

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL
DEPORTE**

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIO SANITARIAS

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ



**“Dolor de cadera y síndrome femoroacetabular en
powerlifting: revisión sistemática sobre criterios de
progresión en carga en sentadilla”**

CURSO ACADÉMICO 2025-2026

Alumno/a: Alejandro Rosano Ribert

Tutor académico: José Vicente Cayetano Vidal Vidal

ÍNDICE

1.	CONTEXTUALIZACIÓN.....	3
1.1	Resumen	3
1.2	Abstract.....	3
1.3	Introducción.	4
2.	PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN.....	5
2.1	Criterios de elegibilidad.	5
2.2	Fuentes de información.	6
2.3	Estrategia de búsqueda.	6
2.4	Proceso de selección de estudios.....	7
2.5	Evaluación de riesgo de sesgo.	7
2.6	Resultados	8
3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	9
4.	DISCUSIÓN.	12
4.1	Calidad de la muestra.....	12
4.2	Potencia estadística de los estudios	13
4.3	Alteraciones biomecánicas durante la sentadilla.....	14
4.4	Comparativa cirugía vs tratamiento conservador	15
4.5	Aplicación al entrenamiento de fuerza y powerlifting.....	15
4.6	Limitaciones	16
5.	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	16
5.1	Justificación.....	16
5.2	Objetivos de la intervención.	17
5.3	Variables de duración, frecuencia, volumen y progresión de carga.	18
5.4	Programa de intervención.	19
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
7.	ANEXOS	22
7.1	Anexo 1. Diagrama de flujo PRISMA.	22
7.2	Anexo 2. Escala PEDro.	23

1. CONTEXTUALIZACIÓN.

1.1 Resumen

El objetivo de esta revisión es analizar la evidencia científica sobre los criterios de progresión de cargas, biomecánica y manejo del dolor de cadera en FAIS en ejercicios enfocados al entrenamiento de fuerza, especialmente la sentadilla.

La recopilación de estudios se ha realizado en las bases de datos PUBmed y SportDiscuss, habiéndose identificado un total de 133 estudios publicados entre los años 2009 y 2026. Los criterios de inclusión que se han aplicado exigen que el tipo de estudio fuera ensayo, estudios biomecánicos y estudios observacionales, en los que los sujetos participantes fueran atletas de fuerza o tuvieran experiencia en el entrenamiento de fuerza y presentaran dolor de cadera y/o síndrome de pinzamiento femoroacetabular (FAIS). También se aceptaron estudios realizados en sujetos sin dolor para analizar las variables técnicas y biomecánicas de los patrones de sentadilla.

Finalmente, he seleccionado 6 estudios relacionados con la biomecánica de la sentadilla, activación de grupos musculares y control motor de dicho movimiento, y progresión de cargas y tratamiento del FAIS.

Los resultados nos sugieren que las limitaciones en ROM, la deficiente estabilidad y control lumbopélvico, y las alteraciones biomecánicas producidas en ejercicios con una elevada flexión de cadera influyen en la aparición de dolor en el atleta.

Se concluye, que una progresión gradual en ROM, el control técnico del ejercicio, y una progresión de cargas basada en escalas de dolor parecen desempeñar un papel importante para una correcta readaptación y vuelta al entrenamiento en sujetos con FAIS.

Palabras clave: FAIS, pinzamiento femoroacetabular, sentadilla, dolor de cadera, progresión de carga, entrenamiento de fuerza.

1.2 Abstract

The objective of this review is to analyze the scientific evidence regarding load progression criteria, biomechanics, and the management of hip pain in subjects with femoroacetabular impingement syndrome (FAIS) during strength-training exercises, particularly the squat.

The literature search was conducted using the PUBmed and SportDiscus databases, identifying a total of 133 studies published between 2009 and 2026. The inclusion criteria required studies to be clinical trials, biomechanical studies, or observational studies involving strength athletes or individuals experienced in strength training who presented hip pain and/or femoroacetabular impingement syndrome (FAIS). Studies conducted on asymptomatic subjects were also included in order to analyze the technical and biomechanical variables associated with squat movement patterns.

Finally, six studies related to squat biomechanics, muscle activation, motor control, load progression, and conservative treatment of FAIS were selected.

The results suggest that limitations in range of motion (ROM), poor lumbopelvic stability and control, and biomechanical alterations during exercises involving deep hip flexion may contribute to the development of hip pain in athletes.

It is concluded that a gradual progression in ROM, technical control of the exercise, and a progression of loads based on pain scales appear to play an important role for a proper readaptation and return to training in subjects with FAIS.

Keywords: FAIS, femoroacetabular impingement, squat, hip pain, load progression, strength training.

1.3 Introducción.

El síndrome de pinzamiento femoroacetabular (FAIS) es una alteración en la morfología ósea de la cadera constituida por un conflicto mecánico anómalo entre la cabeza-cuello del fémur y el acetábulo de la cadera durante movimientos de flexión, aducción y rotación interna de cadera, lo cual produce dolor, limitaciones funcionales y alteraciones en la biomecánica.

Existen dos tipos de FAIS, en función de si la estructura anómala se encuentra en la unión de la cabeza-cuello del fémur (tipo CAM o leva) o en el acetábulo de la cadera (tipo Pincer o pinza), también existe la combinación de ambos (mixto).

Un FAIS de tipo CAM se caracteriza por presentar una prominencia ósea anormal que da forma de protuberancia esférica en la zona de unión entre la cabeza y el cuello del fémur.

Un FAIS de tipo Pincer se caracteriza por un acetábulo que cubre excesivamente la cabeza femoral.

Esta morfología ósea anómala puede deberse tanto a causas adaptativas como genéticas.

Diversos autores señalan que en sujetos físicamente activos y deportistas se presenta una elevada prevalencia de alteraciones morfológicas compatibles con FAIS. La repetición en gestos de flexión profunda de cadera junto a una elevada carga mecánica puede favorecer la aparición de sintomatología en sujetos predispuestos.

