



MÁSTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD

Trabajo de Fin de Máster – Opción Profesional



El uso de la acelerometría integrada en smartphones para el control de la intensidad en los ejercicios de estabilidad del tronco en centros deportivos



Autor: Iñaki Moreno Moreno

Tutor: Casto Juan Recio

Máster en Rendimiento y Salud

Universidad de Miguel Hernández de Elche

Curso académico 2020-21

ÍNDICE:

1. Resumen.....	3
2. Información general del centro de prácticas	4
2.1 Ubicación del centro y análisis del contexto socio-cultural	4
2.2 Finalidades del centro y actividades que desarrolla.....	5
2.3 Instalaciones y recursos materiales.....	6
2.4 Características de los usuarios que asisten al centro	6
3. Periodo de observación	7
4. Introducción.....	10
5. Método.....	13
5.1 Participantes	13
5.2 Procedimiento	14
6. Procesamiento de datos.....	15
7. Análisis estadístico	16
8. Bibliografía	17
9. Anexos	21



1. Resumen

El dolor lumbar tiene una prevalencia y una importancia muy grande en nuestra sociedad, por su elevado coste socio-económico, así como por los trastornos psicológicos y disminución de la calidad de vida que genera en los pacientes a largo plazo. Las deficiencias en la estabilidad del tronco ha sido indicado como uno de los factores de riesgo importantes, entre los numerosos factores que se le asocian a esta patología. Los ejercicios de estabilidad del tronco son muy populares en los programas de entrenamiento tanto de los deportistas amateurs y profesionales ya que han sido relacionados con la mejora de la estabilidad del tronco y por consiguiente con la prevención del dolor lumbar. Sin embargo, los resultados de los programas de entrenamiento que incluyen este tipo de ejercicios no han sido siempre los esperados. La ausencia del control de la carga de los ejercicios, especialmente la intensidad, puede haber sido uno de los factores que ha incidido en esta circunstancia. Tradicionalmente, la progresión y control de la intensidad en los ejercicios de estabilización se ha realizado de forma subjetiva por los profesionales que prescriben este tipo de entrenamientos. Últimamente, la acelerometría integrada en smartphones se ha mostrado con una herramienta eficaz, fiable, fácil de usar y portable para controlar la intensidad de estos ejercicios. Además, podría ayudar en la evaluación inicial de los deportistas y su distribución en diferentes grupos de niveles, lo que podría ser de gran ayuda para los centros deportivos que ofrecen clases dirigidas grupales, lo que dificulta la individualización del entrenamiento para cada uno de los deportistas. El objetivo de este trabajo fue comprobar la utilidad de la acelerometría integrada en los smartphones para elaborar grupos de entrenamiento lo más homogéneos posibles y para individualizar la carga de entrenamiento de una forma más objetiva y óptima en las clases dirigidas grupales.

Palabras clave: Core stability, low back pain, training, rehabilitation, trunk postural control

2. Información general del centro de prácticas

2.1 Ubicación del centro y análisis del contexto socio-cultural

El centro seleccionado para realizar las prácticas profesionales es Ganasalud S.L Ejercicio terapéutico. Este centro deportivo se dedica principalmente al tratamiento de poblaciones de riesgo, tales como personas con obesidad, diabetes, de edades avanzadas y con patologías de distinto tipo, etc. Tiene dos centros, ambos situados en Alicante, uno situado en la calle Alemania nº3 y otro en la calle Maestro Latorre nº32.



El centro fue fundado por los Licenciados en Ciencias del Deporte y Actividad Física, Rubén Acame Rocamora y Francisco Bailén Gómez. Está situado en una buena ubicación, justo en pleno centro urbano, aunque de fácil acceso y sin problemas de aparcamiento, ya que justo enfrente hay un parking gratuito.

Como se puede observar en el gráfico poblacional de Alicante (Figura 1), municipio donde se encuentran los dos centros deportivos, la población está algo envejecida, concentrándose principalmente en las franjas de edad entre los 40 y 60 años. Estos grupos poblacionales son lo que constituyen un objetivo prioritario del propio centro, ya que este tipo de población suele ser más propensa a requerir ayuda terapéutica para el tratamiento de algunas enfermedades o lesiones crónicas relacionadas con la edad o la inactividad física.

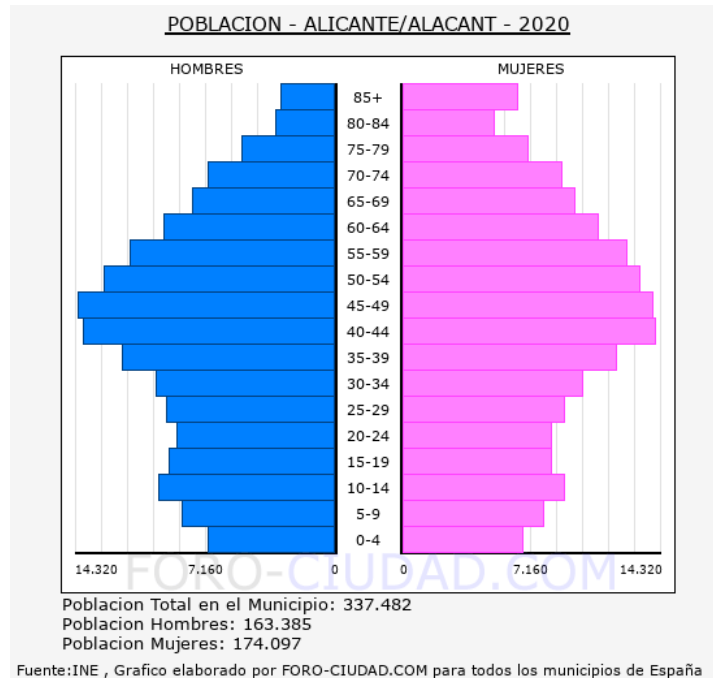


Figura 1. Pirámide de población de la ciudad de Alicante en 2020. Fuente: INE

2.2 Finalidades del centro y actividades que desarrolla

Como se ha comentado anteriormente, las sesiones impartidas en Ganasalud S.L se ofrecen principalmente a personas con algún tipo de patología, lesión o personas de avanzada edad, aunque también se ofertan sesiones para personas sanas sin patologías.

