



**UGR** Universidad  
del Gran Rosario

**TESINA**

presentada para acceder al título de grado de la carrera de  
**LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

**Título:**

**“ABORDAJE KINÉSICO SOBRE LA DENSIDAD MINERAL ÓSEA  
EN PACIENTES CON OSTEOGÉNESIS IMPERFECTA”**

**Autor:**

**Silva, Erika. UGR – 2575**

**Directora:**

**Lic. María Sol Pilot.**

**Fecha de Presentación:**

**12/07/23**

**Firma de Autor:**

## RESUMEN

La osteogénesis imperfecta, denominada comúnmente como “huesos de cristal”, es la causa más frecuente de osteoporosis primaria hereditaria. La estimación de incidencia de esta enfermedad varía desde 1/30.000 nacidos vivos a 1/10.000 nacidos vivos, y la prevalencia es de 1/12.000 habitantes. En esta patología, existe un trastorno en la síntesis cualitativa y cuantitativa del colágeno tipo I, por la presencia de mutaciones en los genes COL1A1 y COL1A2. Presenta una gran variabilidad clínica, caracterizada por fragilidad ósea, cuyo resultado es un hueso vulnerable, ante fuerzas externas e internas, condicionando la aparición de fracturas frecuentes, ante traumatismos mínimos o sin causa aparente. La disminución del dolor óseo y del rango de fracturas, conseguidos con la introducción de la terapia de difosfatos, probablemente el avance terapéutico más importante de ésta enfermedad, ha permitido llevar a cabo mejores programas de kinesiología. El tratamiento es llevado a cabo por un equipo multidisciplinar, del que forma parte el Lic. en kinesiología y fisioterapia. Desde el punto de vista kinésico, el objetivo va dirigido a mejorar la capacidad funcional, incrementar la densidad mineral ósea, la resistencia y la tenacidad de los huesos, optimizar la independencia y mejorar la calidad de vida de estos pacientes. Por el momento, no existe un único protocolo de intervención kinésica en el tratamiento de la osteogénesis imperfecta.

El objetivo de este estudio, fue analizar los efectos de diferentes tipos de terapias físicas, sobre la densidad mineral ósea en pacientes con osteogénesis imperfecta. Se llevó a cabo, la búsqueda, recolección y análisis de 19 artículos científicos, consultando las siguientes bases de datos: PubMed, SciELO y Bireme.

Frente a la información disponible, se puede concluir que los ejercicios sobre suelo, medio acuático y el uso de plataformas vibratorias producen efectos positivos sobre la densidad mineral ósea, potencia muscular y calidad de vida en pacientes con osteogénesis imperfecta. Esta aplicación, resulta en nueva formación de matriz ósea, estimulando el colágeno tipo I, porción orgánica de la misma. Colaborando de ésta manera con la fortificación de los huesos, disminución de la resorción ósea, mantenimiento/incremento de la densidad ósea, y aumento del hueso trabecular en estos pacientes. El tratamiento debe ser individualizado y contar con seguimiento, en especial durante la etapa de crecimiento y desarrollo del niño.

## **ÍNDICE**

ABREVIATURAS .....	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
II.a Objetivos generales .....	3
II.b Objetivos específicos .....	3
III. JUSTIFICACIÓN .....	3
IV. MARCO TEÓRICO .....	4
IV.I OSTEOGÉNESIS IMPERFECTA .....	4
IV.I.a CONCEPTO .....	4
IV.I.b EPIDEMIOLOGÍA .....	4
IV.I.c CLASIFICACIÓN .....	5
IV.I.d ETIOPATOLOGÍA.....	8
IV.I.e MANIFESTACIONES CLÍNICAS.....	9
IV.I.f DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS COMPLEMENTARIAS .....	11
IV.I.g DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL .....	13
IV.II TRATAMIENTO.....	13
IV.III PRONÓSTICO .....	17
IV.IV DENSIDAD MINERAL ÓSEA .....	17
IV.IV.a DEFINICIÓN.....	17
IV.IV.b MEDICIÓN DE LA DMO .....	18
IV.IV.c INFLUENCIA DEL EJERCICIO EN LA DMO .....	19
V. MÉTODOS .....	22
V.I Estrategia de búsqueda.....	22
V.II Palabras claves (DeCS / MeSH):.....	22
V.III Criterios de inclusión y exclusión .....	23
VI. RESULTADOS .....	24
VII. DISCUSIÓN.....	42
VIII. CONCLUSIÓN.....	54
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
X. ANEXOS .....	62

## ABREVIATURAS

A continuación, serán citadas las abreviaturas utilizadas a lo largo del presente trabajo, a modo de facilitar la comprensión de las temáticas desarrolladas.

- **BALP:** fosfatasa alcalina específica del hueso.
- **CRTAP:** Proteína asociada al cartílago.
- **CyPB:** Peptidil- cis- trans- isomerasa.
- **DMO:** Densidad mineral ósea.
- **DEXA:** Densitometría de doble haz de rayos X.
- **FKBP10:** Prolil isomerasa 10.
- **LEPRE 1:** Prolil 13- hidroxilasa 1.
- **OI:** Osteogénesis imperfecta.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **PMO:** Pico de masa ósea.
- **PPIB:** Peptidil- prolil- cis- trans-isomerasa B.
- **iPTH:** Hormona paratiroidea intacta.
- **RANKL:** Ligando del receptor activador del factor nuclear.

## I. INTRODUCCIÓN

La osteogénesis imperfecta (OI), conocida como “enfermedad de los huesos frágiles” o “huesos de cristal”, es la causa más frecuente de osteoporosis primaria hereditaria, ya que, en la mayoría de los casos se transmite directamente de uno de los padres al hijo. En esta patología, existe un trastorno en la síntesis cualitativa y cuantitativa del colágeno tipo I, por la presencia de mutaciones en los genes COL1A1 y COL1A2. Generalmente la herencia es autosómica-dominante, aunque son comunes mutaciones espontáneas, presentándose casos de herencia autosómico-recesiva.<sup>1,2</sup>

El diagnóstico es mayormente clínico, detectado en diferentes etapas del desarrollo de la vida: fetal, en el nacimiento, diferentes etapas del niño y, con menos frecuencia, en la edad adulta. Es difícil determinar el número de personas afectadas por la enfermedad, ya que existen gran cantidad de afectados con síntomas muy leves que nunca serán diagnosticados. La estimación de incidencia varía desde 1/30.000 nacidos vivos a 1/10.000 nacidos vivos y la prevalencia es de 1/12.000 habitantes.<sup>1</sup>

El colágeno tipo I, es una proteína presente en todos los tejidos de sostén, especialmente en el hueso, donde es el principal componente de la matriz ósea orgánica. También se encuentra en la piel, tendones, ligamentos, fascias, córneas, escleras, dentina y vasos sanguíneos. Las múltiples mutaciones descritas a nivel del colágeno tipo I, explican la gran heterogeneidad clínica de esta patología, existiendo desde formas graves y letales en periodo peri natal, hasta formas leves de diagnóstico dudoso en el adulto. En situaciones, es complejo clasificar a los pacientes dentro de alguno de los grupos establecidos, ya que, pueden compartir diferentes características.<sup>2</sup>

El resultado de la alteración del colágeno, a nivel del hueso incluye, la disminución de la matriz ósea, menor elasticidad, alteración de la estructura ósea y mala mineralización (osteopenia/osteoporosis) de forma que, la resorción ósea predomina sobre la formación de hueso nuevo. Esto predice la presencia de fragilidad ósea, fracturas frecuentes, deformidades óseas, capacidad de resistencia mecánica reducida y talla baja. Otras consecuencias notables de la mutación del colágeno tipo I en localizaciones extra óseas de interés son, la hiperlaxitud de ligamentos, tendones y disminución de la fuerza muscular. La inmovilización prolongada y el sedentarismo de los afectados, provocan debilidad muscular y desmineralización ósea.<sup>2</sup>

Radiográficamente, la osteopenia es dificultosa de valorar, siendo necesario recurrir al estudio denominado densitometría de doble haz de rayos X, que es una técnica objetiva

y precisa para establecer la densidad mineral ósea, frecuentemente utilizada en niños por la baja exposición y la rapidez del procedimiento.<sup>1</sup>

Los valores de densidad mineral ósea son más bajos en las formas severas, y pueden ser hasta normales en algunas formas leves de OI, aunque poco comunes. El ejercicio físico es un factor que contribuye a aumentar la tasa de masa ósea, sobre todo determinados tipos de actividad podrían tener un efecto positivo sobre el hueso, ya que, este es un tejido dinámico que constantemente se remodela en respuesta al estrés mecánico. Por ejemplo, actividades aeróbicas que utilicen la carga corporal, actividades que supongan saltos, deportes que combinen ambas actividades generarían una estimulación mecánica del hueso que ayudaría a incrementar la capa cortical y la formación de hueso trabecular.<sup>3, 4</sup>

Los pacientes con OI, deberán evitar ciertas actividades bruscas o aquellas donde sean probables las caídas e impactos directos, o que ejerzan fuerzas intensas de rotación (giros) sobre los mismos huesos. No obstante, esa afirmación no es absoluta, ya que, cada afectado deberá calcular por sí mismo las ventajas y desventajas de una actividad física determinada, dependiendo de su grado de afectación y de su propio nivel de funcionalidad. Desde la infancia, los pacientes son conscientes de sus propias limitaciones. Se deberá tener presente, a la hora de la actividad, las medidas de seguridad y cuidados necesarios para reducir los riesgos de accidentes, ya que, sobre todo en los casos moderados a severos, tienden a ser frágiles y a fracturarse con mayor facilidad. Se deben tener en cuenta los antecedentes de fracturas, las deformidades que puedan existir, la forma física previa, el estado cardiovascular, etc. En el caso de pacientes que se encuentren en silla de ruedas, es necesario levantarse de la silla varias veces al día y evitar las posturas mantenidas en el tiempo lo máximo posible.<sup>5</sup>

El tratamiento de la OI, está enfocado en la prevención de fracturas, rehabilitación física adecuada para estimular el desarrollo motor y fuerza muscular, prevención de contracturas y deformidades debido al mal posicionamiento, mejorar la calidad de vida y la psicomotricidad. Existen distintos tipos de ejercicios físicos con finalidad terapéutica para tratar esta enfermedad. Las más frecuentes son, el fortalecimiento muscular, la hidroterapia y las vibraciones del cuerpo entero. En este sentido, es importante indagar sobre la reducción de la fragilidad del tejido óseo con el aumento de la densidad mineral ósea, analizando los efectos de distintas modalidades de ejercicios físicos para contribuir a la disminución del riesgo de caídas y de fracturas asociadas.<sup>4,5</sup>

## **II. OBJETIVOS**

### **II.a Objetivo general**

- Analizar los efectos de los diferentes tipos de terapias físicas sobre la densidad mineral ósea en pacientes con osteogénesis imperfecta.

### **II.b Objetivos específicos**

- Describir los efectos de la estimulación mecánica en el tejido óseo, según lo encontrado en la literatura.
- Comparar la densidad mineral ósea de pacientes que desarrollen actividades físicas en suelo, sobre plataformas vibratorias y con aquellos que realicen actividad física en medio acuático.
- Proponer lineamientos clínicos adecuados para estos pacientes.

## **III. JUSTIFICACIÓN**

Anteriormente, se recomendaba a los padres que sobreprotegieran a los niños con OI, y les impidieran cualquier actividad deportiva, indicando la inmovilización. Sin embargo, éste planteamiento no protegía al niño, sino que, la experiencia demostró que la inmovilización produce desmineralización, limita el desarrollo psicosocial, motriz y no favorece a la independencia de los mismos. Actualmente, los tratamientos para la osteogénesis imperfecta están planteados para prevenir y controlar los síntomas, variando de persona a persona.

La intervención temprana es importante, para asegurar una mejor calidad de vida y resultados óptimos. Es necesario investigar los efectos que las distintas modalidades de actividad física terapéutica poseen, sobre los riesgos de fractura y la capacidad funcional resultante en estos tipos de pacientes.

## **IV. MARCO TEÓRICO**

### **IV.I OSTEOGÉNESIS IMPERFECTA**

#### **IV.I.a CONCEPTO**

El término “osteogénesis imperfecta”, aparece por primera vez en la literatura médica en el año 1849 por el doctor Willem Vrolik, donde describe un caso de un recién nacido con múltiples fracturas y huesos wormianos. Sin embargo, los primeros estudios se iniciaron en 1788 por el médico sueco Olaf Ekman, donde describió esta condición en su tesis doctoral, presentando casos que investigó desde el año 1678, nombrándola bajo el término “Síndrome Ekman”.<sup>6</sup>

La OI es una enfermedad congénita debida a la insuficiencia y/o incorrecta formación de colágeno tipo 1, que se caracteriza por la fragilidad de los huesos ante un traumatismo mínimo o sin causa aparente, asociada con baja estatura, sordera progresiva, dentinogénesis imperfecta, escleróticas azules, hiperlaxitud y problemas colaterales cardiológicos y respiratorios.<sup>7</sup>

La presentación de esta enfermedad tiene un amplio rango de edades, desde la vida intrauterina hasta la adultez, donde la forma de expresión es variable, por lo cual a veces en los casos leves, el diagnóstico escapa de la comunidad médica. Es un trastorno que limita la capacidad funcional en grado variable, hasta llegar en algunos casos, a impedir la marcha.<sup>6,7</sup>

#### **IV.I.b EPIDEMIOLOGÍA**

La estimación de la incidencia de esta enfermedad, varía desde 1/30.000 nacidos vivos a 1/10.000 nacidos vivos y la prevalencia es de 1/12.000 habitantes. La osteogénesis imperfecta, es un trastorno que se ve a nivel mundial independientemente de la edad, género o el grupo étnico y se presenta tanto en niños como en adultos.<sup>1</sup>

En la actualidad, no se hallan registros estadísticos fiables que permitan conocer el número exacto de afectados, los datos proporcionados por los estudios publicados son variables. Posiblemente, la incidencia global se encuentre ligeramente por encima de 1 de cada 10.000 nacimientos, teniendo en cuenta los decesos perinatales de los pacientes con formas letales de la enfermedad.<sup>7</sup>

#### IV.I.c CLASIFICACIÓN

La clasificación de Sillence en el año 1979, dividió la OI en base a criterios clínicos, radiográficos y genéticos en cuatro tipos, siendo el grupo IV, el que presenta mayor diversidad clínica. Aunque los criterios de Sillence fueron propuestos antes de que se identificaran los defectos del colágeno, todavía sigue siendo útil cuando se adaptan a los nuevos conocimientos respecto a los defectos genéticos y a las distintas histomorfometrías. Sin embargo, los pacientes no siempre se acoplaban en un grupo determinado. Por esta razón, Glorieux agregó dos nuevos tipos de OI, tipo V y VI, basándose en las distintas características clínicas e histológicas.<sup>8,9</sup> (TABLA 1)

**TABLA 1:** Clasificación de Sillence expandida de OI tipo I- VI.<sup>9</sup>

	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO VI
<b>Herencia</b>	AD	AD	AD- AR	AD	AD	Incierta
<b>Mutaciones asociadas</b>	Codón de parada prematuro en COL1A1	Sustituciones de la glicina en COL1A1 o COL1A2	Sustituciones de la glicina en COL1A1 o COL1A2	Sustituciones de la glicina en COL1A1 o COL1A2	Se desconocen	Se desconocen
<b>Severidad</b>	Leve	Letal	Grave	Media	Moderada	Media
<b>Fracturas</b>	Pocas a Múltiples	Múltiples	Graves, incluso costales	Múltiples	Múltiples	Múltiples
<b>Deformidades óseas</b>	Raras	Severas	Variable. Escoliosis grave	Moderada. Escoliosis moderada-leve	Moderada. Callos hipertróficos	Moderada a grave. Escoliosis
<b>Estatura</b>	Normal o ligeramente baja	Baja	Muy baja Facies triangular	Ligeramente baja	Baja de leve a moderada	Ligeramente baja
<b>Dentinogénesis</b>	Rara	Si	Si	50%	No	No
<b>Escleróticas</b>	Azules	Azul oscuro	Blancas a grisáceas	Grisas o blancas	Normales	Normales
<b>Sordera</b>	50%	-	< 50%	100%	No	No

En el año 1984, se realizó una subclasificación del tipo II en virtud de criterios radiológicos. En el año 2006, se describió el tipo VII producida por mutaciones en el gen CRTAP (proteína asociada al cartílago), cuyas características clínicas es la rizomielia. En el año 2007, se detalla el tipo VIII asociada a mutaciones en gen LEPRE1, con fenotipo y sintomatología similares al tipo II y III de Sillence. En el 2010, aparece el tipo

IX en dos casos de OI, con herencia autosómica recesiva, debido a una mutación homocigota en el codón de inicio de PPIB, gen que codifica la CyPB.<sup>3,7</sup>

Tipos:

- **Tipo I:** Se caracteriza por ser la más leve y menos deformante o agresiva, presentando escleras azules, fracturas ocasionales, talla final normal o con ligero retraso del crecimiento y sordera. La mutación es a menudo el alelo nulo COL1A1, que causa una reducción de al menos el 50% de colágeno tipo 1. Es transmitida por herencia autosómica dominante, con una incidencia de 1/30.000 nacidos vivos.
- **Tipo II:** Subclasificación en A, B y C. Se describe como el tipo más severo de OI, la mayoría de los pacientes fallecen en el periodo perinatal. Presenta fragilidad ósea severa, escleras azules, dentinogénesis imperfecta y sordera variable. Herencia autosómica dominante, mutaciones de Novo o por mosaiquismo de los padres, con una incidencia de 1/20.000 a 1/60.000 nacidos vivos. (TABLA 2)

**TABLA 2: Subclasificación de OI tipo II (1984).<sup>9</sup>**

<b><u>IIA</u></b>	Costillas anchas con múltiples fracturas. Rosario costal continua. Afectación grave del desarrollo del fémur.
<b><u>IIB</u></b>	Costillas normales o adelgazadas con algunas fracturas. Rosario costal discontinua. Escaso desarrollo del fémur.
<b><u>IIC</u></b>	Diversos espesores de las costillas. Rosario costal discontinua. Escápulas e isquion malformados. Rotación de huesos largos.

- **Tipo III:** Severamente deformante, presenta baja estatura y dentinogénesis imperfecta, fracturas, microcefalia relativa, deformidades óseas progresivas, dolor crónico e incapacidad funcional, las escleras pueden ser azules, no existe sordera. Herencia autosómica dominante o autosómica recesiva. La

expectativa de vida está supeditada a las deformaciones torácicas y ocurrencia de neumonías a repetición.

- Tipo IV: Grupo heterogéneo, presenta fracturas al nacer y postnatales, deformidades óseas de extremidades leves a moderadas, escoliosis, laxitud de ligamentos, dolor crónico y talla final baja, las escleras pueden ser azules, existe sordera. Herencia autosómica dominante o Novo frecuentes.
- Tipo V: Desarrollo de callos hipertróficos alrededor de las fracturas, presenta calcificaciones de la membrana interósea entre el cúbito y el radio. No presenta alteraciones en las escleras, ni dentinogénesis. Herencia autosómica dominante.
- Tipo VI: Presenta escoliosis, se distingue sólo histológicamente por la acumulación de tejido osteoide en el tejido óseo. Clínicamente similar al tipo IV. Se encuentra ligeramente elevado el nivel de fosfatasa alcalina con una apariencia de hueso en el microscopio distintivo de “escamas de pescado”. Diagnosticado por biopsia ósea. Origen desconocido.
- Tipo VII: Origen desconocido, no relacionadas con el gen del colágeno tipo I. Presenta húmeros y fémures cortos, coxo vara. Herencia recesiva, con mutación en el gen CRTAP.
- Tipo VIII: Similar al tipo II o III, a excepción de esclerótica blanca. Causada por la ausencia o deficiencia severa de la actividad prolil 3-hidroxilasa debido a mutaciones en el gen LEPRE1. Herencia recesiva.
- Tipo IX: Manifestaciones clínicas variables, de moderada a grave, similar a los tipos VII Y VIII. Existe una mutación en PPIB, que produce un codón de parada prematuro o una alteración de la proteína. Herencia recesiva.
- Tipo X: Manifestaciones clínicas de grave a letal. Mutación en el gen SERPINH1 (chaperón/ proteína molecular específica para el colágeno). Poseen escleras azules y dentinogénesis imperfecta, bullas en la piel, estenosis de píloro y litiasis renal que requiere nefrectomía. Herencia autosómica recesiva.

- Tipo XI: Tipo de OI progresivo, cursa con deformaciones de la columna vertebral desde la infancia y se debe a una mutación del gen FKBP10. También denominada síndrome de Bruck. Herencia recesiva.