En ejercicios como la sentadilla profunda, la flexión de cadera puede superar los 100 grados, aumentando el contacto entre el cuello femoral y el borde acetabular (Lamontagne et al., 2009).

No todos los sujetos con alteraciones morfológicas desarrollan dolor o limitación funcional. Factores como el control lumbopélvico, el control motor y la gestión de cargas desempeñan una función importante (Grant et al., 2024).

Actualmente existe un creciente interés en el uso de estrategias conservadoras basadas en el ejercicio, ajustes biomecánicos, progresión y control de la carga como alternativa al tratamiento quirúrgico (Mansell et al., 2018).

Por ello, el objetivo de esta revisión es analizar la evidencia científica disponible permitiendo orientar de forma fundamentada futuras intervenciones en el ámbito de la readaptación al ejercicio.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN.

El presente trabajo de revisión sistemática se ha realizado siguiendo las directrices de la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) descritas por Page et al., (2021), con el objetivo de garantizar la calidad metodológica y transparencia en el proceso de búsqueda, selección y análisis de los estudios incluidos en esta revisión.

2.1 Criterios de elegibilidad.

Se ha empleado la estrategia PICOS (Saaqi & Ashraf, 2017), para establecer los criterios de elegibilidad y orientar de forma correcta el proceso de búsqueda y selección de los artículos a incluir en la revisión.

1. Population (Población)

Se incluyeron estudios realizados en: sujetos físicamente activos, atletas de fuerza, powerlifters o individuos entrenados con dolor de cadera o FAIS.

2. Intervention (Intervención)

Los estudios debían analizar: la sentadilla (squat), ejercicio terapéutico, progresión de carga, modificación de la biomecánica del movimiento.

3. Comparison (Comparación)

Se aceptaron estudios que compararan: sujetos con sintomatología asociada a FAIS o FAIS con sujetos sanos, tratamiento conservador frente a cirugía, o cambios biomecánicos antes o después de una intervención.

4. Outcomes (Variables resultado)

Resultados primarios:

- Dolor de cadera: medido mediante VAS.
- Función física de la cadera: medido mediante Hip Outcome Score (HOS).
- ROM de cadera: medido con goniómetro y sistemas de captura de movimiento.
- Calidad de vida y función deportiva: medido con International Hip Outcome Tool (iHOT).

Resultados secundarios:

- Activación muscular: medido mediante EMG.
- Tolerancia a la carga: escalas subjetivas de esfuerzo (RPE) y dolor (VAS).
- Retorno al deporte: Hip Return to Sport Index (Hip- RSI).
- Estabilidad dinámica: Single Leg Squat Test e Y-Balance Test.

5. Study Design (Diseño de estudio)

Se han incluido únicamente ensayos clínicos, ensayos aleatorizados y estudios observacionales. Se han excluido revisiones sistemáticas, metaanálisis, resúmenes y artículos sin acceso a texto completo.

2.2 Fuentes de información.

El proceso de búsqueda y recopilación de estudios se llevó a cabo entre los meses de marzo y abril de 2026. Dichos estudios se recopilaron de dos bases de datos especializadas en el ámbito científico de la medicina y la salud aplicada al deporte: PubMed y SPORTDiscus.

2.3 Estrategia de búsqueda.

La ecuación de búsqueda principal fue:

("femoroacetabular impingement" OR "FAIS" OR "hip pain")

AND

("squat" OR "strength training" OR "powerlifting")

AND

("exercise therapy" OR "load progression" OR "hip biomechanics")

Filtros aplicados

Se aplicaron los siguientes filtros de búsqueda:

- Clinical Trial.
- Randomized Controlled Trial (RCT),
- Observational Study.

Se excluyeron los siguientes tipos de artículos:

- Systematic Reviews
- Meta-Analyses
- Case Reports

2.4 Proceso de selección de estudios.

Inicialmente se identificaron 133 artículos en la búsqueda en las bases de datos de PubMed y SPORTDiscus.

Posteriormente se eliminaron artículos duplicados y aquellos que no cumplieran con los criterios de la estrategia PICOS previamente explicada para esta revisión, dejando un total de 16 artículos a examinar.

Por último, estos artículos a examinar fueron leídos y analizados uno a uno para comprobar que cumplieran con una correcta adecuación metodológica y una relación entre el squat y el FAIS clara y coherente.

Finalmente, se incluyeron 6 artículos en el presente trabajo de revisión.

Anexo 1. Diagrama de flujo PRISMA.

2.5 Evaluación de riesgo de sesgo.

Para asegurar la calidad metodológica y analizar el riesgo de sesgo de los dos ensayos clínicos incluidos, se ha utilizado la escala PEDro, la cual recoge los siguientes ítems:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1. Criterios de elegibilidad	Se especifican los criterios de selección de participantes.
2. Asignación aleatoria	Los sujetos se distribuyen totalmente al azar.
3. Asignación oculta	La asignación de participantes se realiza de forma oculta para evitar sesgos de elección.
4. Comparabilidad inicial	Grupos similares al inicio con referencia a variables clave.
5. Cegamiento de participantes	Los participantes desconocen a que grupo pertenecen.
6. Cegamiento de terapeutas	Los investigadores también desconocían la asignación de los participantes.
7. Cegamiento de evaluadores	Los evaluadores que recogían datos también desconocían la asignación de los participantes.
8. Seguimiento adecuado	Al menos el 85% de los participantes finaliza el estudio.
9. Análisis por intención de tratar	Los datos se analizan en relación a la asignación original.
10. Comparaciones estadísticas	Se compara de forma estadística al menos una variable relevante.
11. Medidas de precisión y variabilidad	El estudio utiliza medidas como desviación estándar, intervalos de confianza, error estándar, etc.

