

Universidad San Jorge
Facultad de Ciencias de la Salud
Grado de Fisioterapia

Proyecto Final

**Intervención fisioterapéutica con realidad
virtual en adolescentes con escoliosis
idiopática: protocolo de investigación para
ensayo controlado aleatorizado.**

Autor del proyecto: Mario Puyó Acón

Director del proyecto: Raquel Lafuente Ureta

Zaragoza, 16 de mayo de 2022




Este trabajo constituye parte de mi candidatura para la obtención del título de Grado en Fisioterapia de la Universidad San Jorge y no ha sido entregado previamente (o simultáneamente) para la obtención de cualquier otro título.

Este documento es el resultado de mi propio trabajo, excepto donde de otra manera esté indicado y referido.

Doy mi consentimiento para que se archive este trabajo en la biblioteca universitaria de Universidad San Jorge, donde se puede facilitar su consulta.

Firma:



Fecha:

16 DE MAYO DE 2022

Se lo dedico a mis padres y a mi familia, que han permitido que alcance uno de mis principales objetivos a nivel personal. También a mi pareja, María, por ser un pilar tan necesario durante estos años.

Gracias a los compañeros que me ha permitido descubrir esta etapa en la Universidad, por acompañarme en esta experiencia que nos une. Y en especial a mis amigos de Jaca, por sus consejos y apoyo incondicional desde la infancia.

También agradecer a los docentes por todo lo enseñado y a mi tutora Raquel Lafuente Ureta por guiarme para buscar soluciones en el momento adecuado.

¡Gracias!

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	3
1. TÍTULO DEL PROYECTO	4
2. INTRODUCCIÓN	4
2.1. Etiopatogenia y etiología	4
2.2. Progresión de la curva.....	5
2.3. Instituciones oficiales	5
2.4. Intervenciones.....	5
2.5. Justificación.....	6
2.6. Hipótesis	7
2.7. Objetivos.....	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
3.1. Diseño del estudio	7
3.2. Criterios de selección	10
3.3. Variables evaluadas	10
3.3.1. Variable principal	10
3.3.2. Variables secundarias.....	11
3.4. Intervención	12
3.4.1. Grupo control	13
3.4.2. Grupo experimental	14
3.5. Cálculo del tamaño muestral.....	15
3.6. Aleatorización y cegamiento	16
3.7. Análisis estadístico	16
3.8. Efectos adversos.....	16
3.9. Fases del protocolo	17
4. DISCUSIÓN	18
5. LIMITACIONES Y FORTALEZAS.....	19
6. CONCLUSIÓN	20
7. BIBLIOGRAFÍA.....	21
8. ANEXOS.....	26

RESUMEN

Antecedentes y objetivo: Los ejercicios fisioterapéuticos específicos para escoliosis (PSSE) son utilizados para la disminución de la progresión de la curva en pacientes con escoliosis idiopática adolescente (EIA). Siendo la realidad virtual (RV) una terapia en crecimiento con múltiples aplicaciones en patologías neurológicas o en entornos hospitalarios, se plantea como objetivo del estudio analizar la efectividad del protocolo de PSSE combinado con RV para disminuir el ángulo de Cobb.

Material y métodos: Se tratará de un ensayo controlado aleatorizado con 122 pacientes diagnosticados con EIA durante un periodo de 6 meses. Los asignados al grupo control recibirán un protocolo de PSSE, mientras que el experimental los realizará junto con RV. Ambos grupos serán tratados en 3 Hospitales de Zaragoza. La variable primaria será el ángulo de Cobb evaluado a partir de radiografía anteroposterior de columna. Como variables secundarias se evaluarán el ángulo de rotación del tronco, la función pulmonar, la calidad de vida y la adherencia al tratamiento.

Resultados esperados: se anticiparán mejoras en los grupos control y experimental de la variable primaria y las secundarias, sin embargo, serán más destacables en el grupo experimental.

Conclusión esperada: La combinación de RV al programa de PSSE mejoraría los principales aspectos de la patología, incluidas el ángulo de Cobb y el ángulo de rotación del tronco, además de conseguir un incremento en la calidad de vida.

Palabras clave: Escoliosis, Adolescentes, Ejercicios Fisioterapéuticos Específicos para Escoliosis, Ángulo de Cobb, Realidad Virtual.

ABSTRACT

Background and objective: Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises (PSSE) are used to reduce curve progression in patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS). Being virtual reality (VR) a growing therapy with multiple applications in neurological pathologies and in hospital environments, the objective of the study is to analyze the effectiveness of the PSSE protocol combined with VR to reduce the Cobb angle.

Material and methods: It will be a randomized controlled trial with 122 patients diagnosed with EIA. The trial period will be 6 months. The patients assigned to the control group receive a PSSE protocol, while the experimental group receives the PSSE intervention together with VR. Both groups will be treated in 3 hospitals in Zaragoza. The primary variable will be the Cobb angle evaluated from the anteroposterior radiograph of the spine. As secondary variables, the angle of rotation of the trunk, lung function, quality of life and adherence to treatment will also be evaluated.

Expected outcomes: Improvements will be anticipated into the control and experimental groups of the primary and secondary variables. However, will be more prominent in the experimental group.

Expected conclusion: The combination of VR to the PSSE program would improve the main aspects of the pathology, including the Cobb angle and the angle of rotation of the trunk, in addition to achieving an increase in quality of life.

Keywords: Scoliosis, Adolescents, Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises, Cobb Angle, Virtual Reality.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RV: Realidad Virtual.

EIA: Escoliosis Idiopática Adolescente.

SRS: Scoliosis Research Society.

SOSORT: International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment.

PSSE: Physiotherapy scoliosis-specific exercises

SEAS: Scientific Exercise Approach to Scoliosis.

FITS: Functional Individual Therapy of Scoliosis.

ATR: Ángulo de Rotación del Tronco.

SRS-22r: Scoliosis Research Society 22r Questionnaire.

MCID: Minimal Clinically Important Difference.

FVC: Capacidad Vital Forzada.

FEV1: Volumen Espiratorio Forzado.

TLC: Capacidad Pulmonar Total.

SIRAS: Sport Injury Rehabilitation Adherence Scale.

Nombre estudiante: MARIO PUYÓ ACÓN

Titulación: GRADO DE FISIOTERAPIA

Curso académico: 2021-2022

1. TÍTULO DEL PROYECTO

Intervención fisioterapéutica con realidad virtual (RV) en adolescentes con escoliosis idiopática: protocolo de investigación para ensayo clínico aleatorizado.

2. INTRODUCCIÓN

La escoliosis idiopática adolescente (EIA) se define como una deformación en el tronco y la columna vertebral donde las vértebras están rotadas y no es posible identificar el origen de las deformidades⁽¹⁾.

La EIA es la expresión más común de esta enfermedad, situándose entre un 80-89% de todos los casos. Se distinguen 4 tipos en función de la región anatómica afectada: (I) torácica, (II) lumbar, (III) toraco-lumbar y (IV) en forma de S⁽¹⁾.

2.1. Etiopatogenia y etiología

La prevalencia en la población adolescente, con más de 10° en el ángulo de Cobb, está entre 0,93 y 12% según diferentes autores. Tanto la Scoliosis Research Society (SRS) como la International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) estiman que los valores predominantes oscilan entre un 2-3%⁽¹⁻⁴⁾.

Frecuentemente se presenta en niños sin patologías previas. Entre el 0,1-0,3% de los casos diagnosticados requerirán intervención quirúrgica. Las causas de su aparición no han podido ser determinadas con precisión hasta la fecha, defendiendo una etiología multifactorial⁽¹⁻⁴⁾.

Es la afectación espinal más frecuente en pediatría, con mayor presencia en niñas. Los ratios de niñas-niños afectados varían en función del ángulo de Cobb. La SOSORT establece las siguientes relaciones: Cobb 10-20° (ratio 1,3:1), 20-30° (ratio 5,4:1) y para >30° (ratio 7:1)^(1,5,6).

2.2. Progresión de la curva

Factores como el sexo, edad de los pacientes, nivel de madurez ósea (escala Risser) o la magnitud de la curva parecen influir en su progresión. Una edad de aparición más temprana, menor madurez ósea y una curva mayor cuando aparece la enfermedad, indican mayor riesgo de avance⁽²⁾. Las niñas menores de 12 años presentan mayor riesgo de progresión de la curva que los niños mayores de 12 años⁽⁷⁾.

2.3. Instituciones oficiales

Dos organismos a nivel mundial lideran la investigación y tratamiento de la escoliosis. La SRS estandarizó un modelo de tratamiento en función de la medición del ángulo de Cobb^(5,8).

- 10-25° → observación de la curva.
- 25-45° → aparatos ortopédicos.
- >45° → intervención quirúrgica.

Sin embargo, la SOSORT pauta tratamiento conservador cuando se presentan curvas con ángulos <25° y cirugía en casos >40°⁽⁹⁾.

Además de fisioterapia, también pueden emplearse los corsés en curvas de 25-30°, pero con riesgo de causar disfunciones físicas y psicológicas. Suele retirarse cuando alcanzan el grado 5 de la escala Risser^(2,10).

