

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
TRABAJO DE FIN DE GRADO DE PODOLOGÍA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

PROTOCOLO DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE LOS VALORES DEL FPI Y SU
CORRELACIÓN CON FACTORES ASOCIADOS AL PIE PLANO EN NIÑOS CON
SÍNDROME DE DOWN

Autor: SÁNCHEZ LÓPEZ, IÑAKI

Tutor: LÓPEZ ROS, PALOMA

Departamento y Área: CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO Y SALUD

Curso académico: 2024/2025

Convocatoria: JUNIO

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo y todo lo que he conseguido a lo largo de la carrera es el resultado del esfuerzo y el trabajo no solo mío si no de todas las personas que me han apoyado y ayudado a lo largo de esta por lo que no puedo entregar mi TFG sin mencionarlos en modo de agradecimiento.

En primer lugar me gustaría mencionar a mi tutora Paloma Lopez Ros primero de todo por aguantarme y segundo por darme la oportunidad y ayudarme en todo el proceso ya no solo del TFG si no en todo el recorrido académico que llevo en cuarto de carrera, sin tí no habría podido llegar hasta aquí.

En segundo lugar mencionar a todo el profesorado que me ha enseñado a ser un buen profesional y que no todo lo que hay que saber aparece en la teoría pero sobretodo agradecer a aquellos que no han visto en mí a un alumno sin proyección o que no me han considerado un estorbo o cafre y me han apoyado a continuar y conseguir mi objetivo de graduarse.

No podía faltar la mención a mi familia y amigos que han estado en todo momento y que siempre se han preocupado por mí y que no han dudado en que iba a conseguir llegar hasta donde lo he hecho, agradecer su apoyo y comprensión en mis decisiones y por estar en las malas y las peores.

Pero no podía acabar estos agradecimientos sin la persona que más me ha ayudado y que ha creído en mí incluso cuando yo no lo hacía Natalia García Marín, gracias por aparecer en mi vida y enseñarme que soy capaz de hacer cosas que ni yo creía, has sido el mayor apoyo que he tenido a lo largo de la carrera y siento que el resultado de estos cuatro años y el haber conseguido entregar este TFG es más mérito tuyo que mío por eso siempre estaré en deuda contigo por esto y muchas más cosas no podías faltar aquí MUCHAS GRACIAS de corazón.

ÍNDICE

1. ABREVIATURAS	5
2. RESUMEN / ABSTRACT	6
3. INTRODUCCIÓN	9
3.1 Tema de estudio	9
3.2 Relevancia clínica del pie plano y FPI en SD	9
3.3 Justificación del estudio	10
3.4 Objetivos e hipótesis	10
4. MARCO TEÓRICO	12
4.1 Desarrollo podológico en la infancia	12
4.2 FPI: definición, utilidad clínica y validación científica	13
4.3 Características musculoesqueléticas y motoras en niños con Síndrome de Down	14
4.4 Prevalencia del pie plano en población pediátrica con SD	15
5. MATERIALES Y METODOLOGÍA	16
5.1 Tipo de estudio y diseño metodológico	16
5.2 Población de estudio: criterios de inclusión y exclusión	17
5.3 Variables a estudio	18
5.4 Instrumentos y procedimientos de medición	19
5.5 Evaluación clínica del pie (Pruebas funcionales)	19
5.6 Consideraciones estadísticas	27
5.7 Limitaciones previstas del estudio	27
6. PLAN DE TRABAJO	28
6.1 Fases del proyecto y cronograma estimado	28
Tabla 9 . Cronograma del estudio.	29
6.2 Colaboradores e instituciones	29
6.3 Herramientas y recursos necesarios	29
6.4 Esquema de responsables	30
7. ASPECTOS ÉTICOS	31
7.1 Consentimiento informado	31
7.2 Confidencialidad y protección de datos	31
7.3 Evaluación ética y principios bioéticos	32
8. PRESUPUESTO	33
8.1 Recursos humanos	33
8.2 Material clínico y técnico	33
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
10. ANEXOS	36
Anexo 1. Modelo de Consentimiento Informado	36
Anexo 2. Ficha de recogida de datos	37
Anexo 3. Protocolo de exploración clínica	38

1. ABREVIATURAS

- FPI: Foot Posture Index
- SD: Síndrome de Down
- IMC: Índice de Masa Corporal
- PRCA: Posición Relajada del Calcáneo en Apoyo
- TPA: Articulación Tibioperoneoastragalina
- ASA: Articulación Subastragalina
- ROM: Rango de Movimiento
- FDD: Fase de Despegue Digital
- FAT: Fase de Apoyo de Talón
- CI: Consentimiento informado
- SPSS: Statistical Package for the Social Sciences
- ANOVA: Análisis de la Varianza
- ICC: Índice de Correlación Intraclase
- T-Student: Prueba t de Student para muestras independientes
- AMTFH: Articulación Metatarsofalángica del Hallux

2. RESUMEN / ABSTRACT

Introducción:

El pie plano es una alteración morfológica y estructural del pie caracterizada por el aplanamiento del arco longitudinal interno, con o sin valgo del retropié. En la infancia, puede presentarse de forma fisiológica o patológica, dependiendo de factores estructurales, musculares o ligamentosos. En el caso de los niños con Síndrome de Down (SD), esta afección tiene una alta prevalencia debido a la hipotonía muscular, hiperlaxitud ligamentosa y alteraciones del desarrollo motor. El Foot Posture Index (FPI) es una herramienta clínica útil, validada y ampliamente empleada para la valoración postural del pie. Su aplicación sistemática puede permitir una detección precoz y una clasificación objetiva del pie plano infantil en poblaciones especiales como la de niños con SD.