2.6 Resultados

2.6.1 Selección de estudios

- Lamontagne et al. (2009)
- Diamond et al. (2019)
- Grant et al. (2024)
- Smeatham et al. (2017)
- Mansell et al. (2018)
- McGinley et al. (2026)

2.6.2 Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios seleccionados

Se ha utilizado la escala PEDro para analizar los tres ensayos incluidos en la revisión:

Anexo 2. Escala PEDro.

Mansell et al. (2018):

- Los participantes conocían si estaban recibiendo tratamiento quirúrgico o tratamiento conservador, lo cual es inviable metodológicamente (ítem 5).
- Los investigadores también conocían la intervención aplicada a cada grupo, lo cual también es inviable metodológicamente (ítem 6).

Smeatham et al. (2017):

- Los sujetos sabían que tipo de intervención recibían, los cuales podían ser fisioterapia especializada, ejercicios individualizados, educación postural o control motor (ítem 5).
- Los investigadores sabían que tipo de intervención aplicaban a cada participante (ítem 6)
- El estudio no especifica si los evaluadores supieran cual era la asignación de cada grupo (ítem 7)
- El seguimiento no alcanzó el porcentaje de finalización necesario (23 de 30) (ítem 8)
- Los participantes que abandonaron el estudio no fueron analizados dentro del grupo inicial al que fueron asignados (ítem 9)

Grant et al. (2024):

- Los participantes conocían el proceso de intervención que se realiza (ítem 5).
- Los investigadores encargados del proceso de intervención estaban al tanto del tipo de intervención que se hacía en cada sujeto, llevando un seguimiento individualizado (ítem 6).

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Autor y año.	Lamontagne et al. (2009)	Diamond et al. (2019)	Grant et al. (2024)
Objetivo	Analizar el efecto del FAIS tipo CAM sobre la biomecánica de la pelvis y la cadera en un 1RM de sentadilla y determinar si los sujetos sanos presentan mayor profundidad en sentadilla que los sujetos con FAIS.	Analizar las alteraciones neuromusculares y los patrones de activación muscular en tareas funcionales con patrones de movimiento tipo sentadilla en sujetos con FAIS comparados con sujetos sanos.	Comparar cambios biomecánicos en sentadilla en sujetos tras cirugía artroscópica y sujetos con intervención conservadora.
Muestra	15 sujetos diagnosticados con FAIS tipo CAM y 11 sujetos en grupo control sanos emparejados por edad, sexo e IMC. Todos los participantes del estudio eran adultos jóvenes físicamente activos.	Sujetos diagnosticados con FAIS y grupo control sano.	36 participantes diagnosticados con FAIS divididos en dos grupos, uno tratado con tratamiento conservador y otro con cirugía artroscópica.
Metodología	Comparative study. Los participantes realizaron sentadillas 1RM mientras se registraban los movimientos utilizando un sistema Vicon Motion Capture con cámaras infrarrojas y marcadores reflectantes. Se analizaron variables como la profundidad de la sentadilla, movimiento pélvico sagital y cinemática de cadera durante todo el movimiento.	Observational study. Basado en el análisis EMG y funcional. Los participantes realizaron tareas que implicaban patrones tipo sentadilla mientras se registraba la actividad muscular mediante el uso de electromiografía de superficie e intramuscular. Se hizo hincapié en los músculos estabilizadores profundos de la cadera y pelvis, así como estrategias de control motor durante la ejecución de los gestos.	Randomized Controlled Trial. Se realizó en los sujetos un análisis biomecánico mediante Motion Capture antes de la intervención y tras 12 meses de seguimiento. Se evaluaron variables tales como la flexión de cadera, el "tilt" pélvico, momentos articulares y la cinemática global de la sentadilla.

Resultados	Los sujetos con FAIS presentaron en general una profundidad de sentadilla menor que el grupo control, concretamente el ROM pélvico sagital, además se observó como los sujetos con FAIS buscaban técnicas compensatorias durante la flexión profunda de cadera para intentar acercarse a esos grados de movimiento. No se observaron grandes diferencias en cuanto a la movilidad de cadera de forma aislada entre sujetos sanos y con FAIS, lo que sugiere que las limitaciones podrían estar provocadas por un control lumbopélvico y mecánica global del gesto deficientes.	Los sujetos con FAIS mostraron alteraciones en la activación muscular en comparación al grupo control, concretamente en la musculatura estabilizadora profunda. También se observó que entre los sujetos con FAIS había tendencia a generar compensaciones técnicas para reducir el pinzamiento. Los autores sugieren que estas alteraciones neuromusculares contribuyen a una persistencia en los síntomas funcionales.	Ambos grupos expresaron modificaciones biomecánicas similares tras la intervención. Una de las variables afectadas fue la reducción de la flexión máxima de cadera, la disminución del "tilt" pélvico anterior y la reducción de los momentos articulares de flexión de cadera. No hay diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.
Conclusión	El FAIS parece deteriorar significativamente la biomecánica de la sentadilla profunda, lo cual genera mecanismos protectores de compensación mecánica del cuerpo frente al pinzamiento.	El FAIS como problema físico puede asociarse a alteraciones del control motor y de la activación muscular. El entrenamiento de estabilidad y control lumbopélvico podrían desempeñar un papel importante en la rehabilitación de esta lesión.	Ambos tipos de intervención producen adaptaciones similares en el cuerpo humano, por lo que sería interesante abogar por un tratamiento mas conservador y menos invasivo en sujetos con FAIS.

