Mata, F: (2011). Guía de ejercicios de fitness muscular. *Editorial Wanceulen*.
26. Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Manniche C: (2003). Low back pain: what is the long-term course? A review of studies of general patient populations. *Eur Spine J* 2003;12:149-165.
27. Hides, J. A., Jull, G. A., & Richardson, C. A. (1976). Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 200126(11), E243-248.
28. Hides, J. A., Jull, G. A., & Richardson, C. A. (1976). Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 200126(11), E243-248.
29. Hodges PW, Moseley GL, Gabrielson AH et al. (2003). Acute experimental pain changes postural recruitment of the trunk muscles in pain-free humans. *Experimental Brain research* 151: 262-271.
30. Hodges PW, Richardson CA: (1999). Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80:1005-1012.
31. Hodges PW, Richardson CA. (1998). Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J Spinal Disor* 1998;11(1):46-56.
32. Hodges PW, Richardson CA. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. *Spine* 1996;21(22):2640-50.
33. Huxel Bliven KC, Anderson BE: (2013). Core stability training for injury prevention. *Sports Health* 2013,5: 514-522.
34. Ikeda DM, McGill SM. (2012). Can altering motions, postures, and loads provide immediate low back pain relief: a study of 4 cases investigating spine load, posture, and stability. *Spine* 2012;37(23): E1469-E1475.
35. Javadian Y, Akbari M, Talebi GA, Taghipour-Darzi M, Janmohammadi N. (2015). Influence of core stability exercise on lumbar vertebral instability in patients presented with chronic low back pain; A randomized clinical trial. *Caspian J Intern Med* 2015;6(2):98-102.
36. Kay TM, Gross A, Goldsmith CH, Rutherford S, Voth S, Hoving JL, Brønfort G, Santaguida PL. (2012). Exercises for mechanical neck disorders. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012 Aug 15;8:CD004250. doi: 10.1002/14651858.CD004250.pub4.
37. Kolber, M.J., and Beekhuizen, K. Lumbar stabilization: (2007). An evidenced-based approach for the athlete with low back pain. *Strength Cond J* 2007;29(2):26-37.
38. Le, B., Davidson, B., Solomonow, D., Zhou, BH., Lu, Y., Patel, V. & Solomonow, M. (2009). Neuromuscular control of lumbar instability following static work of various loads. *Muscle & Nerve*, 39(1), 71-82.
39. Lee B, McGill S. (2015). The Effect of Long Term Isometric Training on Core/Torso Stiffness. *J Strength Cond Res* 2015 Mar 23. [Epub ahead of print]
40. Lee CW, Hwangbo K, Lee IS: (2014). The effects of combination patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation and ball exercise on pain and muscle activity of chronic low back pain patients. *J Phys Ther Sci*, 26: 93-96.
41. Liebenson, C. (2003). Manual de rehabilitación de la columna vertebral. *Barcelona: Paidotribo*.
42. Lloret, M. (1989). Criterios básicos de readaptación deportiva. *Apunts de Educación Física y deportes*, 26, 85-93.
43. Macedo LG, Maher CG, Latimer J, McAuley JH. (2009). Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Phys Ther* 2009, 89:9-25.

44. Marshall PW. and Murphy BA. (2006). Evaluation of functional and neuromuscular changes after exercise rehabilitation for low back pain using a Swiss ball: A pilot study. *J Manipul Physiol Therap* 2006;29(7):550-60.
45. Marshall PW. and Murphy BA. (2008). Muscle activation changes after exercise rehabilitation for chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89(7):1305-13.
46. May S, Johnson R. (2008). Stabilisation exercises for low back pain: a systematic review. *Physiotherapy*, 94(3):179-189.
47. McGill S. (2001). Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exer Sports Scien Rev* 2001;29(1):26-31.
48. McGill, S: La columna vertebral dolorosa e inestable: fundamento y método de reestabilización en Vleeming, A; Mooney, V; Soeckart, R (2008). Movimiento, estabilidad y dolor lumbopélvico. *Editorial Churchill Livingstone*.
49. Morey J. Kolber and Kristina Beekhuizen. (2007). Lumbar Stabilization: An Evidence-Based Approach for the Athlete with Low Back Pain. *Strength and Conditioning Journal*; 29(2):263-7
50. Moseley GL. Chronic pain and motor control In: Jull, G; Boyling J (2005). (eds) *Grievous modern manual therapy of the vertebral column. Churchill Livingstone*.
51. Moseley GL. (2004). Imagined movements cause pain and swelling in a patient with complex regional pain syndrome. *Neurology*; 62:1644
52. Moseley L. (2002). Combined physiotherapy and education is efficacious for chronic low back pain. *Australian Journal of Physiotherapy* 48(4), 297-302.