2.4. Intervenciones

Los ejercicios fisioterapéuticos específicos para la escoliosis, descritos en inglés como "Physiotherapy Scoliosis-Specific Exercises" (PSSE) están formados por 7 escuelas diferentes de tratamiento conservador: Schroth, enfoque de Lyon, método SEAS ("Scientific Exercise Approach to Scoliosis"), escuela de la terapia física de la escoliosis de Barcelona, enfoque Dobomed, método FITS ("Functional Individual Therapy of Scoliosis") y desplazamiento lateral. Todas incluyen individualización en el tratamiento del paciente en función de las características de su curva, están encaminadas a disminuir la deformidad de la columna y a detener la posible progresión, además de buscar un mantenimiento de estos logros para evitar el corsé y cirugía. Según la SOSORT, los PSSE deben centrarse en los siguientes puntos: "autocorrección en 3D, entrenamiento en actividades de la vida diaria, estabilizar la postura corregida y educar al paciente"^(1,11).

Debido al auge de las nuevas tecnologías, la RV avanza dentro del entorno de rehabilitación. Está basada en el desarrollo de actividades de la vida cotidiana en tiempo real mediante un software informático, proporcionando un feedback constante. Existen 3 clases de RV en función del hardware que se emplee: inmersivas, no inmersivas o con interfaz interactiva^(12,13).

Los exergames son videojuegos empleados como herramienta para conseguir un incremento del equilibrio, favorecer el ejercicio y motivar el entrenamiento. Son sistemas con aplicabilidad tanto clínica como para el hogar debido a su asequibilidad⁽¹²⁾.

En la literatura hay evidencia limitada de estudios de RV solo con adolescentes, ya que suelen combinarse con niños. El grueso de la investigación está centrada en la neurorrehabilitación.

Existe evidencia sobre su utilidad en patologías como la parálisis cerebral, logrando incrementos en los movimientos y funcionalidad de los pacientes. Si se emplea una cámara, este se verá reflejado en la pantalla a la vez que se desarrolla la actividad. Algunos juegos están basados en deportes como el baloncesto o la natación, lo que incrementa los movimientos del miembro superior. También se ha introducido esta herramienta con simuladores de hipoterapia, en los que se usan tanto gafas como sensores manuales, logrando incrementar la estabilidad y la motricidad gruesa^(14,15).

Los adolescentes no se sienten atraídos por los protocolos de rehabilitación intensos, lo que lleva a un incumplimiento del programa. La falta de interés en el tratamiento puede conducir a una disminución de la adherencia. Mediante los exergames, se fomenta la realización de actividad física y los pacientes estarán más motivados, al no tener que llevar a cabo el mismo programa de ejercicios que pueden resultarles poco atractivos y en ocasiones dolorosos. Este tipo de herramientas, pueden adaptarse a diferentes patologías^(12,16).

2.5. Justificación

La EIA es una patología a destacar entre la población joven, si no se controla su progresión durante la adolescencia puede ocasionar problemas en la salud durante la edad adulta.

Hasta el momento, no se han realizado estudios dónde se combinen estas escuelas de tratamiento conservador. La idea de este protocolo radica en su unificación para conseguir un tratamiento integral de la EIA, potenciando además la responsabilidad de los pacientes en la adherencia al tratamiento.

Debido a la introducción de las nuevas tecnologías en rehabilitación, se propone un tratamiento para los pacientes con EIA en el que se combinarán los PSSE con RV, dónde se espera conseguir una mejor ejecución de los ejercicios, gracias a la retroalimentación que proporciona el software. El estudio irá encaminado a la búsqueda de una disminución del ángulo de Cobb, mejorar la patología, calidad de vida y adherencia de los pacientes.

2.6. Hipótesis

H₀: La realización del programa de PSSE combinado con RV no disminuye el ángulo de Cobb en la EIA.

H_A: La realización del programa de PSSE combinado con RV disminuye el ángulo de Cobb en la EIA.

2.7. Objetivos

Objetivo primario: Comprobar la efectividad de los PSSE combinado con RV sobre el ángulo de Cobb en adolescentes con escoliosis idiopática en 6 meses.

Objetivos secundarios:

- Detectar cambios en el ángulo de rotación del tronco (ATR) con el Escoliómetro de Bunell.
- Examinar las variaciones en la función pulmonar mediante espirometría y pletismografía.
- Identificar diferencias en la calidad de vida en los pacientes con EIA a través de la escala SRS-22.
- Valorar cambios en la adherencia al tratamiento de los pacientes con el COM-B y la escala SIRAS (Sport Injury Rehabilitation Adherence Scale).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño del estudio

Se tratará de un protocolo de investigación de un ensayo controlado aleatorizado y paralelo. Los pacientes se distribuirán mediante una aleatorización simple (1:1), hacia el grupo experimental y al grupo control [Figura 1]. Esta aleatorización la llevará a cabo un investigador externo al estudio mediante un software informático (www.random.org). Se realizará la intervención durante un periodo de 6 meses. Los pacientes que acudan a consulta con EIA o sea diagnosticada durante la misma, se les informará por el servicio médico del hospital de la posibilidad de participar en el estudio. En caso de aceptar, se pondrán en contacto con el

equipo investigador. Los dos fisioterapeutas de cada hospital serán los encargados de aportar el consentimiento informado, que deberán firmar junto con sus padres o tutores legales, donde se explican los objetivos, mediciones, intervenciones y la posibilidad de aparición de efectos secundarios, además de asegurar su protección de datos^[Anexo1]. El protocolo sigue las instrucciones del método SPIRIT⁽¹⁷⁾ y la Declaración de Helsinki⁽¹⁸⁾. Las posibles modificaciones en el protocolo se comunicarán tanto al comité de Ética como a los pacientes.

El reclutamiento se realizará de enero a marzo de 2023 en los siguientes hospitales públicos de Zaragoza: Hospital Universitario Miguel Servet, Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa y el Hospital Provincial de Nuestra Señora de Gracia. Además, si el número de pacientes fuera insuficiente, se contactará con clínicas u hospitales privados. Las evaluaciones e intervenciones serán llevadas a cabo en los mismos hospitales.

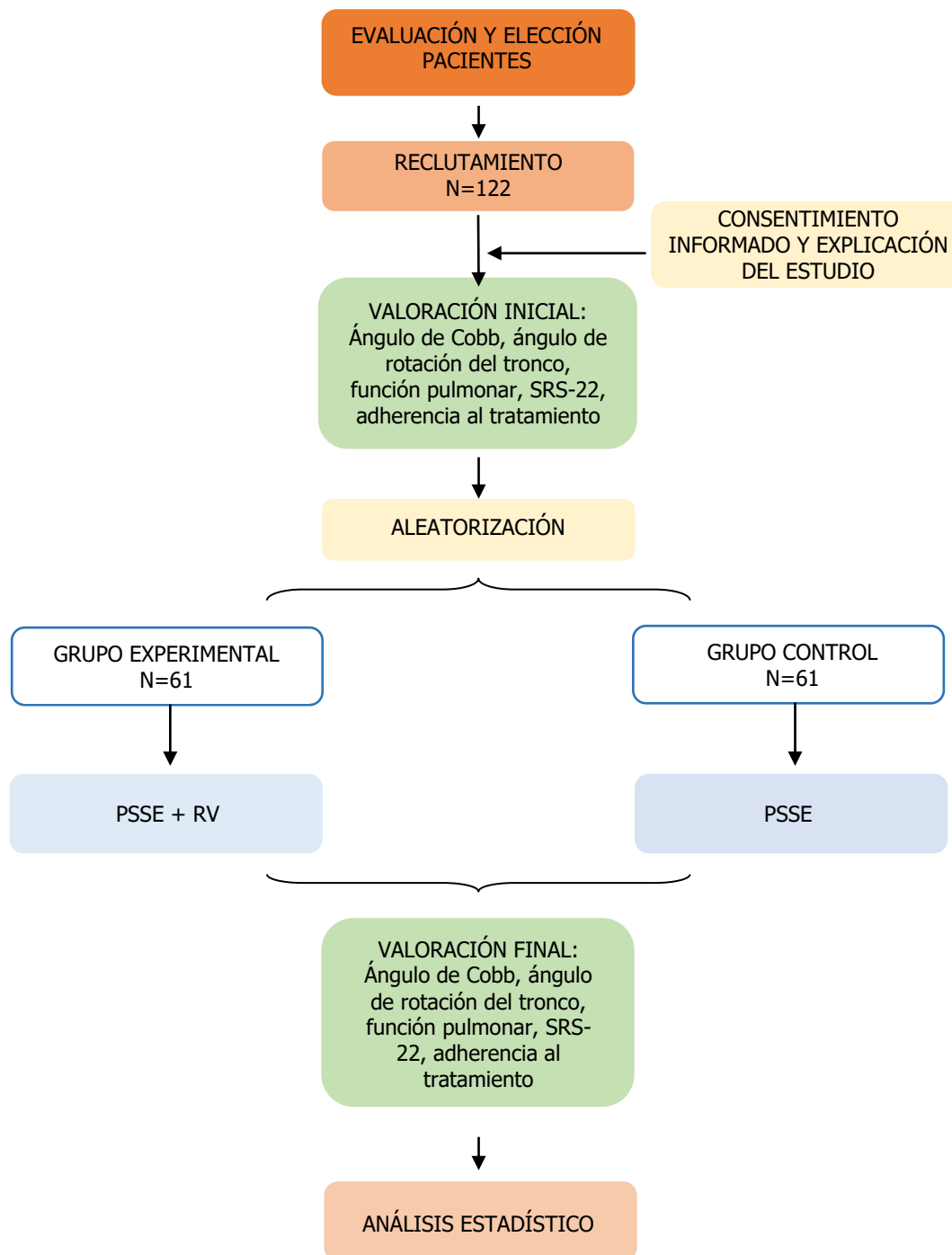


Figura 1. Diagrama de flujo

3.2. Criterios de selección

Los criterios de inclusión para el estudio fueron los siguientes:

- Pacientes de ambos sexos diagnosticados con EIA^(5,8,19).
- Edad 10-18 años^(5,8,19).
- Curvas con ángulo de Cobb 10-45°^(5,8,19).
- Puntuación en escala Risser 0-5^(5,8,19).
- Con o sin prescripción previa de corsé^(5,19).

Los pacientes serán excluidos sí:

- Presentan una patología diferente a EIA^(5,19).
- Escoliosis no idiopática⁽³⁾.
- Pacientes quirúrgicos^(5,19).
- En espera para la cirugía⁽⁵⁾.
- Presentan alteraciones cognitivas, neurológicas, congénitas o insuficiencia cardiovascular^(3,10).

Criterios de abandono⁽¹⁰⁾:

- Decisión del paciente.
- Aparición de los criterios de exclusión.
- Diagnóstico de otra patología.

3.3. Variables evaluadas

Se realizarán dos mediciones de las variables durante el estudio. La primera, previamente al inicio del estudio en marzo de 2023, dónde el médico traumatólogo del hospital realizará la medición del ángulo de Cobb con la radiografía. Las variables secundarias serán evaluadas por un tercer fisioterapeuta que no participará en las intervenciones. La medición final de las variables se realizará en la última semana de septiembre de 2023, tras finalizar la intervención. Los datos de edad y sexo serán registrados antes de empezar la evaluación. Se registrarán las variables en el orden expuesto a continuación.

3.3.1. Variable principal

Ángulo de Cobb: empleado para conocer la magnitud de la curva. Se emplea una radiografía de columna en AP. Es el ángulo formado por las vértebras superior e inferior de la curva. Es la prueba "gold standard" para el seguimiento de la escoliosis. Esta se diagnostica cuando sea igual o superior a 10°^(1,10,20). Clasificación:

- Baja: hasta 20°.
- Moderada: 21-35°.

- Moderada-severa: 36-40°.
- Grave: 41-50°.
- Grave o muy grave: 51-55°.
- Muy severa: 56° o más.

El MCID (Minimal Clinically Important Difference) de 5° es el valor determinado para explicar cuando se producen los cambios clínicos. La SOSORT expone que si el ángulo de Cobb supera los 30°, aumenta el riesgo de progresión en la edad adulta y aparición de problemas de salud con disminución de calidad de vida. Si es mayor a 50°, es casi certero que ocurran^(1,2,21). Presenta una buena-excelente confiabilidad inter/intraobservador y una buena precisión^(22,23).

3.3.2. Variables secundarias

Ángulo de rotación del tronco: se realiza la valoración con el escoliómetro de Bunell. Para cuantificarlo se realiza el test de Adams, el paciente se inclina hacia delante 90° con los pies juntos, rodillas en extensión y brazos suspendidos con las manos enfrentadas. Una vez conseguida la posición se coloca el escoliómetro en las apófisis espinosas de las vértebras más pronunciadas de la curvatura de la columna. La relevancia clínica se da cuando el ATR es superior a 4°^(1,10,20). Es una prueba específica, sensible y confiable⁽²⁴⁾.

Función pulmonar: las alteraciones respiratorias son las causantes principales de la morbimortalidad asociada a la EIA, al disminuir su capacidad de distensión pulmonar y su volumen. Se realiza una medición mediante espirometría de los siguientes parámetros: capacidad vital forzada (FVC), volumen espiratorio forzado (FEV1) y la relación entre ambos (FEV1/FVC). Se obtendrán los siguientes resultados: patología restrictiva y menores capacidades total y vital^(25,26). Los espirómetros convencionales y portátiles presentan validez, precisión y reproducibilidad^(27,28).

La prueba gold standard para evaluar los volúmenes pulmonares y detectar un patrón respiratorio restrictivo es la pletismografía. Al realizarse en pacientes con EIA da como resultados una alteración restrictiva y una reducción de la capacidad pulmonar total (TLC), a la vez que se incrementa el volumen residual^(29,30). La prueba presenta reproducibilidad y precisión⁽³¹⁾.

Cuestionario SRS-22r: evalúa la calidad de vida de los pacientes diagnosticados con escoliosis. Valora 5 bloques: dolor, salud mental, función, autoimagen y satisfacción del paciente ante la atención recibida. Salvo para la satisfacción que consta de 2 preguntas, los demás bloques

contienen 5, indicando una mayor puntuación un mejor estado^(8,32). Es un cuestionario con una fiabilidad/consistencia interna excelente^(33,34)[Anexo2].

Adherencia al protocolo: tiene importancia en el tratamiento ya que el no seguir con las recomendaciones pautadas puede conllevar el no alcanzar nuestros objetivos clínicos. Se emplearán dos escalas. El modelo COM-B que completará el paciente, dónde debe responder a las siguientes cuestiones: grado en el que cree que ha completado las instrucciones, su motivación por completar el protocolo y cuál es su visión sobre sus capacidades para poder llevarlo a cabo⁽³⁵⁾. Además, se empleará la escala SIRAS^[Anexo3], dónde se evalúa la intensidad con la que ha realizado los ejercicios, la frecuencia con la que ha seguido las indicaciones y cómo de receptivo ha sido a las modificaciones que se han hecho a lo largo de la sesión⁽³⁶⁾. La escala dispone de una alta fiabilidad test-retest y moderada fiabilidad interevaluator⁽³⁷⁾.

3.4. Intervención

En ambos grupos se realizarán 2 sesiones por semana de 1 hora de duración, durante 6 meses. En ambos grupos se realizará un calentamiento previo de 10 minutos de ejercicios respiratorios y estiramientos del psoas y dorsal ancho. La intervención se realizará, en los hospitales descritos anteriormente, por dos fisioterapeutas. Los 10 ejercicios^[Anexo 4] se dividirán en bloques de 5, los del grupo A se realizarán el primer día de la semana y los del grupo B el segundo.

El SEAS es un método de tratamiento conservador para la escoliosis, que tiene como objetivo la autocorrección tridimensional de la columna. La idea principal es que el paciente sea capaz de percibir su deformidad, para que con las estrategias adecuadas pueda modificarla. Los ejercicios propuestos no se basan en el tipo de curva del paciente, sino que se clasifican según la etapa del tratamiento en la que se encuentre. Solo se podrá usar este tratamiento hasta que el paciente alcance el nivel 3 en la escala Risser. Se pide a los pacientes un movimiento de deflexión vertebral desde caudal hacia craneal, teniendo como objetivo principal eliminar la rotación vertebral. Los ejercicios planteados fortalecerán los abdominales, musculatura paravertebral y cintura escapular, además de trabajar el equilibrio^(7,38,39).

El método Schroth es la escuela con más evidencia dentro del tratamiento conservador. Son ejercicios centrados en la postura y la respiración, se clasifican en función de la curva que presente el paciente. Cumple con 5 principios: autoalargamiento, deflexión, desrotación, respiración rotacional y estabilización^(8,39,40).

El método FITS consiste en un conjunto de técnicas que puede emplearse de manera independiente o en combinación con corsés. Al igual que el método SEAS se puede aplicar a

todos los tipos de curvas. Algunos de sus objetivos principales son conseguir una mejora de la conciencia, educación o detener la progresión de la curva^(39,41).

Los pacientes podrán tomar la medicación pautada por su médico en caso de experimentar dolores, sin que esto influya en el transcurso normal de la intervención. Para asegurar el cumplimiento del protocolo, se valorará su adherencia, mediante los métodos nombrados anteriormente.

3.4.1. Grupo control

Autocorrección activa: el paciente realizará una corrección de la curva en el plano coronal, el objetivo será pasar de sedestación a bipedestación.

Reacciones de equilibrio: el paciente deberá colocarse sobre una superficie inestable como un bosu. Con apoyo unipodal debe mantener la postura correctiva. Otra alternativa consiste en apoyo bipodal y realización de sentadilla.