Objetivo:

Desarrollar un protocolo de estudio clínico para analizar los valores del FPI y su relación con otros factores biomecánicos y antropométricos en población infantil con SD.

Metodología:

Estudio observacional, descriptivo y transversal. Participarán niños de entre 4 y 12 años diagnosticados con SD. Se recogerán variables como edad, sexo, IMC, FPI, movilidad articular, y pruebas funcionales a nivel de los miembros inferiores. Se aplicarán maniobras clínicas validadas, incluyendo la PRCA, Test de Jack, Hill Rise Test y valoración de la AMTFH. Los datos serán analizados estadísticamente mediante el software SPSS.

Resultados esperados:

Se espera observar unos valores anormalmente mayores en el FPI y una correlación significativa con el IMC, la edad y los signos clínicos de hipotonía e hiperlaxitud ligamentosa que están ligados a su vez con una alto porcentaje de pacientes que padezcan de pie plano.

Conclusiones:

El protocolo permitirá establecer una base sistemática de exploración podológica en población con SD, facilitando su posterior aplicación clínica y científica para el abordaje terapéutico del pie plano infantil.

ABSTRACT**Introduction:**

Flatfoot is a morphological and structural alteration of the foot characterized by the flattening of the medial longitudinal arch, with or without rearfoot valgus. In childhood, it can appear either physiological or pathological, depending on structural, muscular, or ligamentous factors. In children with Down Syndrome (DS), this condition has a high prevalence due to muscle hypotonia, ligamentous hyperlaxity, and motor development disorders. The Foot Posture Index (FPI) is a validated and widely used clinical tool for assessing foot posture. Its systematic application can allow for early detection and objective classification of pediatric flatfoot in special populations such as children with DS.

Objective:

To develop a clinical study protocol to analyze FPI scores and their relationship with other biomechanical and anthropometric factors in a pediatric population with DS.

Methodology:

This will be an observational, descriptive, and cross-sectional study. Participants will include children between the ages of 4 and 12 diagnosed with DS. Variables such as age, sex, BMI,

FPI, joint mobility, and functional tests of the lower limbs will be recorded. Validated clinical maneuvers will be applied, including the RCSP, Jack Test, Heel Rise Test, and assessment of the Windlass Mechanism. Data will be statistically analyzed using SPSS software.

Expected Results:

It is anticipated that FPI values will be abnormally high and show a significant correlation with BMI, age, and clinical signs of hypotonia and ligamentous hyperlaxity, which are in turn associated with a high prevalence of flatfoot.

Conclusions:

The protocol will provide a systematic basis for podiatric assessment in children with DS, facilitating its future clinical and scientific application for the therapeutic management of pediatric flatfoot.



3. INTRODUCCIÓN

3.1 Tema de estudio

El pie plano infantil [1] es una de las patologías más frecuentes en el ámbito de la podología infantil. Caracterizado por la ausencia o disminución del arco longitudinal interno [2], esta condición puede ir acompañada de alteraciones tanto a nivel del retropié como del antepié. Para poder evaluar esta patología se han descubierto diferentes métodos clínicos tanto en dinámica como en estática para poder así llegar a un buen diagnóstico, entre los que destaca el Foot Posture Index (FPI) [3], por su fiabilidad, validez y por poder utilizarse para cualquier persona de cualquier edad [4].

En la población con Síndrome de Down (SD), esta alteración/patología tiene un gran índice de incidencia debido a sus particularidades musculoesqueléticas, tales como hipotonía muscular [5], hiperlaxitud ligamentosa [5] y alteraciones en la marcha, en la base de sustentación y en el equilibrio [6], todo esto en parte provocado por un retraso en el desarrollo del aparato locomotor [5]. La combinación de estos factores predispone al desarrollo de pie plano estructural desde etapas tempranas [5], interfiriendo con el desarrollo motor global y la autonomía funcional del niño [6].

3.2 Relevancia clínica del pie plano y FPI en SD

Numerosos estudios han documentado la elevada prevalencia de pie plano en la población infantil con SD [5], estimándose entre el 60% y el 90% en diferentes estudios [1]. Esta condición, lejos de ser únicamente una alteración estructural, tiene un impacto directo sobre la marcha [5], el equilibrio [6] y la participación en actividades de la vida diaria [6].

El uso sistemático del FPI permite objetivar la postura del pie mediante seis parámetros clínicos [3], integrando observaciones de las regiones anterior, media y posterior del pie [4].

Su aplicabilidad en población pediátrica ha sido ampliamente validada [4], y su empleo en SD representa una herramienta útil para la caracterización funcional y estructural del pie plano [3].

3.3 Justificación del estudio

A pesar de que hay muchos artículos científicos que hablan sobre el pie plano infantil [1], hay pocos estudios que hayan analizado el pie plano infantil en población con SD [5], y menos aún los que utilizan herramientas de diagnóstico clínico en estática como el FPI [3]. La falta de protocolos específicos dificulta la comparación de resultados entre centros y la aplicación de medidas preventivas y terapéuticas individualizadas.

El presente trabajo propone un protocolo de estudio sobre la evaluación biomecánica y clínica orientado a caracterizar el pie plano infantil en SD, con el objetivo de proporcionar una herramienta de uso clínico y académico que permita una mejor actuación terapéutica a la hora de diagnosticar esta patología.

3.4 Objetivos e hipótesis

Objetivo principal:

- Conocer la prevalencia del FPI en niños y niñas de entre 4 y 12 años de edad en población con Síndrome de Down.