Autor y año.	Smeatham et al. (2017)	Mansell et al. (2018)	McGinley et al. (2026)
Objetivo	Analizar si un programa de tratamiento conservador puede mejorar el dolor y la funcionalidad en sujetos adultos jóvenes con FAIS.	Comparar los efectos de la cirugía artroscópica y el ejercicio terapéutico sobre sujetos con FAIS durante un seguimiento de 2 años.	Comparar la biomecánica de una sentadilla convencional y un hold squat (sentadilla con pausa de 3" en la zona de mayor flexión de

			cadera) en adolescentes y adultos jóvenes con FAIS para observar como estos ajustes técnicos alteran la biomecánica de la cadera.
Muestra	30 adultos jóvenes con diagnóstico clínico y radiológico de FAIS. Se dividieron en dos grupos, 15 y 15, uno de intervención y otro de control con rutina de cuidados normal. Solo completaron el estudio 23 sujetos.	80 participantes con FAIS, los cuales eran todos candidatos a una cirugía artroscópica. La mayoría son militares activos físicamente.	46 adolescentes y adultos jóvenes con FAIS candidatos a cirugía. Todos ellos realizaron el mismo protocolo.
Metodología	Clinical trial. El grupo de intervención realizó durante 3 meses un programa individualizado de ejercicio terapéutico enfocado en el control lumbopélvico, control femoral-proximal, fortalecimiento muscular, ejercicios de sección media y educación postural. Para evaluar los resultados se utilizaron escalas tipo VAS, LEFS, HOS y NAHS.	Randomized controlled trial. Asignación aleatoria a cirugía artroscópica o a tratamiento conservador. El grupo de ejercicio terapéutico realizó un programa de 12 sesiones centrado en el trabajo del control motor y la modificación de los gestos. Se evaluaron los resultados mediante HOS, iHOT-33 y percepción subjetiva de cambio durante los dos años de seguimiento.	Observational study. Se realizó un análisis tridimensional utilizando sistema Vicon 3D motion capture y plataformas de fuerzas AMTI. Los participantes realizaron dos protocolos: sentadilla tradicional y hold squat, solo hubo una sesión en la que los participantes realizaron 3 repeticiones de cada tipo de sentadilla. No se dieron especificaciones de como debía ser la profundidad, la posición del tronco o la velocidad.
Resultados	El grupo intervención obtuvo mejoras especialmente en LEFS y NAHS, indicando una mejora funcional sustancial. También se observó una mejora moderada de dolor con respecto al grupo control	Ambos grupos mejoraron de forma significativa dolor y función física. No hubo diferencia estadística significativa entre ambos grupos en HOS y iHOT-33 al finalizar el seguimiento. Un 33% de los participantes presentaba limitaciones	Los sujetos con FAIS alcanzaban mayor profundidad durante la sentadilla tradicional, mayores valores de flexión de cadera, rodilla y tobillo, además de mayores momentos articulares y potencia generada.

		funcionales relevantes durante los dos años de seguimiento.	
Conclusión	El tratamiento conservador con ejercicio terapéutico individualizado indica poder mejorar el dolor y la función física en sujetos jóvenes con FAIS. Los programas de intervención enfocados en el control motor y el trabajo de estabilidad son cruciales dentro del tratamiento conservador.	Tratamiento conservador y cirugía presentan resultados similares. No hubo ninguna ventaja real de la cirugía frente al ejercicio terapéutico.	Se concluyó que pequeños cambios técnicos en la ejecución de la sentadilla tenían efectos significativos durante la ejecución de la misma, haciendo que se alteren significativamente las demandas mecánicas sobre la articulación coxofemoral.

4. DISCUSIÓN.

4.1 Calidad de la muestra

De forma general, la calidad de la muestra incluida en los estudios analizados puede considerarse moderada-alta. Todos los estudios definieron adecuadamente sus criterios de inclusión y exclusión, utilizando poblaciones clínicamente diagnosticadas en su mayoría con síndrome femoroacetabular (FAIS) y aplicaron protocolos bien definidos y estandarizados.

En el estudio de Lamontagne et al. (2009) se incluyeron sujetos con FAIS sintomático comparando con sujetos sanos, lo que permitió identificar diferencias biomecánicas concretas entre sujetos, como la capacidad de flexión de cadera. Los sujetos que participaron en el estudio constituyen una muestra relativamente reducida, 26 sujetos en total. Además, los sujetos eran adultos jóvenes físicamente activos, lo que limita la extrapolación real a otras poblaciones con características más variables.

Diamond et al. (2019) analizó deportistas físicamente activos, lo cual permite una mayor aplicabilidad al contexto del entrenamiento de fuerza y específicamente powerlifting, sin embargo, la heterogeneidad en el nivel deportivo entre participantes dificulta saber si estos datos son extrapolables a nivel élite.

En la investigación de Grant et al. (2024), la muestra estuvo compuesta por sujetos sometidos a una valoración preoperatoria, lo que nos da un segmento de la población más específico para casos clínicos. Este estudio se compuso por sujetos jóvenes físicamente activos, predominantemente sexo femenino, lo que podría influir en variables como la capacidad de mantener el control lumbopélvico y la profundidad de la sentadilla.

Smeatham et al. (2017) trabajó con 30 sujetos distribuidos aleatoriamente entre grupo intervención y grupo control. El diseño experimental le da una gran validez interna al estudio, pero se ve gravemente perjudicado por la pérdida de participantes durante el desarrollo del mismo, lo cual disminuye la robustez estadística.

Mansell et al. (2018) incluyó militares activos con FAIS, lo cual constituye una muestra sólida extrapolable a otros atletas físicamente activos.

Finalmente, McGinley et al. (2026) analizó 46 sujetos jóvenes candidatos a cirugía. Esta muestra resulta mas homogénea y tuvo un protocolo de intervención sobre la biomecánica de la sentadilla muy controlado y simple.

De forma general, el conjunto de los estudios incluidos en esta revisión coincide en presentar tamaños muestrales moderados, heterogeneidad de poblaciones deportivas y un predominio de sujetos físicamente activos.