#### IV.I.d ETIOPATOLOGÍA

La OI es una enfermedad donde está afectada la formación del colágeno de los huesos, o bien, la producción del mismo no es el adecuado, ya que, sin esta proteína no logran fortalecerse, se vuelven débiles y quebradizos. Las distintas causas de OI están asociadas a mutaciones en los dos genes que codifican el colágeno tipo 1 (COL1A1 del cromosoma 17 y COL1A2 del cromosoma 7). Éstos genes son los encargados de codificar la proteína procolágeno  $\alpha$ , que son cadenas de procolágeno secretadas por los fibroblastos en forma de triple hélice. Si ésta formación no es uniforme, las estructuras de colágeno tendrán estructuras anormales.<sup>9</sup>

Los primeros cuatro tipos de OI, según la clasificación de Sillence, son considerados de herencia autosómica dominante, donde se ha demostrado que son causados por un defecto en la síntesis de colágeno tipo 1, mientras que en resto de los casos no se evidenció que tengan un compromiso en la síntesis del colágeno. Sin embargo, aparece una fragilidad ósea importante, donde se pueden encontrar defectos en las proteínas involucradas en la reticulación, hidroxilación y mineralización del colágeno tipo 1.<sup>9</sup>

Otros estudios de biología molecular, han encontrado presencia de dos cadenas repetidas para la estructura de triple dextro de glicina- prolina- hidroxiprolina, provocando una alineación incorrecta del péptido, y finalmente, a la anomalía en el colágeno tipo 1. Además, se evidenció que la proteína asociada al cartílago (CRTAP), la prolil 13-hidroxilasa 1 (LEPRE) y la ciclofilina B, también influyen en la estructura de la triple hélice, pudiendo participar en la patogenia de la OI.<sup>7</sup>

Por otro lado, se han estudiado y agregado a las últimas clasificaciones, defectos en las proteínas chaperonas del colágeno. Estas son proteínas que ayudan al plegamiento y desplegamiento no covalente, al ensamblaje y desensamblaje de otras estructuras macromoleculares. Las chaperonas no forman parte de la macromolécula cuando realizan su función biológica, únicamente facilitan su ensamblaje o desensamblaje. La ausencia o disfunción de las chaperonas de colágeno SERPINH1 y FKBP10, han sido descritas como las causantes de la OI tipo X y XI respectivamente. El gen SERPINH1, codifica un chaperón de la molécula del colágeno llamado HSP47, que podría ser la

responsable de monitorizar la parte final de la integración de la triple hélice del colágeno, y se aloja en el retículo endoplasmático. Su función es la de actuar como un chaperón molecular específico de la molécula de colágeno. El gen FKBP10, codifica la proteína inmunofilina FKBP65, localiza en el retículo endoplasmático.<sup>9</sup>

#### **IV.I.e MANIFESTACIONES CLÍNICAS**

El colágeno tipo 1 se encuentra fundamentalmente en los huesos, por esa razón, éste es el órgano mayormente afectado. Los huesos se fracturan y deforman con mayor facilidad, lo que hace difícil el sostén mecánico del organismo, el movimiento articular y el desplazamiento independiente de personas con OI. Aunque la afectación es muy variable, en general presentan talla baja, dismetría de los miembros, deformaciones óseas y limitaciones de la movilidad de las articulaciones secundarias.<sup>2,10</sup>

Las deformidades pueden afectar a cualquier hueso, pero con más frecuencia, se producen en los huesos largos de miembros inferiores, superiores y columna vertebral. Éstas deformidades son complicaciones debidas a las fracturas, microfracturas y a la tracción o insuficiencia músculo-tendinosa, que pueden originar: fémur y tibia curvos, coxa vara, protrusión acetabular, escoliosis en el 68% y cifosis en el 41%, implantación basilar, luxaciones y subluxaciones en el codo, pies planos valgus, etc. Los pacientes generalmente sufren de dolor de espalda y cadera, resultado de fracturas por compresión de la columna vertebral, escoliosis o deterioro de las articulaciones. Por otra parte, las fontanelas pueden cerrarse más tarde de lo habitual. Los huesos wormianos, son pequeñas islas óseas en el cráneo, donde normalmente hay una hoja intacta de hueso, están presentes en aproximadamente el 60% de las personas con OI.<sup>3</sup> (*Figura 1*)

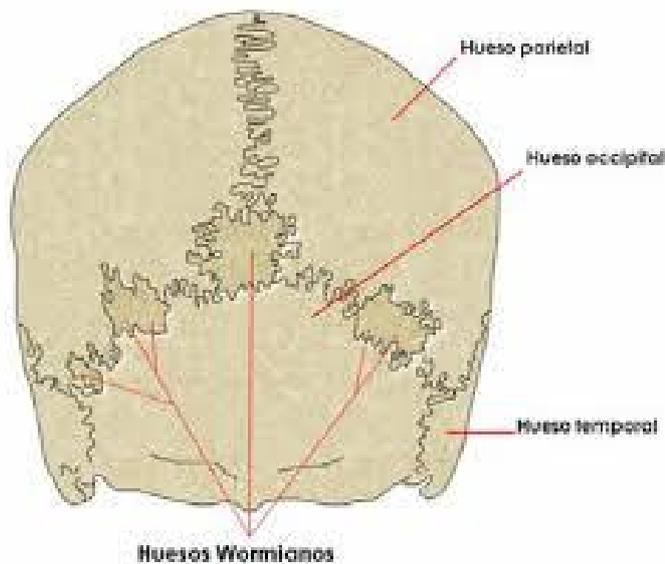


Figura 1: Huesos wormianos.<sup>3</sup>

Otras zonas del organismo, donde se encuentra el colágeno tipo 1, también se ven afectadas. Éste es el caso de la dentina, donde los dientes manifiestan también la llamada “dentinogénesis imperfecta”, que se caracteriza por la presentación de dientes frágiles, transparentes y descoloridos, que se fracturan con facilidad. En el 50% de los casos, las escleróticas de los ojos son azuladas o grisáceas. En algunos casos, el adulto joven puede presentar afectación del oído medio, que se manifiesta como hipoacusia. Por último, en ligamentos y tendones puede haber afectaciones por la hiperlaxitud articular.<sup>11</sup>

La mayoría de los niños con OI, tienen menor masa muscular y mayor debilidad asociada. El desarrollo motor grueso puede ser retrasado, debido a las fracturas y/o a la hipotonía muscular.<sup>2</sup>

Respecto al sistema cardiovascular, los tejidos vasculares son ricos en colágeno, por lo que la afectación de este sistema es mayor que en la población normal. Las mutaciones en los genes del colágeno, pueden predisponer a las personas con OI a aneurismas de la aorta, fragilidad capilar (lo que ocasiona una marcada tendencia a tener hematomas con facilidad), etc.<sup>3</sup>

#### IV.I.f DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

El proceso diagnóstico incluye los siguientes pasos:

- I. Historia clínica detallada, incluyendo información del embarazo y el parto.
- II. Historial familiar.
- III. Examen físico.

El diagnóstico puede ser en la etapa prenatal y postnatal. Además, existe un diagnóstico diferencial y pruebas complementarias.<sup>7,12</sup>

Métodos para diagnosticar la OI<sup>1,2,12</sup>:

- Pruebas de laboratorio:
  - Pruebas bioquímicas de colágeno: análisis basado en las proteínas de los fibroblastos cultivados de una muestra de piel.
  - Prueba molecular del colágeno: análisis de ADN de los genes COL1A1 Y COL1A2 de una muestra de sangre o saliva.
  - Estudios separados, que utilizan la biopsia de la piel y la secuenciación de los genes CRTAP Y LEPRE1, para las formas recesivas de OI.
- Biopsia ósea: En una pequeña minoría de casos, la biopsia ósea, muestra datos específicos anormales, examinados por especialistas que están familiarizados con OI.
- Medición de la DMO: se calcula a través de la prueba de densitometría de doble haz de rayos x (DEXA), la cual es una técnica objetiva y precisa. Utiliza una dosis muy pequeña de radiación ionizante para reproducir imágenes del interior del cuerpo. Especialmente utilizada en niños por la baja exposición y la rapidez del procedimiento. La DEXA de la columna lumbar puede ayudar a establecer el diagnóstico de la OI tipo I.
- Ultrasonido: método no invasivo, es el principal método de selección prenatal, la mayoría de los casos diagnosticados por ultrasonido son tipo II y III. Esto se debe a que los tipos I y IV pueden ser normales antes del nacimiento, y los tipos V y

VIII son extremadamente raros en la práctica clínica. Las anomalías encontradas incluyen ecos reducidos, acortamiento de los huesos, angulaciones, cambios de curvatura, múltiples fracturas y rebordes de las costillas.

- Ecografías: la ecografía transvaginal puede detectar anomalía en la semana 14 de gestación, mientras que la ecografía transabdominal puede detectar anomalías sólo después de la semana 15 o 16 de embarazo.
- Biopsia de corion o de vellosidades coriónicas de la placenta: es un procedimiento de diagnóstico prenatal; es posible realizarlo a las 10 semanas de gestación y puede revelar si hay algún tipo de trastorno genético.
- Radiografía: Las tres vistas radiográficas más útiles son: las del cráneo para identificar huesos wormianos; la vista lateral de la columna y la de pelvis por un posible principio de protrusión acetabular. La radiografía de útero se puede utilizar cuando las pruebas de ecografía y la genética no han podido diagnosticar casos muy sospechosos. Esta técnica puede detectar huesos wormianos, es decir, un cráneo único de huesos rodeados por suturas. Altamente probable en la OI, si el número de huesos es mayor a 10. En cuanto a los huesos, cerca de las láminas de crecimiento se observan zonas radiolúcidas redondeadas con bordes escleróticos, hay una desmineralización generalizada. Presentan, además, una cortical delgada y una esponjosa pobremente trabeculada. Pueden observarse en las metáfisis y epífisis de los huesos largos imágenes similares a “palomitas de maíz”. (Figura 2)



Figura 2: Imagen en “palomitas de maíz” (líneas escleróticas que se ven en las radiografías que representan los platillos de crecimiento fragmentados).<sup>12</sup>

- Biopsia del hueso: prueba invasiva. Puede identificar todos los tipos de OI y se realiza preferentemente en el hueso ilíaco. El paciente debe pesar por lo menos 10 kg para ser candidato a realizar este procedimiento.
- Estudio genético: permite una mejor comprensión de las diversas formas de OI. El enfoque genético es complejo, debido a la gran longitud de la molécula de colágeno y a las más de 800 mutaciones que se han descubierto en los genes de COL1A1 y COL1A2. Además, no todas las formas de IO están registradas en el mapa genético.

Como pruebas complementarias, también se realiza una evaluación cardiológica, examen neurológico, ejercicios respiratorios y evaluación audiológica.<sup>2</sup>

#### **IV.I.g DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL**

Dentro del diagnóstico diferencial de la OI, se encuentra en la bibliografía: la hipofosfatemia, la enfermedad de Paget juvenil, raquitismo, osteoporosis idiopática juvenil, defectos hereditarios en el metabolismo de la vitamina D, la enfermedad de Cushing, deficiencia o mala absorción del calcio, hiperparatiroidismo, neoplasias, maltrato infantil, Síndrome de Menkes, leucemia, acondroplasia entre otras.<sup>2,3</sup>

#### **IV.II TRATAMIENTO**

Actualmente, no se encuentra en la bibliografía un tratamiento específico para corregir las alteraciones biológicas de la enfermedad. La conducta terapéutica está dirigida a prevenir y controlar los síntomas, maximizar la movilidad y procurar la mayor independencia posible, desarrollar una masa ósea óptima y suficiente fuerza muscular.<sup>2</sup>

El tratamiento farmacológico junto con el fisioterapéutico, es el primero recomendado para tratar a estos pacientes, sobre todo en casos moderados a severos de la enfermedad. Diferentes tipos de tratamientos se han ensayado para disminuir el progreso de la enfermedad, sólo los bifosfonatos han tenido aceptable seguridad y los análogos de la hormona paratiroidea, ayudan a incrementar la actividad osteoblástica. En la literatura médica actual, se presentan muchos tratamientos satisfactorios con bifosfonatos, de tal forma que son ampliamente usados para el tratamiento de OI en

niños, adolescentes y adultos. Estos medicamentos son potentes inhibidores de la reabsorción ósea, actúan estimulando la apoptosis de los osteoclastos y retrasando la apoptosis de los osteoblastos. El mayormente utilizado es el *Pamidronato*, en dosis intravenosa de 0,5 a 1,5 ml administrada en tres días consecutivos cada 3-4 meses, aunque sólo incluyen en su tratamiento niños mayores de tres años hasta pacientes adultos y los resultados son satisfactorios al margen de la edad. Otro bifosfonato usado es el *Olpadronato*, por vía oral en dosis de 10 mg/m<sup>2</sup> superficie corporal/día. Los pacientes también reciben un refuerzo de calcio, fósforo y vitamina D. También está indicada la administración de sulfato y óxido de magnesio, vitaminas C y D, fluoruros, y más recientemente, la calcitonina. En cuanto a la hormona del crecimiento, no se encontraría indicada en casos graves de OI, donde se encuentra una alteración estructural del colágeno tipo I y esta produciría mayor cantidad de colágeno anómalo, aunque actúa sobre la placa de crecimiento y puede ser beneficiosa en pacientes con un defecto cuantitativo del colágeno; su papel en el control de la OI no se ha definido claramente en la bibliografía. Como tratamientos futuros, la terapia génica, el trasplante de médula y la inhibición de la expresión del gen mutado están siendo ensayados.<sup>8, 13,14</sup>

En cuanto a la ortopedia, el tratamiento está dirigido al cuidado de las fracturas, prevenir y corregir deformidades, utilización de órtesis como soporte para la bipedestación y la marcha, sillas de ruedas (en aquellos casos de OI grave), evitar contracturas, posiciones viciosas, etc. Las fracturas en la OI, se consolidan en un tiempo normal, aunque en la zona correspondiente a la fractura consolidada va a persistir aún más fragilidad que en el resto del hueso primitivo. Luego de una fractura, la posibilidad de cargar peso precozmente gracias a una órtesis, junto con el estrés mecánico y la tensión muscular, previene la osteoporosis y ayuda a aumentar o mantener la densidad mineral ósea. Las órtesis ofrecen a su vez, mayor seguridad a las familias que tienen niños con OI, ya que, las mismas facilitan la participación e inclusión social, posibilitándoles una mejor integración con los demás, también permiten una deambulaci3n autónoma, una buena posici3n y alineaci3n postural, importantes en el desarrollo del ni3o.<sup>15, 16</sup>

Por otra parte, la cirugía ortopédica correctiva es un tratamiento a largo plazo de la OI y es complementaria a la rehabilitaci3n f3sica. Las osteotomías de los huesos largos con colocaci3n de clavo intramedulares corrigen la deformidad ósea que impide una funci3n adecuada. La cirugía correctiva es fundamental para conseguir la deambulaci3n en algunos casos de OI. Actualmente, los cirujanos utilizan dos tipos de clavos telesc3picos: los sistemas intramedulares telesc3picos de Fassier-Dubal, son clavos que tienen la ventaja de su colocaci3n por vía percutánea, minimizando el trauma,

permitiendo la reparación de varios huesos en la misma sesión y realización posterior de una rehabilitación precoz; los clavos intramedulares telescópicos de Sheffield, que son una nueva versión de los clavos de Dubow-Baile, permiten la inmovilización de los clavos largos tras el procedimiento de osteotomía.<sup>17,18</sup>

El tratamiento kinésico, se lleva a cabo desde el primer momento en el que se diagnostica la enfermedad. Está dirigido a mejorar la funcionalidad y la calidad de vida del paciente con estrategias que optimicen su independencia y movilidad. El pilar principal del tratamiento kinésico en la OI es la terapia física, que incluye programas de ejercicio físico general y fortalecimiento muscular. La práctica de ejercicios de fortalecimiento debe seguir una progresión, a una velocidad lenta para dar tiempo a que se relajen los músculos. En los casos cuya deformidad impida la colaboración activa, se podrá realizar de forma pasiva o activa-asistida. El entrenamiento con pesas, debe ser con cargas livianas y progresivas, que eviten generar algún tipo de palanca no adecuada. Los ejercicios isométricos son los más aptos en el mantenimiento o el fortalecimiento muscular, pueden realizarse en etapas de inmovilización. Incorporar en el programa de entrenamiento actividades como gatear, incorporarse, caminar, subir escaleras y caminata por rampas. La progresión de los cambios de decúbito permite el control cefálico, ayudan a prevenir las contracturas, malformaciones que puedan limitar la movilidad y generar un aumento del dolor. Los ejercicios de fortalecimiento del suelo pélvico ayudan a promover la estabilidad de la marcha, desarrollando la fuerza de los músculos de la cadera, glúteos, cuádriceps y abductores. En caso de pacientes con OI tipo I o tipo IV, es recomendable usar pesas livianas o bandas de resistencia para el fortalecimiento muscular; los ejercicios de resistencia pueden mejorar la fuerza, el equilibrio y la flexibilidad. Los ejercicios de bajo impacto pueden realizarse con equipos de gimnasio con elípticos, escaladoras y cinta de correr. Los elípticos generan menor estrés para las rodillas, caderas y espalda. Una buena postura ayuda a asegurar un entrenamiento más eficaz. El trabajo postural y propioceptivo en pacientes con OI es importante, ya que la mayoría tiene una percepción de su cuerpo distorsionada, por lo general hay deformaciones y desajustes posturales; se combinan con ejercicios de respiración, ejercicios en cadena cerrada con pelotas terapéuticas, bandas elásticas, etc. La integración neuro-perceptivo-motriz debe ser acorde al desarrollo neural.<sup>3, 18</sup>

La natación e hidroterapia aportan múltiples beneficios a estos pacientes, es un ejercicio realizado en inmersión en el agua, permite el desplazamiento independiente, con poco riesgo de fractura. Educar o reeducar la postura, entrenar el equilibrio estático y dinámico, ayudar a lograr la bipedestación y la marcha, favorecer al desarrollo de la coordinación corporal global, son otros de los beneficios de la hidroterapia. Los

ejercicios en el agua pueden comenzar durante la lactancia promoviendo el pataleo en estos pacientes. Considerar un plan para entrar y salir de la piscina, contando con la ayuda de flotadores, chalecos de flotación y uso de calzado antideslizante. La progresión de los ejercicios puede ir desde la carga de peso bipodal hasta la monopodal, desarrollando el equilibrio desde etapas tempranas; también son otros ejercicios en el agua las caminatas por escaleras y planos inclinados, deslizamientos laterales, etc. Este tipo de terapia es ideal para pacientes postquirúrgicos.<sup>18, 19</sup>

Una terapia novedosa y de bajo impacto para los pacientes con OI, es la vibración de cuerpo entero (whole body vibration, WBV), generada mediante plataformas que transmiten una frecuencia moderada/alta (25- 90 Hz), amplitud pequeña (2- 10 mm) y exposiciones cortas (inferior a 30 minutos con intervalos variables de descanso). Las plataformas vibratorias producen movimientos oscilatorios sinusoidales, que se transmiten a todo el cuerpo, aumentando la carga gravitatoria a la que es sometido el sistema neuromuscular, lo que obliga al músculo a contraerse entre 30 a 60 veces por segundo, para vencer la fuerza de gravedad. El estímulo mecánico actúa activando una serie de receptores cutáneos y sensoriales musculares, principalmente el huso neuromuscular y órgano tendinoso de Golgi, desencadenando un reflejo tónico vibratorio (RTV), responsable en última instancia de la contracción y relajación muscular. Optimiza a su vez, la coordinación de las unidades motoras y activación de reflejo miotático, con menor posibilidad de lesiones por sobrecarga. Se basa en mejorar el rendimiento neuromuscular, estimular la formación del hueso, aumentar la densidad mineral ósea, mejorar la movilidad y el equilibrio. Debido a que los ejercicios de alto impacto en pacientes que padecen OI pueden resultar en fracturas, la vibración mecánica de cuerpo entero de baja amplitud y alta frecuencia, es un enfoque atractivo de bajo impacto y libre de medicamentos para estimular la formación de hueso.<sup>9, 20, 21, 22</sup>

El dolor asociado por fracturas múltiples en los pacientes con OI, puede conducir a un sufrimiento innecesario y cuando no se trata adecuadamente puede resultar en una enfermedad crónica. Dado que el dolor puede afectar la capacidad de una persona para llevar una vida productiva, el dolor crónico es una importante problemática de salud y un grave problema socioeconómico. Se requiere un enfoque multidisciplinar para una terapia eficaz, que no sólo reducirá o eliminará el dolor, sino que también permitirá alcanzar el bienestar mental y una mejora notable en la función fisiológica.<sup>2,3</sup>

### **IV.III PRONÓSTICO**

Según lo encontrado en la bibliografía, el pronóstico varía considerablemente en función del número y la gravedad de los síntomas. Muchos pacientes se convierten en miembros productivos de la sociedad, por lo que la combinación de un adecuado desarrollo físico y mental generan oportunidades para una vida más satisfactoria.<sup>2</sup>

El pronóstico depende en gran medida del tipo de OI. En las formas más severas, las múltiples fracturas intrauterinas y durante el nacimiento están asociadas a una alta tasa de mortalidad. En los tipos de OI leves a moderados, suele haber un mejor pronóstico cuando la incidencia de fracturas disminuye después de la pubertad.<sup>3</sup>

### **IV.IV DENSIDAD MINERAL ÓSEA**

#### **IV.IV.a DEFINICIÓN**

El hueso es un tejido vivo que cambia y se adapta en función de las demandas y necesidades externas. Los cambios en los huesos, son el resultado de un proceso dinámico y continuo, de formación y resorción ósea. La resorción ósea causa ruptura del tejido, mientras que la formación ósea presenta una función primordial en el crecimiento y tiene que ver con la capacidad que tiene el hueso de “esculpirse”, es decir, cambiar su tamaño, forma y localización espacial, en respuesta a factores de estrés, tales como, las sobrecargas mecánicas, estimulación de factores locales, endócrinos-metabólicos; el resultado de estos dos procesos es la masa ósea. Por su diferente composición, el hueso no es homogéneo, sino que se encuentran dos componentes principales: el cortical y el trabecular. La parte cortical, constituye el 80% del total de la masa ósea del esqueleto, mientras que la fracción trabecular, representa el 20% restante y se localiza en la parte central del hueso. A su vez, el hueso cortical se caracteriza por ser el más sensible a la sobrecarga mecánica, mientras que el trabecular a los cambios hormonales. La principal diferencia del hueso sano, con respecto a los demás tejidos del organismo, radica básicamente en las siguientes características:<sup>23</sup>

- Se encuentra mineralizado en un 70- 90%.
- Conserva el 98% del calcio del organismo.
- Contiene hasta el 90% de colágeno del organismo, por lo que juega un papel crítico en la estructura y función del tejido óseo.