Los programas de entrenamiento pretenden ser lo más individualizados posibles, ya que desde un principio se trata de dividir a los nuevos clientes en grupos homogéneos, para poder tratar a las personas de una forma personalizada que les permita conseguir los objetivos planteados de una forma eficiente. No obstante, la falta de individualización y control del entrenamiento es una limitación que se observa frecuentemente en este tipo de centros deportivos que ofrecen clases dirigidas y grupales. Una vez los clientes son integrados en los diferentes grupos, el centro propone según sus necesidades y objetivos, clases enfocadas al ejercicio terapéutico o de salud articular. En las primeras se realizan actividades adaptadas a los objetivos del cliente, más enfocadas al trabajo cardiovascular y de fuerza, y en la segunda se hacen ejercicios en camilla, de pie o sentado (dependiendo de la persona) de movilidad articular, dirigidos fundamentalmente a aquellos clientes que tengan déficits notables que les dificulten la realización de actividades cotidianas o ejercicios básicos que proponga el centro en la clase de ejercicios terapéuticos.

Las sesiones de ejercicio terapéutico, las cuales se llevan a cabo en grupo reducidos de hasta 8 personas máximo, se suelen estructurar en circuitos y descansos activos en máquinas en las que se trabaja la coordinación, resistencia cardiovascular, fuerza y equilibrio. Mientras que en las sesiones de salud articular se trabajan los rangos de movimiento de las distintas articulaciones, además de pequeños trabajos de fuerza y coordinación. Ambas sesiones tienen una duración total de 50 minutos.

Posteriormente, y tras la semana de prueba, a cada cliente se le realiza una valoración funcional en la que se le hace un análisis de la composición corporal con bioimpedancia, se mide la altura, se le realiza un cuestionario sobre su historial médico y deportivo, un test de movilidad articular en camilla, una espirometría y un test de fuerza de prensión manual.

2.3 Instalaciones y recursos materiales

Las instalaciones del centro ocupan una superficie de 25x10 metros. El centro es pequeño y alberga al mismo tiempo 2 grupos de personas entre la clase de salud articular y la de ejercicio terapéutico. La sala principal y la más grande está destinada al ejercicio terapéutico, y la sala más pequeña donde se encuentran las camillas está reservada a la mejora de la salud articular. Los materiales empleados para conseguir los objetivos propuestos son fitballs, aros de prensión, pelotas de goma, mancuernas, steps, cajones pliométricos, espalderas, tapiz rodante, elíptica, bicicleta estática, TRX, bosu y bandas elásticas.

2.4 Características de los usuarios que asisten al centro

Las personas que principalmente acuden al centro atraídas por este tipo de programas y actividades son, como he comentado anteriormente, de mediana y avanzada edad (40-60 años), casi todas ellas con patologías previas o lesiones. No obstante, la franja de edad es muy amplia y comprende entre los 17 hasta los 93 años. Independientemente de esto, todos buscan un trato personal cercano, que en otros gimnasios más comerciales no

recibirían, lo que conllevaría muy posiblemente a una temprana desmotivación y baja adherencia al ejercicio físico.

Entre los principales objetivos que persiguen los clientes que acuden al centro, destacan el mantener o mejorar su estado de salud en relación a las patologías o lesiones que padecen, ganar masa muscular, perder grasa, etc. Como se puede comprobar todos los objetivos están relacionados con la salud y no con el rendimiento deportivo. En un gran porcentaje, estas personas residen en Alicante, y tienen una actitud muy positiva del centro cuando se les pregunta al respecto. Incluso hay personas que afirman que cuando faltan un día a su sesión, o se cancela por algún motivo, sienten que “les falta algo”.

En muchas ocasiones, estas personas buscan socializar a la vez que mejoran su salud y calidad de vida, por lo que se busca que las clases no sean aburridas, ni monótonas y mucho menos desagradables y con poca actitud por parte de los terapeutas deportivos. En definitiva, hay que destacar tanto la labor deportiva y social que ofrecen este tipo de centros, lo que les aporta una mejora tanto a nivel físico como psicológico.

3. Periodo de observación

Este periodo debería haber comenzado el 25 de enero de 2021, pero por la alta incidencia del COVID-19, y las medidas adoptadas por el gobierno de España, se cerraron temporalmente los centros deportivos. Cuando remitió la situación, el 24 de marzo, pude empezar las prácticas en el centro, y con ello mi periodo de observación.

Este periodo es fundamental en cualquier sector de trabajo, en el sentido de que para tener una mínima orientación y conocimientos prácticos a la hora de desempeñar tus funciones, es necesario observar el trabajo de otros profesionales en ese mismo contexto. Esto te permitirá conocer las metodologías y procesos a emplear con los clientes, uso adecuado del material, etc.

En mi caso, lo vi fundamental, ya que al tratar con personas que requerían una atención personalizada constante en cada ejercicio, hubiera sido muy complicado llevarlo a cabo, según qué situaciones, por mí mismo. Y si lo hubiera tenido que hacer, al principio hubiera sido muy poco eficiente. El trato con el cliente es fundamental, y ellos perciben si el servicio que les ofreces es fiable por parte tuya o no, dependiendo de si dudas al

hacer o explicar algo. Y esto nunca genera buenas sensaciones a nadie que paga por un servicio de calidad.