Objetivos secundarios:

- Establecer relación entre los valores del FPI y maniobras clínicas podológicas: Test de Jack, Hill Rise Test, dorsiflexión del hallux y movilidad articular del tobillo.
- Relacionar los valores del FPI con variables antropométricas (edad, sexo, IMC).
- Relacionar los valores del FPI con la hipotonía muscular.
- Relacionar los valores del FPI con la hiperlaxitud

Hipótesis:

Se plantea que los niños con SD tendrán unos valores significativamente más altos de FPI en comparación con la población infantil que no padece esta condición. Esto junto a las características clínicas como hipotonía muscular, IMC elevado e hiperlaxitud ligamentosa y las maniobras clínicas (Test de Jack, Hill Rise Test, dorsiflexión del hallux y movilidad articular del tobillo) aumentarán la probabilidad de padecer un pie plano flexible.



4. MARCO TEÓRICO

4.1 Desarrollo podológico en la infancia

El desarrollo de las estructuras musculoesqueléticas, ligamentosas y tendinosas del pie en los niños son procesos que están en constante cambio hasta que terminan de desarrollarse en la adolescencia [7]. Al nacer, el pie presenta un alto contenido de grasa subcutánea alojada en el arco longitudinal interno, lo que puede simular una ausencia de arco plantar, esto se conoce como pie plano fisiológico [7]. Esta condición suele ir desapareciendo a medida que tanto la musculatura como las estructuras óseas van desarrollándose a lo largo del crecimiento, especialmente entre los 4 y 7 años, cuando la musculatura intrínseca y extrínseca del pie comienza a fortalecerse, y se produce una reorganización ósea y ligamentosa que favorece la aparición del arco longitudinal interno [2].

A lo largo del desarrollo de los miembros inferiores, la presencia de pie plano puede estar considerado como algo normal o fisiológico siempre que no se acompañe de dolor, limitación funcional o rigidez articular [7]. Sin embargo, cuando alguno de estos signos aparecen, o si el aplanamiento del arco longitudinal interno no desaparece a partir de los 8 años [2], debe considerarse como una alteración estructural que requiere de nuestra intervención como podólogos [3]

La posición del retropié [2] y el antepié [3], junto a la movilidad del mediopié [2] y el tipo de calzado [3], son elementos que influyen de forma activa en el desarrollo del pie. Un retraso en el desarrollo del aparato locomotor, como ocurre en el Síndrome de Down [5], puede ocasionar que las estructuras del pie no se formen de forma correcta, favoreciendo la aparición de alteraciones tanto estructurales como funcionales que puedan conllevar consecuencias más graves [5].

Estudios longitudinales han mostrado que una detección temprana y una correcta diferenciación entre pie plano fisiológico y patológico pueden evitar problemas posturales secundarios y fomentar un desarrollo psicomotor más favorable [1].

4.2 FPI: definición, utilidad clínica y validación científica

El Foot Posture Index (FPI) es una herramienta usada por podólogos para clasificar la forma del pie en carga [4]. Fue validado originalmente por Redmond et al. en 2006 [5] como una escala compuesta de seis pruebas que evalúan distintos aspectos musculoesqueléticos del pie desde un punto de vista clínico y observacional: posición relajada del calcáneo en apoyo, prominencia talonavicular, presencia del arco longitudinal interno, alineación del antepié con respecto al retropié, curvatura inframaleolar respecto a la supramaleolar y palpación de la cabeza del astrágalo [4].

Cada uno de los seis ítems se puntúa de -2 a +2, la suma total de todos estos ítems puede dar unos valores que van desde -12 (pie cavo severo) a +12 (pie plano severo) [2]. Los valores de referencia en la población infantil varían según la edad, pero comúnmente se considera que entre +1 y +5 se consideran valores de normalidad, mientras que puntuaciones superiores a +6 son indicativas de pie plano [2].

Su valor clínico ha sido validado en diferentes estudios por su buena fiabilidad tanto como intraobservador como interobservador ($ICC > 0.85$) y su correlación con medidas radiográficas [8]. También ha demostrado ser útil en estudios poblacionales, especialmente en contextos donde el acceso a pruebas de imagen es limitado [8].

La estructura del FPI permite una evaluación de la morfología del pie sin necesidad de equipamiento especializado y sin realizar ninguna intervención invasiva [4], siendo una herramienta perfecta para la práctica podológica [3].

4.3 Características musculoesqueléticas y motoras en niños con Síndrome de Down

El Síndrome de Down conlleva una serie de particularidades fisiológicas que afectan directamente al desarrollo del aparato locomotor [5]. Entre las características más relevantes se encuentran:

- **Hipotonía muscular:** reducida activación del tono basal, lo que afecta el control postural y la estabilidad dinámica, generando que tanto el tibial posterior, peroneos y demás impidan el mantenimiento del ALI [5].
- **Hiperlaxitud ligamentosa:** disminución de la resistencia y tensión de las estructuras capsuloligamentosas, favoreciendo la hipermovilidad articular [5] debido a esto puede llegar a generar un colapso del mediopié y un retropié en valgo [5].
- **Retardo en el desarrollo motor y alteraciones neuromotoras:** los niños con SD inician la sedestación, bipedestación y marcha de forma más tardía [6] debido a un retraso en el control de equilibrio y la propiocepción.
- **Deformidades estructurales frecuentes:** pie plano valgo, genu valgo, displasia acetabular y escoliosis [5].

Estas alteraciones tienen un impacto directo en la alineación del pie. La pérdida de control muscular y el escaso sostén ligamentoso favorecen la pronación excesiva del retropié [5], el aplanamiento del arco longitudinal medial y una mayor superficie de apoyo plantar [5], pudiendo así derivar en sobrecarga biomecánica, dolor crónico, inestabilidad y limitación funcional. A largo plazo, puede producir compensaciones posturales como anteversión pélvica, genu valgo o escoliosis, por lo que el diagnóstico precoz es fundamental.