Las principales células precursoras del tejido óseo son: los preosteoblastos, osteoblastos y osteocitos, de origen mesenquimal. Estos poseen la capacidad de sintetizar y secretar la parte orgánica (90% colágeno tipo I) e inorgánica (sales de hidroxiapatita, iones de calcio y fosfato) de la matriz ósea, expresar receptores para la PTH, la vitamina D y estrógenos que son sus principales agentes reguladores. Los osteocitos son células maduras localizadas en el interior de la matriz ósea, que están interconectadas a través de prolongaciones citoplasmáticas. Estas desempeñan un importante papel en la regulación del intercambio de minerales, así como en la integración y respuesta a estímulos físicos y químicos procedentes de los tejidos adyacentes. Por otra parte, los osteoclastos, de origen hematopoyético, intervienen en la actividad de resorción ósea, se activan por medio de la vía metabólica ósea a través del sistema RANKL y por la activación del factor estimulador de colonias de macrófagos (CSF-M).<sup>23, 24, 25,26</sup>

La densidad mineral ósea, se define por la concentración media de mineral óseo (calcio y fósforo), por unidad de área y se mide en gramos sobre centímetro cuadrado. Es un valor que da cuenta de la cantidad de hueso que posee un individuo, cuyo valor está en constante recambio. En las formas moderadas a graves de OI, la DMO se encuentra baja o muy baja, pero en algunas formas leves de OI, pueden tener DMO normal. Debido a la menor DMO, los pacientes sufren una mayor exposición a fracturas por mínimos traumatismos o ausencia de estos, que generan deformaciones y alteración de los huesos lesionados.<sup>3, 27</sup>

#### **IV.IV.b MEDICIÓN DE LA DMO**

En los pacientes con OI, la mayoría de los estudios de la masa ósea se realizan mediante DEXA, valorando el contenido mineral óseo a nivel lumbar L<sub>2</sub>- L<sub>4</sub>, donde el componente trabecular del hueso es mayor. En adultos, los valores de DMO se expresan en términos de "T- scores", que indican el número desviaciones estándar que la DMO del paciente difiere de la media de adultos sanos. Según la OMS, se define osteopenia cuando "T-score" está entre -1 y -2,5, y osteoporosis por debajo de -2.5 (TABLA 3). En niños, no es correcto utilizar "T-score" de los adultos, sino que se evalúan mediante "Z-score" o desviación estándar ajustada a la edad y sexo de los patrones establecidos para niños sanos de la misma edad, puesto que la DMO se influye por la talla, peso y maduración del esqueleto. No se encuentra establecido el criterio de osteopenia y osteoporosis en niños. DEXA, es útil para informar la severidad de los déficits de contenido mineral óseo y para evaluar la evolución de la salud del esqueleto, luego de un tratamiento.<sup>3, 25</sup>

Clasificación T-score	
Diagnóstico densitométrico	DMO valor T o T-score
Normal	$T > -1,0$
Osteopenia (baja masa ósea)	$T < -1,0$ y $> -2,49$
Osteoporosis	$T < -2,5$
Osteoporosis grave o establecida	$T < -2,5$ + fractura por fragilidad

**TABLA 3:** Clasificación diagnóstica de la OMS según la medición de la DMO.<sup>25</sup>

#### IV.IV.c INFLUENCIA DEL EJERCICIO EN LA DMO

La matriz mineralizada normal posee dos propiedades fundamentales que, en conjunto, determinan la calidad mecánica de un hueso: la rigidez y la tenacidad. La rigidez es la resistencia a la deformación, y está determinada por la calidad y la disposición espacial de las fibras colágenas y por la composición/disposición de los cristales de hidroxapatita sobre éstas fibras, resultado de un proceso fisicoquímico. La tenacidad es la resistencia a la separación en fragmentos, que está determinada por proteínas no colágenas y otros factores locales, inversa a la densidad de lagunas estructurales. Estas características conforman la “calidad material” del hueso.<sup>28</sup>

La distribución arquitectónica de la matriz en el espacio, propia de cada hueso, determina su forma y resistencia a determinados sentidos y modos de deformación (compresión, tracción, flexión, torsión, cizalladura) con especificidad regional.<sup>28</sup>

La eficacia de un programa de ejercicios, depende de la magnitud de la carga a la que son sometidos los huesos, la velocidad a la que se producen las deformidades, la dirección en que actúan las fuerzas y la frecuencia con la que el hueso se ve sometido a la carga, asociándose el ejercicio de impacto positivamente con los cambios óseos. Los estímulos mecánicos inducen la formación de factores locales de crecimiento óseo, bioquímicos y humorales, estimulando los osteoblastos y por lo tanto incrementando la masa ósea. Es imprescindible conocer el dominio de las fuerzas que ejercen las contracciones musculares regionales, sobre la estructura y la resistencia ósea, en todo el esqueleto, asociando a cada hueso del cuerpo con la musculatura regional que lo afecta, conocida como “unidad músculo- hueso”.<sup>28</sup>

El mecanostato óseo es un mecanismo de retroalimentación de los huesos móviles de todos los vertebrados, que autorregula la rigidez de la estructura trabecular y cortical de los huesos. Este término se refiere al modelo propuesto por Harold Frost, por el que se regula el crecimiento y la pérdida de hueso en función de estímulos mecánicos que deforman localmente el mismo (compresión, presión y torsión de cizallamiento). Según este modelo, el aumento de la fuerza muscular ejercida o la disminución de la carga (por inactividad o inmovilización), sobre el hueso afectarán la masa, el tamaño y la resistencia de este, de forma positiva o negativa respectivamente. Por lo tanto, el mecanostato explicaría cómo la carga mecánica aplicada sobre el hueso actúa poniendo en marcha un proceso complejo de remodelado óseo, en donde el osteocito juega un papel fundamental como el mecano-sensor, que transforma la señal mecánica en química (mecanotransducción) y ésta, a su vez, reproduce la respuesta de los osteoblastos/osteoclastos.<sup>26</sup>

La mineralización de la matriz ósea, se inicia ya en el período de vida intrauterina del feto, algunas semanas antes del parto y se incrementa de forma progresiva hasta la segunda o tercera década de vida. Algunas edades tienen una especial importancia en el crecimiento acelerado del esqueleto, los incrementos de masa ósea se producen mayoritariamente durante los dos primeros años de vida y durante la pubertad, aumentando entre un 40% y un 60% en este último período. En las mujeres, estas ganancias declinan rápidamente después de la menarquia. Durante la pubertad, la velocidad de desarrollo de los huesos en la columna y la cadera aumenta hasta aproximadamente cinco veces; el inicio de este incremento de masa ósea se sitúa a partir de los 11 años en las mujeres y de los 13 años en los varones, siendo de suma importancia estimular el hueso en esas etapas.<sup>30</sup>

El aumento de la densidad mineral ósea durante el crecimiento, sigue una trayectoria lineal positiva, hasta aproximadamente los 20 años, después de los cuales el pico de masa ósea (PMO) se estabiliza. La acumulación de masa ósea obtenida durante la adolescencia, se mantiene hasta la tercera o cuarta etapa de vida. En ausencia de enfermedad orgánica, la dinámica propia del tejido conectivo, una vez alcanzado el PMO, da lugar a un balance negativo de masa ósea y se inicia una pérdida progresiva de ésta. El patrón de pérdida ronda alrededor de 0,5-1% anual. Esta pérdida se hace más ostensible en la mujer, durante el período perimenopáusico y especialmente en los primeros años que le siguen a la menopausia (5-8% anual). Las pérdidas relacionadas con la edad, se concentran más en el hueso trabecular que en el cortical. A lo largo de la vida de la mujer, puede llegar a perder el 50% de masa ósea trabecular y el 35% de la cortical. Por esta razón, las fracturas relacionadas con la osteoporosis se producen

en áreas anatómicas, donde predomina el hueso trabecular: cadera, columna y muñeca.<sup>30</sup>

Los beneficios del ejercicio físico, sobre la densidad ósea se producen, sobre todo, en las primeras etapas de la vida. Estos beneficios se van diluyendo a medida que van pasando los años, y las ganancias de DMO relacionadas con el ejercicio físico son difíciles una vez se han superado los 50 años de edad. El ejercicio en etapas tempranas de la vida, produce un aumento de la masa ósea mucho mayor que el ejercicio físico realizado durante la edad adulta, se sitúa el periodo óptimo, para actuar en la adquisición de un PMO más elevado, hasta los 2 años después de la menarquia. Cuando el ejercicio físico se mantiene a lo largo de toda la vida, la DMO general y de cadera, es entre un 5% y un 8% superior a las de sus homólogos inactivos, según los niveles de intensidad.<sup>29,30</sup>

El aumento del estrés mecánico en el hueso, induce la movilización del calcio hacia el interior del osteocito y secreción de factores como prostaglandinas E2, RANKL/OPG y óxido nítrico, generando una respuesta ósea frente al ejercicio físico. A su vez, los osteocitos son sensores de situaciones inductoras del remodelado óseo, por la aparición de microfracturas o por la modificación de fuerzas mecánicas a las que está sometido el esqueleto. La apoptosis de los osteocitos, estimula la resorción ósea, con el fin de eliminar biomecánicamente el hueso deteriorado. Cuando el ejercicio es adaptado con fines terapéuticos, puede mantener o aumentar la DMO, contribuyendo a mejorar la calidad de vida y disminuir el riesgo de fracturas.<sup>26,29</sup>

El tipo de ejercicio físico, es un factor importante en el desarrollo de la masa ósea, ya que, es necesario un mínimo nivel de sobrecarga mecánica en el hueso para que se produzcan aumentos positivos en la densidad mineral ósea. El mayor efecto osteogénico, se genera por actividades diarias que resultan en cargas de alto impacto incluyendo, la carrera, danza, gimnasia con pesas, en mayor medida que las actividades que no se encuentran afectados por la gravedad, tales como, la natación. Estas actividades producen fuerzas de reacción iguales o mayores a tres veces el peso corporal, por lo que es suficiente con aplicar altas tensiones de corta duración en zonas específicas de los huesos, para alterar la forma de los mismos. Sin embargo, existen otras hipótesis, donde se cree que son más efectivos, para la formación ósea, la realización de picos elevados de fuerza, que un gran número de impactos de menor de intensidad, para aumentar la formación ósea.<sup>23,30</sup>

## V. MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos propuestos, se realizó un trabajo de investigación consistente en una revisión bibliográfica.

### V.I Estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo la búsqueda, recolección y análisis de artículos científicos, consultando las siguientes bases de datos: PubMed, SciELO y Bireme. Se consultó en el buscador de Google Académico, la Biblioteca Virtual en salud (BVS) y la Biblioteca Electrónica de MinCyT. El periodo de búsqueda de los artículos fue del año 2000 al 2023 inclusive.

La información se obtuvo a través de la utilización de diversas palabras clave, en los idiomas inglés y español. Las mismas fueron combinadas con el conector “AND”, “OR” y “AND NOT”.

### V.II Palabras claves (DeCS / MeSH):

A continuación, se exponen las palabras claves utilizadas al momento de investigar en las diferentes bases de datos, con su correspondiente categoría: MeSH, DeCS o términos libres. (TABLA 4)

*TABLA 4: Palabras claves, DeCS, MeSH y términos libres.*

Palabras Claves	DeCs	MeSH	Términos libres
Oteogénesis imperfecta	Osteogénesis imperfecta	Osteogenesis imperfecta	Enfermedad de Lobstein
Densidad mineral ósea	Densidad ósea	Bone density	Contenido mineral óseo
Osteoporosis	Osteoporosis	Osteoporosis	Fragilidad ósea
Rehabilitación	Rehabilitación	Rehabilitation	
Tratamiento	Tratamiento	Therapy	
Ejercicio físico	Ejercicio	Exercise	
Kinesiología	Fisioterapia	Physical Therapy Specialty	
Ejercicios acuáticos	Hidroterapia	Hydrotherapy	
Vibración de cuerpo entero	Vibración	Vibration	
Difosfatos	Difosfatos	Diphosphates	

Las combinaciones llevadas a cabo entre los términos previamente citados fueron:

Combinación MeSH:

- “Osteoporosis” AND “Exercise therapy”
- “Osteogenesis imperfect” AND “Rehabilitation” AND NOT “diphosphates”
- “Osteogenesis imperfect” AND “vibration” AND “Therapy”
- “Osteoporosis” AND “hydrotherapy”
- “Hydrotherapy” AND “Bone density”
- “Osteogenesis imperfect” AND “exercise” OR “Physical Therapy Specialty”

Combinación DeCs:

- “Osteogénesis imperfecta” AND “Rehabilitación”
- “Densidad ósea” AND “Fisioterapia” AND “Vibración”
- “Osteoporosis” AND “vibración”
- “Osteogénesis imperfecta” AND “hidroterapia”.

### **V.III Criterios de inclusión y exclusión**

Los criterios de inclusión fueron:

- Artículos con diagnóstico de osteogénesis imperfecta confirmado por clínica, radiología y consulta genética;
- Artículos relacionados a enfermedades óseas, como osteoporosis y osteopenia;
- Pacientes de ambos sexos;
- Todos los rangos de edad;
- El periodo de antigüedad de publicación de los artículos fue del año 2000 al 2023 inclusive;
- Los idiomas que se incluyeron fueron artículos en inglés, español y portugués.

Los criterios de exclusión fueron:

- Revisiones sistemáticas y metaanálisis;
- Estudios realizados en animales.

## VI. RESULTADOS

La búsqueda efectuada, a partir de las combinaciones previamente detalladas, arrojó un total de 14.360 artículos. En la biblioteca de Bireme se encontró un total de 10.417 artículos, mientras que en las bases de datos de PubMed se encontraron 3.943 artículos. A continuación, se procedió a aplicar filtros que correspondiera con los criterios de inclusión, por lo que los resultados fueron: para Bireme un total de artículos 670 y para las bases de datos de PubMed 493 artículos. Luego, se realizó un proceso de filtración de artículos en base a el título y resúmenes de los mismos, con el fin de eliminar aquellos artículos que no cumplían con los objetivos propios de esta tesina.

Resultados de la combinación de palabras claves MeSH:

- ("Osteoporosis"[Mesh]) AND "Exercise Therapy"[Mesh]:
  - PubMed: 605
  - BVS: 2.945
  
- ("Osteogenesis Imperfecta"[Mesh]) AND "Rehabilitation"[Mesh] NOT "Diphosphates"[Mesh]:
  - PubMed: 86
  - BVS: 488
  
- ("Osteogenesis Imperfecta"[Mesh]) AND "Vibration"[Mesh] AND "therapy"[Subheading]:
  - PubMed: 7
  - BVS: 6
  
- ("Osteoporosis"[Mesh]) AND "Hydrotherapy"[Mesh]:
  - PubMed: 8
  - BVS: 18
  
- ("Hydrotherapy"[Mesh]) AND "Bone Density"[Mesh].
  - PubMed: 15
  - BVS: 4
  
- ("Osteogenesis Imperfecta"[Mesh]) AND "Exercise"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh]:

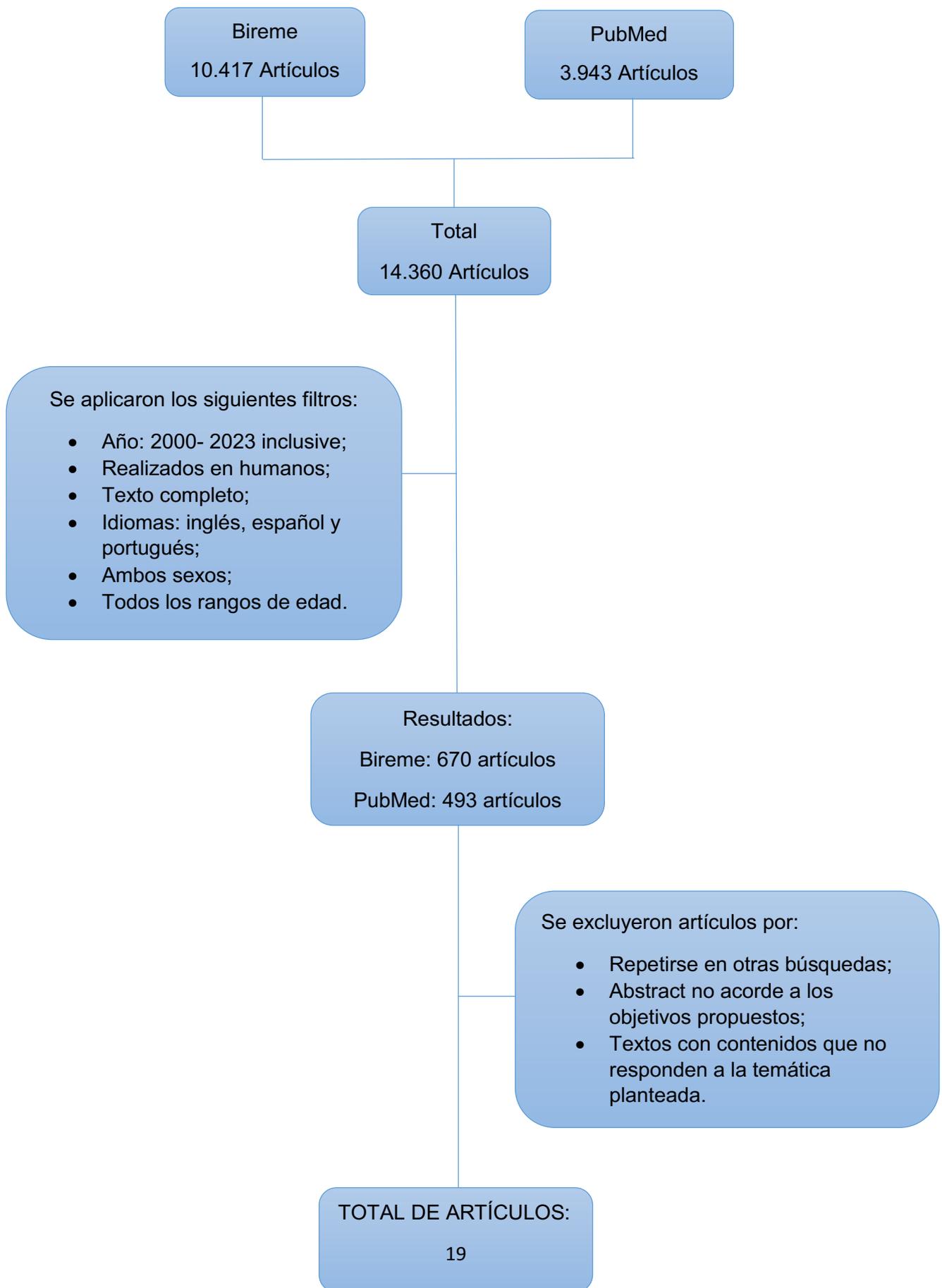
- PubMed: 2.993
- BVS: 6.221

Resultados de la combinación de palabras claves DeCs:

- (Osteogénesis imperfecta) AND (Rehabilitación) / ("Osteogenesis Imperfecta"[Mesh]) AND "Rehabilitation"[Mesh]:
  - BVS: 442
  - PubMed: 86
- (densidad ósea) AND (fisioterapia) AND (vibración)/ (("Bone Density"[Mesh]) AND "Physical Therapy Modalities"[Mesh]) AND "Vibration"[Mesh]:
  - BVS: 21
  - PubMed: 50
- (osteoporosis) AND (vibración) / ("Osteoporosis"[Mesh]) AND "Vibration"[Mesh]:
  - BVS: 269
  - PubMed: 179
- (osteogénesis imperfecta) AND (hidroterapia) / ("Osteogenesis Imperfecta"[Mesh]) AND "Hydrotherapy"[Mesh]:
  - BVS: 3
  - PubMed: 0

Del total de artículos, fueron seleccionados 19 estudios para ésta tesis. Los pasos de la búsqueda se resumen en la *Figura 4*.

*Figura 4:* Diagrama de flujo de resultados.



Luego de una exhaustiva revisión de la literatura disponible, se llevó a cabo un análisis de la información recopilada, con la finalidad de conocer los efectos de los diferentes tipos de terapias físicas, sobre la densidad mineral ósea en pacientes con osteogénesis imperfecta, y en otras patologías que presenten deficiencia de la DMO, procurando hallar respuestas para los objetivos planteados.

En cuanto a la muestra de los estudios referidos a OI, la misma comprendió un total de 123 participantes, donde 64 fueron mujeres y 59 hombres. Los tipos de OI variaron en cada estudio, siendo de mayor prevalencia los tipos I (leve, 28,45%) y IV (media, 30,89%), según la clasificación de Sillence.

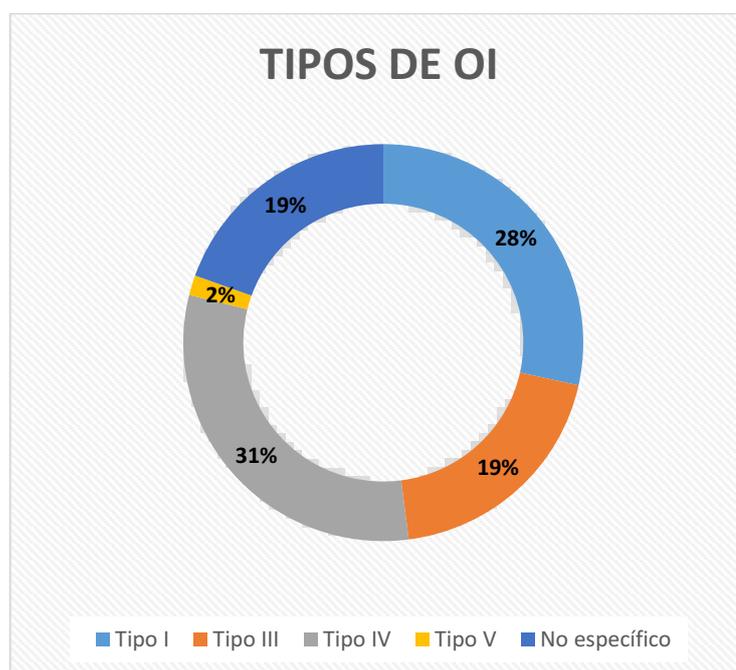


Gráfico N°2- Tipos de OI.