Desde el día 24 de marzo hasta el 16 de abril estuve observando cómo se realizaban las sesiones, cómo se preparaba el material y recogía para la siguiente clase, la metodología de trabajo, la distribución por grupos homogéneos y las adaptaciones que se realizan en función de cada persona y grupo, organización y programación de las actividades.

El protocolo de atención al cliente constaba de;

1º Recibimiento cordial e interés por las necesidades de la persona

2º Explicación del objeto del centro, formación actual de los profesionales y se le comenta la incorporación gratuita por unos días de prueba

3º Mostrarle las actividades que se realizan, basadas en literatura científica, con grupos de máximo 8 personas y que cuenta con una supervisión y adaptación constante

4º Se le enseña las instalaciones y el material

5º Una vez hecho todo lo anterior, se pasa a comentar las cuotas mensuales, se recogen los datos personas, se le pregunta la disponibilidad horaria y se procede a la valoración inicial cuando esté disponible

Se da mucha importancia también a la actitud verbal, formal y corporal que los terapeutas tengan en todo momento. La forma de hablar ha de ser calmada, con seguridad y con un lenguaje formal. Se debe mantener el contacto visual con el cliente con una mirada veraz y cercana, y dejar constancia de que no siempre el cliente tiene la razón tratando de explicar las cosas siempre con un trato educado y agradable. Por supuesto, también resulta fundamental aprender el nombre de todos los clientes para fomentar esa cercanía con los mismos, y vestir colores cálidos. Y por último, evitar hablar de temas políticos, religiosos, etc.

Las sesiones se organizan en función del material que haya y las personas que hayan asistido. En un principio se suele seguir el siguiente esquema:

En las sesiones terapéuticas se comienza con 5 min de calentamiento en máquinas de cardio, usando el step o escalera de coordinación. Se continua con un circuito de 4-5 ejercicios, al que se darán 2 o 3 vueltas y 3-4 min de cardio variando la intensidad del

esfuerzo (dependiendo del objetivo de la clase). Luego otras 2-3 vueltas a otro circuito complementario al primer circuito, en el sentido de que se suelen trabajar diferentes grupos musculares y la faja abdominal. Dependiendo del grupo se hará o no otros 3-4 min de cardio y finalmente una fase de estiramientos y movilidad articular.

En las sesiones de salud articular, se introduce la clase con 5 min de movilidad por articulación. Posteriormente, se continúa con los ejercicios globales en camilla, de pie o sentado (dependido de las personas) durante los siguientes 40 min, con el objetivo de trabajar el rango de movimiento y la fuerza de determinada musculatura estabilizadora, y en ocasiones ejercicios para mejorar la fuerza general con gomas, pelota, aros de presión, etc. y los últimos 5' se emplean para estiramientos pasivos, movilidad muy leve y respiraciones profundas.

Dicho esto, y con el paso de los días, observé que la individualización de los ejercicios se basaba en aumentar o disminuir la dificultad del ejercicio en función del feedback que el cliente les daba, pero no usaban ningún método objetivo, ni evaluación periódica para complementar y hacer más efectiva la individualización.

En el caso de los ejercicios de estabilización lumbar y abdominal, no se hacía prácticamente énfasis en fases isométricas. Y habiendo revisado la literatura, y comprobando que se pueden obtener resultados muy positivos con el uso de los mismos, empecé a organizar la propuesta práctica.

Teniendo en cuenta lo anterior, observé que podía ofrecer un método objetivo de medición en ejercicios de estabilización lumbo-pélvica mediante el uso de la acelerometría integrada en smartphone. Con esto lo que pretendo es brindar al centro un análisis objetivo de la dosis-respuesta de los ejercicios de este tipo que realicen en el centro, y poder distribuir a los clientes de una manera más objetiva en distintos grupos homogéneos, mejorando a su vez la selección de los ejercicios para cada uno de los grupos.

No obstante, en estas semanas comencé a plantear a qué sujetos iba a ir enfocada mi intervención relacionada con la mejora sintomática del dolor lumbar, ya que en los grupos había diversas personas con dolor lumbar, en ocasiones bastante heterogéneos en cuanto a la edad. Además, para preparar la intervención de una forma sistemática, busqué

revisiones sistemáticas y metaanálisis que me permitieran conocer qué es exactamente el dolor lumbar, cómo se produce y porqué.

Una vez recopilada esta información pasé a buscar artículos científicos, en su mayoría controlados y aleatorizados, que me permitieran saber los ejercicios y metodologías que se habían estado empleando en personas con este tipo de patología, para saber si estaban siendo efectivos o no, edad y características de los participantes, para aplicarla en este tipo de población en el centro.

A continuación, paso a describir el marco teórico en la que se fundamenta mi trabajo final de master y la metodología que se llevó a cabo para conseguir los objetivos propuestos.

4. Introducción

El dolor lumbar se define como una patología común e inhabilitante, comprendida entre la parte baja de las costillas y el comienzo de la zona glútea (Wieland et al., 2017). Se diagnostica en un 90% de los casos como inespecífico, y suele clasificarse como agudo (menos de 6 semanas), sub-agudo (6 semanas a 3 meses) y crónico (más de 3 meses) (Shamsi et al., 2016). El dolor lumbar puede acarrear un aumento del 13% de la mortalidad por año vivido en personas mayores, un estrés psicológico elevado y una calidad de vida disminuida (Wewege, et. al, 2018). El 33% de los casos suelen tener una recurrencia de síntomas durante el primer año, dando lugar a una condición crónica del dolor (Calatayud et al., 2020). Muchos casos acaban generando enormes costes económicos en sanidad, absentismo en el trabajo y por ende pérdida de productividad del país (Alzahrani et al., 2019).