Consciencia al andar: para integrar la corrección en las actividades de la vida diaria se plantea este ejercicio. Debe comenzar en sedestación y realizará los movimientos correctivos, tras ello mantendrá la postura en bipedestación y comenzará la marcha. En caso de realizarlo correctamente, se crearán situaciones desequilibrantes como resaltos o bordillos, para que tenga que autoajustar la postura.

Autocorrección en movimiento: ejercicio de SEAS, donde el paciente tendrá que subir obstáculos, por ejemplo, unas escaleras. Partirá de posición de sedestación donde tendrá que realizar la autocorrección. Después cambia a bipedestación y comenzará a subir escaleras, se colocarán sobre el suelo objetos inestables.

50 x pezziball: ejercicio que tiene como objetivo elongar la musculatura de la región cóncava y potenciar la del lado convexo. El paciente se colocará sentado sobre un fitball enfrente de una espaldera para ayudarse a hacer la autocorrección.

Estiramiento en decúbito lateral: para elongar la musculatura del lado cóncavo y trabajar la respiración, el paciente debe colocarse en decúbito lateral, con el brazo alejado del suelo por encima de la cabeza y la pierna homolateral estirada. A la vez que el paciente inspira, debe estirar su brazo y su pierna lo máximo posible.

Cilindro muscular: su objetivo es elongar el lado cóncavo. Se realizará en posición de bipedestación con la pierna del lado convexo apoyada sobre una superficie en extensión. Mano

del lado convexo se apoya sobre las caderas y la contraria realiza un movimiento de elongación, para alinearse con la pierna apoyada, a la vez que se coordina con la respiración.

Superman: el paciente debe colocarse en cuadrupedia con los miembros del lado cóncavo avanzados. El ejercicio consistirá en elevar el brazo del lado cóncavo y la pierna del convexo.

Ejercicio vela de Schroth: paciente en bipedestación con los brazos sobre dos picas. Debe colocar más elevada la mano del lado cóncavo para conseguir el estiramiento de la musculatura de dicho lado. Efectuará la corrección y una vez conseguida, expandirá el tórax del lado restringido.

Ejercicio de estabilización FITS: tiene como objetivo trabajar la estabilización postural. Se colocará en decúbito supino sobre una colchoneta, con rollo de foam bajo su columna y con los pies apoyados en una pared. Mantendrá la postura en corrección. Para añadir dificultad e inestabilidad, deberá colocar sus pies sobre un fitball.

La frecuencia y duración de los ejercicios aparece en el [Anexo 4].

3.4.2. Grupo experimental

Para el correcto desarrollo de los ejercicios con RV, se necesita como software unas gafas de RV y sensores⁽¹³⁾, que deben colocarse a lo largo del cuerpo para que el sistema informático pueda rastrear los diferentes movimientos de las extremidades.

Autocorrección activa: para este ejercicio del método SEAS, se desarrolló el siguiente entorno. Aparecerá una serpiente saliendo de una cesta de madera, con la curvatura de la columna del paciente. Este deberá conseguir enderezar la silueta de la serpiente mediante la autocorrección de su postura.

Reacciones de equilibrio: el juego consistirá en un desfile militar dónde tratará de mantener la posición de apoyo unipodal sobre una superficie inestable. Cuando levante uno de los dos pies, su personaje avanzará, en el caso de que pierda la corrección de la columna, el jugador dará un paso hacia atrás. Aparecerá en la pantalla un contador que indicará el tiempo restante para llegar al punto indicado.

Consciencia al andar: el entorno que se le propone al paciente es una cuerda floja. En primer lugar, los sensores deben registrar la posición de autocorrección adecuada y posteriormente comenzará el ejercicio. La cuerda se moverá de un lado a otro bajo sus pies. En caso de que mantenga la postura, y solo en este momento, podrá avanzar para llegar a la meta.

Autocorrección en movimiento: el paciente comenzará a subir escalones habiendo hecho la autocorrección y se generaran situaciones desequilibrantes como esquivar objetos que intentan desviarlo de la postura.

50 x pezziball: el paciente parte en la base de un rocódromo, sentado sobre el fitball, deberá mover cada brazo a la siguiente presa manteniendo la curvatura de la espalda en posición corregida, una vez conseguido podrá seguir avanzando la pantalla. Cuando logre superarlo, se repetirá el ejercicio en bipedestación.

Estiramiento en decúbito lateral: el paciente tendrá la pierna de arriba estirada y el brazo por encima de la cabeza. El juego consistirá en un pompero, dónde al inspirar y generar el alargamiento del lado no apoyado sobre el suelo, visualizará a una persona preparándose para soplar. En el caso de que lo haga muy rápido o no lo ejecute correctamente, la burbuja explotará.

Cilindro muscular: el entorno que se propone en el ejercicio de Schroth en bipedestación, es una portería de fútbol dónde serán los porteros. Al realizar el ejercicio y estirar el brazo del lado cóncavo, si lo realizan correctamente, podrán atrapar la pelota.

Superman: el paciente estará volando sobre una ciudad y al alcanzar la posición adecuada, consigue que el personaje esquive los edificios.

Ejercicio vela de Schroth: como el objetivo será expandir el tórax, el paciente deberá hinchar el mayor número de globos posible en un tiempo limitado. En caso de no realizar de manera adecuada la corrección y la respiración, el globo explotará.

Ejercicio de estabilización FITS: consiste en el juego de "escondite inglés". En el momento en que su personaje pueda avanzar, será cuando pueda estar relajada e inspire. Para no ser eliminado en el juego, deberá realizar la corrección y estabilización correctamente manteniéndose estable.

La frecuencia y duración de los ejercicios aparece en el [Anexo 4].

3.5. Cálculo del tamaño muestral

Un total de 122 pacientes fueron seleccionados para el estudio, mediante la utilización de los datos obtenidos del resultado primario, el ángulo de Cobb. Para ello se empleará una desviación estándar de $8,9^{(6)}$ y MCID de $5^{(2)}$. Con una potencia del 80 % y un nivel de significación de 0,05 (0,025 por grupo) de dos caras y con un 20% de pérdidas, 61 pacientes fueron reclutados para cada grupo.

3.6. Aleatorización y cegamiento

Los médicos traumatólogos de los hospitales públicos de Zaragoza, serán los encargados de realizar la medición de la variable principal. Estarán cegados sobre la intervención.

El investigador que realizará la aleatorización estará cegado. La evaluación inicial y final de las variables secundarias será llevada a cabo por un tercer fisioterapeuta cegado de cada hospital que no está involucrado en el tratamiento. También será el encargado de llevar a cabo el análisis de datos.

Fue imposible cegar a los seis fisioterapeutas encargados de aplicar el tratamiento. Todos los investigadores seguirán el mismo protocolo de evaluación e intervención y los fisioterapeutas serán expertos en PSSE.

3.7. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se empleará el software IBM SPSS Statistics 28.0. Para comprobar la normalidad de las variables se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar los datos entre grupos, si la variable es cuantitativa y sigue una distribución normal, se realizará la prueba t de Student para muestras independientes, mientras que si no la supera se realizará la prueba de Wilcoxon. Si la variable es cualitativa y no sigue una distribución normal, se hará la prueba Chi Cuadrado. Si las variables no siguen una distribución normal, para el análisis intergrupo se realiza la prueba t de Student para muestras independientes y para el análisis intragrupo la prueba de Wilcoxon.

Cuando la variable a evaluar sea cuantitativa, los datos se expresan mediante media y desviación estándar, mientras que, si es cualitativa, con la mediana. Los valores serán estadísticamente significativos cuando sea $p < 0,05$. Se empleará un intervalo de confianza del 95% y se realizará un análisis por intención de tratar.

3.8. Efectos adversos

En estudios previos, los pacientes no remitieron efectos adversos, salvo en el de Monticone, dónde el dolor tuvo que ser controlado bajo prescripción de medicamentos. Debido a la RV, los pacientes pueden presentar mareos o alteración de la visión. Por este motivo, todos los pacientes reclutados podrán informar sobre los posibles síntomas que pudieran desarrollar durante los próximos 6 meses de intervención^(5,7,13,19,42).