En los estudios analizados, se evaluaron tanto niños/adolescentes (desde los 4 - 19 años), como adultos (en un rango de edad que va desde los 40 – 70 años); en cuanto al sexo, se estudiaron mayormente mujeres. En la mayoría de los estudios, se tuvo en cuenta si hubo fracturas previas en los pacientes involucrados, la ingesta de diferentes tipos de medicamentos (calcio, fósforo, esteroides, Difosfatos, anticonceptivos orales, vitamina D, alendronato de sodio, etc.) también, el estado nutricional durante la participación del estudio.

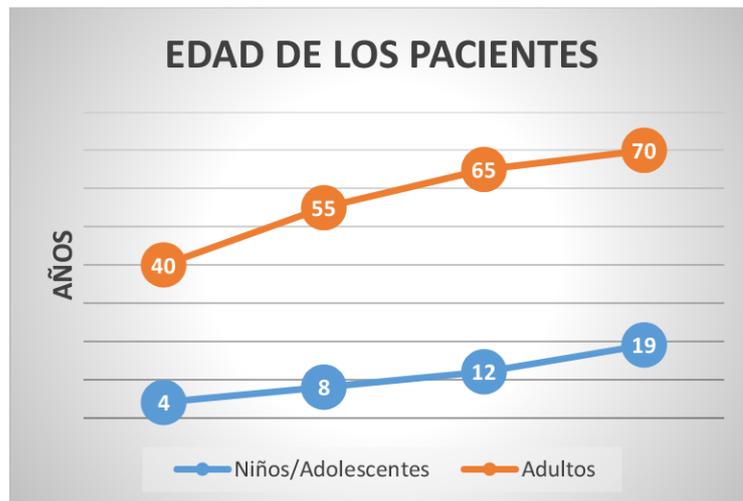


Gráfico N°1- Edad de los pacientes.

En cuanto a los diferentes tipos de entrenamiento, un total de 9 artículos incluyeron la aplicación de plataformas vibratorias, 9 artículos sobre ejercicios sobre suelo y, por último, 7 artículos abordan ejercicios dentro de piscinas, donde algunos artículos incluían más de un tipo de actividad antes mencionadas.

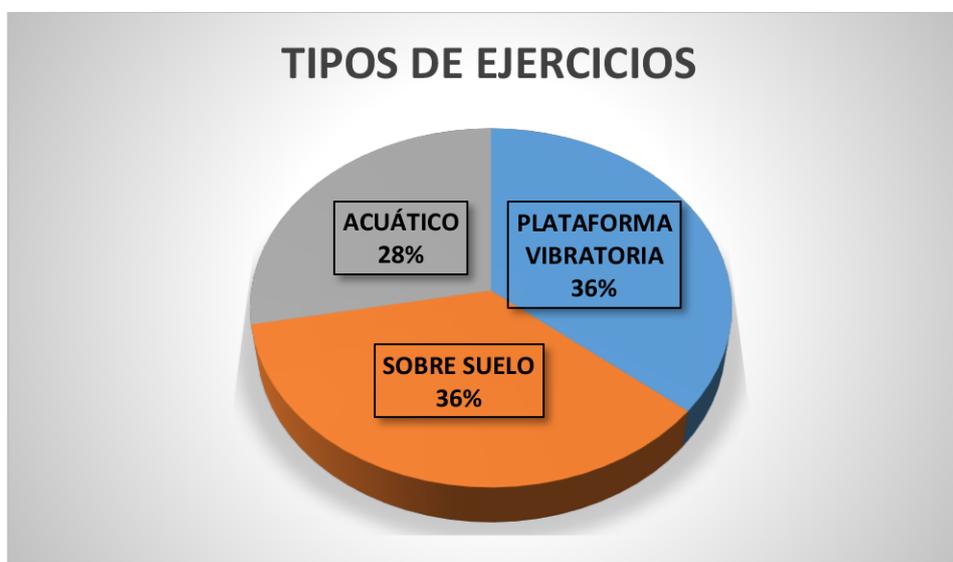


Gráfico N°3- Tipos de ejercicios.

Los autores Högler W. et al.<sup>31</sup> (2017), Semler O. et al.<sup>32</sup> (2008), Rubin C. et al.<sup>33</sup> (2004), Narcís Gusi et al.<sup>34</sup> (2006), Gilsanz V. et al.<sup>35</sup> (2006), Pisit P. et al.<sup>36</sup> (2006), Ward K. et al.<sup>37</sup> (2004) y Semler O. et al.<sup>38</sup> (2007), investigaron acerca de la aplicación de plataformas vibratorias, evaluando los efectos generados por los estímulos mecánicos

de vibración sobre la densidad mineral ósea, la movilidad, la prevención de la pérdida ósea y el potencial muscular. (Ver TABLA 5)

**TABLA 5:** Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre plataforma vibratoria.

AUTOR	DISEÑO DE ESTUDIO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Högler W. et al. (2017)	Ensayo clínico controlado aleatorizado.	24 pacientes con OI (Sillence tipos I y IV), se asignaron al azar a dos grupos, uno de entrenamiento vibratorio (n=12), (3' x 3', dos veces al día) y el otro cuidado regular, que constaba sólo de fisioterapia habitual (n=12).	<u>Variables dependientes:</u> densidad y geometrías óseas, el tamaño y la función muscular, la movilidad y el equilibrio.  <u>Variable independiente:</u> vibración de todo el cuerpo (WBV).	Cuestionario de evaluación de la salud infantil (CHAQ). [Anexo 1] Índice de masa corporal (IMC). [Anexo 2] Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Tomografía computarizada cuantitativa periférica (pQCT). Prueba de marcha de seis minutos. Mecanografía.	Luego de 5 meses de estudio, no hubo diferencias significativas entre el grupo de vibración y el grupo control en la densidad ósea o la geometría ósea. El grupo de vibración tuvo un aumento significativamente mayor en la masa magra total en comparación con los controles (p= 0,01). El aumento en la masa magra no se asoció con mejoras sustanciales en la movilidad o la función muscular dinámica, según lo medido por CHAQ, prueba de caminata de 6 minutos y mecanografía. No hubo diferencia significativa entre los dos grupos en las variables de equilibrio.	La falta de un efecto óseo medible durante 5 meses sugiere que la terapia de WBV a frecuencias entre 20 y 25 Hz no es una herramienta de tratamiento práctica y efectiva para aumentar la formación y la fuerza ósea en la OI. El aumento de la masa magra, sin cambios en la función muscular o la masa ósea, sugiere una menor capacidad de respuesta biomecánica de la unidad músculo-hueso en niños con OI.
Semler O. et al. (2008)	Ensayo piloto prospectivo.	8 pacientes (entre 4 y 14 años) diagnosticados con OI, clasificación de Sillence tipo III (n= 5); tipo IV (n=3). Se mantuvieron en la plataforma vibratoria vertical 18 minutos diarios.	<u>Variables dependientes:</u> fuerza muscular, movilidad y ángulo de inclinación.  <u>Variable independiente:</u> vibración de todo el cuerpo (WBV).	Evaluación Breve de la Función Motora (BAMF). [Anexo 3] Ecuación de fuerza de reacción del suelo.	Luego de 6 meses de estudio, se observó en los pacientes un incremento en la fuerza muscular como resultado de un aumento en el ángulo de inclinación (al inicio= 10°, después de 6 meses= 45°) o por un aumento en la fuerza de reacción al suelo (al inicio= 30,0 [N/kg], después de 6 meses= 146,0 [N/ kg]). BAMF mejoró significativamente a los 3 y 6 meses de evaluación (p= 0,014). Los ángulos de inclinación tenían una correlación lineal significativa con las puntuaciones de movilidad (p< 0,05).	La vibración del cuerpo entero, a frecuencias entre 20 y 25 Hz, puede ser un enfoque prometedor para mejorar la movilidad en niños y adolescentes afectados por osteogénesis imperfecta. El aumento en el ángulo de inclinación refleja una mejora de la función motora.

**TABLA 5:** Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre plataforma vibratoria.

AUTOR	DISEÑO DE ESTUDIO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Rubin C. et al. (2004)	Ensayo prospectivo, aleatorizado, doble ciego controlado.	70 mujeres Post-menopáusicas. Cada sujeto fue asignado aleatoriamente a un grupo activo (n= 33), y a un grupo con dispositivo placebo (n= 37); se realizaron 2 sesiones de 10 minutos/día sobre la plataforma vibratoria (30 Hz).	<u>Variables dependientes:</u> DMO, índices séricos de formación y resorción ósea.  <u>Variable independiente:</u> vibración de todo el cuerpo (WBV).	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA).	Al evaluar a los que se encontraban en el cuartil más alto de cumplimiento (86%, durante un año), los sujetos que recibieron placebo perdieron un 2,13% de DMO en el cuello femoral, mientras que el grupo activo se asoció a un incremento del 0,04%, lo que refleja un beneficio relativo del 2,17% (p= 00,6). En la columna total, la DMO en el grupo placebo disminuyó un 1,6%, mientras que en el activo redujo un 0,10%, beneficio relativo del tratamiento del 1,5% (p= 0,09). Considerando la interdependencia del peso, la columna total de las mujeres de < 65 Kg, que se encontraban en el cuartil más alto de cumplimiento, mostraron un beneficio del tratamiento activo de un 3,35% más de DMO; para el grupo de cumplimiento medio, se observó un beneficio relativo del 2,73% en la DMO de la columna total (p=0,02).	Este enfoque no farmacológico representa un medio fisiológico eficaz para prevenir la pérdida ósea que le sigue a la menopausia. Considerando que la DMO se correlaciona positivamente con la masa corporal, este tratamiento podría ser más efectivo en mujeres livianas (<65 kg), especialmente en la columna total.
Narcís Gusi et al. (2006)	Ensayo clínico controlado aleatorizado.	28 mujeres post-menopáusicas. Fueron asignadas a un grupo de vibración (n=14, 6 series de 1´x1´), o a un grupo de caminata (n=14, 60 minutos de caminata), 3 sesiones semanales.	<u>Variables dependientes:</u> DMO y el equilibrio.  <u>Variable independiente:</u> vibración de todo el cuerpo (WBV) y caminata ("Walking").	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Prueba de flamenco ciego.	Después de 8 meses, la DMO en el cuello femoral del grupo WBV aumentó un 4,3% en comparación con el grupo "Walking" (p=0,011). La comparación de los cambios en la DMO en otros sitios de la cadera mostró una tendencia hacia la mayor efectividad del ejercicio vibratorio, pero la diferencia no alcanzó significación estadística. Por el contrario, la DMO en la columna lumbar no se alteró en ambos grupos. En cuanto al equilibrio el grupo WBV mostró una mejora del 29%, en comparación con el grupo Walking.	Luego de 8 meses de ejercicio vibratorio (12,6 Hz) se concluyó que, en comparación con la caminata, es más factible y más efectivo para optimizar dos determinantes principales de las fracturas óseas: la DMO de la cadera y el equilibrio.

**TABLA 5:** Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre plataforma vibratoria.

AUTOR	DISEÑO DE ESTUDIO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Gilsanz V. et al. (2006)	Ensayo controlado.	50 mujeres jóvenes (15-20 años) con DMO baja y antecedentes de al menos una fractura. Los sujetos fueron asignados a una intervención mecánica (n=25, 10 minutos por día sobre plataforma vibratoria, 30 Hz) o a un grupo control (n= 25).	<u>Variables dependientes:</u> DMO y masa muscular.  <u>Variable independiente:</u> vibración de todo el cuerpo (WBV).	TC de masa ósea y muscular. Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Análisis estadístico: intención de tratar (ITT).	Luego de 12 meses de estudio, el hueso esponjoso de las vértebras lumbares y el hueso cortical de la diáfisis femoral del grupo WBV aumentó en un 2.1% y 3.4% (p < 0.001), en comparación con el grupo control 0,1% y 1,1% (p= 0,14). En el esqueleto axial, fueron evidentes los aumentos de la musculatura paraespinal, psoas y erector de la columna del grupo experimental sobre los controles, con el 6.0% (p= 0,03).	Breves episodios de señales mecánicas demostraron aumentar la masa ósea y muscular en el esqueleto de mujeres jóvenes con baja DMO. Si estas mejoras musculoesqueléticas se conservan hasta la edad adulta, esta intervención puede resultar como buen impedimento para la osteoporosis en los ancianos.
Pisit P. et al. (2006)	Estudio piloto.	8 adolescentes (6 con diabetes tipo 1; 1 Síndrome de Down con diabetes tipo I y 1 con osteoporosis idiopática). Se realizaron 3 sesiones de 30 minutos por semana erguidos sobre las plataformas vibratorias.	<u>Variables dependientes:</u> DMO y masa muscular.  <u>Variable independiente:</u> vibración de todo el cuerpo (WBV).	Tomografía computarizada (TC). Evaluación bioquímica (niveles séricos de fosfatasa alcalina específica de los huesos, BALP).	Después de un período de 8 semanas, la DMO en el hueso esponjoso de la columna axial inferior presentó un aumento de 6.2% ± 8.6%. La DMO cortical en el fémur aumentó en 24,8 ± 24,7 mg/cm <sup>3</sup> , una ganancia porcentual de 2.1% ± 2.1% (p < 0.03), en 7 de los 8 pacientes. Se observó un aumento significativo de 4,1± 4,6 cm <sup>2</sup> en la masa muscular de los cuádriceps (p < 0.05). Los niveles basales de los marcadores de formación ósea después del tratamiento mecánico, indicaron que existe una influencia directa en el nivel de modelado óseo. Un aumento significativo en los niveles de BALP se correlacionó con los cambios en DMO del hueso esponjoso, pero no se observó correlación con la DMO del hueso cortical (p<0.03).	La carga mecánica de alta frecuencia (30 Hz), aumentó la DMO y la masa muscular en el esqueleto de soporte de mujeres adolescentes. Como resultado de la capacidad anabólica de estas señales, la intervención biomecánica se puede utilizar para aumentar la morfología y la masa ósea de aquellos sujetos con gran riesgo de desarrollar osteoporosis.

**TABLA 5:** Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre plataforma vibratoria.

AUTOR	DISEÑO DE ESTUDIO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Ward K. et al. (2004)	Ensayo piloto prospectivo, doble ciego, aleatorizado y controlado	20 niños con parálisis cerebral (PC) prepúberes o postpúberes con baja DMO. Fueron asignados al azar a estar de pie en el dispositivo <i>activo</i> (n= 10, 90 Hz, durante 10 minutos/día, 5 días/semana) o <i>placebo</i> (n=10).	<u>Variable dependiente:</u> DMO  <u>Variable independiente:</u> vibración de todo el cuerpo (WBV).	Tomografía computarizada (TC, medición de la densidad mineral ósea volumétrica trabecular vTBMD; mg/ml).	En el transcurso de la prueba de 6 meses, los resultados para la TC en la tibia proximal en los niños que estaban de pie sobre los dispositivos activos, presentaron un aumento de 6.27 mg/ml. Esto contrasta con la respuesta observada en los niños que se pararon en los dispositivos placebos, la TC de la tibia proximal sufrió una disminución de 9,45 mg/ml (11,9%). En cuanto a la DMO de L <sub>2</sub> en los niños activos, se encontró un aumento de 7,29 mg/ml en la TC espinal. En cambio, en los niños del grupo placebo, la TC espinal fue de 0,56 m/ml, lo que representa un aumento del 0.3% con respecto a las mediciones de referencia. El cambio medio en la TC espinal fue 6,72 mg/ml (4,7%) para el grupo de tratamiento activo en comparación con el control (p= 0.14). Los parámetros diafisarios óseos y musculares no mostraron respuesta al tratamiento.	Los resultados han demostrado que los estímulos mecánicos de baja magnitud y alta frecuencia son anabólicos para el hueso trabecular en los niños, posiblemente al proporcionar un sustituto de la actividad muscular suprimida en los pacientes con discapacidad. En el transcurso de un período de tratamiento más prolongado, aprovechar la sensibilidad de los huesos a estos estímulos puede proporcionar un tratamiento no farmacológico para la fragilidad ósea.
Semler O. et al (2007)	Ensayo piloto.	6 niños y adolescentes (4 con OI, 1 con PC, 1 con MMC). Se mantuvieron en la plataforma vibratoria vertical 18 minutos diarios, 5 días a la semana.	<u>Variables dependientes:</u> fuerza muscular, movilidad y ángulo de inclinación. <u>Variable independiente:</u> vibración de todo el cuerpo (WBV).	Evaluación Breve de la Función Motora (BAMF). [Anexo 3] Ecuación de fuerza de reacción del suelo.	Luego de 6 meses de entrenamiento, los participantes con OI se caracterizaron por una movilidad mejorada y un aumento del desarrollo de la fuerza en los miembros inferiores. El niño con PC, mostró una reducción de la espasticidad y un patrón motor funcional mejorado de miembros inferiores, con aumento de BAMF y fuerza muscular. El paciente con mielomeningocele, se caracterizó por una disminución de las contracturas articulares, reducción de hiperlordosis y un aumento de la fuerza muscular de cuádriceps de +312 N.	Se concluyó que la WBV, podría ser un enfoque prometedor para mejorar la movilidad y la fuerza muscular en niños y adolescentes con discapacidad motora grave, luego de 6 meses de aplicación (p<0.01).

En cuanto a las terapias en medio acuático, Moreira L. et al.<sup>39</sup> (2014), Aboarrage J. A. et al.<sup>40</sup> (2018) y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>41</sup> (2012) realizaron ensayos clínicos controlados aleatorizados, investigaron los efectos de programas de ejercicios acuáticos sobre la DMO y la calidad de vida en mujeres posmenopáusicas. (Ver TABLA 6)

**TABLA 6:** Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre terapias en medio acuático.

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Moreira L. et al. (2014)	Ensayo controlado aleatorizado	108 mujeres postmenopáusicas (58.8 ± 6,4 años), asignadas al azar a un grupo de ejercicio acuático AEG (n= 64, sesiones de 60 minutos, 3 veces por semana) o a un grupo control (GC, n=44).	<u>Variables dependientes:</u> marcadores de remodelación ósea y masa ósea.  <u>Variable independiente:</u> Ejercicio acuático de alta intensidad con impacto (HydrOS).	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Prueba de laboratorio.	Luego de 24 semanas, el entrenamiento mostró un aumento en el marcador de formación ósea (P1NP) en el grupo AEG (15,8%; p=0,001). Aunque ambos grupos experimentaron mejoras significativas en la resorción ósea (CTx), este incremento fue menos considerable en el AEG (15% en AEG vs 29% en GC, p= 0,004). La iPTH se incrementó en un 19% en el GC (p = 0,003). La DMO del trocánter femoral presentó una reducción del 1,2% en el GC (p= 0,009), mientras que en el AEG no se observó ningún cambio significativo (p=0,069).	El programa de ejercicio acuático propuesto fue eficaz para atenuar el aumento de la resorción ósea y mejorar la formación de hueso, lo que impidió que los participantes del grupo AEG redujeran la DMO del trocánter femoral, como sucedió en el grupo GC.
Aboarrage J. A. et al. (2018)	Ensayo controlado aleatorizado	25 mujeres postmenopáusicas, asignadas aleatoriamente en dos grupos: un grupo de entrenamiento, T (n= 15, sesiones de 30 minutos, 3 veces por semana) y grupo sin entrenamiento, Un (n= 10).	<u>Variables dependientes:</u> DMO, aptitud funcional.  <u>Variable independiente:</u> Ejercicio acuático basado en saltos de alta intensidad.	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Prueba de soporte en silla (CS). Test time-up-and-go (TUG).	Luego de 24 semanas, se encontraron diferencias significativas en la DMO de columna lumbar (antes: 1.050 ± 0.016 vs después: 1.090 ± 0.015 g/cm <sup>2</sup> ) cadera (antes: 0.860 ± 0.070 vs después: 1.040 ± 0.100 g/cm <sup>2</sup> ) y cuerpo entero (antes: 1.000 ± 0.011 vs después: 1.060 ± 0.009 g/cm <sup>2</sup> ) en el grupo T, en comparación con el grupo Un (p<0.01). En cuanto a la aptitud funcional, el grupo T demostró mejoras en las pruebas TUG (Antes: 6,86 ± 1,24, Después: 6,22 ± 1,13 segundos, p <0,05) y CS (Antes: 16 ± 4, Después: 19 ± 5 repeticiones, p > 0,05). No se observó ningún cambio en las pruebas TUG y CS en el grupo Un (p <0,05).	Dado que la flotación disminuye el impacto, los ejercicios acuáticos se clasifican típicamente como ejercicios de bajo efecto osteogénico. Sin embargo, los resultados de este estudio no corroboraron esta información. El protocolo de ejercicios de impacto, basados en saltos en el agua, resultó en un aumento de la DMO y una mejora de la aptitud funcional en mujeres posmenopáusicas, comparado con el grupo sin entrenamiento.