Rodríguez-Grande et al. (2022) han descrito que estas condiciones afectan negativamente a la funcionalidad global, dificultando el equilibrio [6], la coordinación y la independencia en actividades básicas de la vida diaria [6]. Además, estas características musculoesqueléticas

se asocian con un mayor riesgo de caídas y un retraso adicional en el desarrollo psicomotor [6].

4.4 Prevalencia del pie plano en población pediátrica con SD

La prevalencia de pie plano en niños con SD es significativamente mayor que en la población general [5]. Según la literatura, oscila entre el 60% y el 90% [5], dependiendo de la experiencia del profesional. Esta alta incidencia está directamente relacionada con la fisiopatología descrita anteriormente [5].



5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

5.1 Tipo de estudio y diseño metodológico

El trabajo lo que pretende es plantear un estudio de tipo observacional, descriptivo y transversal. Lo que conseguimos con este diseño es conseguir información detallada de los signos y síntomas de una patología clínica en una población determinada, sin ningún tipo de intervención por parte del podólogo, simplemente realizando pruebas para medir estos signos [1]. Con esta metodología lo que conseguimos es recopilar datos y establecer relaciones entre los signos y síntomas de esta patología con la condición de esta población sin modificar el entorno ni las condiciones naturales de la misma [1].

En este caso, se clasificará la morfología del pie mediante el Foot Posture Index (FPI) [3] en una muestra de niños con diagnóstico confirmado de Síndrome de Down (SD) [5], con edades comprendidas entre los 4 y los 12 años. Se le realizará una serie de pruebas/análisis las cuales incluyen la recogida de datos antropométricos, exploración podológica y valoración funcional [3].

Lo que permitirá la parte descriptiva del estudio será establecer patrones morfológicos comunes en la población con SD [5], así como explorar asociaciones entre el FPI [3] y otras variables clínicas relevantes como el índice de masa corporal (IMC), el sexo, la edad o la presencia de hipermovilidad a la hora de la clasificación del pie [6]. Además, la transversalidad del estudio facilitará la obtención de una base de datos útil para el análisis estadístico sin necesidad de seguimiento temporal [1].

Este tipo de metodología nos permitirá ajustarnos a los estándares éticos y científicos de los estudios clínicos no intervencionales, respetando los principios de confidencialidad, consentimiento informado y no maleficencia.

5.2 Población de estudio: criterios de inclusión y exclusión

La población del estudio estará compuesta por niños y niñas diagnosticados con Síndrome de Down, con edades comprendidas entre los 4 y los 12 años.

Criterios de inclusión:

- Diagnóstico confirmado de Síndrome de Down mediante cariotipo.
- Edad entre 4 y 12 años.
- Consentimiento informado firmado por los padres o tutores legales.
- Capacidad mínima de colaboración para la exploración clínica.

Criterios de exclusión:

- Intervenciones quirúrgicas en los miembros inferiores.
- Fracturas recientes (últimos 6 meses) en miembros inferiores.
- Uso de férulas en los miembros inferiores.
- Diagnóstico de trastornos neurológico que impida la colaboración
- Uso actual de ortesis plantares que interfieran con la exploración.
- Comorbilidades que impidan la exploración segura (cardiopatías severas, crisis epilépticas no controladas).

5.3 Variables a estudio

Variables sociodemográficas:

- **Edad (en años y meses)**
- **Sexo (chico/chica)**

Variables antropométricas:

- **Peso (kg):** Se utilizará una báscula digital de precisión (± 100 g) diseñada para uso pediátrico. El niño estará descalzo y con ropa ligera, de pie, manteniendo una postura erguida y estable durante la medición para asegurar la máxima precisión. Se repetirá la medición dos veces para confirmar la consistencia del valor [5].
- **Talla (cm):** se medirá con un tallímetro o estadiómetro vertical, asegurando que el niño esté descalzo, con los pies juntos, talones, glúteos y espalda apoyados contra la pared o dispositivo de medición, y la cabeza mirando al frente. Dado que los niños con Síndrome de Down pueden presentar dificultades en el control postural, se contará con la asistencia de un profesional para garantizar una correcta posición durante la medición [1].

- **IMC (kg/m²):** El IMC se calculará a partir de las medidas de peso y talla recogidas previamente, siguiendo la fórmula estándar: peso (kg) dividido por talla al cuadrado (m²). Este índice es un indicador ampliamente reconocido para valorar el estado nutricional y su influencia en patologías musculoesqueléticas como el pie plano [9].

Edad	IMC mínimo (normal)	IMC máximo (normal)
4	14 niños / 13.6 niñas	17.2 niños / 16.9 niñas
5	13.8 niños / 13.5 niñas	17 niños / 16.8 niñas
6	13.9 niños / 13.7 niñas	17.4 niños / 17.3 niñas
7	14.2 niños / 14.1 niñas	18.1 niños / 18 niñas
8	14.6 niños / 14.6 niñas	19 niños / 18.9 niñas
9	15 niños / 15.1 niñas	20 niños / 19.9 niñas
10	15.5 niños / 15.7 niñas	21 niños / 21.1 niñas
11	16 niños / 16.3 niñas	22 niños / 22.4 niñas
12	16.5 niños / 17 niñas	23.3 niños / 23.6 niñas

Tabla 1. IMC en niños y niñas según la OMS

5.4 Instrumentos y procedimientos de medición

La recogida de datos se realizará en un entorno controlado, en nuestro caso se realizaría en la clínica de la universidad y estos serían recogidos por los 3 podólogos que se harían cargo de toda la recogida, cada podólogo realizaría la recogida de forma individual, es decir, cada podólogo estaría en un BOX y en cada BOX habría un paciente y en caso de necesitarlo estar acompañado de sus padres/tutores por lo que los resultados no podrían ser influenciados por otro paciente. Además la muestra tendría que tener un tamaño mínimo de 50 individuos para que los datos estadísticos puedan ser fiables y significativamente den resultados. Todo esto empleando los siguientes instrumentos y protocolos:

- **Báscula digital y tallímetro:** para la obtención del IMC.
- **Goniómetro de brazo corto:** para la medición del rango articular (ROM).
- **Hoja de exploración clínica estructurada(Anexo 2 y Anexo 3):** para registrar todas las variables de forma sistemática. Esta hoja de exploración está hecha de 0 por parte de podólogos infantiles en función de los objetivos del estudio.