3.9. Fases del protocolo

El protocolo constará de las etapas descritas en [Tabla 1]

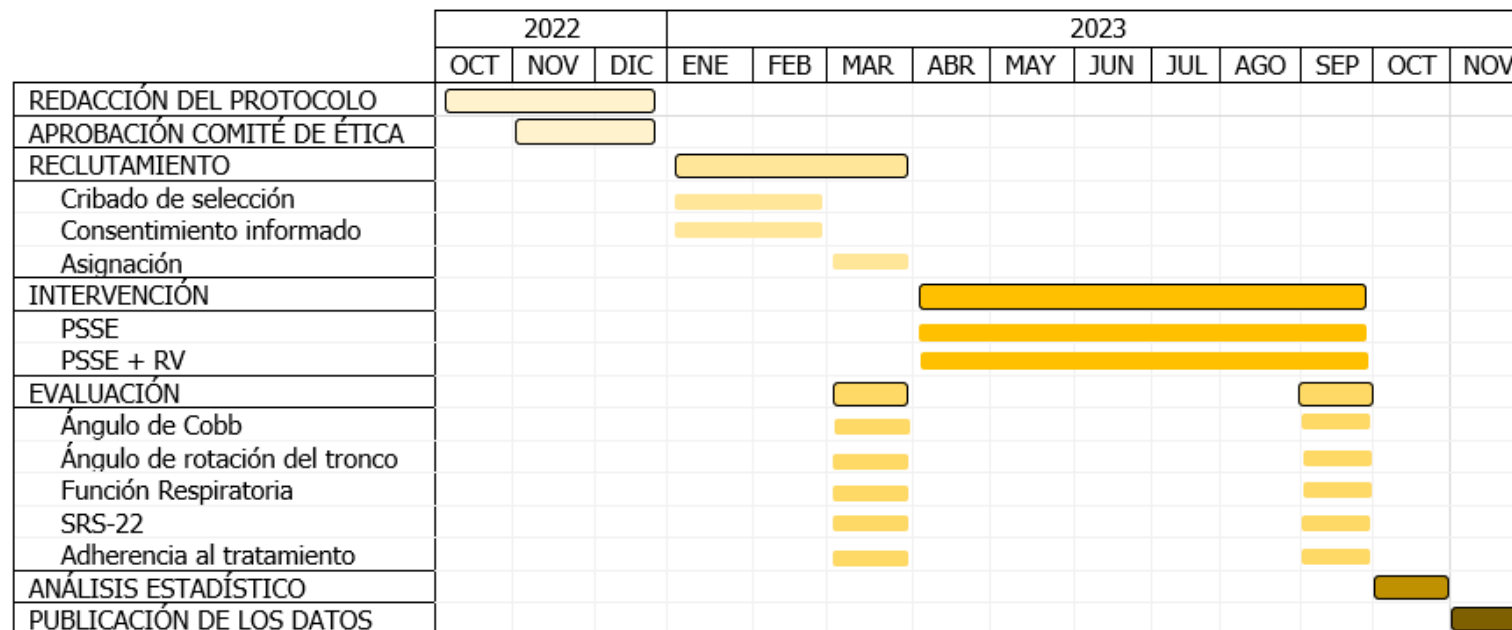


Tabla 1. Cronograma de la representación de las fases del protocolo siguiendo la guía SPIRIT.

4. DISCUSIÓN

El objetivo del protocolo es determinar si la intervención fisioterapéutica en EIA mediante RV influye en evolución de la patología. A los 6 meses, esperamos obtener una mejora de las variables evaluadas en ambos grupos: ángulo de Cobb, ATR, función pulmonar, calidad de vida y adherencia al tratamiento. Encontrando significación estadística entre ambos grupos a favor del grupo experimental.

Sobre el ángulo de Cobb, y en consonancia con nuestros resultados, Yagci et al. hallaron que PSSE con método SEAS tenían resultados positivos en el grupo experimental con una MCID de 5°⁽⁴³⁾. Sin embargo, Zheng et al. encontraron una disminución del ángulo pero no era clínicamente relevante⁽⁴⁴⁾. En el estudio de Wibmer et al., al igual que en el nuestro, la realización de ejercicios domiciliarios y 2 de Schroth de cilindros musculares, obtuvieron ligeras disminuciones del ángulo de Cobb y un perfeccionamiento de los ejercicios⁽⁴⁵⁾.

El ensayo de Kuru et al. corroboran que el realizar PSSE de Schroth supervisados combinados con la actividad física habitual durante 18 sesiones, podría conseguir una disminución significativa del ATR, si lo comparamos con los pacientes de los grupos control y domiciliario⁽⁴⁶⁾.

Gao et al. encontraron que los ejercicios SEAS combinados con órtesis mejoran la función pulmonar. Tras 6 meses de intervención, al contrario que el grupo control, el experimental consiguió mejoras estadísticamente significativas en los valores de FEV1, FVC y FEV/FVC. Al solo tratar con órtesis los valores fueron menores, al contrario de lo que sucede en el grupo experimental⁽⁴⁷⁾. En niños con asma que realizaron terapia de RV mediante Kinect, en la que tenían que hacer saltos, sentadillas, inclinaciones con el cuerpo y movilización de miembros superiores para lograr los objetivos, encontraron incrementos de FEV1, FEV1/FVC y capacidad aeróbica mientras que disminuía la inflamación pulmonar⁽⁴⁸⁾.

No se han encontrado estudios que evalúen cambios en el ATR ni en la función pulmonar medida con pletismografía al aplicar un protocolo de PSSE combinado con RV.

Según Zheng et al. al comparar la terapia exclusiva con corsé y esta, junto al método SEAS, observaron mejoras en la calidad de vida con mayores resultados en el grupo experimental, mientras que el control obtuvo menores puntuaciones en salud mental⁽⁴⁴⁾. Al contrario que Kuru et al., que con ejercicios de Schroth no encontraron diferencias en la calidad de vida⁽⁴⁶⁾.

Durante los primeros meses según Wibmer et al., los pacientes tenían gran motivación y adherencia al tratamiento gracias al RV pero, con el paso del tiempo, la realización de los ejercicios disminuyó ya que no aumentaba la dificultad de estos⁽⁴⁵⁾. Dufvenberg et al. encontraron que los 3 grupos examinados presentaban una adherencia alta⁽³⁵⁾. Al igual que nuestro estudio, Ridout et al. describen que la adherencia de los pacientes mejora al ser una terapia más llamativa e inversiva para ellos⁽⁴⁹⁾. Sin embargo, Ravi et al. describen que aunque el interés por la terapia sea mayor, no es sinónimo de resultados clínicos positivos⁽⁵⁰⁾.

Han et al. desarrollaron un programa de ejercicios de tronco y pelvis combinados con RV durante 8 semanas. Generaba mayores efectos sobre la musculatura paraespinal como la frecuencia de contracción o la stiffness en los niveles cervical y torácico, siendo mayores en el grupo de RV. No analizaron cambios sobre el ATR, función pulmonar, calidad de vida y adherencia al tratamiento⁽⁵¹⁾.

Rösner et al. emplearon un modelo de hipoterapia en RV como complemento a la fisioterapia para la fuerza y estabilidad postural. Está diseñado para trabajar el lado cóncavo a la vez que se combina con el ciclo respiratorio. Aunque se obtuvieron mejoras, los resultados no fueron concluyentes⁽⁵²⁾.

Aunque la investigación de la RV en pacientes con escoliosis es muy limitada, sí se encuentra evidencia de esta herramienta sobre pacientes con deterioros neurológicos. En estudios como los de Jung et al. o de Peri et al., con pacientes con parálisis cerebral y ataxia, donde se usa la RV para el tratamiento de la función motora, se observan mejoras en la estabilidad, equilibrio y función motora tras aproximadamente 20 sesiones^(53,54).

Las futuras líneas de investigación deberían centrarse en aumentar la calidad de evidencia del uso de PSSE en pacientes con EIA. En paralelo, debido al potencial de estas nuevas tecnologías como la RV, también se debería incluir en los protocolos de tratamiento de la escoliosis, al igual que en el presente estudio, combinando diferentes tipos de ejercicios. Además, los futuros proyectos deberían seguir unas normas estandarizadas en cuanto a la evaluación y tratamiento, para poder replicarlos y extrapolar los datos.

5. LIMITACIONES Y FORTALEZAS

La exposición de las limitaciones observadas tendrá como objetivo disminuirlas en posteriores investigaciones para que los resultados de los estudios no se vean afectados. La primera, está relacionada con el proceso de cegamiento. Fue imposible cegar a los fisioterapeutas encargados

de la intervención y pacientes al realizarse en el mismo hospital. Otro de los puntos negativos es que no encontramos evidencia sobre el protocolo de tratamiento a seguir en RV en cuanto a tipo y número de ejercicios, frecuencia, tiempos de uso y descansos. Además, el software diseñado para el grupo experimental presenta complicaciones a la hora de aumentar la dificultad de los ejercicios, por lo que durante el periodo de tratamiento puede llegar a ser repetitivo para los pacientes. Por último, la escala SIRAS para medir la adherencia al tratamiento no estaba traducida al español, esto junto con la imposibilidad de cegamiento, influye negativamente en la validez interna del estudio.

Dentro de los aspectos positivos del estudio, destacamos un amplio tamaño muestral, formado por 122 pacientes de ambos sexos, lo que nos permitirá extrapolar los resultados para esa población. Además, las herramientas de medición empleadas presentan propiedades psicométricas. Estas dos características potencian la validez interna del estudio. Otro de los puntos fuertes, es que el software utilizado para el grupo experimental se desarrolló en castellano, pero debido al potencial de estas herramientas, se irá traduciendo a diferentes idiomas. Lo más destacable, es que es el primer estudio dónde se combinan los PSSE con RV para el tratamiento de la EIA, dónde esperamos obtener mejoras en el ángulo de Cobb, función pulmonar, ATR, calidad de vida y adherencia al tratamiento.