4.2 Potencia estadística de los estudios

La potencia estadística de los estudios incluidos en la presente revisión ha sido variable y depende principalmente del tamaño muestral y el diseño metodológico.

Los estudios observacionales como los de McGinley et al. (2026) y Lamontagne et al. (2009) utilizaron diseños intrasujeto y análisis cinemáticos tridimensionales que permitieron detectar diferencias significativas en la biomecánica de la sentadilla incluso con muestras moderadas-bajas.

McGinley et al. (2026) observaron diferencias significativas entre TSquat y HSquat:

- Profundidad de sentadilla (42.6 ± 12.8 % en TSquat) (36.0 ± 13.0 % en HSquat) $p < 0.001$
- Mayor flexión máxima de cadera ($+4.2 \pm 0.7^\circ$ en TSquat) $p < 0.05$
- Mayor flexión de rodilla ($+10.2 \pm 1.2^\circ$ en TSquat) $p < 0.05$
- Mayor flexión máxima de tobillo ($+1.4 \pm 0.1^\circ$ en TSquat) $p < 0.05$

Esta potencia estadística sugiere una capacidad suficiente para detectar alteraciones biomecánicas relevantes.

Estudios como el de Smeatham et al. (2017) presentan limitaciones derivadas del escaso tamaño muestral y de la pérdida de participantes durante la intervención. Aunque se observan mejoras significativas tras la intervención con metodología conservadora, la ausencia de cálculos formales de potencia estadística reduce la capacidad de extrapolar estos hallazgos.

Mansell et al. (2018), aunque dispone de una muestra relativamente mayor y un seguimiento más longitudinal (dos años), tampoco realiza el análisis de potencia estadística.

La mayoría de estudios no reportan tamaño del efecto, ni análisis post hoc, ni intervalos de confianza completos, lo cual representa una limitación metodológica.

En general, los estudios carecen de una potencia estadística sólida, aunque la evidencia analizada presenta resultados relativamente consistentes entre estudios, lo que nos permite orientar de forma más aproximada futuras propuestas de intervención.

4.3 Alteraciones biomecánicas durante la sentadilla.

El hallazgo más consistente de esta revisión ha sido la presencia de alteraciones significativas en la mecánica de la sentadilla en sujetos con FAIS.

Lamontagne et al. (2009) observó que los sujetos con FAIS presentaban menor flexión máxima de cadera durante la sentadilla respecto al grupo control ($97.7^\circ \pm 8.3$ vs $104.2^\circ \pm 8.2$; $p < 0.05$). La rotación interna de cadera fue significativamente inferior en el grupo FAIS ($4.7^\circ \pm 8.6$ vs $17.0^\circ \pm 8.5$; $p < 0.001$). Los autores hallaron una disminución del rango de movimiento pélvico sagital ($24.2^\circ \pm 6.8$ vs $29.5^\circ \pm 5.5$; $p < 0.05$). "These movement limitations may represent compensatory strategies to avoid impingement."

Los participantes con FAIS evitaban posiciones de máxima flexión de cadera como mecanismo protector frente al dolor.

McGinley et al. (2026) demostró que pequeñas modificaciones técnicas en la sentadilla altera de forma significativa la mecánica del propio gesto.

Durante TSquat:

- Los sujetos alcanzaron una profundidad de $42.6 \pm 12.8\%$ de la longitud de la pierna.
- Flexión máxima de cadera aumentó 4.2° .
- Flexión de rodilla aumentó 10.2° .
- Momento sagital de cadera mayor (1.03 ± 0.30 Nm/kg en TSquat) vs (0.93 ± 0.27 Nm/kg en HSquat) $p < 0.001$

Durante HSquat:

- Solamente pudieron alcanzar $36.0 \pm 13.0\%$.

Estos hallazgos sugieren que a mayor demanda de estabilidad profunda (mayores grados de flexión articular), mayor es la tendencia de los sujetos con FAIS a modificar el patrón motor para compensar el gesto.

Diamond et al. (2019) también observó diversas estrategias para compensar el gesto:

- Disminución de profundidad.
- Aumento de la inclinación anterior del tronco.

- Reducción de carga sobre la cadera afectada (desplazamiento del centro de masas hacia la pierna sana)

Estas compensaciones buscan reducir la compresión anterior acetabular, limitar el pinzamiento, y de forma general, reducir el dolor.

4.4 Comparativa cirugía vs tratamiento conservador

Mansell et al. (2018) observó mejoras funcionales en ambos grupos durante los 2 años de seguimiento. En la escala HOS-ADL, el grupo cirugía mejoró de 63.9 ± 16.3 a 84.2 ± 18.5 puntos mientras que el grupo fisioterapia pasó de 66.4 ± 15.6 a 82.5 ± 18.4 puntos. El iHOT-33 mejoró aproximadamente 25 puntos en cirugía y 22 puntos en fisioterapia. Los autores no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos.

Mansell et al. (2018), Smeatham et al. (2017) y Diamond et al. (2019) sugieren que los déficits de función física presentes en sujetos con FAIS podrían depender significativamente de las alteraciones del control motor y de la biomecánica funcional producidas como estrategias de compensación, además de la propia morfología ósea predispuesta genéticamente.

4.5 Aplicación al entrenamiento de fuerza y powerlifting.

La sentadilla profunda es uno de los tres gestos fundamentales dentro del powerlifting, siendo este el primero en desarrollarse dentro de la competición y el que tiene un requisito imprescindible de profundidad requerida para considerar el movimiento válido.

Lamontagne et al. (2009) observaron que sujetos con FAIS presentaban menor flexión máxima de cadera respecto al grupo control ($97.7^\circ \pm 8.3$ vs $104.2^\circ \pm 8.2$; $p < 0.05$), así como una importante reducción de la rotación interna de cadera ($4.7^\circ \pm 8.6$ vs $17.0^\circ \pm 8.5$; $p < 0.001$). También registraron una disminución significativa del rango de movimiento pélvico sagital ($24.2^\circ \pm 6.8$ vs $29.5^\circ \pm 5.5$; $p < 0.05$).