Esta dolencia tiene una etiología compleja, la mayoría de casos son de origen desconocido y clasificados como no específicos, en cambio hay una minoría de casos asociados con radiculopatías o estenosis espinal (Wieland et al., 2017). Los principales factores de riesgo asociados a la lumbalgia han sido los siguientes (Gutierrez et al., 2001): antecedentes de lumbalgia, aptitud física global insuficiente, hábito tabáquico, poco desarrollo de musculatura dorsal y resistencia al levantamiento de pesos (riesgo elevado), principalmente los esfuerzos repetidos con cargas a altas velocidades, ya que se asocian con un riesgo elevado de padecer dolor lumbar. Influye, por tanto, la carga a movilizar y cómo se moviliza, el número de repeticiones, la velocidad a la que se muevan y si hay un

adecuado descanso en estos esfuerzos (Bauer et al., 2019). Otros factores de riesgo podrían ser la espondiloartrosis, espondilolistesis, escoliosis, hiperelasticidad articular y debilidad muscular abdominal (riesgo moderado); estatura y sobrepeso (riesgo bajo) y edad (riesgo no predictivo) (Gutierrez et al., 2001). La edad es otro factor importante, en el sentido de que la recuperación tras hacer esfuerzos es cada vez menor, y se requiere de más tiempo para llevarla a cabo. Por ello, es posible que el dolor lumbar se cronifique a edades adultas (Nascimento et al., 2019). Por otra parte, y como agravante de esta situación, las personas con dolor lumbar suelen modificar sus patrones de movimiento para intentar aliviar dicha dolencia provocando en muchas ocasiones patrones locomotores aberrantes (Letafatkar et al., 2017). Muchas personas tienden a paliar los síntomas con fármacos (NSAIDs, opioides, etc.) que a medio y largo plazo pueden tener efectos adversos sobre la salud (Migliorini et al., 2021).

Las personas que tienen dolor crónico muscular, normalmente presentan bajos niveles de condición física. En este sentido, se ha relacionado las deficiencias en la resistencia de la musculatura del tronco (Biering-Sorensen, 1984), los desequilibrios en dicha musculatura (i.e. flexores vs extensores y/o inclinadores lado derecho vs inclinadores lado izquierdo) (McGill, 2007) con una mayor predisposición a sufrir dolor lumbar. Así mismo, otro de los posibles factores que han sido señalados como importantes en la aparición del síndrome de dolor lumbar es la deficiencia en la estabilidad de la zona central del cuerpo o *core stability* (concepto muy de moda principalmente en el fitness y en la medicina del deporte). En este sentido, los ejercicios para la mejora de la estabilidad del tronco son ampliamente utilizados en distintos programas de salud y rehabilitación tanto para la prevención como para el tratamiento del síndrome del dolor lumbar. La mayoría de los ejercicios de estabilidad del tronco, como los ejercicios de puentes (frontal, dorsal y lateral) consisten en mantener diferentes posturas de forma isométrica contra la gravedad en decúbito prono, supino o lateral que desafían la capacidad de los participantes para mantener una posición lumbopélvica neutra (Barbado et al., 2018; Vera-García et al., 2014, 2020). El nivel de dificultad de estos ejercicios, es decir, el desafío de control postural lumbopélvico que se impone a los deportistas o pacientes, se ha relacionado con la intensidad del ejercicio (Barbado et al., 2018) y se ha modulado según el criterio de las personas que seleccionan y prescriben los ejercicios. La activación muscular principal de estos ejercicios, se produce principalmente en los flexores de tronco y cadera en el puente frontal, musculatura inclinadora en el puente lateral extensores de tronco y cadera en el

puente dorsal. Aunque, hay que destacar que, estos patrones de activación pueden cambiar si se modifica la técnica del ejercicio (superficies inestables, levantar un brazo/pierna, etc.) y aumentar la coactivación muscular (Vera-Garcia et al., 2020). Esta activación muscular se ha medido mediante electromiografía de superficie y se ha utilizado tradicionalmente para describir la intensidad de la actividad muscular del tronco durante estos ejercicios de estabilización. (Calatayud et al., 2017; García-Vaquero et al., 2012).

Aunque la intensidad es una de las principales características de los programas de entrenamiento, no existe una información precisa sobre cómo controlar y gestionar la intensidad de los ejercicios de estabilidad del tronco ni en la literatura científica (Cabanas-Valdés et al., 2016; Prieske et al., 2016) ni en el ámbito práctico. Por ejemplo, una de las dificultades que se observa en el ámbito del fitness, entrenamiento y rehabilitación es establecer si la intensidad de ejercicio prescrita es apropiada para el nivel del participante, así como determinar, después de un cierto número de sesiones de entrenamiento, si los ejercicios son lo suficientemente desafiantes para el participante o si es necesario progresar hacia otros más intensos.

Hoy en día, la selección de la intensidad del ejercicio y su progresión en los centros deportivos se realiza normalmente en función de la experiencia y criterios de los profesionales que desarrollan y aplican los programas de entrenamiento en lugar de criterios objetivos y valoraciones individuales de la estabilidad del tronco (Cabanas-Valdés et al., 2016; Doğanay et al., 2020; Fox et al., 2016; Prieske et al., 2016).