**TABLA 6:** Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre terapias en medio acuático.

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Borba-Pinheiro C. et al. (2012)	Ensayo controlado aleatorizado	84 mujeres postmenopáusicas, se dividieron en dos grupos: ejercicios aeróbicos acuáticos (n= 43, edad 55,4 ± 6,4 años) y un grupo de control, sin actividad física (n=41, edad 54,3 ± 4,5 años). El grupo de ejercicios aeróbicos acuáticos, realizaron tres sesiones de 60 minutos por semana, en días alternos.	<u>Variables dependientes:</u> DMO y calidad de vida (CdV).  <u>Variable independiente:</u> Programa de ejercicios aeróbicos acuáticos con impacto.	Absorciómetro de rayos X de energía dual (DEXA). "Cuestionario de evaluación de la osteoporosis" (OPAQ). [Anexo 4] Escala de Borg de Esfuerzo Percibido. [Anexo 5]	El análisis de la DMO en las mujeres que practicaban los ejercicios aeróbicos acuáticos, no mostraron diferencias significativas en la columna lumbar L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub> y en el cuello femoral, sin embargo, se encontró una diferencia significativa para el trocánter mayor con respecto al grupo control (diferencia de 0,018%, p = 0,056). Aunque se registraron pérdidas de DMO en el grupo control, no fueron significativas para ninguno de los sitios: trocánter (0,029%, p= 0,1), L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub> (0,024%, p= 0,02) y cuello femoral (0,060%, p= 0,06). El análisis intergrupar de la calidad de vida, reveló que los ejercicios aeróbicos acuáticos condujeron a mejoras marcadas en funciones de OPAQ: aspectos generales de salud (10,2%; p = 0,01), quehaceres domésticos (3,4%; p = 0,03), Trabajo (7,4%; p = 0,02), nivel de tensión (10,9%; p = 0,01), además de la puntuación total (3,4%; p = 0,05). En el grupo control, algunas funciones se redujeron significativamente: dolor basado en la osteoporosis (-6,4%; p= 0,02), estado de ánimo (-2,8%; p= 0,03) y puntuación total (-2,1%; p= 0,04).	Los resultados sugieren que los ejercicios aeróbicos acuáticos mejoraron las variables estudiadas, principalmente para la calidad de vida y la DMO del trocánter mayor en mujeres postmenopáusicas, luego de 12 meses de seguimiento.

A lo referido sobre las terapias realizadas sobre suelo, Borba-Pinheiro C. et al.<sup>42</sup> (2016), Vainionpää A. et al.<sup>43</sup> (2005), Van Brussel M. et al.<sup>44</sup> (2008) y Nandez G. et al.<sup>45</sup> (2009) realizaron estudios basados en diferentes tipos de entrenamiento físico sobre suelo para evaluar la DMO, la fuerza muscular, la calidad de vida, el nivel de fatiga subjetiva y la autonomía funcional. Además, se hallaron artículos que relacionaban/combinaban las diferentes actividades físicas antes mencionadas. Murtezani A. et al.<sup>46</sup> (2014), Balsamo S. et al.<sup>47</sup> (2013), Hoyer-Kuhn H. et al.<sup>48</sup> (2014) y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>49</sup> (2010) investigaron acerca de la aplicación de ejercicios sobre suelo, ejercicios acuáticos y de vibración sobre la DMO y otros parámetros evaluados. (Ver TABLA 7)

**TABLA 7: Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre diferentes ejercicios físicos sobre suelo.**

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Borba-Pinheiro C. et al. (2016)	Ensayo controlado aleatorizado	52 mujeres postmenopáusicas. Se distribuyeron en tres grupos: RT3, entrenamiento 3 veces por semana (n=20); RT2, entrenamiento 2 veces por semana (n=16) y grupo control, sin entrenamiento (CG, n=16).	<u>Variables dependientes:</u> DMO, fuerza muscular, autonomía funcional y calidad de vida.  <u>Variable independiente:</u> Entrenamiento de Fuerza.	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Prueba de 10 repeticiones máximas (10 RM). "Cuestionario de evaluación de la osteoporosis" (OPAQ). "Grupo de América Latina para el protocolo de madurez" (GDLAM). [Anexo 6]	Luego de 13 meses de intervención los resultados mostraron que el grupo RT3 fue significativamente más eficiente en comparación con RT2 en todas las variables de DMO ( $p < 0,05$ ), autonomía funcional (29,3%), prensa de piernas a 45° (24,97%) y OPAQ (20,23%). Además, tanto los grupos RT3 como RT2 fueron más eficientes en comparación con GC ( $p < 0,05$ ), incluyendo: DMO total (RT3: +0,09% - RT2: +0,06%), autonomía funcional (+7,1% - +3,78%), prensa de piernas a los 45° (+84,1% - +59,1%), OPAQ (+57,61% - +37,37%), miedo a las caídas (+8,38% - +6,68) e independencia (+2,58% - +2,18%).	El estudio demostró que ambos grupos experimentales presentaron resultados favorables para la DMO, fuerza muscular, autonomía funcional y calidad de vida (CV), siendo más efectivo la realización de ejercicios tres veces por semana a comparación de dos veces por semana.
Vainionpää A. et al. (2005)	Ensayo controlado aleatorizado	120 mujeres premenopáusicas, con baja DMO. Fueron asignadas de manera aleatoria a un grupo de ejercicio (n= 60, 3 veces por semana y un programa adicional en el hogar durante 12 meses, cada entrenamiento duró 60 minutos) o un grupo control, sin entrenamiento (n=60).	<u>Variable dependiente:</u> DMO  <u>Variable independiente:</u> Ejercicios progresivos de alto impacto.	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Ecografía cuantitativa.	39 mujeres en el grupo de ejercicio y 41 mujeres en el grupo de control completaron el estudio. El grupo de ejercicio, demostró un cambio significativo ( $p < 0,05$ ) en comparación con el grupo de control en la DMO del cuello femoral (1,1% vs 0,4%; $p=0,003$ ), DMO intertrocantérea (0,8% vs 0,2%; $p= 0,029$ ) y DMO femoral total (0,1% vs 0,3%; $p= 0,006$ ). No se encontraron efectos inducidos por el ejercicio en la DMO lumbar total, ni en las vértebras lumbares L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub> . En cambio, en la DMO de L <sub>1</sub> aumentó significativamente más en el grupo de ejercicio que en el grupo de control (2,2% vs 0,4%; $p= 0,002$ ). La atenuación del ultrasonido de banda ancha del calcáneo mostró también un cambio significativo en el grupo de ejercicio en comparación con el grupo de control (7,3% frente a 0,6%; $p = 0,015$ ). No se hallaron cambios significativos en la DMO del antebrazo distal.	Los resultados indicaron que los ejercicios progresivos de alto impacto son eficientes para mejorar la DMO en la columna lumbar y el fémur proximal en mujeres premenopáusicas, después de un año de seguimiento. Éste tipo de formación puede ser una forma eficaz, segura y económica de prevenir la osteoporosis a nivel poblacional.

**TABLA 7:** Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre diferentes ejercicios físicos sobre suelo.

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Van Brussel M. et al. (2008)	Ensayo controlado aleatorizado	34 niños con OI tipo I (n= 27) y tipo IV (n= 7), fueron asignados aleatoriamente a un programa de ejercicio físico gradual (2 veces por semana) o al cuidado habitual (GC), durante 12 semanas (T1). Pasado los 3 meses, se evaluó el estado físico de los niños sin entrenamiento a los 6 meses (T2) y a los 9 meses (T3). Seguimiento total 18 meses.	<u>Variables dependientes:</u> Capacidad de ejercicio, fuerza muscular, consumo máximo de oxígeno y los niveles de fatiga subjetiva.  <u>Variable independiente:</u> Entrenamiento físico sobre suelo (aeróbicos y fuerza muscular).	Prueba de esfuerzo cardiopulmonar (CPET). Dinamómetro manual. Cuestionario de Fatiga subjetiva (CIS-20). [Anexo 7] Competencia percibida (CBSK). Cuestionario de salud infantil- 50 (CHQ-CVRS). [Anexo 8] La captación de oxígeno que provoca el umbral anaeróbico ventilatorio (AT).	Los resultados para <b>T1</b> (3° mes con entrenamiento) fueron: $\dot{V}O_2$ pico, $\dot{V}O_2$ pico relativo, W máx. y la fuerza muscular mejoraron significativa (17%, 18%, 10% y 12%, $p < 0,05$ ), en comparación con los valores del grupo control. La fatiga subjetiva disminuyó de manera significativamente (4,2 puntos; $p < 0,05$ ). AT, CBSK y CVRS mostraron mejoras (10%, 7,7% y 6,2%), sin ser significativo. En <b>T2</b> (6° mes sin entrenamiento), se obtuvo una disminución de las mejoras obtenidas en T1 sobre $\dot{V}O_2$ pico (disminución del 6%). Para $\dot{V}O_2$ pico/kg, W máx., AT, competencia percibida, fatiga subjetiva y CVRS, no mostraron diferencia significativa en comparación con T1. En <b>T3</b> (9° mes sin entrenamiento), las mediciones mostraron una disminución de las mejoras obtenidas en T1. No se hallaron diferencias significativas en la capacidad de ejercicio, fuerza muscular y fatiga subjetiva entre los niños que recibieron bifosfonatos y en los niños que no usaron medicación.	En este estudio, se encontró una mejora significativa en la capacidad aeróbica, fuerza muscular y fatiga subjetiva después de los 3 meses de entrenamiento en niños con OI. Sin embargo, luego de este periodo, los efectos disminuyen con el tiempo al retirar el estímulo físico.
Nandez Germán S. et al. (2009)	Ensayo controlado aleatorizado	50 mujeres con osteopenia. Se integraron dos grupos: grupo A, programa de ejercicio (n= 26, una sesión por mes) y un grupo B, sin ejercicio (n= 24).	<u>Variable dependiente:</u> DMO  <u>Variable independiente:</u> Ejercicios isométricos, fortalecimiento muscular y coordinación.	Ultrasonido cuantitativo.	Los resultados de la densitometría del calcáneo en el grupo A al inicio tuvieron un rango promedio de -1.56 y al final de -1.01, presentan una diferencia estadísticamente significativa 0,55 ( $p < 0.05$ ). Los resultados en el grupo B al inicio tuvieron un rango promedio de -1.46 y al final de -1.66 con una diferencia estadísticamente significativa de -0,2 ( $p < 0.05$ ). El grupo A presentó mejoras en las actividades de la vida diaria, arco de movilidad, coordinación y equilibrio.	Luego de un año de seguimiento, los ejercicios instruidos demostraron mejorar la DMO, fortalecer los músculos y mejorar las actividades de la vida diaria en mujeres osteopénicas.

**TABLA 7: Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre diferentes ejercicios físicos sobre suelo.**

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Murtezani A. et al. (2014)	Ensayo controlado aleatorizado	61 mujeres postmenopáusicas. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a un grupo de ejercicios de resistencia sobre suelo, LE (n= 31, 3 veces por semana, duración 55') y a un grupo de ejercicios de resistencia en medio acuático, AE (n=30, 3 veces por semana, duración 35').	<u>Variables dependientes:</u> DMO, fuerza muscular del cuádriceps (QS), fuerza de prensión (GS), flexibilidad, equilibrio, tiempo de marcha y dolor.  <u>Variables independientes:</u> Ejercicios de resistencia vs acuáticos.	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Dinamómetro. Prueba de rendimiento de alcance en flexión (BRPT). Escala de equilibrio de Berg (BBS). [Anexo9] Test de marcha de 6 minutos (6MWT). Escala análoga visual (VAS). [Anexo 10] Fuerza de agarre (GS).	Al finalizar la prueba, los parámetros de VAS, GS, QS, BRPT, BBS, 6MWT y la DMO mejoraron significativamente en el grupo de intervención (LE), $p < 0,001$ . En el grupo AE, la fuerza de prensión y la fuerza del cuádriceps mejoraron significativamente en comparación con el valor inicial; el test de marcha de 6 minutos fue más largo después de 10 meses de evaluación ( $p < 0,001$ ). Se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en VAS, GS, QS, BRPT, 6MWT ( $p < 0,001$ ). No hubo diferencias significativas entre los dos grupos en la escala de equilibrio de Berg (BBS).	El propósito de este estudio fue comparar la función física y la DMO en mujeres osteoporóticas, después de aplicar los programas de ejercicios plateados. Los resultados corroboran la hipótesis de que LE daría lugar a una mejor función física y DMO en comparación con AE, luego de 10 meses de evaluación.
Balsamo S. et al. (2013)	Estudio transversal	63 mujeres posmenopáusicas divididas en los siguientes tres grupos: entrenamiento de resistencia, (FUERZA: n= 15); ejercicios acuáticos con soporte de peso (HIDRO: n= 22); y controles no entrenados (CONTROL: n=26). Entrenaron 3 veces por semana, con una duración de 60'.	<u>Variable dependiente:</u> DMO  <u>Variables independientes:</u> Entrenamiento de resistencia vs entrenamiento aeróbico acuático con soporte de peso.	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA).	El resultado DMO en el grupo FUERZA fue significativamente mayor que en el grupo CONTROL para el cuerpo total (5,73%), columna lumbar L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub> (16,40%) y cuello femoral (8,73%), $p < 0,05$ . No hubo diferencia significativa en los otros sitios (cadera total, radio total y radio distal). El grupo HIDRO también mostró una DMO significativamente mayor que el grupo CONTROL para todo el cuerpo (6,50%), columna lumbar L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub> (17,69%) y cadera total (9,52%), $p < 0,05$ . No hubo diferencia significativa en las otras localizaciones (cuello femoral, radio total y radio distal). Los grupos FUERZA e HIDRO no difirieron en términos de DMO de todo el cuerpo o de todos los sitios evaluados (columna lumbar L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub> ; cuello femoral; cadera total; radio total; radio distal), ( $p > 0,05$ ). El tiempo de entrenamiento (4-6 años) en los grupos FUERZA e HIDRO no difirió ( $p > 0,05$ ).	Estos hallazgos sugieren que, no sólo el entrenamiento de fuerza sino también que los ejercicios aeróbicos acuáticos, pueden ser una estrategia no farmacológica para prevenir la pérdida de DMO en mujeres posmenopáusicas.

**TABLA 7: Resultados de la búsqueda bibliográfica sobre diferentes ejercicios físicos sobre suelo.**

AUTOR	DISEÑO	MUESTRA/ INTERVENCIÓN	VARIABLES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
H. Hoyer-Kuhn et al. (2014)	Análisis retrospectivo	53 niños con OI tipo I (n= 8), tipo III (n= 17), tipo IV (n= 26) y tipo V (n= 2), de la clasificación de Sillence. Se realizó 6 meses de intervención combinada. Se realizaron dos sesiones por día de WBV (15- 20 Hz, 3'x 3'). Luego se realizó 6 meses más de seguimiento, sin entrenamiento.	<u>Variables dependientes:</u> Función motora, distancia recorrida y DMO.  <u>Variables independientes:</u> Vibraciones laterales alternas de todo el cuerpo, entrenamiento en piscinas, entrenamiento de resistencia (RT) y entrenamiento en cinta rodante (BWSTT).	"Medida de la función motora gruesa" (GMFM 66; rango de puntos 0 - 100). [Anexo 11] "Evaluación breve de la función motora" (BAMF; escala ordinal de 10 puntos, puntuación 0-10). Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Estadiómetro. Distancia recorrida en un minuto.	La puntuación de la función motora gruesa, aumentó entre M0 y M6 significativamente de $55,47 \pm 2,45$ a $59,09 \pm 2,82$ puntos ( $p < 0,001$ ). Entre M0 y M12 hubo un aumento significativo de $55,47 \pm 2,45$ a $58,67 \pm 2,83$ ( $p = 0,001$ ). La distancia de caminata de 1 minuto aumentó entre M0 y M6 de $47.04 \pm 6.52$ a $67.29 \pm 7.20$ metros ( $p < 0,05$ ). Entre M6 y M12 hubo un ligero descenso de 3,9 metros ( $p = 0,73$ ). Los niveles de BAMF aumentaron significativamente de una puntuación de $6,84 \pm 0,47$ a $7,52 \pm 0,41$ entre M0- M6 ( $p < 0,05$ ). Entre M0 y M12 no se detectó diferencia significativa para BAMF ( $p = 0,08$ ). La densidad mineral ósea areal de la columna lumbar aumentó significativamente entre M0 y M12 de $0.43 \pm 0.17$ a $0.48 \pm 0.19$ g/cm <sup>2</sup> ( $p = 0,05$ ). La DMO de la TBLH (cuerpo entero menos la cabeza) aumentó significativamente entre M0 y M12 de $0,53 \pm 0,17$ a $0,55 \pm 0,19$ g/cm <sup>2</sup> ( $p = 0,01$ ).	El enfoque terapéutico que, incluye vibración de todo el cuerpo con alternancia lateral, dio como resultado mejoras en la movilidad, distancia recorrida y densidad mineral ósea, luego de 1 año de seguimiento. Los datos presentados, son alentadores para los niños con OI, para mejorar la movilidad, aumentar la DMO y obtener un estilo de vida independiente a largo plazo, ya que los efectos perduran con el tiempo.
Borba-Pinheiro C. et al. (2010)	Ensayo clínico controlado	35 mujeres posmenopáusicas. Se dividió en un grupo de resistencia (RTG, n=9), judo (JUG, n=11), ejercicios aeróbicos acuáticos (WAG, n=8) y un grupo control, sin realizar ejercicio (GC, n= 7). Los grupos de entrenamiento realizaron ejercicio 3 veces por semana, 60' por sesión.	<u>Variables dependientes:</u> DMO, equilibrio y calidad de vida.  <u>Variables independientes:</u> Entrenamiento de resistencia (RTG), judo (JUG) y ejercicios aeróbicos acuáticos (WAG).	Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA). Prueba de equilibrio estático con control visual. Evaluación de la calidad de vida (OPAQ).	Los resultados mostraron que los grupos RTG y JUG fueron significativamente más eficientes en las variables estudiadas, incluyendo: DMO lumbar (6,8%, $p = 0,001$ ), equilibrio (21,4%, $p = 0,01$ ), OPAQ (9,1%, $p = 0,005$ ), en comparación con el grupo GC y WAG. Además, el grupo RTG (4,8%, $p = 0,02$ ) fue mejor que WAG para la DMO del cuello del fémur. El grupo JUG también demostró superioridad al WAG en la evaluación de calidad de vida, OPAQ (16,8%, $p = 0,0003$ ). WAG y CG presentaron una DMO con baja mejoría en comparación a RTG Y JUG, sin embargo, WAG tuvo un mejor resultado para el trocánter mayor en comparación con GC, quienes tuvieron una pérdida en la DMO del fémur proximal.	Las actividades físicas estudiadas parecen mejorar la DMO, el equilibrio y la calidad de vida de las mujeres posmenopáusicas, luego de 1 año de seguimiento. En esta pequeña muestra, los grupos RTG y JUG fueron superiores a los demás grupos.

## VII. DISCUSIÓN.

Frente a la búsqueda realizada, se halló abundante información en la literatura sobre la temática planteada. Sin embargo, no se han publicado gran cantidad de estudios experimentales. Se tomó en consideración que, para responder al objetivo general planteado, se analizarán en detalle los hallazgos relacionados a los objetivos específicos.

Como indica la teoría, el tejido óseo posee la capacidad de modificar su resistencia en respuesta a la aplicación de estrés mecánico. Cuando éste tejido es sometido a una tensión, se fortalece por depósito de sales minerales y por producción de fibras colágenas. Las principales tensiones del hueso son la tracción de los músculos esqueléticos y la gravedad. El tipo de ejercicio es importante, porque la magnitud de la carga influye directamente en la densidad mineral ósea. El mayor efecto osteogénico se produce gracias a ejercicios de alto impacto, tales como carreras, gimnasia con pesas y danza, en comparación con ejercicios con poco impacto antigravitatorios, como los ejercicios acuáticos. Debido a que los ejercicios de alto impacto, en pacientes que padecen baja DMO pueden resultar en fracturas, la vibración mecánica de cuerpo entero de baja amplitud y alta frecuencia, es un enfoque atractivo, de bajo impacto y libre de medicamentos para estimular la formación de hueso.<sup>9,22,23,28</sup>

La realización de actividad física regular, para mejorar el remodelado óseo local y aumentar la DMO, puede prevenir la aparición de la osteoporosis tempranamente. Las actividades de resistencia con pesas y de alto impacto, contribuyen al desarrollo de un pico alto de masa ósea, reduciendo el riesgo de caídas y fracturas osteoporóticas en la edad adulta. Los ejercicios más exitosos para mejorar la fuerza ósea, son aquellos que incorporan una amplia gama de actividades de soporte de peso, como saltar y bailar, que varían en magnitud de tres a nueve veces el peso corporal, que aquellos ejercicios realizados en medio acuático.<sup>42,43,45,46,47,49</sup>

El entrenamiento con vibraciones alternas, está diseñado para mejorar las fuerzas musculares máximas, esperando un efecto positivo secundario sobre el tejido óseo, de acuerdo con la teoría del mecanostato óseo. Esta teoría establece que el hueso adapta su resistencia a las fuerzas mecánicas impuestas principalmente por el músculo, en consecuencia, cualquier tratamiento que tenga como objetivo fortalecer los músculos debería conducir a mejoras en la estructura y masa ósea.<sup>31,32,33,38</sup>

La base física para traducir señales mecánicas vibratorias de baja intensidad en una respuesta biológica, podría resultar de un sistema de amplificación, logrado a través del movimiento de fluidos del sistema canicular de los osteocitos, promovido por la interdependencia de la presión y la frecuencia de los fluidos. Desde la perspectiva

biológica, el aumento de la masa esquelética podría resultar de alteraciones en el control transcripcional del tejido óseo, ya sea mediante la regulación de alza de genes involucrados en la formación ósea, la regulación a la baja de genes involucrados en la resorción ósea, o ambas. Las señales mecánicas producidas por las vibraciones alternas, son nativas del tejido óseo y seguras a bajas intensidades, incorporan todos los aspectos del ciclo de remodelación ósea, sobre todo, en regiones claves del esqueleto que soportan peso. A su vez, la contracción muscular, a través de ésta estimulación, también indica un beneficio potencial para el sistema musculoesquelético, que pueden servir para ayudar a proteger el esqueleto durante la vida del individuo.<sup>35,36,37</sup>

Sobre la aplicación de ejercicios acuáticos, Moreira L. et al.<sup>39</sup> plantea la posible estimulación del metabolismo óseo, por medio de movimientos multidireccionales y de alta velocidad, incluso con la reducción de las fuerzas de impacto en el agua. Los efectos producidos en la masa ósea, serían el resultado del entrenamiento de los músculos resistivos contra la propia resistencia del agua. La aplicación de ejercicios en el agua a nivel de la cintura, permiten que los ejercicios sean más fáciles, a diferencia de la dificultad que implicaría realizar los ejercicios con el agua en la línea del pecho, ya que, la parte superior del cuerpo tendría que vencer una mayor masa de agua. Aboarrage J. A. et al.<sup>40</sup> y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>41</sup>, exhiben que la realización de actividades motoras dentro de un medio acuático se facilita debido a la flotación y la inercia del agua, lo que disminuye la acción mecánica de rozamiento con el suelo, sobre el tejido óseo. La resistencia promovida por el agua, puede aumentar la demanda muscular en los segmentos corporales reclutados, promoviendo mayor efecto osteogénico, ya que, la contracción muscular tensiona el tendón insertado en el hueso, creando una deformación que puede extenderse a través del flujo de líquido, activando así a los osteocitos contenidos en los canículos óseos.