5.5 Evaluación clínica del pie (Pruebas funcionales)

La exploración física seguirá un protocolo estandarizado para todos los sujetos:

1. Registro de datos generales y antropométricos.
2. Valoración estructural y funcional del pie:

• FPI-6:

Posición	Paciente en bipedestación, descalzo sobre su base de sustentación en superficie plana, el podólogo estará alrededor del paciente valorando cada prueba
Prueba FPI	Descripción y criterio de puntuación
1. Posición relajada del calcáneo en apoyo	Observación posterior del calcáneo con el paciente en bipedestación. Se traza una línea longitudinal en el talón que divide el calcáneo en dos partes iguales. Se mide el ángulo de desviación del calcáneo con goniómetro observando el eje de este. Se puntúa desde -2 (posición en varo marcado) a +2 (valgo marcado) . Los valores de normalidad varían según la edad, a la hora de poner una puntuación: • 4–6 años: 6°–10° de valgo • 7–9 años: 4°–8° de valgo • 10–12 años: 2°–6° de valgo • 13–15 años: 0°–4° de valgo [10]
2.Prominencia talonavicular	Se pasa la mano de distal a proximal por la parte medial del pie. +2: prominencia muy exagerada por medial 0: sin prominencia medial se nota el hueso -2: sin prominencia medial (se forma un hueco).
3.Arco longitudinal interno (ALI)	Se observa la cantidad de arco desde visión medial. +2: arco inexistente, no se puede introducir un dedo 0: se puede introducir varios dedos, arco visible -2: arco muy elevado, exageradamente arqueado.

4.Alineación antepié-retropié	Desde la visión posterior se observa qué dedos se ven. +2: se ven 4º y 5º dedos, no el 1º 0: se ve 1º y 5º dedo -2: se ve 1º y 2º, pero no el 5º.
5. Curvatura infra y supramaleolar	Observación de la forma de las curvas bajo y sobre el maléolo lateral. +2: curvatura inferior más profunda que la superior 0: ambas curvas tienen la misma profundidad -2: curvatura superior más exagerada que la inferior.
6. Palpación de la cabeza del astrágalo	Desde la visión frontal se palpa el cuello del astrágalo durante prono-supinación. +2: se palpa prominente por medial y hundimiento por lateral 0: se palpa de forma equilibrada por ambos lados -2: prominente por lateral, hundimiento por medial.
Valoración	Los rango de normalidad en esta prueba varían según la edad aunque durante el desarrollo suele tener unos valores de normalidad entre 0 +6. - 4 - 6 años: valores de +8. [11] - 6 - 8 años: valores de +6. [8] - 8 - 12 años: valores de +5. [12]
Importancia clínica	El FPI es una herramienta fiable y validada a partir de los 8 años de edad aunque desde los 4 años también se valora pero utilizando otros valores de normalidad y que sirve para clasificar la morfología del pie, identificando patologías como pie plano o pie cavo, esencial en el diagnóstico podológico.

Referencia	[4]
-------------------	-----

Tabla 2. FPI (Valoración morfología del pie).

- **Test de Jack:**

Posición paciente	Paciente en bipedestación y el podólogo se coloca frente al pie que se va a evaluar.
Gesto	Se dorsiflexiona pasivamente la articulación metatarsofalángica del hallux. Se observa si el arco medial se eleva como respuesta al estiramiento de la fascia plantar. También se valora la varización del calcáneo y la rotación externa de la tibia como respuestas secundarias.
Valoración	- Negativo (normal): se eleva el arco, variza el calcáneo y rota externamente la tibia. - Positivo (alterado): no se eleva el arco, no variza el calcáneo y no hay rotación externa de tibia.
Importancia clínica	Indica si el mecanismo de Windlass (activación de la fascia) funciona
Referencia	[9]

Tabla 3. Test de Jack.

- **Test de Hill Rise Test (evaluación funcional del retropié)**

Posición	Paciente en bipedestación sobre su base de sustentación y descalzo, el podólogo desde una visión posterior
Gesto	Le pedimos al paciente que se ponga de puntillas utilizando los dos pies de forma respectiva (20 veces)

Valoración	- Normal (negativo): el calcáneo variza al elevarse el talón y no hay dolor. - Alterado (positivo): el calcáneo no variza y/o el paciente refiere dolor o molestia en la zona del tibial posterior.
Importancia clínico	Permite valorar la integridad funcional del tendón del tibial posterior, ya que este es muy importante en el sostén del ALI
Referencia	[13]

Tabla 4. Test de Hill Rise Test (evaluación funcional del retropié).