Por lo tanto, teniendo en cuenta que el control e individualización de la carga puede suponer la mejora o no del cliente en términos de salud y rendimiento parece necesario buscar métodos que permitan una cuantificación objetiva. En este sentido, la acelerometría se presenta como una técnica útil y accesible para cuantificar y controlar objetivamente la intensidad de estos ejercicios en diferentes contextos (por ejemplo, clínicos, deportivos y de investigación) considerando el bajo coste, portabilidad, facilidad de uso y fiabilidad de los acelerómetros integrados en los smartphones (Barbado et al., 2018; Guillén-Rogel et al., 2019). (Barbado, et al., 2018).

Como se ha comentado previamente, la individualización de los programas es un aspecto esencial del entrenamiento, que cobra aún más importancias en personas que se están recuperando de alguna patología como el dolor lumbar, ya que cada paciente puede

reaccionar distinto a un tratamiento concreto dependiendo de la fase en que se encuentre de dolor (Nascimento et al., 2019). La realidad es que en los centros deportivos donde se imparten clases dirigidas grupales con pacientes con distintas patologías y/o condición física, resulta muy difícil individualizar el entrenamiento para cada deportista. La valoración objetiva mediante la acelerometría puede ser una buena herramienta para homogeneizar aún más los grupos de entrenamiento, estableciendo dos o tres niveles (i.e. iniciación, medio, avanzado) dentro de los mismos y adaptando los ejercicios según los diferentes niveles. Además, teniendo en cuenta que no existen evidencias sólidas de la intensidad adecuada para cada individuo (Alzahrani et al., 2019) en el tratamiento del dolor lumbar, la cuantificación de la carga de entrenamiento podría aportarnos información valiosa acerca de la dosis-respuesta de este tipo de ejercicios.

El objetivo de este trabajo es aportar al centro de prácticas una herramienta útil para medir de manera objetiva la carga de entrenamiento y la dosis-respuesta de los ejercicios de estabilización mediante el uso de la acelerometría. Esta metodología nos permitirá individualizar la carga de una manera más óptima mediante el establecimiento de diferentes niveles de condición física, así como seleccionar los ejercicios que supongan una carga óptima para cada paciente lo que podría ayudar a mejorar la sintomatología de personas con dolor lumbar.

5. Método

5.1 Participantes

En este estudio participaron 5 hombres (edad: 59.6 ± 6.3 ; altura: 175 ± 2.4 ; peso: 70.4 ± 6.4) y 9 mujeres voluntarios (edad: 42.4 ± 19.2 ; altura: 166 ± 3.7 ; peso: 54.4 ± 9.6). Todos los participantes, tenían una frecuencia semanal de entrenamiento de 2 días, excepto una persona que únicamente asistía al centro 1 vez por semana, con unas edades comprendidas entre los 23 y los 65 años. Para este estudio, se incluyeron personas sanas y personas con dolor lumbar de distinta etiología (ocho y seis personas, respectivamente). Se excluyeron del estudio a personas con otros tipos de dolencias o patologías. El trabajo se realizó con la aprobación del centro de prácticas y bajo la supervisión de mi tutor profesional.

5.2 Procedimiento

Los participantes cumplimentaron un cuestionario escrito sobre dolor lumbar, Roland–Morris Disability Questionnaire (RMDQ) (Anexo 1) empleado en el estudio de Areudomwong et al., 2017, para poder categorizarlos a posteriori en 2 grupos: Dolor Lumbar (DL) y No Dolor Lumbar (NDL) y otro cuestionario sobre su historial médico y deportivo (Anexo 2). Para evaluar la fiabilidad de los datos y minimizar el efecto de aprendizaje, los participantes completaron 2 sesiones de evaluación o test (25 minutos cada una), con una semana de descanso entre ellas, y realizadas en el centro deportivo. En cada sesión, los participantes realizaron 3 variantes de los puentes frontal y lateral, y 4 variantes del puente dorsal (Figura 2). Para los ejercicios de estabilización se utilizó variaciones en la brazo de resistencia y en el número de apoyos y en el puente dorsal, además se utilizaron plataformas inestables (i.e. BOSU™ balance trainer).