En cuanto a la investigación de los efectos sobre la DMO producidos por actividades físicas sobre suelo, Borba-Pinheiro C. et al.<sup>42</sup>, Vainionpää A. et al.<sup>43</sup> y Nandez G. et al.<sup>45</sup>, investigaron acerca de la aplicación de diferentes tipos de ejercicios sobre suelo (resistencia, fuerza y alto impacto), con la finalidad de estimular la DMO en mujeres pre y postmenopáusicas. La misma fue evaluada mediante DEXA (columna lumbar L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub><sup>43</sup>-L<sub>2</sub>-L<sub>4</sub><sup>42</sup>, fémur proximal<sup>43</sup> y total<sup>42</sup>) y por ultrasonido (calcaneo<sup>45</sup>). Los resultados de estos estudios corroboran con la teoría, donde las estimulaciones mecánicas de estos ejercicios son eficaces para aumentar la DMO, en comparación con los grupos control, donde no llevaron a cabo ninguna actividad física. Borba-Pinheiro C. et al.<sup>42</sup>, tuvo como principales limitaciones en su estudio el pequeño tamaño muestral, no considerar como variables independientes al uso de alendronato, vitamina D y dieta nutricional.

Vainionpää A. et al.<sup>43</sup>, en su estudio tuvo como limitaciones una tasa de abandono del 33%, donde la muestra fue integrada por mujeres que residían en un área específica, exceptuando a aquellas que ya realizaban ejercicios de alto impacto, excluyendo de esta manera a los sujetos más motivados en la realización de actividad física. Una gran parte de sujetos que no estaban dispuestos a participar en el estudio, pudo haber causado cierto sesgo de selección de la muestra.

Los ejercicios acuáticos, se clasifican como ejercicios de bajo efecto osteogénico, ya que, la flotación producida por el agua disminuye el impacto. Sin embargo, dentro de los artículos analizados los resultados no corroboran con esa información. Moreira L. et al.<sup>39</sup>, Aboarrage J. A. et al.<sup>40</sup> y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>41</sup>, realizaron ensayos controlados aleatorizados, donde la muestra fue integrada por mujeres postmenopáusicas, realizaron ejercicios de impacto en medio acuático, tres veces por semana con una duración de 30-60 minutos. Los resultados de la DMO, evaluada mediante DEXA (columna lumbar, fémur proximal/total, cuerpo completo), indicaron que es una terapia efectiva para mantener y aumentar la misma, destacando una mejoría significativa en la DMO del trocánter femoral, en comparación con la DMO de mujeres que no realizaban ninguna actividad. Dentro del estudio de Borba-Pinheiro C. et al.<sup>41</sup>, se encontró como única limitación el hecho de que el tratamiento durante el estudio con 70 mg de alendronato y vitamina D, no se utilizó como variable independiente. En el estudio de Moreira L. et al.<sup>39</sup>, ocurrió algo similar, donde la principal limitación fue no utilizar como variable independiente la suplementación diaria de 500 mg de calcio y 1000 UI de vitamina D. También se encontró como segunda limitación de este último estudio, la corta duración del programa de ejercicios (24 semanas), con respecto a la DMO del trocánter femoral, donde si se hubiera realizado un programa de ejercicios de al menos 1 año o más, quizás se hubieran visto cambios más significativos en el grupo de ejercicios acuáticos; tal como se demuestra en los estudios de Borba-Pinheiro C. et al.<sup>41</sup> y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>49</sup> donde los resultados sugieren que los ejercicios aeróbicos acuáticos mejoraron la DMO del trocánter femoral en mujeres postmenopáusicas luego de 12 meses de seguimiento.

Por otra parte, se analizó el efecto producido sobre la DMO ante la aplicación de diferentes tipos de actividades físicas. Murtezani A. et al.<sup>46</sup>, Balsamo S. et al.<sup>47</sup> y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>49</sup>, combinaron en sus ensayos controlados, ejercicios realizados en medio acuático y ejercicios realizados sobre suelo en mujeres postmenopáusicas, ejecutados tres veces por semana con una duración de 60 minutos en los estudios de Balsamo S. et al.<sup>47</sup> y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>49</sup>, mientras que en el estudio de Murtezani A. et al.<sup>46</sup> el tiempo total del estímulo difirió, en el grupo acuático fue de 35 minutos y en el grupo de resistencia sobre suelo fue de 55 minutos. La DMO fue evaluada mediante

DEXA (columna lumbar L<sub>2</sub>-L<sub>4</sub><sup>46,47,49</sup>, fémur proximal<sup>47,49</sup>, cuerpo completo<sup>47</sup>, radio distal<sup>47</sup>). Los resultados de los estudios de Murtezani A. et al.<sup>46</sup> y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>49</sup>, ratifican con la teoría planteada, donde los ejercicios de resistencia sobre suelo mostraron una mejoría marcada en la DMO evaluada, en comparación con ejercicios realizados en medio acuático. En cambio, en el estudio de Balsamo S. et al.<sup>47</sup> los resultados de DMO no difirieron entre los grupos que realizaban ejercicios en medio acuático y sobre suelo, pero sí fueron mayores que los resultados del grupo control. Este último estudio tuvo como limitación, que los investigadores no fueron quienes asignaron a los participantes a los grupos, sino que, ellos mismos optaron por hacer ejercicio o no, y luego fueron observados por los investigadores. Algo similar ocurrió en el estudio de Borba-Pinheiro C. et al.<sup>49</sup>, donde la muestra fue pequeña y no aleatorizada, los participantes se distribuyeron según la proximidad de su residencia al lugar de la clase programada; este estudio incluyó la ingesta de 70 mg de alendronato sódico, el cual no se analizó como variable independiente, que podría haber contribuido al aumento o mantenido de los valores de DMO de los evaluados.

En cuanto al uso de plataformas vibratorias, Högler W. et al.<sup>31</sup>, Rubin C. et al.<sup>33</sup>, Narcís Gusi et al.<sup>34</sup>, Gilsanz V. et al.<sup>35</sup>, Pisit P. et al.<sup>36</sup> y Ward K. et al.<sup>37</sup>, basaron sus estudios en la eficacia potencial del estímulo físico de baja magnitud y alta frecuencia, con el fin de estimular la DMO en diferentes patologías, que se basa en la sensibilidad del sistema musculoesquelético a los estímulos mecánicos vibratorios. La DMO fue evaluada por distintos métodos, DEXA (columna lumbar<sup>31,33,34,35</sup>, fémur proximal<sup>31,33,34</sup>, tercio distal del radio<sup>33</sup> y cuerpo completo<sup>31,35</sup>) y TC (columna lumbar<sup>35,36,37</sup>, diáfisis femoral<sup>35,36</sup>, tibia proximal<sup>31,37</sup>, tibia distal<sup>31</sup>). Estos estudios corroboran con la teoría, donde la aplicación de plataformas vibratorias brinda una oportunidad para mejorar la integridad esquelética de aquellos que son susceptibles a consecuencias osteoporóticas, incluso es superior a la marcha. Esta intervención anabólica, podría iniciarse durante el tiempo en el que el esqueleto es más sensible a la estimulación mecánica, planteando la posibilidad de una medida preventiva a largo plazo, ya que, es un método considerado no invasivo y no farmacológico para enfermedades óseas. A su vez, el aumento de la masa muscular a través de esta estimulación, indica un beneficio potencial para el sistema musculoesquelético, que puede servir para ayudar a proteger el esqueleto óseo. Narcís Gusi et al.<sup>34</sup>, demostró que el grupo de sujetos que utilizó las plataformas vibratorias, obtuvo mejoras significativas de DMO del cuello femoral, en comparación con el grupo de sujetos que realizó marcha durante una hora, tres veces por semana. Sin embargo, el estudio de Högler W. et al.<sup>31</sup>, donde la muestra integró a 24 niños con OI, los resultados para la DMO evaluada no fueron los esperados luego de la aplicación de la terapia con plataformas vibratorias durante 5 meses, no se encontraron diferencias significativas entre el grupo vibración y el grupo control; las limitaciones de este estudio

incluyen un pequeño tamaño de muestra y un tiempo de evaluación considerado relativamente corto para demostrar una respuesta de la unidad músculo-hueso en niños con OI. El estudio de Ward K. et al.<sup>37</sup>, tuvo como principal limitación el cumplimiento relativamente bajo (44%), es probable que se deba a la muestra planteada, donde el grupo era muy heterogéneo con respecto a las condiciones médicas/genéticas que padecían; a su vez, muchos de los niños no facilitaron la evaluación, como consecuencia de problemas de conducta, incluso algunos de ellos perdieron la motivación para pararse en las plataformas vibratorias.

La aplicación de plataformas vibratorias, en niños y adolescentes con OI y patologías con deficiencia de la DMO, mostró efectos positivos sobre la movilidad, fuerza muscular y DMO. La inmovilización del sistema musculoesquelético, desencadena como consecuencia seguida, una pérdida de masa muscular y una posterior disminución de la masa ósea. Por ende, la inmovilización está íntimamente relacionada con la sarcopenia y la osteopenia, a pensar de su origen primario. A su vez, éstas consecuencias desencadenan una disminución en la competencia funcional del sistema musculoesquelético. Esta consideración, es fundamental en el concepto empírico de enfermedades óseas primarias y secundarias. Las enfermedades óseas primarias se caracterizan por un defecto estructural o metabólico del desarrollo esquelético, en contraste con las enfermedades óseas secundarias, basadas como consecuencia de la inmovilización. Por lo tanto, la activación funcional del sistema musculoesquelético, es un enfoque prometedor para mejorar la movilidad en niños y adolescentes con discapacidad motora. En el estudio de Semler O. et al.<sup>38</sup>, donde se llevó a cabo la aplicación de vibración del cuerpo entero en 4 pacientes con OI, 1 paciente con parálisis cerebral y 1 paciente con mielomeningocele, se comprobó la eficacia del programa de ejercicio realizado sobre la plataforma vibratoria, a pesar de las razones de inmovilización. La indicación de terapia con toxina botulínica se revirtió en el paciente con PC y se canceló la corrección quirúrgica de contracturas del paciente con MMC. Los pacientes con OI, se caracterizaron por una movilidad mejorada (aumento de la puntuación BAMF), y un aumento del desarrollo de la fuerza muscular en los miembros inferiores, los mismos resultados se observaron en el estudio de Semler O. et al.<sup>32</sup>. Además, ésta terapia fue aceptada con un alto grado de cumplimiento por parte de todos los participantes. Ward K. et al.<sup>37</sup>, examinó el potencial osteogénico producido por plataformas vibratorias en 20 niños con PC ambulantes, con baja DMO. Los resultados han demostrado que los estímulos mecánicos de bajo magnitud y alta frecuencia, son anabólicos para el hueso trabecular en los niños, al proporcionar un sustituto de la actividad muscular suprimida. Gilsanz V. et al.<sup>35</sup>, Pisit P. et al.<sup>36</sup>, comparten las conclusiones de estos estudios, con la diferencia que la intervención fue en mujeres adolescentes que padecían de baja DMO. De esta manera, se evidencian los efectos

positivos de las capacidades anabólicas de estas señales en niños y adolescentes con bajos niveles de la DMO, no sólo para aumentar o mantener la misma, sino también para otros aspectos físicos, como mayor movilidad y fuerza muscular.

Ante la aplicación de las terapias planteadas, en pacientes con OI, Höglér W. et al.<sup>31</sup>, observó una falta de efecto óseo y muscular medible, a pesar del incremento de la masa magra total. Tal disminución de la capacidad de respuesta, puede ser causada por un desajuste en el mecanostato óseo, o por una reducida capacidad de formación ósea típica, en pacientes con OI. A su vez, se especula con la opción de que los niños con OI, poseen una reducción de la fuerza máxima por aérea muscular, lo que desencadenaría que la tensión ósea biomecánica, impuesta por las fuerzas musculares posiblemente, se pueda traducir más lentamente en el hueso con OI, en comparación con la de niños sanos. Aunque las propiedades del material ósea, específico de la enfermedad, pueden ofrecer una explicación de la disminución de la capacidad de respuesta biomecánica del hueso con OI, la disminución de la capacidad de respuesta de la función muscular puede tener también su origen en el defecto del colágeno tipo 1, ya que, los tendones contienen gran cantidad del mismo y actúan transmitiendo las fuerzas del músculo al tendón. Por lo tanto, la biomecánica de los tendones se ve afectada, alterando su función dinámica. Al no poder actuar directamente sobre la formación de colágeno tipo I, los efectos de las terapias planteadas van dirigidos principalmente a mejorar la masa ósea disminuida, la alteración en la organización y geometría del tejido óseo, especialmente del hueso trabecular, e incrementar la fuerza de los tendones, mejorando de esta manera la relación músculo-hueso.

Semler O. et al.<sup>32</sup>, Pisit P. et al.<sup>36</sup>, Ward K. et al.<sup>37</sup> y Semler O. et al.<sup>38</sup>, investigaron sobre los efectos producidos por estas terapias en niños y adolescentes con OI y baja DMO. Los cambios en los niveles basales de los marcadores de formación ósea después de los tratamientos, indican que existe una influencia directa sobre el modelado óseo, mecanismo por el cual se forma el tejido óseo y se renueva constantemente antes de que cese el crecimiento. Un aumento significativo en los niveles de BALP se correlacionó con los cambios en DMO del hueso esponjoso, pero no se observó correlación con la DMO del hueso cortical. La actividad de los osteoblastos es considerada normal, pero la producción específica del colágeno tipo I se encuentra alterada en cantidad o calidad. A diferencia de otras patologías, en la OI tipo I la alteración se encuentra en la cantidad de procolágeno sintetizada, siendo de aproximadamente la mitad que la de una célula normal. En los otros tipos de OI (II, III y IV) la alteración no es en la cantidad sino, en la calidad del procolágeno sintetizado, lo que alteraría la estabilidad de las moléculas, impidiendo la formación normal de fibrillas de colágeno, siendo estas delgadas y de distintos largos. Los proteoglicanos son

normales. El tejido óseo mantiene las proporciones de los componentes minerales, pero pierde la organización trabecular habitual. Los osteoblastos se encuentran en zonas de amplio material osteoide y aumentados en número. Grandes y numerosos osteocitos, se encuentran rodeados de escasa cantidad de matriz. Los osteoclastos, son numerosos y poseen una alta superficie de absorción ósea. Todos estos cambios son indicadores de un alto recambio óseo. Las consecuencias de la alteración de éste colágeno a nivel del hueso, son la disminución de la matriz ósea, con alteración de la estructura ósea y mala mineralización (osteopenia), de forma que la resorción ósea predomina sobre la formación de hueso nuevo en OI. En niños y adolescentes, debido a patologías de base que llevan a la inmovilización, se observó una disminución de la DMO, con presencia de sarcopenia y osteopenia marcada. El estímulo mecánico en estos pacientes va dirigido a aumentar la DMO del cuerpo completo y fortalecer la musculatura, principalmente aquellos músculos que se encargan de soportar el peso corporal.

Por otra parte, la osteoporosis es un trastorno esquelético progresivo multifactorial, caracterizado por una masa ósea reducida y una predisposición a mayor riesgo de fracturas. Autores como Gilsanz V. et al.<sup>35</sup>, Pisit P. et al.<sup>36</sup>, Moreira L. et al.<sup>39</sup>, Aboarrage J. A. et al.<sup>40</sup>, Nandez G. et al.<sup>45</sup>, Murtezani A. et al.<sup>46</sup> y Borba-Pinheiro C. et al.<sup>41,49</sup> percibieron que, con el avance de la edad, las mujeres son más propensas a esta enfermedad, debido a la disminución de la liberación endógena de hormonas sexuales y la disminución de absorción del calcio al interior del hueso, afectando mayormente el hueso trabecular. Los estrógenos juegan un papel importante en el remodelado óseo, actúan aumentando la formación osteoblástica y frenando la actividad osteoclástica. Su disminución, luego de la menopáusica, genera un aumento de la reabsorción ósea e influye en la reducción de la absorción del calcio en el intestino, generando una disminución de la DMO (3% por año). El suero de calcio se encuentra en tres formas: 50% ionizada, 40% fijo a proteínas y 10% formando un complejo con citrato y fosfato. El calcio ionizado es la forma activa, y su mantenimiento es fundamental para las siguientes funciones: actividad neuromuscular, contracción del músculo liso, contracción miocárdica, estimula la secreción de hormonas, regulación de la actividad enzimática intracelular, modulación de la permeabilidad y función de membranas y mantenimiento de iones para la masa ósea. En los pacientes con osteoporosis, ya sea de origen primario o secundario (inmovilización), la celularidad y los componentes orgánicos e inorgánicos de la matriz ósea están disminuidos. La disminución de la matriz extracelular puede ser homogénea y afectar de igual manera a los componentes orgánicos e inorgánicos, o puede afectar en mayor proporción al componente orgánico. Como ya se ha descrito, las principales células precursoras del tejido óseo son los osteoblastos y osteocitos. Estos poseen la capacidad de sintetizar y secretar la parte orgánica (distintos

tipos de colágeno, mayormente tipo I) e inorgánica (fosfato cálcico, en forma de cristales de hidroxiapatita) de la matriz ósea. El deterioro y/o pérdida de la arquitectura ósea significan una disminución de la resistencia y elasticidad del hueso y tienen como consecuencia la aparición de osteoporosis y fracturas patológicas. Por esta razón, la influencia del ejercicio físico sobre la masa ósea en mujeres pre y postmenopáusicas, debe generar cargas mecánicas superiores a las que es sometido el hueso durante las actividades de la vida diaria, por lo que se deben inducir tensiones óseas suficientes para causar microdaños y estimular la formación de hueso mediante la reparación del tejido dañado. La prevención de la osteoporosis debe comenzar desde la niñez, cuando el esqueleto óseo es más sensible al estímulo anabólico, buscando estimular en estos pacientes las zonas más propensas a generar osteoporosis. Por esta razón, los autores basan sus estudios en la estimulación mecánica, fuerzas de tensión y compresión, principalmente en vértebras de la columna lumbar, cuello del fémur y la porción terminal de los huesos del antebrazo, por su mayor contenido de hueso trabecular, con el objetivo de estimular la DMO. La actividad física contribuye al depósito de sales minerales, a la síntesis del componente orgánico de la matriz trabecular, a optimizar la fuerza y la resistencia de los huesos frente a estímulos externos a los que están sometidos. A través de las contracciones musculares, favorecer el depósito de calcio en los huesos y, por ende, elevar la tasa de remodelado óseo y contrarrestar la tasa de reabsorción ósea, que se ve afectado en esta patología.

Sobre la base de lo investigado, como lineamientos clínicos adecuados, se propone que en estos pacientes se incluyan los siguientes puntos:

- La capacidad de cada paciente, a la hora de plantear un programa de kinesiología y rehabilitación, dependerá en parte de qué tipo de OI posean. Los tipos de OI variaron en los estudios, siendo de mayor prevalencia los tipos I y IV, según la clasificación de Sillence. La OI tipo I, incluye a pacientes con enfermedad leve y ausencia de deformidades óseas importantes, con fracturas vertebrales típicas que conducen a escoliosis leve y talla final normal o con ligero retraso del crecimiento. Los pacientes con OI tipo IV, tienen deformidades óseas de leves a moderadas, con estatura ósea variable. Por lo tanto, éstos dos tipos de OI, poseen más posibilidades y capacidades para desarrollar diferentes tipos de actividades físicas, sin mayores limitaciones; a diferencia de los pacientes con casos de OI tipo II y III, donde su severidad va de letal a grave, presentando incapacidad funcional grave, mayor fragilidad y deformidad ósea.<sup>31,32,38,44,48</sup>
- De acuerdo con la revisión bibliográfica sobre plataformas vibratorias, se tuvo en cuenta a la hora de su aplicación: el tipo de plataforma, la aceleración máxima,

amplitud, frecuencia y el tiempo total de uso. Las plataformas de uso vertical son las que más se emplearon, a diferencia de dos casos específicos en los estudios de Semler O. et al.<sup>32</sup> y Semler O. et al.<sup>38</sup>, donde se empleó una plataforma horizontal con progresión hacia la verticalidad, ya que algunos de los pacientes evaluados se encontraban inmovilizados debido a patologías que impedían la posición erguida, ya sea por debilidad muscular de miembros inferiores o parálisis espinal; al inicio del tratamiento, los pacientes comenzaron con un ángulo de inclinación de 10°, luego se indicó una progresión de 10° hacia la verticalidad cada 2-3 semanas. La aceleración máxima aplicada fue, para la mayoría de los estudios, 0,3 gramos/ 0,2 – 9,8 m/s<sup>22</sup>. La amplitud utilizada fue de 0 – 7,8 mm. Por otro parte, las frecuencias mayormente utilizadas fueron en un rango de 25-30 Hz, exceptuando el uso de una frecuencia de 12,6 Hz para el estudio de Narcís G. et al.<sup>34</sup> y una aplicación de 90 Hz en la investigación de Ward K. et al.<sup>37</sup>. En cuanto al tiempo empleado, en la mayoría de los estudios el rango en que se mantuvieron sobre las plataformas vibratorias fue entre 18-30 minutos, 3 veces por semana. El período mínimo de evaluación lo llevó a cabo Wolfgang Högler et al.<sup>31</sup>, siendo de tan solo 5 meses; mientras que los estudios de mayor seguimiento fueron de Rubin C. et al.<sup>33</sup>, Gilsanz V. et al.<sup>35</sup> y H. Hoyer-Kuhn et al.<sup>48</sup>, con una duración de 12 meses.