- **Dorsiflexión del hallux (AMTFH)**

Posición	El paciente se encuentra en decúbito supino con los pies colgando fuera de la camilla. El podólogo se sitúa frente a la planta del pie a valorar
Gesto	Se realiza una dorsiflexión pasiva del hallux
Valoración	El rango de movimiento tiene que ser ≥ 90
Importancia clínica	Esta prueba nos ayuda a identificar limitaciones en la movilidad de dicha articulación que serían signos compatibles con Hallux Limitus y Hallux Rigidus
Referencia	[9]

Tabla 5. Dorsiflexión del hallux (AMTFH)

- **ROM/Movilidad articular de tobillo:**

Posición	El paciente se encuentra en decúbito supino, con los pies colgando fuera de la camilla. El podólogo se sitúa frente a la planta del pie a explorar. Una mano estabiliza la articulación subastragalina y el antepié; la otra sujeta el goniómetro.
Gesto	Se realiza una dorsiflexión del tobillo. El goniómetro se coloca con un brazo alineado con la tibia y el otro con el quinto metatarsiano, formando una "L". Se mide el ángulo de dorsiflexión con la rodilla extendida (para valorar gastrocnemios) y flexionada (para valorar sóleo).
Valoración	- Con rodilla extendida: ROM normal $\geq 20^\circ$ - Con rodilla flexionada: ROM normal $\geq 25^\circ$
Importancia clínica	Evalúa la flexibilidad del complejo gastrosoleo. Un ROM reducido puede indicar acortamiento muscular, lo cual influye en la marcha y puede contribuir a patologías asociadas.
Referencia	[14]

Tabla 6. ROM/Movilidad articular de tobillo

- **Prueba de Brighton (Hiperlaxitud ligamentosa) [15]:**

Posición: Paciente en sedestación y le pedimos que realice una serie de pruebas para ver el grado de hiperlaxitud que presenta en diferentes articulaciones en el cuerpo.

Gesto:

n° prueba	Prueba	Lado	Criterio +	Puntuación
1	extensión 5º dedo	Der	≥90° hacia atrás	1
2	extensión 5º dedo	Izq	≥90° hacia atrás	1
3	aposición de pulgar a antebrazo	Der	Pulgar toca antebrazo	1
4	aposición de pulgar a antebrazo	Izq	Pulgar toca antebrazo	1
5	Hiperextensión codo	Der	Extensión >10°	1
6	Hiperextensión codo	Izq	Extensión >10°	1
7	Hiperextensión rodilla	Der	Extensión >10°	1
8	Hiperextensión rodilla	Izq	Extensión >10°	1
9	Flexión anterior del tronco	Ambos	Palmas toca suelo con rodilla extendida	1

Tabla 7. Escala Brighton (Hiperlaxitud ligamentosa)

Importancia clínica: Esta escala nos ayuda a diagnosticar que un paciente padece de hiperlaxitud ligamentosa, esto se considera a partir de sacar una puntuación de 4 o más en la prueba ya es +.

Referencia: [15]

- **Escala Daniels (Balance muscular) [16]:**

Posición	Variable según el grupo muscular que se quiera evaluar
Gesto	El paciente realiza una contracción muscular controlada contra la resistencia aplicada manualmente por el podólogo. Cada músculo se puntúa según la calidad y el grado de movimiento posible frente a la gravedad y la resistencia.
Valoración	Escala de 0 a 5 puntos: • 0: Sin contracción visible • 1: Contracción mínima sin movimiento • 2: Movimiento completo sin gravedad • 3: Movimiento completo contra gravedad, sin resistencia • 4: Movimiento completo contra gravedad con resistencia moderada • 5: Fuerza normal: movimiento completo contra gravedad con resistencia máxima
Importancia clínica	Esta escala permite valorar la presencia o ausencia de hipotonía muscular en población pediátrica. En población con SD es importante esta escala ya que sufren de hipotonía muscular y es relevante para su tratamiento.
Referencia	[16]

Tabla 8. Escala de Daniels (Hipotonía muscular)

5.6 Consideraciones estadísticas

El análisis de los datos se llevará a cabo mediante el software **SPSS** (Statistical Package for the Social Sciences). El análisis comprenderá:

- Estadística descriptiva (media, mediana, rangos intercuartílicos, desviación típica entre otros).
- Pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk).
- Comparaciones de medias (t de Student o U de Mann-Whitney según distribución).
- Análisis bivariado (correlación de Pearson o Spearman) para relacionar el porcentaje de población infantil que padece de Pie Plano patológico mediante los valores del FPI además de establecer relaciones entre el FPI y medidas antropométricas como el IMC, edad y sexo.
- ANOVA o Kruskal-Wallis para análisis multigrupo (FPI por rangos de edad).

Se establecerá un nivel de significación estadística de $p < 0.05$.

5.7 Limitaciones previstas del estudio

- Dificultades en la colaboración plena de los niños durante las maniobras clínicas.
- Limitaciones inherentes al estudio transversal (no permite observar evolución longitudinal).
- Variabilidad inter explorador a pesar de la estandarización del protocolo.

6. PLAN DE TRABAJO

El estudio está estructurado en varias etapas para su correcto desarrollo, este tendrá una duración estimada de 12 meses. A continuación se presenta un cuadro donde aparecen las diferentes etapas del estudio. Esto nos ayudará tanto a los podólogos como a las familias para llevar un correcto seguimiento y planificación del proyecto y además así asegurando que se cumplan los objetivos de cada fase/etapa en los tiempos establecidos.

6.1 Fases del proyecto y cronograma estimado

Mes	Fase	Actividades principales	Responsables
1-2	Fase 1: Revisión y planificación	Búsqueda bibliográfica, redacción del marco teórico, diseño metodológico	Podólogo 1 y 2
3-4	Fase 2: Contacto con centros colaboradores	Envío de solicitudes, presentaciones, gestión del consentimiento informado	Podólogo 1 y 3
5-7	Fase 3: Recolección de datos	Exploración clínica, aplicación de maniobras y grabación de marcha	Podólogo 2 (explorador principal), Podólogo 3 (registro)
8	Fase 4: Codificación y análisis de datos	Introducción de datos en SPSS, pruebas estadísticas	Podólogo 2
9-10	Fase 5: Redacción de resultados y discusión	Interpretación de resultados, comparación con literatura	Podólogo 1

11-1	Fase 6: Elaboración	Revisión final, entrega en	Todo el equipo
2	final y presentación	formato físico y digital, defensa oral	

Tabla 9. Cronograma del estudio.