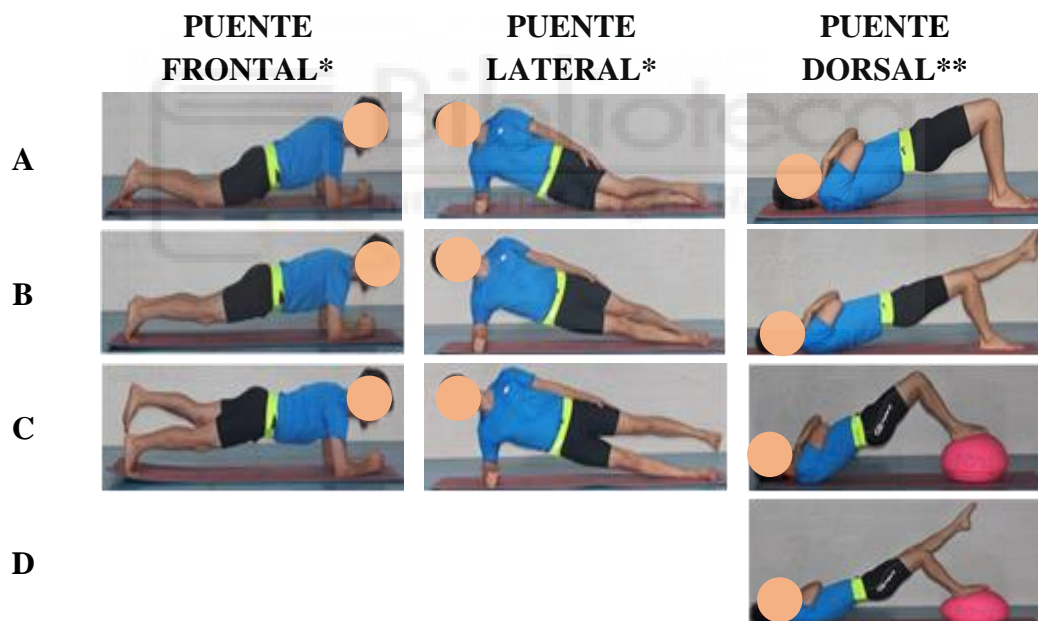


Figura 2: *A) Puente frontal corto, B) Puente frontal largo, C) Puente frontal largo unipodal; **A) Puente lateral corto, B) Puente lateral largo, C) Puente lateral largo unipodal; ***A) Puente dorsal, B) Puente dorsal unipodal, C) Puente dorsal sobre superficie inestable, D) Puente dorsal unipodal sobre superficie inestable. Todas las variantes realizadas con una pierna, se realizaron con la pierna dominante en apoyo. Imágenes originales de Pau Miralles Pascual (2017). Establecimiento de valores criterio en base a la acelerometría integrada en smartphones para aplicar el nivel óptimo de carga en el entrenamiento del core stability. Recuperado de <http://193.147.134.18/bitstream/11000/4354/1/TFM%20Miralles%20Pascual%2c%20Pau%20.pdf>

Para analizar el control postural, las aceleraciones lineales de la pelvis se midieron con un acelerómetro de 3 ejes y una frecuencia de 220 Hz integrado en el Smartphone utilizado (Sony Xperia XA2 Ultra, 2016, USA), usando una aplicación móvil gratuita (Accelerometer Analyzer, Mobile Tools, Poland), de la cual fue eliminada la gravedad de la tierra. Para fijar el Smartphone al lado dominante de la pelvis de los sujetos, se utilizó un cinturón ajustable, situado entre la cresta ilíaca y el trocánter mayor. Esta posición anatómica fue elegida para minimizar al máximo los movimientos causados por la contracción muscular. Y para controlar este acelerómetro y no interferir durante la ejecución de los ejercicios, se empleó un software gratuito (TeamViewer QuickSupport, TeamViewer, Germany) para ordenadores, el cual permite el control remoto del Smartphone en todo momento. Este ordenador se empleó también para guardar la información obtenida en los distintos ejercicios.

Antes de realizar los tests, todos los participantes realizaron un calentamiento, que consistía en 8 repeticiones de los siguientes ejercicios: Cat-camel, rotaciones de columna en posición de cuadrupedia, crunch modificado de McGill y bird-dog. Durante la realización del test, todos los ejercicios estuvieron supervisados para mantener en todo momento la neutralidad en la pelvis y una técnica correcta. Cada ejercicio se realizó durante 12 segundos, con un descanso de 60 segundos entre cada ejercicio. El orden de los ejercicios fue el mismo para todos los participantes (puente frontal, puente dorsal y puente lateral).

6. Procesamiento de datos

La señal del acelerómetro proveniente del Smartphone fue filtrada a 10Hz (4th-order, zero-phase-lag, Butterworth) y la aceleración media fue calculada con el promedio de la aceleración de las 3 variantes en el puente frontal y lateral y de las 4 variantes en el puente frontal obtenida en la segunda sesión. Las variables de la aceleración fueron calculadas con un software “ad hoc”, desarrollado por el grupo de investigación de la Universidad Miguel Hernández de Elche, LabView 9.0 environment (National Instruments, USA).

7. Análisis estadístico

Los datos descriptivos de cada variable fueron presentados mediante la media y desviación estándar. La distribución normal de los datos fue confirmada con la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Para analizar la fiabilidad relativa y absoluta, el coeficiente de correlación intraclase (ICC) y el error estándar de medida (SEM) fueron calculados, respectivamente. Los valores del ICC fueron interpretados acorde a los siguientes criterios: Excelente (0.90-1.00), Muy Bueno (0.70-0.89), Bueno (0.50-0.69), Bajo (<0.50). El SEM fue calculado como la desviación estándar de la diferencia entre las dos sesiones divididas entre $\sqrt{2}$. Este método fue empleado para reducir el impacto de la heterogeneidad de la muestra y la influencia del error sistemático. El SEM se expresó en valores absolutos y en porcentajes para facilitar la extrapolación de los datos. Los límites de los intervalos de confianza fueron calculados al 95% tanto para el ICC como para el SEM.

Los análisis de fiabilidad fueron llevados a cabo con los 14 participantes en el estudio. No obstante, hubo participantes que no llevaron a cabo todas las repeticiones.

Para establecer los tres niveles en los grupos (iniciación, medio y avanzado) se realizó una distribución de frecuencias agrupadas, procedimiento que consiste en agrupar los valores por intervalos con la misma amplitud, denominados clases. A cada clase se le asignó la frecuencia correspondiente, con un límite superior y uno inferior, que delimitan la amplitud de la clase.

Finalmente, para analizar las posibles relaciones entre los diferentes grupos se utilizó un ANOVA de un factor inter-grupo (dolor lumbar y no dolor lumbar), dentro del software SPSS (versión 26, SPSS Chicago, Illinois, USA).