- Durante el uso de las plataformas vibratorias en niños y adolescentes con OI, los pacientes deben intentar presionar los pies contra la plataforma con la mayor fuerza posible, para optimizar la efectividad del mismo. A su vez, es recomendado la realización de ciertos movimientos sobre la plataforma, como flexión y extensión de rodillas en ángulos de entre 10°-45°, cambio de peso de un lado a otro, sentadillas, flexión y extensión de tronco, etc. Antes de la aplicación de esta terapia es necesario que los Kinesiólogos eduquen, tanto a los participantes como a padres o acompañantes de los mismos, sobre el uso adecuado de las plataformas vibratorias, brindado la información necesaria sobre el manejo y las precauciones a posibles efectos secundarios que podría causar su intervención, como molestias, dolor, mareos, posibles fracturas, etc.<sup>31,32,38</sup>
- A lo referido sobre terapias en medio acuático, se tomó en consideración: tipo de piscina y profundidad de la misma, temperatura del agua, tipo de ejercicio y duración del entrenamiento. Dentro de las características de las piscinas empleadas en los estudios, se puede concluir que, en la mayoría fueron cubiertas, con una profundidad que rondaba los 1.45 metros, a una temperatura de 29-30°C, que permitían realizar ejercicios de pie, durante todo el año. En

cuanto a los tipos de ejercicios realizados, variaron desde ejercicios aeróbicos, donde participan tanto miembros superiores como inferiores<sup>39,41,46,47,49</sup>, saltos monopodales o bipodales<sup>40,47,49</sup> y ejercicios de caminata en el agua con tobilleras/muñequeras con peso<sup>46</sup>. La duración de entrenamiento fue en su mayoría realizada durante 60 minutos, en intensidades de moderadas a altas, excepto en el estudio de Murtezani A. et al.<sup>46</sup> donde se realizó durante 35 minutos. Las sesiones fueron tres veces por semana en días alternos.

- En cuanto a las terapias realizadas sobre suelo, los parámetros a tener en cuenta fueron: tipos de ejercicios realizados y tiempo de aplicación de los mismos. Los ejercicios ejecutados variaron de un estudio a otro, siendo los de mayor prevalencia los ejercicios aeróbicos y de fuerza. Dentro de los ejercicios aeróbicos se encuentran: correr, saltar, patear, subir y bajar escaleras<sup>46</sup>. Los ejercicios de fuerza incluyeron: prensa de piernas, sentadillas, ejercicios de remo<sup>47</sup>, isométricos con bandas elásticas<sup>45</sup>, judo<sup>49</sup>. Estos estudios se efectuaron, en su mayoría, en un periodo de tiempo de 12 meses<sup>43,45,48,49</sup>, siendo el de mayor seguimiento el estudio comparativo transversal de Balsamo S. et al.<sup>47</sup>, promedio 4-6 años y el de menor seguimiento el estudio de Murtezani A. et al.<sup>46</sup>, de 10 meses. La frecuencia, con la que se llevaron a cabo los ejercicios en su mayoría fue de 2 o 3 veces por semana, con una duración de 45 a 60 minutos.
- Los niños con OI son relativamente hipoactivos, los efectos del entrenamiento físico (aeróbico y fuerza muscular) sobre suelo señalan que mejorarán en mayor medida durante los primeros meses de entrenamiento en comparación con los niños sanos. Para la realización del entrenamiento sobre suelo es recomendable efectuar una entrada en calor de 10-15 minutos, luego entrenamiento aeróbico de 10-15 minutos, entrenamiento de fuerza de 10-15 minutos y 10 minutos de relajación/elongación activa. Para el entrenamiento de fuerza muscular se toma en consideración el uso de pesos livianos, no más de 1 kg, para garantizar un riesgo mínimo de fractura. Luego de completar un programa de intervención, la mayoría de los participantes no son capaces de mantener los efectos del entrenamiento adquiridos, al igual que en las personas sanas, las adaptaciones al entrenamiento son transitorias y se deterioran una vez que el entrenamiento se ha detenido. Por eso, un beneficio a largo plazo para mejorar la fuerza muscular y la capacidad aeróbica, depende de la continuación de las sesiones en la vida adulta.<sup>44</sup>
- Desde fases tempranas los bebés y niños con OI pueden desarrollarse mejor en medio acuático, donde les permite movimientos con mayor libertad, poco riesgo

a fracturas, facilitación de movimientos dolorosos, relajación muscular, interacción con el entorno y sociabilización. Caminar dentro del agua podría ser una buena opción para aquellas personas que no pueden hacerlo fuera de ella. Aunque cada caso debe ser estudiado de forma individual, teniendo en cuenta factores como la edad, el grado de autonomía funcional, la situación clínica, las limitaciones existentes, el ejercicio regular promueve la funcionalidad y la independencia, la disminución del dolor, el aumento de la densidad mineral ósea y evita complicaciones futuras en estos pacientes. En la etapa de la adolescencia y adultez, es factible el uso de accesorios con peso externo que generen resistencia, ya sea en medio acuático o sobre suelo. El uso de plataformas vibratorias según lo revisado, puede emplearse desde que el niño sea capaz de ponerse en posición de bipedestación, ya sea por sí solo o con ayuda externa, sin producir efectos adversos o posibles fracturas en los pacientes con OI.<sup>31,32,38,45,46,48</sup>

- El adulto con OI, tiene algunas diferencias significativas con el niño. La patología no es progresiva, pero sí lo son sus consecuencias. Tener en cuenta que estas consecuencias en el adulto ya se han desarrollado y acentuado. Además, el remodelado óseo es más lento. En condiciones normales un adulto renueva anualmente cerca del 7-8% de su esqueleto. En pacientes con OI, esta tasa de renovación es menor, es decir, que el remodelado y la consolidación ósea conllevan de más tiempo en comparación con el estipulado en una persona sana. Todos estos condicionantes favorecen el aumento de la incidencia de osteoporosis en el adulto. Teniendo en cuenta estas observaciones, la kinesiología y el ejercicio físico, serán redireccionados en base a las limitaciones de cada paciente, enfocándose en la rehabilitación de lesiones más específicas, fortalecimiento muscular, mejorar calidad de vida, para brindar mayor independencia.<sup>19,20</sup>
- La evolución de estos pacientes depende de varios factores, principalmente del tratamiento médico personalizado y el enfoque multidisciplinar brindado. Actuar principalmente en conformidad con áreas de terapias físicas y rehabilitación, cirugía, ortopedia y farmacológica, para evitar la atrofia muscular, debilitamiento e inmovilización con aumento de la osteoporosis. Es importante el acompañamiento terapéutico, no solo dirigido a los pacientes con OI, sino también a aquellos familiares y/o tutores de los mismos, brindando la información necesaria para que conozcan la enfermedad y sus posibles tratamientos. De esta manera evitaríamos la sobreprotección de estos pacientes, ayudando a contribuir en su independencia, funcionalidad y participación social. Los niveles de independencia se ven reflejados en la movilidad, el autocuidado y las

actividades de la vida diaria. Insertar a estos pacientes en actividades recreativas y deportivas desde edades tempranas, permitirá que estos pacientes tengan una mejor calidad de vida, bienestar psicológico y social, disminución de dolor y evita mayores complicaciones. Factores como la alimentación, el control de peso y la adopción de estilos de vida saludables, son aspectos que contribuyen en el nivel de salud y en la progresión de las aptitudes físicas.<sup>31,32</sup>

## VIII. CONCLUSIÓN.

La osteogénesis imperfecta, es un trastorno genético caracterizado por una alteración en la síntesis cualitativa y cuantitativa del colágeno tipo 1, por mutaciones en los genes que codifican dicho colágeno. El colágeno tipo 1, es una proteína presente en todos los tejidos de sostén, especialmente en el hueso, donde es el principal componente orgánico de la matriz ósea. Las consecuencias de esta alteración a nivel del hueso son, la disminución de la matriz ósea, con la alteración de la estructura ósea y mala mineralización (osteopenia/osteoporosis), de forma que la resorción ósea predomina sobre la formación del hueso nuevo. La DMO de estos pacientes, en las formas moderadas a graves de OI, puede presentar una DMO baja o muy baja, pero en algunas formas leves pueden tener una DMO normal, aunque poco comunes.

Llevado a cabo el análisis bibliográfico, se llega a la conclusión que la aplicación de las terapias estudiadas, ya sea por separado o en conjunto, son beneficiosas para el tratamiento de la DMO en personas con OI o patologías con deficiencia de DMO. La evidencia hallada demuestra que, las diferentes terapias aplicadas en estos pacientes podrían generar un efecto potencial sobre la DMO, manteniendo o aumentando positivamente los valores, a corto o largo plazo. El mecanismo exacto de osteogénesis promovido por la actividad física no está definido de forma clara, ya que, existen diferentes teorías. Se cree que los estímulos mecánicos inducen la formación de factores locales de crecimiento óseo, bioquímicos y humorales por estímulo de los osteoblastos, con la consiguiente disminución de la resorción ósea, producida por los osteoclastos. Lo que da como resultado, un aumento de la masa ósea, resistencia y tenacidad de los huesos, incrementando la capa cortical y formando hueso trabecular. A su vez, podrían existir efectos tanto anabólicos como homeostáticos sobre el hueso, a través de mecanotransducción. Esto significa que, el movimiento de fluidos extracelular actúa sobre los osteocitos y sobre las células de revestimiento óseo; como consecuencia, se libera ácido nítrico y prostaglandinas, lo que conduce a la diferenciación y división de células osteoprogenitoras. Finalmente, los pre osteoblastos madurarán, hasta convertirse en osteoblastos y unirse a la superficie de la matriz, para comenzar con una nueva producción ósea.

Dentro de los resultados analizados, coincidiendo con la teoría, se puede confirmar que aquellos estímulos mecánicos sobre suelo, que incluyen actividad física aeróbica con impacto o aplicación de resistencia externa, son más eficaces que los ejercicios acuáticos para mantener o aumentar la DMO. Dado que la flotación disminuye el impacto, los ejercicios acuáticos se clasifican típicamente como ejercicios de bajo efecto osteogénico. Sin embargo, al comparar grupos que no realizaban actividad física con grupos que realizaron protocolos de ejercicios de impacto, basados en saltos y ejercicios

con pesos externos en el agua, se observó un aumento de la DMO, por lo que parece ser una opción de tratamiento para personas con baja DMO u OI, incluso desde edades tempranas. Según lo estudiado, lo recomendado para lograr resultados óptimos al aplicar ambas terapias en estos pacientes fue de un período mínimo de 3 veces por semana con una duración total de 45-60 minutos.

Por otro lado, los ejercicios realizados sobre plataformas vibratorias también demostraron ser eficaces para potenciar los valores de DMO. Se comprobó, que es una terapia con mejores resultados para la DMO, en comparación con kinesiología habitual (prevención, mantenimiento y recuperación de la funcionalidad) o realizar ejercicios sobre suelo, como caminar. Se recomiendan las siguientes dosificaciones:

- Aceleración máxima: 0,3 gramos / 0,2–9,8 m/s<sup>2</sup>.
- Amplitud: 0–7,8 mm.
- Frecuencia: 25-30 Hz.
- Tiempo de aplicación: 18-30 minutos.
- Duración del tratamiento: 3 veces por semana, mínimo 12 meses.

En cuanto al último objetivo específico propuesto, se desarrollaron lineamientos clínicos de acuerdo al rango etario de los pacientes, autonomía funcional, situación clínica y según la clasificación de Sillence. Los tipos I y IV, de esta clasificación, incluyen características de enfermedad leve, con ausencia o moderada deformidad ósea, por lo que poseen más posibilidades y capacidades para desarrollar diferentes tipos de actividades físicas. A diferencia de casos de OI tipo II y III, donde su severidad va de grave a letal, presentando incapacidad funcional grave, mayor fragilidad y deformidad ósea. Los programas de ejercicios consisten en, fijar una pauta de ejercicios con una dosificación determinada, estableciendo controles periódicos y atendiendo a objetivos realistas y alcanzables. En rango general se sugiere que, desde fases tempranas, los bebés y niños con OI pueden desarrollarse mejor en el medio acuático, permitiendo movimientos con mayor libertad y sociabilización con el entorno. Cuando el niño sea capaz de ponerse en posición de bipedestación, ya sea por sí solo o con ayuda externa, se podrá incorporar, como opción a su tratamiento, la utilización de plataformas vibratorias de cuerpo entero. Ya en la adolescencia y edad adulta, se podrán realizar ejercicios de resistencia sobre suelo de mayor intensidad, además de los ya antes mencionados. Para asegurar la evolución de estos pacientes, no deben olvidarse factores como, la alimentación, el control de peso y la adopción de estilos de vida saludables, ya que, esos aspectos contribuyen de forma determinada en el nivel de salud, la progresión de las aptitudes físicas y la calidad de vida.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez R, García R, López J, Gutiérrez A, González M, Vázquez R, et al. Densidad mineral ósea en pacientes pediátricos con osteogénesis imperfecta. *Rev Esp Med Nucl.* 2003;22(4):224–228.
2. Ministerio de Salud Pública. Diagnóstico y tratamiento del paciente con osteogénesis imperfecta. Guía de Práctica Clínica. Quito: MSP; 2014 [citado el 2 de Mayo 2020]. Disponible en: [www.salud.gob.ec](http://www.salud.gob.ec)
3. Bonilla S, Ramírez L, Spina P. Estudio de la osteogénesis imperfecta: su abordaje del tratamiento kinésico y/o fisioterapéutico. *Movimiento de Fisioterapia iberoamericana.* 2011;5(1):77-89.
4. Rueda RM. Efectos del ejercicio físico sobre la densidad mineral ósea en personas con osteoporosis: una revisión sistemática. *Rev Mov Científico.* 2013; 7(1):159–166.
5. Nandez S, González M, Cruz Ramirez M. Efectos del ejercicio sobre la densidad mineral ósea en pacientes con osteopenia. *Rev Sanid Milit Mex.* 2009; 63(1):18-27.
6. Baljet B. Aspectos de la historia de la Osteogénesis imperfecta (síndrome de Vrolik). *Ann Anat.* 2002 [citado el 17 de Mayo 2020]; 184:1-7. Disponible en: <http://www.urbanfischer.de/journals/annanat>
7. Moreta Colcha H, Revelo Hidalgo E, Tapia P. Borja, Chasiluisa M. Osteogénesis imperfecta. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento.* 2019; 3 (2): 915-933.
8. Plotkin Horacio, Glorieux H. Francis. ¿Qué hay de nuevo en osteogénesis imperfecta? *Arch.argent.pediatr.* 2001; 99(2): 127.
9. Gutiérrez-Díez MP., Gutiérrez MA Molina, T. L Prieto, JI Parra García, Sánchez Bueno. Osteogénesis Imperfecta: Nuevas Perspectivas. *Rev Esp Endocrinol Pediatr.* 2013; 4.
10. Herreros MB, R. Franco, Acurra M. La Osteogénesis imperfecta. *Pediatr. (Asunción).* 2008; 35:1.

11. II Jornada de fisioterapia en osteogénesis imperfecta. Terragona; 9 de noviembre 2013. España: Asociación Nacional Huesos de Cristal OI España; 2013.
12. Fernández Ruiz L, Navarro Quesada FJ. Osteogénesis imperfecta: Más que fracturas. *Vox Paediatr.* 2019; 26:16-18
13. R. Gracia Bouthelier e I. González Casado. Tratamiento de la osteogénesis imperfecta. *An Esp Pediatr.* 2002; 56: 72-75
14. Alguacil D, F. Molina Rueda, M. Gómez Conches. Tratamiento ortésico en pacientes con osteogénesis imperfecta. *An Pediatr (Barc).* 2011; 74 (2): 131.
15. Espíndola-Corres J, Colín-Martínez O, Delgado-Pérez J, Isunza-Ramírez A. Tratamiento de la osteogénesis imperfecta pediátrica con ácido zoledrónico. *Rev Esp Méd Quir.* 2015; 20:178-183
16. Broch Michavila A, Gimbel Benítez S, Seguiel Correa F, Arráez Aybar L. ANÁLISIS MULTIDISCIPLINAR DE LA OSTEOGÉNESIS IMPERFECTA MULTIDISCIPLINARY ANALYSIS OF IMPERFECT OSTEOGENESIS. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias.* 2017;187-191
17. Martínez-Pardo E, Martínez-Ruiz E, E. Alcaraz P. Efectos de las vibraciones de cuerpo completo sobre la composición corporal y las capacidades físicas en adultos jóvenes físicamente activos. *Nutr Hosp.* 2015; 32
18. Buceta S., Ford J. P., Ford F., Sánchez M., et al. IMPORTANCIA DE LA TERAPIA Y ACTIVIDAD FISICA EN NIÑOS CON OSTEOTENESIS IMPERFECTA. *Medicina Infantil.* 2014; 2.
19. Heredia Frómata J, Villanueva Moreno M, Hormigó Almeida L, Lantigua Martell M. Osteogénesis imperfecta. Tratamiento de rehabilitación. Presentación de un caso. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación.* 2014; 6(2):208-216
20. Veilleux L., Trejo P., Rauch F. Muscle abnormalities in osteogenesis imperfecta. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2017; 17(2):1-7
21. Da Silva M, Vaamonde Martín D. Entrenamiento con vibraciones mecánicas y salud: efectos sobre los sistemas óseo, endocrino y cardiovascular. *Preparación física.* 2006; 48-57
22. Sá-Caputo D, Da F. Dionello C, Heleno F, Paineiras Domingo S L, Sousa-Gonçalves C, Danielle S. Morel. WHOLE-BODY VIBRATION EXERCISE

- IMPROVES FUNCTIONAL PARAMETERS IN PATIENTS WITH OSTEOGENESIS IMPERFECTA: A SYSTEMATIC REVIEW WITH A SUITABLE APPROACH. Sá-Caputo et al., Afr J Tradit Complement Altern Med. 2017; 14 (3): 199-208
23. Ferragut C, Torres Luque G, Alacid Cárceles F, Sainz de Baranda Andujar P. MASA ÓSEA Y EJERCICIO FÍSICO. BONE MASS AND PHYSICAL EXERCISE. 2009; 129: 46-58
24. Barba Evia J. R. Marcadores de remodelado óseo y osteoporosis. Rev Mex Patol Clin. 2011; 58 (3): 113-137
25. D. Yeste, M. Clemente, Campos A, Fábegas A, Soler L, Carrascosa A. Osteoporosis en pediatría. Rev Esp Endocrinol Pediatr. 2017; 8 Suppl(1):73-85
26. Bilbao JL Neyro, Sánchez A. Cano, Gil-Antuñano S. Palacios. Regulación del metabolismo óseo a través del sistema RANK-RANKL-OPG. Rev Osteoporos Metab Miner. 2011; 2:105-112
27. Cardona Gómez J. Densidad mineral ósea en niños y adolescentes Revisión de literatura. Literature review. 2015; 4 (3)
28. Yelin I, Mortarino P, Capozza R, Cointry G, Feldman S, S. Reina P, et al. IMPORTANCIA DEL ENTORNO MECÁNICO EN LA DETERMINACIÓN BIOLÓGICA DE LA ESTRUCTURA ÓSEA. Actualización del tema y análisis piloto de datos de individuos sedentarios y corredores. Actual. Osteol. 2012; 8: 86-100
29. Ferreti J.L, Beribé S. R., Luscher S. H., González R, et al. La regulación mecánica de la estructura ósea: estudio disciplinario. Salud (i) ciencia. 2018; 23: 175-178
30. CARITAT BAGUR CALAFAT. Ejercicio físico y masa ósea (I). Evolución ontogénica de la masa ósea e influencia de la actividad física sobre el hueso en las diferentes etapas de la vida. APUNTS MEDICINA DE L'ESPORT. 2007; 153: 40-6
31. Wolfgang H, Janis S, Bishop N, Arundel P, Nightingale P, Mughal M. El efecto del entrenamiento con vibraciones de todo el cuerpo sobre la función ósea y muscular en niños con Osteogénesis imperfecta. J Clin Endocrinol Metab. 2017; 102 (8): 2734 - 2743