6.2 Colaboradores e instituciones

El estudio contará con la colaboración de centros educativos y asociaciones especializadas en el apoyo a personas con Síndrome de Down en la provincia de Alicante tales como “Asociación SD Alicante” o “Asociación Extraordinarios T21” . Estos centros facilitarán el acceso a la muestra de estudio y el contacto con los familiares que se desplazarán a las instalaciones de la UMH para realizar el estudio.

Además, uno de los 3 podólogos que confeccionan el equipo que realizará la recogida de datos y la realización de las exploraciones será un podólogo experto en el área de podología infantil y biomecánica y que conozca bien este tipo de población, quien orientará metodológicamente el desarrollo del trabajo y la correcta aplicación del protocolo clínico.

6.3 Herramientas y recursos necesarios

- Camilla y espacio clínico de exploración
- Báscula digital, cinta métrica, goniómetro
- Software SPSS (licencia universitaria)
- Plantillas de recogida de datos impresas y digitales

- Manual de exploración estandarizada
- Acceso a internet y bibliografía digital

6.4 Esquema de responsables

- **Podólogo 1 (P1):** Coordinación general del proyecto, redacción académica, relación con centros e instituciones, explorador encargado de recoger datos clínicos además máxima autoridad en el desarrollo del estudio, experto en podología infantil.
- **Podólogo 2 (P2):** Explorador, responsable de la recogida de datos clínicos y análisis estadístico.
- **Podólogo 3 (P3):** Explorador, responsable de recogida de datos y su registro, apoyo logístico y soporte técnico audiovisual.

7. ASPECTOS ÉTICOS

7.1 Consentimiento informado

Solo los pacientes que presenten el consentimiento informado firmado por su padres y tras haber entendido y aceptado los términos y las condiciones a las cuales estarían sujetos sus hijos podrían participar en el estudio. Se les facilitará un documento explicativo con lenguaje accesible que detalla:

- El objetivo del estudio.
- La metodología de recogida de datos.
- Los posibles riesgos y beneficios.
- El carácter voluntario de la participación.

La participación en el estudio podrá ser suspendida, es decir, que podrá dejar de participar en el estudio en cualquier momento, sin necesidad de justificación pero sí que sería necesario que nos explicaran posteriormente el porqué. Esto no causaría ninguna consecuencia para el menor ni su familia.

7.2 Confidencialidad y protección de datos

Este estudio se ajustará al Reglamento (UE) 2016/679 (Reglamento General de Protección de Datos) y a la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. Los datos recogidos serán:

- Tratados de forma anónima, mediante códigos alfanuméricos.
- Almacenados en un ordenador protegido por contraseña.
- Utilizados exclusivamente con fines académicos y científicos.

Solo los investigadores responsables tendrán acceso a los archivos codificados. Al finalizar el estudio, los datos serán eliminados conforme a los protocolos institucionales de gestión de la información.

7.3 Evaluación ética y principios bioéticos

El protocolo del estudio sería sometido a revisión por parte del Comité de Ética en Investigación con Seres Humanos antes de llevarse a cabo, en este caso correría a cargo de la Universidad Miguel Hernández. Este comité se encargará de validar la metodología, el respeto a los principios bioéticos de las personas y la seguridad de las mismas.

Se asegurará el cumplimiento de los principios fundamentales de la bioética:

- **Autonomía:** mediante la participación voluntaria y el consentimiento informado.
- **No maleficencia:** garantizando que todas las pruebas sean no invasivas, indoloras y adaptadas a la edad y condición de los niños.
- **Beneficencia:** aportando conocimiento clínico útil para la intervención precoz y personalizada.

Tanto las pruebas como el estudio están diseñados para garantizar el bienestar y la seguridad del paciente en todo momento. En este, no hay ningún tipo de maniobra invasiva o dañina para los menores, estas pruebas se realizarán en entornos seguros.



8. PRESUPUESTO

Este estudio ha sido diseñado para que el gasto del mismo sea el mínimo utilizando los recursos proporcionados por la universidad, ya sea utilizando las infraestructuras o la tecnología de la universidad o que el estudio se lleve a cabo por el profesorado de la Universidad.

8.1 Recursos humanos

El presupuesto para los recursos humanos sería de coste 0 ya que los Podólogos que realizan el estudio serán parte del profesorado de la universidad o en su defecto por el podólogo que realizó el protocolo. Se realizaría de forma altruista.

8.2 Material clínico y técnico

El material clínico y técnico tampoco tendría un coste alto ya que al disponer de las instalaciones de la universidad, la misma está provista de la gran mayoría del material que se necesita, si que sería necesario comprar 3 básculas digitales para las medidas antropométricas con un coste por unidad de 25€. El resto de materiales como las cintas, los goniómetros clínicos y las hojas de exploración serían proporcionados por la universidad. El material tecnológico también lo proporciona la universidad ya que las plataformas de análisis como SPSS y Kinovea son de acceso gratuito si tienes una licencia universitaria.