6. CONCLUSIÓN

Es el primer protocolo de investigación en el que se usan diferentes escuelas de PSSE en combinación con RV en adolescentes. Este programa de rehabilitación de 6 meses lograría una disminución en la progresión de la curva con reducciones en los valores del ángulo de Cobb y el ATR, afectando de manera positiva a la función pulmonar. Además, el aumento de la motivación de los pacientes al estar en un entorno más enriquecedor para ellos, podría aumentar la adherencia al tratamiento y en última instancia, su calidad de vida.

Aun con todo ello, es necesario seguir investigando para obtener conclusiones más relevantes. Objetivando resultados a largo plazo y con características más amplias de la patología y así, continuar desarrollando programas de RV en pacientes con EIA.

7. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018;13:3.
- 2) Bettany-Saltikov J, Weiss HR, Chockalingam N, Kandasamy G, Arnell T. A Comparison of Patient-Reported Outcome Measures Following Different Treatment Approaches for Adolescents with Severe Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review. *Asian Spine J.* 2016;10(6):1170-1194.
- 3) Abbott A, Möller H, Gerdhem P. CONTRAIS: CONservative TRreatment for Adolescent Idiopathic Scoliosis: a randomised controlled trial protocol. *BMC Musculoskelet Disord.* 2013; 14:261.
- 4) Zhou Z, Liu F, Li R, Chen X. The effects of exercise therapy on adolescent idiopathic scoliosis: An overview of systematic reviews and meta-analyses. *Complement Ther Med.* 2021; 58.
- 5) Schreiber S, Parent EC, Khodayari Moez E, et al. Schroth Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises Added to the Standard of Care Lead to Better Cobb Angle Outcomes in Adolescents with Idiopathic Scoliosis - an Assessor and Statistician Blinded Randomized Controlled Trial. *PLoS One.* 2016;11(12).
- 6) Langensiepen S, Stark C, Sobottke R, et al. Home-based vibration assisted exercise as a new treatment option for scoliosis - A randomised controlled trial. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2017;17(4):259-267.
- 7) Monticone M, Ambrosini E, Cazzaniga D et al. Active self-correction and task-oriented exercises reduce spinal deformity and improve quality of life in subjects with mild adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2014; 23: 1204-1214.
- 8) Schreiber S, Parent EC, Moez EK, et al. The effect of Schroth exercises added to the standard of care on the quality of life and muscle endurance in adolescents with idiopathic scoliosis-an assessor and statistician blinded randomized controlled trial: "SOSORT 2015 Award Winner". *Scoliosis.* 2015; 10:24.
- 9) Farooqui SI, Siddiqui PQR, Ansari B, Farhad A. Effects of spinal mobilization techniques in the management of adolescent idiopathic scoliosis – A meta-analysis. *Int J Health Sci (Qassim).* 2018;12(6):44-49.
- 10) Wang L, Wang C, Youssef ASA, Xu J, Huang X, Xia N. Physiotherapeutic scoliosis-specific exercises performed immediately after spinal manipulative therapy for the treatment of mild adolescent idiopathic scoliosis: study protocol for a randomized controlled pilot trial. *Trials.* 2021;22(1):58.
- 11) Bettany-Saltikov J, Turnbull D, Ng SY, Webb R. Management of Spinal Deformities and Evidence of Treatment Effectiveness. *Open Orthop J.* 2017; 11:1521-1547.

- 12) Taylor MJ, Griffin M. The use of gaming technology for rehabilitation in people with multiple sclerosis. *Mult Scler.* 2015; 21 (4): 355-371.
- 13) Qian J, McDonough DJ, Gao Z. The Effectiveness of Virtual Reality Exercise on Individual's Physiological, Psychological and Rehabilitative Outcomes: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(11):4133.
- 14) Metin Ökmen B, Doğan Aslan M, Nakipoğlu Yüzer GF, Özgirgin N. Effect of virtual reality therapy on functional development in children with cerebral palsy: A single-blind, prospective, randomized-controlled study. *Turk J Phys Med Rehabil.* 2019;65(4):371-378.
- 15) Jung YG, Chang HJ, Jo ES, Kim DH. The Effect of a Horse-Riding Simulator with Virtual Reality on Gross Motor Function and Body Composition of Children with Cerebral Palsy: Preliminary Study. *Sensors (Basel).* 2022;22(8):2903.
- 16) Lohse K, Shirzad N, Verster A, Hodges N, Van der Loos HF. Video games and rehabilitation: using design principles to enhance engagement in physical therapy. *J Neurol Phys Ther.* 2013;37(4):166-175.
- 17) Chan AW, Tetzlaff JM, Altman DG, Laupacis A, Gøtzsche PC, Krleža-Jeric' K et al. SPIRIT 2013 statement: defining standard protocol items for clinical trials. *Ann Intern Med.* 2013;158:200–7.
- 18) World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA.* 2013; 310 (20): 2191-2194.
- 19) Schreiber S, Parent EC, Hill DL, Hedden DM, Moreau MJ, Southon SC. Schroth physiotherapeutic scoliosis-specific exercises for adolescent idiopathic scoliosis: how many patients require treatment to prevent one deterioration? - results from a randomized controlled trial - "SOSORT 2017 Award Winner". *Scoliosis Spinal Disord.* 2017; 12:26.
- 20) Kocaman H, Bek N, Kaya MH, Büyükturan B, Yetiş M, Büyükturan Ö. The effectiveness of two different exercise approaches in adolescent idiopathic scoliosis: A single-blind, randomized-controlled trial. *PLoS One.* 2021;16(4).
- 21) Schreiber S, Parent EC, Hill DL, Hedden DM, Moreau MJ, Southon SC. Patients with adolescent idiopathic scoliosis perceive positive improvements regardless of change in the Cobb angle - Results from a randomized controlled trial comparing a 6-month Schroth intervention added to standard care and standard care alone. SOSORT 2018 Award winner. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):319.
- 22) Wu W, Liang J, Du Y, et al. Reliability and reproducibility analysis of the Cobb angle and assessing sagittal plane by computer-assisted and manual measurement tools. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014;15:33.
- 23) Tanure MC, Pinheiro AP, Oliveira AS. Reliability assessment of Cobb angle measurements using manual and digital methods. *Spine J.* 2010;10(9):769-774.

- 24) Amendt LE, Ause-Ellias KL, Eybers JL, Wadsworth CT, Nielsen DH, Weinstein SL. Validity and reliability testing of the Scoliometer. *Phys Ther.*1990; 70 (2): 108–117.
- 25) Saavedra-Bentjerodt M. Función pulmonar. Escoliosis y evaluación de la función respiratoria. *Neumol Pediatr.* 2021; 16 (3):110-113.
- 26) Huh S, Eun LY, Kim NK, Jung JW, Choi JY, Kim HS. Cardiopulmonary function and scoliosis severity in idiopathic scoliosis children. *Korean J Pediatr.* 2015;58(6):218-223.
- 27) Xiao S, Wu F, Wang Z, et al. Validity of a portable spirometer in the communities of China. *BMC Pulm Med.* 2022;22(1):80.
- 28) Ramos Hernández C, Núñez Fernández M, Pallares Sanmartín A, et al. Validation of the portable Air-Smart Spirometer. *PLoS One.* 2018;13(2).
- 29) Guerrero-Zúñiga S, Vázquez-García JC, Gochicoa-Rangel L, Cid-Juárez S, Benítez-Pérez R, del-Río-Hidalgo R et al . Pletismografía corporal: recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax.* 2016; 75(4): 296-307.
- 30) Caudevilla-Lafuente P, Martín-de Vicente C, Lose-Ramos A, Suñen-Sánchez E, García-Íñiguez JP. Deformidad torácica como causa de compresión traqueobronquial. A propósito de un caso clínico pediátrico. *Arch Argent Pediatr.* 2020;118(3):342-347.
- 31) Puente-Maestú L, García-de Pedro J. Las pruebas funcionales respiratorias en las decisiones clínicas. *Arch Bronconeumol.* 2012; 48 (5): 161-169.
- 32) Gür G, Ayhan C, Yakut Y. The effectiveness of core stabilization exercise in adolescent idiopathic scoliosis: A randomized controlled trial. *Prosthet Orthot Int.* 2017;41(3):303-310.
- 33) Glattes RC, Burton DC, Lai SM, Frasier E, Asher MA. The reliability and concurrent validity of the Scoliosis Research Society-22r patient questionnaire compared with the Child Health Questionnaire-CF87 patient questionnaire for adolescent spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007; 32 :1778–84.
- 34) Leal-Hernández M, Martínez-Monje F, Pérez-Valencia M, García-Romero R, Mena-Poveda R, Caballero-Cánovas J. Análisis de la calidad de vida en los pacientes afectos de escoliosis vertebral. *Semergen.* 2018;44(4):227-233.
- 35) Dufvenberg M, Diarbakerli E, Charalampidis A, et al. Six-Month Results on Treatment Adherence, Physical Activity, Spinal Appearance, Spinal Deformity, and Quality of Life in an Ongoing Randomised Trial on Conservative Treatment for Adolescent Idiopathic Scoliosis (CONTRAIS). *J Clin Med.* 2021;10(21):4967.
- 36) Frances Bassett S. The assessment of patient adherence to physiotherapy rehabilitation. *New Zeal J Physiother.* 2003;31(2):60-6.
- 37) Brewer BW, Van Raalte JL, Petitpas AJ, Sklar JH, Pohlman MH, Krushell RJ, et al. Preliminary psychometric evaluation of a measure of adherence to clinic-based sport injury rehabilitation. *Phys Ther Sport.* 2000;1(3):68-74.