53. O'Sullivan, P.B. (2000). Lumbar segmental "instability": clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy*, 5(1), 2-12.
54. Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. (2003). *J Electromyogr Kinesiol* 2003;13(4): 371-379.
55. Pelletier, R.; Higgings, J; Bourbonnais, D (2015). Addressing Neuroplastic Changes in Distributed Areas of the Nervous System Associated With Chronic Musculoskeletal Disorders. *Phys Ther.* (11):1582-91. doi: 10.2522/ptj.20140575. Epub 2015 May 7.
56. Pérez Irazusta I, Alcorta Michelena I, Aguirre Lejarcegui G, Aristegi Racero G, Caso Martínez J, Esquisabel Martínez R, López de Goicoechea Fuentes AJ, Martínez Eguía B, Pérez Rico M, Pinedo Otaola S. Sainz de Rozas Aparicio R. (2007). Guía de Práctica Clínica sobre Lumbalgia Osakidetza. *GPC 2007/1. Vitoria-Gasteiz*.
57. Rackwitz B, de Bie R, Limm H, von Garnier K, Ewert T, Stucki G: (2006). Segmental stabilizing exercises and low back pain. *What is the evidence? A systematic review of randomized controlled trials. Clin Rehabil*, 20:553-567.
58. Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM, Patel TC. (2000). Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine* 2000;25(8):947-54.35.
59. Segarra, V., Heredia, J.R., Peña, G., Sampietro, M., Moyano, M., Mata, F., Isidro, F., Martín, F., Edir Da Silva Grigoletto, M.E. (2014). Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar. *Rev Bras Educ Fís Esporte, São Paulo*, 2014.
60. Segarra, V., Heredia, J.R., Peña, G., Sampietro, M., Moyano, M., Mata, F., Isidro, F., Martín, F., Edir Da Silva Grigoletto, M.E. (2014). Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar. *Rev Bras Educ Fís Esporte, São Paulo*, 2014.
61. Seguí Díaz, M y Gérvas, J. (2002). El dolor lumbar. *SEMERGEN* 2002;28(1):21-41
62. Shen Z, Tu Q, Liu C. (2009). The influence of swiss ball exercises on pain symptom and muscle strength in patients with protrusion of lumbar vertebral disc. *Chinese J Rehabil Med* 2009;24(12):1103-05.
63. Smith BE, Littlewood C, May S. (2014). An update of stabilisation exercises for low back pain: a systematic review with meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2014;15:416.
64. Taanila H, Suni J, Pihlajamäki H, Mattila VM, Ohrankämnen O, Vuorinen P, Parkkari J. (2009). Musculoskeletal disorders in physically active conscripts: a one-year follow-up study in the Finnish Defence Forces. *BMC musculoskeletal disorders* 2009;10(1), 89.
65. Thorstensson A, Carlson H. (1987). Fibre types in human lumbar back muscles. *Acta Physiol Scand* 1987;131(2):195-202.
66. Tsao H, Hodges PW. (2007). Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Exp Brain Res* 2007;181:537-46.
67. van Dieen JH, Cholewicki J, Radebold A. (2003). Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine* 2003; 23(8): 834 - 841.
68. Van Tulder M, Becker A, Bekkering T, Breen A, del Real MT, Hutchinson A, Koes B, Laerum E, Malmivaara A (2006). COST B13 Working Group on Guidelines for the Management of Acute Low Back Pain in Primary Care. *European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. Eur Spine J.* 2006;
69. Vera García, F.J; Barbado, F.D; Moreno, V; Hernández, Juan-Recio, C (2015). Core stability: evaluación y criterios para su entrenamiento. *Revista andaluza de medicina del deporte. Vol. 8, Nº. 3, 2015, págs. 130-137*
70. Vera-García FJ, Barbado D, Moreno-Pérez V, Hernández-Sánchez S, Juan-Recio C, Elvira JLL. Core stability. (2015). Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Rev Andal Med Deporte. [Article in press]*
71. Wang X-Q, Zheng J-J, Yu Z-W, Bi X, Lou S-J, et al. (2012). A Meta-Analysis of Core Stability Exercise versus General Exercise for Chronic Low Back Pain. *PLoS ONE* 7(12)
72. Wang XQ, Zheng JJ, Yu ZW, Bi X, Lou SJ, Liu J, Cai B, Hua YH, Wu M, Wei ML, ShenHM, Chen Y, Pan YJ, Xu GH, Chen PJ, Eldabe S. (2012). A meta-analysis of core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *PLoS One* 2012, 7:e52082.
73. Xia Bi, Jiangxia Zhao, Lei Zhao, Zhihao Liu, Jinming Zhang, Dan Sun, Lei Song and Yun Xia. (2013). Pelvic floor muscle exercise for chronic low back pain. *J Inter Med Res* 2013;0(0):1-7.