Total aproximado: 75€.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pavone V, Testa G, Costarella L, Pavone P, Sessa G. Congenital flatfoot in children: a review of the literature and proposal of a diagnostic–therapeutic algorithm. *J Child Orthop*. 2013;7(2):75–81. <https://doi.org/10.1007/s11832-012-0479-5>
2. Evans AM, Karimi L. The foot posture index, ankle lunge test, Beighton scale and the lower limb assessment score in healthy children: a reliability study. *J Foot Ankle Res*. 2015;8(1):16. <https://doi.org/10.1186/s13047-015-0074-4>
3. González AI, López JP, Rueda MM. Footprint measurement methods for the assessment and classification of foot types in subjects with Down syndrome: A systematic review. *J Orthop Res*. 2020;38(12):2597–2604.
4. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. *Clin Biomech*. 2006;21(1):89–98. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002>
5. Galli M, Cimolin V, Pau M, Costici P, Albertini G. Relationship between flat foot condition and gait pattern alterations in children with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res*. 2014;58(3):269–76. <https://doi.org/10.1111/jir.12007>
6. Rodríguez-Grande EI, Buitrago-López A, Torres-Narváez MR, Serrano-Villar Y, Verdugo-Paiva F, Ávila C. Therapeutic exercise to improve motor function among children with Down Syndrome aged 0 to 3 years: a systematic literature review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2022;12(1):13051. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16332-x>
7. Uden H, Scharfbillig R. The typically developing paediatric foot: how flat should it be? A systematic review. *J Foot Ankle Res*. 2017;10:37. <https://doi.org/10.1186/s13047-017-0218-2>
8. Hegazy FA, Aboelnasr E, Abuzaid M, Kim IJ. Validity and diagnostic accuracy of foot posture Index-6 using radiographic findings as the gold standard to determine

- paediatric flexible flatfoot between ages of 6–18 years: A cross-sectional study. *Musculoskelet Sci Pract.* 2020;46:102107. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31989966/>
9. Munuera PV, Trujillo P, Güiza I. Reliability study of diagnostic tests for functional hallux limitus. *Foot Ankle Int.* 2020;41(2):154–60.
 10. Sobel E, Levitz SJ, Caselli MA, Tran M, Lepore F, Lilja E. Reevaluation of the relaxed calcaneal stance position: reliability and normal values in children and adults. *Journal of the American Podiatric Medical Association.* 1999;89(5):258–64.
 11. Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM, Martinez-Nova A. Establishing normative Foot Posture Index values for the paediatric population: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res.* 2016;9(1):1
 12. Abad E, Térmens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The Foot Posture Index. Análisis y revisión. *El Peu.* 2011;31(4):190-7
 13. Leardini A, Benedetti MG, Berti L, et al. Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait. *Gait Posture.* 2009;30(3):360–65.
 14. Cañadell Traperó MA. Exploración física y diagnóstico por imagen en patología musculoesquelética. *Fondoscience.* 2023 <https://mail.fondoscience.com/sites/default/files/articles/pdf/mact.1501.fs2301004-exploracion-fisica-diagnostico-imagen.pdf>
 15. Kanniappan V, Parveen FM. To Find out the Value of Hypermobility in Down's Syndrome. *J Gynecol Res Rev Rep.* 2021;2(3):1–6. [https://doi.org/10.47363/JGRRR/2021\(3\)135](https://doi.org/10.47363/JGRRR/2021(3)135)
 16. Daniels L, Worthingham C, Hislop HJ, Cynn HS. *Muscle testing: techniques of manual examination and performance testing.* 10th ed. St. Louis: Elsevier; 2020.

10. ANEXOS

Anexo 1. Modelo de Consentimiento Informado

Título del estudio: Protocolo de estudio científico: Análisis de los valores del FPI y factores asociados del pie plano durante la infancia en población con Síndrome de Down

Investigador responsable: [Nombre del alumno/a]

Centro: [Nombre de la universidad o entidad colaboradora]

Contacto: [Correo electrónico y número de teléfono del padre/madre/tutor legal]

Estimado/a padre/madre o tutor/a:

Por este documento es informado y acepta que su hijo/a está dispuesto/a a participar bajo nuestra supervisión en un estudio que tiene como objetivo valorar la postura del pie en niños con Síndrome de Down, utilizando pruebas clínicas no invasivas, seguras y adaptadas a su edad. Su participación es voluntaria y podrá retirarse en cualquier momento sin consecuencias.

Toda la información personal que se requiera para el estudio será confidencial y los datos clínicos obtenidos en este serán utilizados exclusivamente con fines académicos y científicos. En ningún momento se publicarán dichos datos personales.

Mediante la firma de este documento, usted manifiesta su consentimiento para que su hijo/a participe en el estudio.

Firma del padre/madre/tutor legal: _____

Fecha: _____

Firma del investigador: _____

Anexo 2. Ficha de recogida de datos

Código del participante: _____

Edad: _____ años

Sexo: ☐ M ☐ F

Altura: _____ cm

Peso: _____ kg

IMC: _____ kg/m²

Exploración podológica y funcional:

- FPI (pie derecho): _____
- FPI (pie izquierdo): _____
- Test de Jack: ☐ Positivo ☐ Negativo
- Hill Rise Test/Elevación bilateral talones: ☐ Normal ☐ Alterada
- AMTFH (dorsiflexión 1º metatarsiano): _____ grados IZQ - _____ grados DER.
- ROM tobillo: _____ grados IZQ - _____ grados DER (rodilla ext/ rodilla flex)
- Escala Brighton: _____ Puntos
- Escala de Daniels: _____ IZQ - _____ DER (Cada músculo que se quiera valorar)

Anexo 3. Protocolo de exploración clínica

1. **Registro inicial:** edad, sexo, peso, talla e IMC del participante.
2. **Valoración postural del pie (FPI-6):** puntuación total y análisis de los seis criterios del índice.
3. **Maniobras clínicas:**
 - Test de Jack
 - ROM/Movilidad articular de tobillo
 - Prueba de Hill Rise Test/elevación bilateral de talones
 - Escala de Daniels para balance muscular de los miembros inferiores (Hipotonía muscular)
 - Escala Brighton para hiperlaxitud
 - Valoración de la articulación metatarsofalángica del hallux (AMTFH)
4. **Registro y codificación de los datos:** introducción en base digital y respaldo en papel.