- 38) Romano M, Negrini A, Parzini S, et al. SEAS (Scientific Exercises Approach to Scoliosis): a modern and effective evidence based approach to physiotherapeutic specific scoliosis exercise. *Scoliosis*. 2015; 10:3.
- 39) Berdishevsky H, Lebel, VA, Bettany-Saltikov, J et al. Physiotherapy scoliosis-specific exercises - a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016;11:20.
- 40) Kim MJ, Park DS. The effect of Schroth's three-dimensional exercises in combination with respiratory muscle exercise on Cobb's angle and pulmonary function in patients with idiopathic scoliosis. *Phys Ther Rehabil Sci*. 2017; 6:113-119.
- 41) Białek M. Conservative treatment of idiopathic scoliosis according to FITS concept: presentation of the method and preliminary, short term radiological and clinical results based on SOSORT and SRS criteria. *Scoliosis*.2011;6:25.
- 42) Lau RWL, Cheuk KY, Ng BK, et al. Home-Based Exercise Intervention (E-Fit) on Bone Density, Muscle Function, and Quality of Life in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS): A Pilot Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(20).
- 43) Yagci G, Yakut Y. Core stabilization exercises versus scoliosis-specific exercises in moderate idiopathic scoliosis treatment. *Prosthet Orthot Int*. 2019;43(3):301-308.
- 44) Zheng Y, Dang Y, Yang Y et al. Whether Orthotic Management and Exercise are Equally Effective to the Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis in Mainland China?: A Randomized Controlled Trial Study. *Spine*. 2020;45(18).
- 45) Wibmer C, Groebl P, Nischelwitzer A, et al. Video-game-assisted physiotherapeutic scoliosis-specific exercises for idiopathic scoliosis: case series and introduction of a new tool to increase motivation and precision of exercise performance. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016;11:44.
- 46) Kuru T, Yeldan İ, Dereli EE, Özdingler AR, Dikici F, Çolak İ. The efficacy of three-dimensional Schroth exercises in adolescent idiopathic scoliosis: a randomised controlled clinical trial. *Clin Rehabil*. 2016;30(2):181-190.
- 47) Gao C, Zheng Y, Fan C, Yang Y, He C, Wong M. Could the Clinical Effectiveness Be Improved Under the Integration of Orthotic Intervention and Scoliosis-Specific Exercise in Managing Adolescent Idiopathic Scoliosis?: A Randomized Controlled Trial Study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2019;98(8):642-648.
- 48) Gomes EL, Carvalho CR, Peixoto-Souza FS, et al. Active Video Game Exercise Training Improves the Clinical Control of Asthma in Children: Randomized Controlled Trial. *PLoS One*. 2015;10(8).
- 49) Ridout B, Kelson J, Campbell A, Steinbeck K. Effectiveness of Virtual Reality Interventions for Adolescent Patients in Hospital Settings: Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2021;23(6).

- 50) Ravi DK, Kumar N, Singhi P. Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review. *Physiotherapy*. 2017;103(3):245-258.
- 51) Han J, Jeong BC, Gong BS, Yoo KT. Effect of Trunk and Pelvic Exercises Program Using Virtual Reality on the Characteristics of the Paraspinal Muscles in Patients with Scoliosis. *J Int Acad Phys Ther Res*. 2021; 12(3): 2403-2411.
- 52) Rösner D, Brunett G, Israel S, Kaden G, Kehr M, Kronfeld T. Virtual hippotherapy for the Treatment Of Idiopathic Scoliosis. International Conference on Artificial Reality and telexistence (Eurographics Symposium on Virtual Environments). 2021.
- 53) Jung YG, Chang HJ, Jo ES, Kim DH. The Effect of a Horse-Riding Simulator with Virtual Reality on Gross Motor Function and Body Composition of Children with Cerebral Palsy: Preliminary Study. *Sensors (Basel)*. 2022;22(8):2903.
- 54) Peri E, Panzeri D, Beretta E, Reni G, Strazzer S, Biffi E. Motor Improvement in Adolescents Affected by Ataxia Secondary to Acquired Brain Injury: A Pilot Study. *Biomed Res Int*. 2019; 2019: 1-8.

8. ANEXOS

ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Para satisfacción de los Derechos del Paciente/Participante, y en cumplimiento de la normativa vigente en materia de investigación:

D/Dña _____ con DNI _____
_____ y D/

Dña. _____ con DNI _____ como
padres o tutores del menor de edad (nombre y apellidos)
_____, como progenitores/tutor legal del menor de edad
en pleno uso de mis facultades, libre y voluntariamente,

EXPONGO: que he sido debidamente INFORMADO/A por
D/Dña. _____,
en entrevista personal realizada el día _____ de _____ de _____, de que el
menor a mi cargo **entra a formar parte de un proyecto de investigación para el
estudio titulado “Intervención fisioterapéutica con realidad virtual en adolescentes
con escoliosis idiopática: protocolo de investigación para ensayo controlado
aleatorizado”**.

Se asignará de manera aleatoria a uno de los siguientes grupos.

- Grupo control: 10 ejercicios fisioterapéuticos específicos.
- Grupo experimental: 10 ejercicios fisioterapéuticos específicos combinados con realidad virtual.

Los pacientes recibirán dos evaluaciones a lo largo del tratamiento, realizadas por el médico traumatólogo y el fisioterapeuta del hospital. En ellas se valorarán: ángulo de Cobb, ángulo de rotación del tronco, función pulmonar, calidad de vida y la adherencia al tratamiento”. Pueden aparecer efectos adversos como dolor, mareo o alteración de la visión, en caso de experimentarlos, se comunicará al equipo investigador para su tratamiento.

MANIFIESTO: que he entendido y estoy satisfecho de todas las explicaciones y aclaraciones recibidas sobre el proceso de participación citado, y OTORGO MI CONSENTIMIENTO para que el menor a mi cargo participe en este estudio titulado “**Intervención fisioterapéutica con realidad virtual en adolescentes con escoliosis idiopática: protocolo de investigación para ensayo controlado aleatorizado**”.

De acuerdo con el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 de Protección de Datos (RGPD) y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de

Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, el participante y/o sus padres o tutores legales quedan informados de que el Responsable del tratamiento de sus datos personales será FUNDACION UNIVERSIDAD SAN JORGE.

Todos los datos personales, incluidos los clínicos en su caso, serán tratados por el equipo investigador conforme a las leyes en vigor en la materia, especialmente el RGPD, únicamente con fines estadísticos, científicos y de investigación, para extraer conclusiones del proyecto en el que participa.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código de manera que no se pueda identificar a los participantes y su identidad no será revelada de ninguna manera excepto en los casos legalmente previstos. Cualquier publicación de los resultados de la investigación, estadísticos o científicos, reflejará únicamente datos disociados que impidan la identificación de los participantes en el estudio.


Como participante en el estudio puede ejercitar sus derechos de acceso, modificación, oposición, cancelación, limitación del tratamiento y portabilidad, dirigiéndose al Delegado de Protección de Datos de la Universidad adjuntando a su solicitud de ejercicio de derechos una fotocopia de su DNI o equivalente al domicilio social de USJ sito en Autovía A-23 Zaragoza-Huesca, km. 299, 50830- Villanueva de Gállego (Zaragoza), o la dirección de correo electrónico privacidad@usj.es. Asimismo, tiene derecho a dirigirse a la Agencia Española de Protección de Datos en caso de no ver correctamente atendido el ejercicio de sus derechos.

El participante podrá retirarse del estudio en cualquier momento comunicándose al investigador principal, si bien queda informado de que sus datos no podrán ser eliminados para garantizar la validez de la investigación y garantizar el cumplimiento de los deberes legales del Responsable.

Igualmente queda informado de que los resultados del presente proyecto podrán ser usados en el futuro en otros proyectos de investigación relacionados con el campo de estudio objeto del presente, así como que tiene derecho a ser informado sobre los resultados del estudio en el caso de que así lo solicite.

Y, para que así conste, firmo el presente documento

Villanueva de Gállego, a ___ de ___ de ___

Firma padre/madre/tutor (rodear la opción correcta) y nº DNI	Firma del padre/madre/tutor (rodear la opción correcta)	Firma del investigador y nº DNI
		 18175549Y

ANEXO 2. CUESTIONARIO CALIDAD DE VIDA SRS-22

A.1 Función/actividad

1) Si tuviera que pasar el resto de su vida con la espalda como la tiene ahora, ¿cómo se sentiría?

- Muy descontento
- Bastante descontento
- Ni contento ni descontento
- Bastante contento
- Muy contento

2) ¿Cuál es su nivel de actividad actual?