8. Bibliografía

Alzahrani, H., Mackey, M., Stamatakis, E., Zadro, J. R., & Shirley, D. (2019). The association between physical activity and low back pain: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Scientific Reports*, 9(1), 8244. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44664-8>

Areudomwong, P., Wongrat, W., Neammesri, N., & Thongsakul, T. (2017). A randomized controlled trial on the long-term effects of proprioceptive neuromuscular facilitation training, on pain-related outcomes and back muscle activity, in patients with chronic low back pain. *Musculoskeletal Care*, 15(3), 218–229. <https://doi.org/10.1002/msc.1165>

Barbado, D., Irlés-Vidal, B., Prat-Luri, A., García-Vaquero, M. P., & Vera-García, F. J. (2018). Training intensity quantification of core stability exercises based on a smartphone accelerometer. *PLoS ONE*, 13(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208262>

Bauer, C., Kankaanpää, M., Meichtry, A., Rissanen, S., & Suni, J. (2019). Efficacy of six months neuromuscular exercise on lumbar movement variability – A randomized controlled trial. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 48, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.06.008>

Biering-Sørensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*. 1984 Mar;9(2):106-119. DOI: 10.1097/00007632-198403000-00002

Cabanas-Valdés, R., Bagur-Calafat, C., Girabent-Farrés, M., Caballero-Gómez, F. M., Hernández-Valiño, M., & Urrútia Cuchí, G. (2016). The effect of additional core stability exercises on improving dynamic sitting balance and trunk control for subacute stroke patients: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 30(10), 1024-1033. <https://doi.org/10.1177/0269215515609414>

Calatayud, J., Casaña, J., Martín, F., Jakobsen, M. D., Colado, J. C., Gargallo, P., Juegas, Á., Muñoz, V., & Andersen, L. L. (2017). Trunk muscle activity during different variations of the supine plank exercise. *Musculoskeletal Science & Practice*, 28, 54-58. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2017.01.011>

Calatayud, J., Guzmán-González, B., Andersen, L. L., Cruz-Montecinos, C., Morell, M. T., Roldán, R., ... Casaña, J. (2020). Effectiveness of a group-based progressive strength training in primary care to improve the recurrence of low back pain exacerbations and function: A randomised trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228326>

Doğanay, M., Bingül, B. M., & Álvarez-García, C. (2020). Effect of core training on speed, quickness and agility in young male football players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(9), 1240-1246. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10999-X>

Fox, E. E., Hough, A. D., Creanor, S., Gear, M., & Freeman, J. A. (2016). Effects of Pilates-Based Core Stability Training in Ambulant People With Multiple Sclerosis: Multicenter, Assessor-Blinded, Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 96(8), 1170-1178. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150166>

García-Vaquero, M. P., Moreside, J. M., Brontons-Gil, E., Peco-González, N., & Vera-García, F. J. (2012). Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 22(3), 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.02.017>

Guillén-Rogel, P., Franco-Escudero, C., & Marín, P. J. (2019). Test-retest reliability of a smartphone app for measuring core stability for two dynamic exercises. *PeerJ*, 7, e7485. <https://doi.org/10.7717/peerj.7485>

Gutiérrez Rubio A., Del Barrio Mendoza A., Ruiz Frutos C. (2001). Factores de riesgo y patología lumbar ocupacional. *MAPFRE MEDICINA*, 12(3): 204-213

Letafatkar, A., Nazarzadeh, M., Hadadnezhad, M., & Farivar, N. (2017). The efficacy of a HUBER exercise system mediated sensorimotor training protocol on proprioceptive system, lumbar movement control and quality of life in patients with chronic non-specific low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(4), 767–778. <https://doi.org/10.3233/BMR-150404>

McGill, S. (2007). Low back disorders: Evidence-based prevention and rehabilitation. Champaign, IL: *Human Kinetics*.

Migliorini, F., Maffulli, N., Eschweiler, J., Betsch, M., Catalano, G., Driessen, A., ... Baroncini, A. (2021). The pharmacological management of chronic lower back pain. *Expert Opinion on Pharmacotherapy*, 22(1), 109–119. <https://doi.org/10.1080/14656566.2020.1817384>

Nascimento, P. R. C. do, Costa, L. O. P., Araujo, A. C., Poitras, S., & Bilodeau, M. (2019). Effectiveness of interventions for non-specific low back pain in older adults. A systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*, 105(2), 147–162. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2018.11.004>

Oliveira, C. B., Franco, M. R., Maher, C. G., Christine Lin, C.-W., Morelhão, P. K., Araújo, A. C., ... Pinto, R. Z. (2016). Physical Activity Interventions for Increasing Objectively Measured Physical Activity Levels in Patients With Chronic Musculoskeletal Pain: A Systematic Review. *Arthritis Care & Research*, 68(12), 1832–1842. <https://doi.org/10.1002/acr.22919>

Prieske, O., Muehlbauer, T., Borde, R., Gube, M., Bruhn, S., Behm, D. G., & Granacher, U. (2016). Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(1), 48-56. <https://doi.org/10.1111/sms.12403>

Shamsi, M. B., Rezaei, M., Zamanlou, M., Sadeghi, M., & Pourahmadi, M. R. (2016). Does core stability exercise improve lumbopelvic stability (through endurance tests) more than general exercise in chronic low back pain? A quasi-randomized controlled trial. *Physiotherapy Theory and Practice*, 32(3), 171–178. <https://doi.org/10.3109/09593985.2015.1117550>

Vera-Garcia, F. J., Barbado, D., Moya, M., Vera-Garcia, F. J., Barbado, D., & Moya, M. (2014). Trunk stabilization exercises for healthy individuals. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(2), 200-211. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n2p200>

Vera-Garcia, F. J., Irlés-Vidal, B., Prat-Luri, A., García-Vaquero, M. P., Barbado, D., & Juan-Recio, C. (2020). Progressions of core stabilization exercises based on postural control challenge assessment. *European Journal of Applied Physiology*, 120(3), 567–577. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04313-9>

Wewege, M. A., Booth, J., & Parmenter, B. J. (2018). Aerobic vs. resistance exercise for chronic non-specific low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 31(5), 889–899. <https://doi.org/10.3233/BMR-170920>