Los programas de tratamiento conservador descritos por Smeatham et al. (2017) y Mansell et al. (2018), se centraron en el fortalecimiento proximal, control femoral y reeducación del movimiento. Estas adaptaciones podrían facilitar una mejora de la tolerancia mecánica en la sentadilla y optimizar posteriormente el retorno al entrenamiento de fuerza.

En conjunto, los estudios revisados sugieren que las limitaciones funcionales observadas en sujetos con FAIS no dependen exclusivamente de la morfología ósea, sino también de alteraciones del control motor, estabilidad proximal y estrategias compensatorias desarrolladas durante movimientos de elevada demanda mecánica como la sentadilla profunda. Por ello, la evidencia analizada parece apoyar intervenciones centradas en la

reeducación biomecánica, el fortalecimiento proximal y la progresión individualizada de carga.

4.6 Limitaciones

El presente trabajo de revisión bibliográfica presenta limitaciones que deben considerarse al interpretar los datos. Únicamente se incluyeron 6 estudios, lo que limita de forma parcial la generalización de los resultados. Además, existe una importante heterogeneidad metodológica entre investigaciones, ya que algunos estudios analizaron variables biomecánicas mediante motion capture tridimensional (Lamontagne et al., 2009; McGinley et al., 2026), y otros evaluaron principalmente resultados clínicos y funcionales (Smeatham et al., 2017; Mansell et al., 2018).

El tamaño de la muestra ha sido moderado en varios artículos, como, por ejemplo: Lamontagne et al. (2009) incluyó únicamente 15 sujetos con FAIS y 11 sujetos de grupo control, mientras que Smeatham et al. (2017) finalizaron el seguimiento con 23 participantes. Estas muestras reducidas pueden disminuir la potencia estadística y limitar la extrapolación de resultados.

Varios estudios biomecánicos evaluaron únicamente sesiones experimentales aisladas, sin seguimiento longitudinal ni análisis funcional a largo plazo.

En relación a la calidad metodológica, Smeatham et al. (2017) obtuvo una puntuación PEDro de 5/10 debido a la ausencia de cegamiento, pérdidas durante el seguimiento y falta de análisis por intención de tratar de forma más individualizada. Por el contrario, Mansell et al. (2018) y Grant et al. (2024) presentaron mayor calidad metodológica (8/10), aunque también mostraron limitaciones relacionadas con el cegamiento de participantes y terapeutas.

Finalmente, la mayoría de estudios analizaron sentadilla sin carga o bajo condiciones controladas de laboratorio, por lo que los resultados presentan una extrapolación limitada a las demandas reales del powerlifting competitivo.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

5.1 Justificación

La propuesta de intervención se fundamenta en la evidencia analizada en los estudios incluidos en esta revisión, los cuales podrían indicar que los sujetos con FAIS presentan alteraciones biomecánicas en el patrón de sentadilla, especialmente reduciendo la flexión de cadera, reduciendo la rotación interna de la pierna afectada, y provocando estrategias compensatorias para evitar el pinzamiento.

Smeatham et al. (2017) desarrolló un programa de tratamiento conservador con una duración de 12 semanas centrándose principalmente en la reeducación funcional del patrón de movimiento y en la corrección de las alteraciones biomecánicas asociadas al

FAIS. La intervención incluye ejercicios de control lumbopélvico, fortalecimiento específico de glúteo medio y glúteo mayor, trabajo de estabilización de la musculatura del core y corrección técnica de la sentadilla en tareas funcionales. Además, el programa incorpora modificaciones de aquellos gestos que provocaban dolor o pinzamiento a los sujetos.

Los ejercicios progresivos propuestos por los autores estaban orientados a mejorar el control femoral en gestos funcionales, reducir las compensaciones mecánicas que se producían durante la sentadilla y optimizar la estabilidad proximal de pelvis y tronco en gestos de flexión profunda de cadera.

Grant et al. (2024) propuso una intervención centrada en ejercicios progresivos de movilidad de cadera, fortalecimiento de la musculatura abductora y extensora, entrenamiento neuromuscular, control del valgo dinámico y readaptación progresiva en sentadilla mediante modificaciones de profundidad y técnica. Se destacó la importancia de individualizar el ROM, la profundidad de la sentadilla y la carga externa según la tolerancia mecánica de cada sujeto.

En general, los estudios revisados muestran tendencias similares en cuanto al enfoque de intervención y los resultados observados.

5.2 Objetivos de la intervención.

El objetivo general consiste en desarrollar un programa de readaptación funcional orientado a adaptar el gesto de sentadilla profunda a cada individuo en función de sus características morfológicas y sintomatología asociada al FAIS y, por consiguiente, facilitar un retorno seguro y eficaz al entrenamiento de fuerza y powerlifting.

Los objetivos específicos son:

- Mejorar el control lumbopélvico en gestos funcionales.
- Desarrollar la estabilidad proximal de cadera y tronco.
- Reducir las compensaciones técnicas derivadas de la evasión del pinzamiento (consistencia técnica).
- Mejorar la tolerancia a posiciones de flexión profunda de cadera.
- Incrementar progresivamente la tolerancia a carga externa.
- Mejorar la fuerza de rotadores externos y abductores (glúteo medio y glúteo mayor principalmente) y musculatura estabilizadora profunda de la cadera.
- Favorecer el retorno progresivo a la sentadilla profunda y entrenamiento de fuerza.

Estos objetivos se fundamentan en los programas utilizados por Smeatham et al. (2017), Grant et al. (2024) y Mansell et al. (2018).