- Permanentemente en cama
- No realiza prácticamente ninguna actividad
- Tareas ligeras y deportes ligeros
- Tareas moderadas y deportes moderados
- Actividad completa

3) ¿Cuál es su nivel actual de actividad laboral o escolar?

- 0% de lo normal
- 25% de lo normal
- 50% de lo normal
- 75% de lo normal
- 100% de lo normal

4) ¿Le limita la espalda la capacidad para realizar sus actividades habituales por casa?

- Siempre

- Casi siempre
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

5) ¿Cree que el estado de su espalda influye en sus relaciones personales?

- Mucho
- Bastante
- Regular
- Un poco
- Nada

A.2. Dolor

6) ¿Cuánto dolor ha tenido en los últimos 6 meses?

- Intenso
- Moderado
- Regular
- Ligero
- Ninguno

7) ¿Cuánto dolor ha tenido en el último mes?

- Intenso
- Moderado
- Regular
- Ligero
- Ninguno

8) ¿Tiene dolor de espalda en reposo?

- Siempre
- Casi siempre
- Algunas veces
- Solo alguna vez
- Nunca

- Mucho
- Bastante
- Regular
- Un poco
- Nada

9) ¿Toma medicamentos para su espalda?

- Calmantes fuertes a diario
- Calmantes fuertes 1 a la semana o menos
- Calmantes suaves a diario
- Calmantes suaves 1 a la semana o menos
- Ninguno

- Siempre
- Casi siempre
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

10) En los últimos 3 meses, ¿cuántos días ha faltado al trabajo o al colegio debido a su dolor de espalda?

- 4 ó más
- 3
- 2
- 1
- 0

14) ¿Le dificulta la situación de su espalda salir de casa con sus amigos o su familia?

15) ¿Se siente atractiv@ con el estado actual de su espalda?

- En absoluto
- No, no demasiado
- Ni atractivo/ a ni poco atractivo/a
- Sí, mucho

A.3. Autopercepción de imagen

11) ¿Cómo te queda la ropa?

- Muy mal
- Mal
- Aceptable
- Bien
- Muy bien

A.4. Salud mental

16) Durante los últimos 6 meses, ¿cuánto tiempo estuvo muy nervioso?

- Siempre
- Casi siempre
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

12) ¿Cómo describiría el aspecto de su cuerpo, sin tener en cuenta el de la cara y extremidades?

- Muy malo
- Malo
- Regular
- Bueno
- Muy bueno

17) Durante los últimos 6 meses, ¿se sintió tan bajo de moral que nada podía animarle?

- Siempre
- Casi siempre
- Algunas veces
- Solo alguna vez
- Nunca

13) ¿Usted o su familia tienen limitaciones económicas por su espalda?

18) ¿Durante los últimos 6 meses, cuánto tiempo se sintió calmado y tranquilo?

- Nunca
- Sólo alguna vez
- Algunas veces
- Casi siempre
- Siempre

19) ¿En los últimos 6 meses se ha sentido desanimado y triste?

- Siempre
- Casi siempre
- Algunas veces
- Sólo alguna vez
- Nunca

20) ¿Durante los últimos 6 meses, cuanto tiempo se sintió feliz?

- Nunca
- Sólo alguna vez
- Algunas veces

- Casi siempre
- Siempre

A.5. Satisfacción del tratamiento

21) ¿Está satisfecho con los resultados del tratamiento?

- Completamente insatisfecho
- Bastante insatisfecho
- Indiferente
- Bastante satisfecho
- Completamente satisfecho

22) ¿Aceptaría el mismo tratamiento otra vez si estuviera en la misma situación?

- No, sin duda
- Probablemente no
- No estoy seguro/a
- Probablemente sí
- Sí, sin duda.

Leal-Hernández M, Martínez-Monje F, Pérez-Valencia M, García-Romero R, Mena-Poveda R, Caballero-Cánovas J. Análisis de la calidad de vida en los pacientes afectos de escoliosis vertebral. *Semergen*. 2018;44(4):227-233.

ANEXO 3. CUESTIONARIO ADHERENCIA SIRAS









SPORT INJURY REHABILITATION ADHERENCE SCALE (SIRAS)

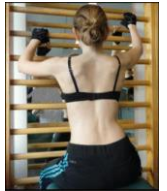







To be completed by the physiotherapist at the end of each of the patient's treatment sessions.
For each of the following circle the number that best indicates the patient's behaviour:


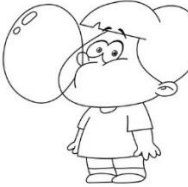

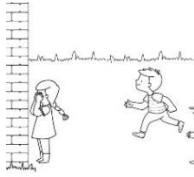
1. The intensity with which the patient completed the rehabilitation exercises during today's appointment						
minimum effort	1	2	3	4	5	maximum effort
2. During today's appointment, how frequently did the patient follow your instructions and advice?						
never	1	2	3	4	5	Always
3. How receptive was this patient to changes in the rehabilitation programme during today's appointment?						
very unreceptive	1	2	3	4	5	very receptive

Frances Bassett S. The assessment of patient adherence to physiotherapy rehabilitation. *New Zeal J Physiother*. 2003;31(2):60-6.

ANEXO 4. PROGRAMA DE EJERCICIOS

Descripción grupo control		Ejercicio	Descripción grupo experimental	
<p>Paciente debe corregir su deformidad. Una vez conseguido, pasará de SDT a BPD</p>		<p>Autocorrección activa</p> <p>5- 8 repeticiones Sostener 10s. Progresión: 1-2 min. [A]</p>		<p>Paciente tiene como objetivo, mediante la autocorrección, enderezar la serpiente.</p>
<p>Primero corregir postura. Después mantener posición con apoyo unipodal. Progresión con apoyo bipodal+sentadilla</p>		<p>Reacciones de equilibrio</p> <p>5-6 repeticiones. Sostener 15-20s. Progresión: 1-2 min. [B]</p>		<p>Paciente debe corregirse, elevar la pierna y en ese momento el personaje avanzará. Tiene un tiempo limitado para completar el recorrido.</p>
<p>Paso de SDT a BPD en posición corregida y después inicio de la marcha. Crear situaciones desequilibrantes: subida de escalones o bordillos</p>		<p>Consciencia al andar</p> <p>3-5 repeticiones. Caminar 10m. Progresión: + distancia y – tiempo. [A]</p>		<p>Cuerda floja dónde el personaje irá avanzando conforme el paciente realice la postura correcta.</p>
<p>Paso de SDT a BDT. Autocorrección y subida de escaleras/obstáculos.</p>		<p>Autocorrección en movimiento</p> <p>3-5 repeticiones. 5 min. [B]</p>		<p>Autocorrección y subida de obstáculos mientras en la pantalla aparecen objetos que alteran la estabilidad del paciente.</p>

<p>Activación de la musculatura del tronco. Corrección en 3D mediante la espaldera.⁽³²⁾</p>		<p>50 x pezziball</p> <p>3-4 series. 5-8 repeticiones. 5 minutos. [B]</p>		<p>Paciente en un rocódromo dónde cada vez que realice la respiración y el ejercicio isométrico avanzará a la siguiente presa.</p>
<p>Brazo más alejado del suelo por encima de la cabeza y la pierna alejada estirada. Acompañando a la inspiración, el paciente estira brazo y pierna.</p>		<p>Estiramiento en decúbito lateral</p> <p>5-8 repeticiones Sostener 10s. Progresión: 30s-1min [A]</p>		<p>La inspiración coincide con el personaje preparándose para soplar. Si la inspiración/espирación no es suficiente, la burbuja explotará.</p>
<p>BPD. Pierna del lado convexo elevada y apoyada. Elevar brazo lado cóncavo formando una línea recta.</p>		<p>Cilindro muscular</p> <p>3-4 series. 5-8 repeticiones. 5 minutos. [A]</p>		<p>PT es el portero. Al estirar el brazo del lado cóncavo, atrapará la pelota.</p>
<p>Cuadrupedia. Elevar brazo del lado cóncavo y pierna del lado convexo</p>		<p>Superman</p> <p>3-4 series. 12 repeticiones. 5 minutos. [B]</p>		<p>Debe elevar brazo y pierna adecuados. Ese movimiento le permitirá esquivar los edificios.</p>

<p>PT en BPD sosteniendo dos picas. Corrección columna + expansión del tórax.⁽³²⁾</p>		<p>Ejercicio vela de Schroth</p> <p>3-4 series. 12 repeticiones. 5 minutos. [A]</p>		<p>Una vez realizada la corrección, al expandir el tórax con las respiraciones, se inflarán los globos.</p>
<p>Sobre colchoneta y con un rollo foam bajo la columna, apoya los pies en la pared. Mantener corrección postural. Progresión: pies en fitball.</p>		<p>Ejercicio de estabilización FITS</p> <p>5- 8 repeticiones Sostener 10s. Progresión: 1-2 min. [B]</p>		<p>Fase de respiración y relajación→ el personaje avanza hasta la meta. Fase de corrección y estabilización→ personaje inmóvil</p>