Wieland, L. S., Skoetz, N., Pilkington, K., Vempati, R., D'Adamo, C. R., & Berman, B. M. (2017). Yoga treatment for chronic non-specific low back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. *Published*. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd010671.pub2>



9. Anexos

Anexo 1. Cuestionario de la Escala de Roland-Morris (RMQD)

ESCALA DE ROLAND-MORRIS

© Fundación Kovacs. La utilización de la versión española de la escala de Roland-Morris es libre para su uso clínico. No obstante, debe indicar que su copyright pertenece a la Fundación Kovacs y para cualquier otro fin debe citar la referencia de su publicación (Kovacs FM, Llobera J, Gil del Real MT, Abraira V, Gestoso M, Fernández C and the Kovacs-Atención Primaria Group. Validation of the Spanish version of the Roland Morris Questionnaire. *Spine* 2002;27:538-542)

Cuando le duele la espalda, 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 seguro de que describe cómo se encuentra usted hoy.

- 1.- Me quedo en casa la mayor parte del tiempo por mi dolor de espalda.
- 2.- Cambio de postura con frecuencia para intentar aliviar la espalda.
- 3.- Debido a mi espalda, camino más lentamente de lo normal.
- 4.- Debido a mi espalda, no puedo hacer ninguna de las faenas que habitualmente hago en casa.
- 5.- Por mi espalda, uso el pasamanos para subir escaleras.
- 6.- A causa de mi espalda, debo acostarme más a menudo para descansar.
- 7.- Debido a mi espalda, necesito agarrarme a algo para levantarme de los sillones o sofás.
- 8.- Por culpa de mi espalda, pido a los demás que me hagan las cosas.
- 9.- Me visto más lentamente de lo normal a causa de mi espalda.
- 10.- A causa de mi espalda, sólo me quedo de pie durante cortos períodos de tiempo.
- 11.- A causa de mi espalda, procuro evitar inclinarme o arrodillarme.
- 12.- Me cuesta levantarme de una silla por culpa de mi espalda.
- 13.- Me duele la espalda casi siempre.

- 14.- Me cuesta darme la vuelta en la cama por culpa de mi espalda.
- 15.- Debido a mi dolor de espalda, no tengo mucho apetito.
- 16.- Me cuesta ponerme los calcetines - o medias - por mi dolor de espalda.
- 17.- Debido a mi dolor de espalda, tan solo ando distancias cortas.
- 18.- Duermo peor debido a mi espalda.
- 19.- Por mi dolor de espalda, deben ayudarme a vestirme.
- 20.- Estoy casi todo el día sentado a causa de mi espalda.
- 21.- Evito hacer trabajos pesados en casa, por culpa de mi espalda.
- 22.- Por mi dolor de espalda, estoy más irritable y de peor humor de lo normal.
- 23.- A causa de mi espalda, subo las escaleras más lentamente de lo normal.
- 24.- Me quedo casi constantemente en la cama por mi espalda.



Anexo 2. CUESTIONARIO SOBRE HÁBITOS DEPORTIVOS E HISTORIAL CLÍNICO

DATOS DEL PARTICIPANTE:

Apellidos: **Nombre:**
Fecha de nacimiento: **Edad:**
Teléfono: **E-mail:**

DATOS ANTROPOMÉTRICOS:

Altura: **Peso:**

HISTORIAL CLÍNICO:

SÍ NO

1. ¿Cirugía abdominal?

SÍ NO

2. ¿Hernia inguinal?

SÍ NO

3. ¿Dolor de espalda agudo o crónico (lumbar, dorsal o cervical)?

En caso afirmativo especificar la región afectada y la fecha de la última crisis:

.....

LESIONES DEPORTIVAS/MUSCULARES:

	Localización	Nº de veces	Temporada
1.			
2.			
3.			

EJERCICIO COMPLEMENTARIO DE ACONDICIONAMIENTO:

¿Practicas algún tipo de deporte federado? ¿Cuál?:

- Frecuencia (días/semana):
- Duración de las sesiones (horas/sesión):
- ¿Desde hace cuánto tiempo llevas realizando todo esto?:

¿Practicas algún tipo de deporte de forma no federada? ¿Cuál/Cuáles?:

Deporte 1:

- Frecuencia (días/semana):
- Duración de las sesiones (horas/sesión):
- ¿Desde hace cuánto tiempo llevas realizando todo esto?:

Deporte 2:

- Frecuencia (días/semana):
- Duración de las sesiones (horas/sesión):
- ¿Desde hace cuánto tiempo llevas realizando todo esto?:

Deporte 3:

- Frecuencia (días/semana):
- Duración de las sesiones (horas/sesión):
- ¿Desde hace cuánto tiempo llevas realizando todo esto?:

¿Realizas ejercicio físico (musculación, abdominales, lumbares, estiramientos, etc.) de forma regular o estructurada? ¿Qué tipo de ejercicio físico?

- Frecuencia (días/semana):
- Duración de las sesiones (horas/sesión):
- ¿Desde hace cuánto tiempo llevas realizando todo esto?

En el caso de que actualmente no realices ningún tipo de ejercicio físico estructurado y de que no practiques ningún deporte, pero que sí lo hayas realizado anteriormente, indica:

- Tipo de actividad o deporte realizado:
- Frecuencia (días/semana):
- Duración de las sesiones (horas/sesión):
- ¿Durante cuánto tiempo realizaste todo esto?:
- ¿Cuándo hace que dejaste de realizar todo esto?:

Observaciones de interés:

FIRMA DEL PARTICIPANTE

Fecha:

.....