5.3 Variables de duración, frecuencia, volumen y progresión de carga.

El programa tendrá una duración de 12 semanas, basándose en el protocolo de intervención propuesto por Smeatham et al. (2017), quienes obtuvieron mejoras clínicamente relevantes en una intervención de 12 semanas.

Grant et al. (2024) destaca también que las adaptaciones biomecánicas y neuromusculares asociadas al control motor y a la modificación técnica de la sentadilla necesitan varias semanas para poder establecer adaptaciones notorias y estables.

El programa se dividirá en:

- 1º Fase (semanas 1-4): control motor y reducción de síntomas.
- 2º Fase (semanas 5-8): reeducación del gesto de sentadilla.
- 3º Fase (semanas 9-12): vuelta al entrenamiento.

La frecuencia semanal de trabajo por patrón de movimiento será de tres veces por semana, basándonos en los protocolos utilizados por Smeatham et al. (2017), Mansell et al. (2018) y Grant et al. (2024). Con el objetivo de generar un estímulo neuromuscular suficiente y frecuente, favoreciendo generar adaptaciones mecánicas con una baja fatiga mecánica sobre la cadera.

La duración de las sesiones será de aproximadamente una hora, con la siguiente distribución:

- Calentamiento y movilidad (10').
- Activación muscular y control motor (15')
- Trabajo principal de fuerza y reeducación funcional (25')
- Vuelta a la calma y movilidad (10')

La progresión de carga externa será totalmente individualizada y progresiva, siguiendo los siguientes criterios:

- Puede realizar la sesión de entrenamiento sin un incremento significativo del dolor.
- La técnica no se ve alterada ni se producen estrategias de compensación.
- El ROM no se ve alterado.
- Completa el volumen de trabajo programado sin aumento del dolor al finalizarlo.
- El criterio de progresión de carga viene definido por el dolor percibido durante o después del ejercicio sea $\leq 3/10$ en la escala EVA (Escala visual analógica) y desaparezca completamente en las siguientes 24 horas.

5.4 Programa de intervención.

1º Fase (semanas 1-4): control motor y reducción de síntomas.

Justificación: basándonos en la intervención de Smeatham et al. (2017), la primera fase de este programa se centrará en ejercicios que aumenten la activación del glúteo medio y mayor, estabilidad de la sección media (core) y control de valgo dinámico, con el objetivo de disminuir el dolor de forma progresiva conforme disminuye el rozamiento del acetábulo y el fémur.

Tabla de ejercicios:

- Descanso propuesto: 45" – 1'30", en función de la fatiga producida, priorizar ante todo descanso completo para favorecer la calidad de ejecución.
- Puente de glúteo 3x8-12 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Clamshell con banda 3x12-15 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Dead bug dinámico 3x8-12 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Bird dog 3x8-12 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Box SQ parcial 3x6-8 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Split SQ asistido 3x8-10 repeticiones EVA $\leq 3/10$

2º Fase (semanas 5-8): reeducación del gesto de sentadilla.

Justificación: basándonos en Grant et al. (2024), se introducirán de forma gradual ejercicios con patrón de sentadilla más variables que nos permitan optimizar la mecánica del movimiento y aumentar la tolerancia a grados de flexión profunda de cadera. La mejora del rango de movimiento y control motor tendrán un papel fundamental en esta fase del programa de readaptación propuesto.

Tabla de ejercicios:

- Descanso propuesto: 1'30" – 2'30", en función de la fatiga producida, priorizar ante todo descanso completo para favorecer la calidad de ejecución.
- Goblet squat 4x6-8 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Tempo squat 3-0-3 4x6 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Bulgarian split squat 3x8-10 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Step-up 3x8-10 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Rumanian deadlift (ligero) 3x6-8 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Press pallof 3x12-15 repeticiones EVA $\leq 3/10$

3ª Fase (semanas 9-12): vuelta al entrenamiento.

Justificación: basándonos en Mansell et al. (2018) y Grant et al. (2024), la siguiente fase del programa de readaptación consistirá en priorizar ejercicios multiarticulares y la reintroducción de la sentadilla con mayor profundidad.

La progresión de la carga externa será gradual, basándonos en criterios de progresión como la consistencia técnica, medida mediante video análisis en plano frontal y sagital, y la percepción subjetiva del dolor mediante escala EVA (Escala Visual Analógica).

Tabla de ejercicios:

- Descanso propuesto: 2'30"– 4'30", en función de la fatiga producida, priorizar ante todo descanso completo para favorecer la calidad de ejecución.
- Back squat 4x5 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Front squat 3x6 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Trap bar deadlift 4x6 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- HipThrust 3x6-8 repeticiones EVA $\leq 3/10$
- Farmer carry 3x30m EVA $\leq 3/10$

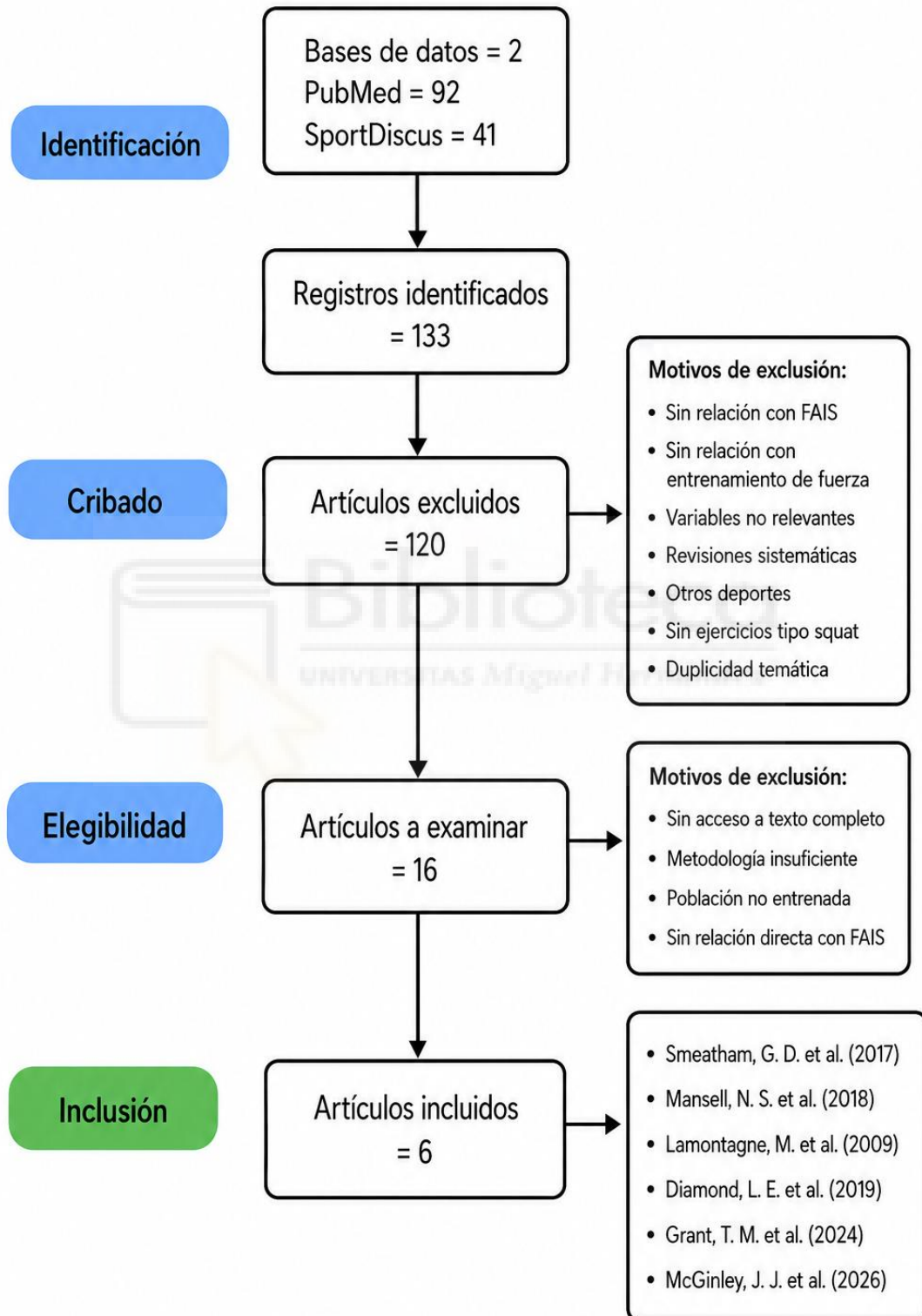


6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lamontagne, M., Kennedy, M. J., & Beaulé, P. E. (2009). *The effect of cam femoroacetabular impingement on hip and pelvic motion during maximum squat*. Clinical Orthopaedics and Related Research, 467(3), 645–650. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0620-x>
2. Diamond, L. E., van den Hoorn, W., Bennell, K. L., Wrigley, T. V., Hinman, R. S., O'Donnell, J., & Hodges, P. W. (2019). *Deep hip muscle activation during squatting in femoroacetabular impingement syndrome*. Clinical Biomechanics, 69, 141–147. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.07.017>
3. Smeatham, A., Powell, R., Moore, S., Chauhan, R., & Wilson, M. (2017). *Does treatment by a specialist physiotherapist change pain and function in young adults with symptoms from femoroacetabular impingement? A pilot project for a randomised controlled trial*. Physiotherapy, 103(2), 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2016.02.004>
4. Mansell, N. S., Rhon, D. I., Meyer, J., Slevin, J. M., & Marchant, B. G. (2018). *Arthroscopic surgery or physical therapy for patients with femoroacetabular impingement syndrome: A randomized controlled trial with 2-year follow-up*. The American Journal of Sports Medicine, 46(6), 1306–1314. <https://doi.org/10.1177/0363546517751912>
5. Grant, T. M., Saxby, D. J., Pizzolato, C., Savage, T., Bennell, K., Dickenson, E., Eyles, J., Foster, N., Hall, M., Hunter, D., Lloyd, D., Molnar, R., Murphy, N., O'Donnell, J., Singh, P., Spiers, L., Tran, P., & Diamond, L. E. (2024). *Squatting biomechanics following physiotherapist-led care or hip arthroscopy for femoroacetabular impingement syndrome: A secondary analysis from a randomised controlled trial*. PeerJ, 12, e17567. <https://doi.org/10.7717/peerj.17567>
6. McGinley, J. J., Loewen, A. M., Stevens, W., Jr., Ellis, H. B., & Ulman, S. (2026). *Biomechanical comparison of two squatting protocols in adolescents and young adults with femoroacetabular impingement syndrome*. Frontiers in Sports and Active Living, 8, 1659289. <https://doi.org/10.3389/fspor.2026.1659289>

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1. Diagrama de flujo PRISMA.



7.2 Anexo 2. Escala PEDro.

ARTÍCULO	CRITERIOS											PUNTUACIÓN TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Smeatham, G. D. et al. 2017	✓	✓	✓	✓						✓	✓	5/10
Mansell, N. S. et al. 2018	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	8/10
Grant, T. M. et al. 2024	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	8/10

Lista de Criterios:

1. Criterios de elegibilidad (no puntúa)

2. Asignación aleatoria

3. Asignación oculta

4. Comparabilidad inicial

5. Cegamiento de los participantes

6. Cegamiento de los terapeutas
7. Cegamiento de los evaluadores

8. Seguimiento adecuado (>85%)

9. Análisis por intención de tratar

10. Comparaciones estadísticas entre grupos

11. Medidas de precisión y variabilidad

Nota: El ítem 1 no se incluye en la puntuación total de la escala PEDro.