32. Semler O, Fricke O, Vezyroglou K, Stark C, Schoenau E. Resultados de un ensayo piloto prospectivo sobre la movilidad después de la vibración de todo el cuerpo en niños y adolescentes con osteogénesis imperfecta. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2008; 22: 387-394
33. Rubin C, Recker R, Cullen D, Ryaby J, McCabe J, McLeod K. Prevención de la pérdida ósea posmenopáusica por estímulos mecánicos de baja magnitud y alta frecuencia: un ensayo clínico que evalúa el cumplimiento, Eficacia y seguridad. *J Bone Miner Res.* 2004; 19: 343–351
34. Gusi N, Raimundo A, Leal A. El ejercicio vibratorio de baja frecuencia reduce el riesgo de fractura ósea más que caminar: un ensayo controlado aleatorio. *Trastornos musculoesqueléticos del BMC.* 2006; 7: 92
35. Gilsanz V, Wren T, Sanchez M, Dorey F, Judex S, Rubin C. Low-Level, High-Frequency Mechanical Signals Enhance Musculoskeletal Development of Young Women With Low BMD. *JOURNAL OF BONE AND MINERAL RESEARCH.* 2006; 21: 9
36. Pitukcheewanont P. y Safani D. Extremely Low-Level, Short-Term Mechanical Stimulation Increases Cancellous and Cortical Bone Density and Muscle Mass of Children With Low Bone Density A Pilot Study. 2006; 16:3
37. Ward K, Alsop C, Caulton J, Rubin C, Adams J, Mughal Z. Low Magnitude Mechanical Loading Is Osteogenic in Children With Disabling Conditions. *JOURNAL OF BONE AND MINERAL RESEARCH.* 2004; 19: 3
38. Semler O, Fricke O, Vezyroglou K, Stark C, Schoenau E. Resultados preliminares sobre la movilidad después de la vibración de todo el cuerpo en niños y adolescentes inmovilizados. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2007; 7 (1): 77-81
39. Fernandes Moreira L, Cerveira AO Fronza F, Nolasco dos Santos R, Lins Zach P, S. Kunii L, Fukusima Hayashi L, et al. The benefits of a high-intensity aquatic exercise program (HydrOS) for bone metabolism and bone mass of postmenopausal women. *J Bone Miner Metab.* 2014; 32:411–419
40. Aboarrage Junior A, Caue La Escala Teixeira, Nolasco dos Santos R, Machado A, Lopes Evangelista A, Luksevicius Rica R. A high-intensity jump-based aquatic exercise program improves bone mineral density and functional fitness in postmenopausal women. *Rejuvenation Research.* 2018

41. Borba-Pinheiro C, Gurgel de Alencar Carvalho M, Drigo A, Souza Lima da Silva N, Soares Pernambuco C, Martin Dantas E. Bone variables after a water aerobics program in postmenopausal women undergoing pharmacological treatment. *Sport Sci Health*. 2012; 7: 13–18
42. Borba-Pinheiro C, Dantas E, Gomes de Souza R, Drigo A, Gurgel de Alencar Carvalho F, Tonini T, et al. Resistance training programs on bone related variables and functional independence of postmenopausal women in pharmacological treatment: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2016; 65: 36–44
43. Vainionpää A, Korpelainen R, Leppäluoto J, Jämsä T. Effects of high-impact exercise on bone mineral density: a randomized controlled trial in premenopausal women. *Osteoporos Int*. 2005; 16: 191–197
44. Van Brussel M, Takken T, Uiterwaal C, J. Pruijs H, Van Der Net J, J.M. Helden P, et al. Physical Training in Children with Osteogenesis Imperfecta. *J Pediatr* 2008; 152: 111-6
45. Nandez-Germán S, Osiris Castrejón-González M, Cruz Ramírez M. Efectos del ejercicio sobre la densidad mineral ósea en pacientes con osteopenia. *Rev Sanid Milit Mex*. 2009; 63(1): 18-27
46. Murtezani A, Nevzati A, Ibraimi Z, Sllamniku S, Sahatçiu Meka V, Abazi N. The Effect of Land versus Aquatic Exercise Program on Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women with Osteoporosis: a Randomized Controlled Trial. *MEDSPORTPRESS*. 2014; 3(6): 319-325
47. Balsamo S, da Motaa L, de Santana F, Dahan da Cunha Nascimento, Aguiar Bezerra L, Coscrato Balsamo D, et al. Treinamento de força versus hidroginástica: uma análise transversal comparativa da densidade mineral óssea em mulheres na pós-menopausa. *REV BRAS REUMATOL*. 2013; 53(2): 193–198
48. H. Hoyer-Kuhn, O. Semler, C. Stark, N. Struebing, O. Goebel, E. Schoenau. Un enfoque de rehabilitación especializado mejora la movilidad en niños con osteogénesis imperfecta. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2014; 14 (4): 445-453
49. Borba-Pinheiro C, Gurgel de Alencar Carvalho M, Souza Lima da Silva N, Drigo A, Pereira Bezerra J, Dantas E. Bone density, balance and quality of life of

postmenopausal women taking alendronate participating in different physical activity programs. Ther Adv Musculoskel Dis. 2010; 2(4): 175-185.

## X. ANEXOS

### ANEXO 1. Cuestionario de evaluación de la salud infantil (CHAQ).

NOMBRE: ..... INICIALES: ..... Fecha de la visita: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

1	<b>ENCUESTA PARA LA EVALUACION DE LA SALUD INFANTIL</b>					
	<b>CHILDHOOD HEALTH ASSESMENT QUESTIONNAIRE (CHAQ)</b>					
2	Hemos confeccionado este cuestionario para tener un mejor conocimiento del modo en que la enfermedad que padece su hijo/a le afecta en su vida diaria. Escoja la respuesta a cada pregunta que describa el grado de dificultad que tuvo su hijo/a <b>DURANTE LA SEMANA PASADA</b> . Indique tan solo las dificultades o limitaciones <b>DEBIDAS A SU ENFERMEDAD</b> (por ejemplo, si su hijo/a no puede o le cuesta realizar cierta actividad por ser muy pequeño y no por su enfermedad, marque <b>NO PROCEDE</b> . Puede añadir al final los comentarios que desee.					
3		Sin NINGUNA dificultad	Con ALGUNA dificultad	Con MUCHA dificultad	INCAPAZ de realizar	NO PROCEDE
4	<b>VESTIRSE Y ASEARSE+</b>					
5	¿Su hijo/a es capaz de?:					
6	¿Vestirse, incluyendo abrocharse los botones y atarse los cordones de los zapatos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿Enjabonarse el pelo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿Quitarse los calcetines?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿Cortarse las uñas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<b>LEVANTARSE**</b>					
11	¿Su hijo/a es capaz de?:					
12	¿Levantarse de una silla baja o del suelo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	¿Acostarse y levantarse de la cama o ponerse de pie en la cuna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<b>COMER***</b>					
15	¿Su hijo/a es capaz de?:					
16	¿Cortar la carne con el cuchillo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	¿Llevarse una taza o un vaso a la boca?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	¿Abrir una caja de cereales nueva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	<b>CAMINAR****</b>					
20	¿Su hijo/a es capaz de?:					
21	¿Caminar al aire libre en terreno llano?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	¿Subir cinco escalones?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	<b>Señale qué ayudas o aparatos utiliza habitualmente su hijo para realizar estas actividades</b>					
24	Bastón de puño****	<input type="checkbox"/>	Ayudas técnicas para vestirse(gancho para botones, tirador de cremallera, calzador de mango largo, etc.)*		<input type="checkbox"/>	
25	Andador****	<input type="checkbox"/>	Adaptaciones para o cubiertos o lápices***		<input type="checkbox"/>	
26	Muletas****	<input type="checkbox"/>	Silla adaptada****		<input type="checkbox"/>	
27	Silla de ruedas****	<input type="checkbox"/>	Otros (especificar: _____)		<input type="checkbox"/>	
28	<b>Señale para qué actividades necesita su hijo ayuda de otra persona A CAUSA DE SU ENFERMEDAD</b>					
29	Vestirse y asearse*	<input type="checkbox"/>	Comer***	<input type="checkbox"/>		
30	Levantarse**	<input type="checkbox"/>	Caminar****	<input type="checkbox"/>		

**ENCUESTA PARA LA EVALUACION DE LA SALUD INFANTIL**

**CHILDHOOD HEALTH ASSESMENT QUESTIONNAIRE (CHAQ)**

31		Sin NINGUNA dificultad	Con ALGUNA dificultad	Con MUCHA dificultad	INCAPAZ de realizar	NO PROCEDE
32	<b>HIGIENE PERSONAL ♣</b>					
33	¿Su hijo/a es capaz de?:					
34	¿Lavarse y secarse todo el cuerpo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35	¿Entrar y salir de la bañera?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36	¿Sentarse y levantarse del váter u orinal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	¿Cepillarse los dientes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	¿Peinarse o cepillarse el pelo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	<b>DESTREZA♦</b>					
40	Su hijo/a es capaz de?:					
41	¿Coger y bajar de una estantería, situada justo por encima de la cabeza, un objeto pesado como un libro o una caja de juegos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42	¿Agacharse para recoger un papel del suelo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43	¿Ponerse un jersey por la cabeza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44	¿Girar la cabeza y mirar hacia atrás por encima del hombro?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45	<b>PRENSIÓN ♠</b>					
46	¿Su hijo/a es capaz de?:					
47	¿Escribir o hacer garabatos con un lápiz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	¿Abrir la puerta de un coche?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49	¿Abrir un tarro abierto previamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50	¿Abrir y cerrar un grifo (no monomando)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51	¿Girar el pomo de una puerta y empujarla para abrirla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52	<b>ACTIVIDADES ♥</b>					
53	¿Su hijo/a es capaz de?:					
54	¿Hacer recados o compras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
55	¿Subir y bajar de un coche, de un coche de juguete o de un autobús?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56	¿Montar en bicicleta o en triciclo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
57	¿Hacer tareas domésticas como lavar los platos, sacar la basura, hacerse la cama o limpiar su habitación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
58	¿Correr y jugar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
59	<b>Señale qué ayudas o aparatos utiliza habitualmente su hijo para realizar estas actividades</b>					
60	Adaptación para elevar la taza del váter ♣	<input type="checkbox"/>	Barra en la bañera ♣			<input type="checkbox"/>
61	Asiento en la bañera ♣	<input type="checkbox"/>	Ayudas técnicas de mango largo para alcanzar objetos del suelo ♦			<input type="checkbox"/>
62	Abridor de botes de cristal ♣	<input type="checkbox"/>	Ayudas técnicas de mango largo para alcanzar objetos del baño ♣			<input type="checkbox"/>
63	<b>Señale par qué actividades necesita su hijo ayuda de otra persona A CAUSA DE SU ENFERMEDAD</b>					
64	Higiene personal ♣	<input type="checkbox"/>	Agarrar y abrir cosas ♣		<input type="checkbox"/>	
65	Coger cosas ♦	<input type="checkbox"/>	Recados y tareas domésticas ♥		<input type="checkbox"/>	

**ENCUESTA PARA LA EVALUACION DE LA SALUD INFANTIL**  
**CHILDHOOD HEALTH ASSESMENT QUESTIONNAIRE (CHAQ)**

- 66 Estamos interesados en conocer el grado de dolor que tiene su hijo a causa de la enfermedad que padece.  
 En la siguiente línea horizontal **graduada de 0 (SIN DOLOR) a 100 (DOLOR MUY INTENSO)**, señale con un cruz el grado de dolor que usted piensa que ha tenido su hijo/a **A CAUSA DE SU ENFERMEDAD DURANTE LA SEMANA PASADA.**
- 67 Ningún dolor 0 \_\_\_\_\_ 100 Dolor muy intenso
- 68 Considerando todos los aspectos en que la enfermedad afecta a su hijo/a, valore cómo se desenvuelve en su vida diaria.  
 Señálelo con una cruz en la siguiente línea horizontal, **graduada de 0 (SE DESENVUELVE MUY BIEN) a 100 (SE DESENVUELVE MUY MAL).**
- 69 Muy bien 0 \_\_\_\_\_ 100 Muy mal

**ANEXO 2. Índice de masa corporal (IMC).**

Valor IMC	Rango
< 16	Delgadez severa
16,00 - 16,99	Delgadez moderada
17,00 – 18,49	Delgadez aceptable
<b>18,5 – 24,99</b>	<b>Peso normal</b>
25,00 – 34,99	Sobrepeso
30,00 – 34,99	Obesidad tipo I
35,00 – 40,00	Obesidad tipo II
40,00 – 49,99	Obesidad tipo III (obesidad mórbida)
> 50	Obesidad tipo IV o extrema

### ANEXO 3. Evaluación Breve de la Función Motora (BAMF).

<p><i>Scoring: Score = highest observed item completed on the scale</i></p> <p><i>Example : Child can sit unsupported, but cannot roll supine to prone: Score= 3 (Sits)</i></p> <p><i>Example : Child can walk 4 steps with braces and maximal assistance, but cannot sit unsupported: Score = 6 (Walks Max Assistance)</i></p>	
Behavior	Criterion
<b>0: Prone Head &lt; 45</b>	Placed in prone, elevates head less than 45 degrees
<b>1: Prone Head &gt; 45</b>	Placed in prone, elevates head more than 45 degrees
<b>2: Rolls</b>	Rolls at least 90 degrees in one direction
<b>3: Sits</b>	Placed in sitting, can maintain position with no back support or plantar foot contact for at least one minute
<b>4: Transfers weight sitting &gt; 2'</b>	Able to transfer in/out of sitting OR scoot more than two feet in any direction while sitting
<b>5: Stands</b>	Placed in standing, can maintain position for 1 minute; use of walker, crutches, canes, braces acceptable; use of passive standing device which provides trunk support unacceptable
<b>6: Walks Max Assistance</b>	Walks at least 4 steps; may use braces, walker, crutches, maximal external assistance from another person
<b>7: Walks Mod Assistance (walker)</b>	Walks at least 10 steps with a walker, may use braces; moderate to minimal external support by another person
<b>8: Walks Min Assistance (crutches/canes)</b>	Walks at least 25 steps; may use crutches or canes; minimal to no external support by another person
<b>9: Walks (no gait device)</b>	Walks at least 25 steps with no external support or gait assist devices; braces are permitted
<b>10: Runs</b>	Transitional walk/run pattern > 70% faster than typical walk OR presence of a no support phase during bipedal gait

## ANEXO 4. "Cuestionario de evaluación de la osteoporosis" (OPAQ).

### Apéndice 1. Cuestionario OPAQ versión corta

---

#### Caminar/doblarse

1. ¿Con qué frecuencia pudo hacer las compras o los mandados diarios?
2. ¿Con qué frecuencia estuvo en la cama o en una silla la mayor parte del día?
3. ¿Con qué frecuencia pudo hacer deportes y juegos que le gustaría hacer?
4. ¿Con qué frecuencia pudo caminar tanto como necesitaba?
5. ¿Con qué frecuencia tuvo problemas para agacharse, levantar objetos o agacharse?
6. ¿Con qué frecuencia tuvo problemas para caminar una cuadra o subir un tramo de escaleras?
7. ¿Con qué frecuencia necesitó usar bastón, muletas, andador o un acompañante mientras caminaba?

#### Actividades diarias

8. ¿Podría ponerse o quitarse fácilmente un par de medias y/o ropa interior?
9. ¿Podría peinarse, cepillarse o peinarse fácilmente?
10. ¿Podría llegar fácilmente a los estantes que estaban por encima de su cabeza?
11. ¿Ha tenido que cambiar la forma de bañarse?
12. ¿Ha tenido que cambiar el tipo de ropa que usa debido a la dificultad para vestirse?
13. ¿Con qué frecuencia pudo realizar tareas domésticas livianas, como cocinar, sin ayuda?
14. ¿Con qué frecuencia pudo realizar tareas domésticas pesadas, como pasar la aspiradora, sin ayuda?
15. ¿Con qué frecuencia pudo realizar su trabajo diario, ya sea en casa, como voluntario, en la escuela o en un trabajo remunerado?

#### Transferir

16. ¿Con qué frecuencia tiene problemas para acostarse o levantarse de la cama?
17. ¿Con qué frecuencia tiene problemas para sentarse o levantarse de una silla?
18. ¿Con qué frecuencia tiene problemas para entrar o salir del baño?
19. ¿Con qué frecuencia tiene problemas para entrar o salir de los automóviles o del transporte público?

#### Miedo a las caídas

20. ¿Con qué frecuencia tuvo miedo de caerse?
21. ¿Con qué frecuencia tuvo miedo de romperse o fracturarse accidentalmente un hueso?
22. ¿Con qué frecuencia sintió que estaba perdiendo el equilibrio?
23. ¿Con qué frecuencia usó un pasamanos u otro soporte para subir o bajar escaleras?
24. ¿Con qué frecuencia el miedo a caerse le impidió hacer lo que quería hacer?

#### Dolor de espalda

25. ¿Con qué frecuencia tuvo dolor o dolor de espalda?
26. ¿Cómo describiría el dolor de espalda que tenía habitualmente?
27. ¿Con qué frecuencia sintió la espalda rígida durante más de una hora desde que se despertó?
28. ¿Con qué frecuencia el dolor de espalda le impidió hacer lo que quería hacer?

#### Imagen corporal

29. ¿Con qué frecuencia fue consciente de los cambios en su cuerpo cuando se probaba ropa?
30. ¿Con qué frecuencia le molestó la forma en que luce su espalda?
31. ¿Con qué frecuencia le preocuparon los cambios en el aspecto de su cuerpo?

#### Independencia

32. ¿Con qué frecuencia se sintió seguro de poder vivir solo sin ayuda?
33. ¿Con qué frecuencia tuviste que depender de otros para que te ayudaran con las actividades diarias?
34. ¿Con qué frecuencia le preocupaba no poder cuidar de sí mismo en el futuro?

#### Opciones de respuesta

Todos los días, La mayoría de los días, Algunos días, Pocos días, Ningún día. (Preguntas 1±10, 16±19, 25, 27, 28) Siempre, Muy a menudo, A veces, Casi nunca, Nunca. (Preguntas 11±15, 20±24, 29±34) Severo, Moderado, Leve, Muy leve, Ninguno, No tuve dolor de espalda. (Pregunta 26)

## ANEXO 5. Escala de Borg de Esfuerzo Percibido.

ESCALA DE ESFUERZO DE BORG	
0	Reposo total
1	Esfuerzo muy suave
2	Suave
3	Esfuerzo moderado
4	Un poco duro
5	Duro
6	
7	
8	Muy duro
9	
10	Esfuerzo máximo

## ANEXO 6. "Protocolo del Grupo Latinoamericano de desarrollo para la madurez" (GDLAM, evaluación de la autonomía funcional).

### PROTOCOLO:

Caminar 10 metros (C10m) - el propósito de este test es evaluar la velocidad que el individuo lleva para recorrer la distancia de 10 metros.

Levantarse de la posición sentada (LPS) - el test evalúa la capacidad funcional de la extremidad inferior y consiste en que el individuo, partiendo de la posición sentada en una silla, sin apoyo de los brazos, estando el asiento a una distancia del suelo de 50 cm, levantarse y sentarse cinco veces, consecutivamente.

Levantarse de la posición decúbito ventral (LPDV) - el propósito de este test es evaluar la habilidad del individuo para levantarse del suelo. El test consiste en: partiendo de la posición inicial en decúbito ventral, con los brazos a lo largo del cuerpo, al comando de "ya", el individuo debe levantarse, quedando en pie lo antes posible.

Levantarse de silla y desplazarse por la casa (LCLC) – el objetivo es evaluar la capacidad de agilidad y equilibrio, en situaciones de la vida. Con una silla fija en el suelo, se debe demarcar dos conos diagonalmente a la silla, a una distancia de cuatro metros atrás y tres metros para los lados derecho e izquierdo de la misma. El individuo inicia el test sentado en silla, con los pies fuera del suelo, y a la señal de "ya", él se levanta, se mueve para la derecha, circula el cono, retorna para silla, se sienta y retira ambos los pies del suelo. Sin pestañear, hace el mismo movimiento para la izquierda. Inmediatamente, realiza nuevo recorrido, para la derecha y para la izquierda, así terminando todo el recorrido y circulando cada cono dos veces, en menor tiempo posible.

Los tiempos de estos test habían sido contrastados en segundos. Este cálculo fue elaborado a través de la fórmula propuesta a seguir:

$$IG = \frac{[(C10m + LPS + LPDV) \times 2] + LCLC}{3}$$

Donde:

C10m, LPS, LPDV y LCLC = tiempo en segundos.  
IG = índice GDLAM.

## ANEXO 7. Cuestionario de Fatiga subjetiva (CIS-20).

### \*\*\*\*\* CIS20R \*\*\*\*\*

#### Instrucción:

En la página siguiente encontrará 20 afirmaciones. Con estas afirmaciones deseamos obtener una impresión de cómo se ha sentido durante las últimas dos semanas.

No omita ninguna declaración y coloque solo una cruz para cada declaración.

1. Me siento cansado
2. Me siento muy activo
3. Pensar requiere esfuerzo
4. Físicamente me siento agotado
5. Tengo ganas de hacer todo tipo de cosas bonitas
6. Me siento en forma
7. Hago bastante en un día
8. Cuando estoy haciendo algo, puedo concentrarme bastante bien
9. Me siento débil
10. No hago mucho durante el día
11. Puedo concentrarme bien
12. Me siento descansado
13. Tengo problemas para concentrarme
14. Físicamente siento que estoy en malas condiciones
15. Estoy lleno de planes
16. Me canso muy rápido
17. Tengo un rendimiento bajo
18. No tengo ganas de hacer nada
19. Mis pensamientos divagan con facilidad
20. Físicamente me siento en buena forma

#### PUNTUACIÓN CIS20R

Para los ítems: 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 15, 20 la puntuación es la siguiente:

sí, eso es cierto 1 2 3 4 5 6 7 no, eso no es cierto

Para los ítems: 1, 3, 4, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 18, 19 la puntuación es la siguiente:

sí, eso es cierto 7 6 5 4 3 2 1 no, eso no es cierto

Posteriormente se calculan las cuatro subescalas sumando los ítems respectivos:

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| <u>subescala 1:</u> Sensación subjetiva de fatiga | ítems 1, 4, 6, 9, 12, 14, 16, 20 |
| <u>subescala 2:</u> Concentración                 | ítems 3, 8, 11, 13, 19           |
| <u>subescala 3:</u> Motivación                    | ítems 2, 5, 15, 18               |
| <u>subescala 4:</u> Actividad física              | ítems 7, 10, 17                  |

## ANEXO 8. Cuestionario de salud infantil- 50 (CHQ- CVRS).

### Cuestionario de salud infantil Formulario para padres 50 preguntas (CHQ-PF50)

- En general, ¿cómo calificaría la salud de su hijo?
- ¿Su hijo ha estado limitado en alguna de las siguientes actividades debido a problemas de salud: hacer cosas que consumen mucha energía, como jugar fútbol o correr; hacer cosas que requieran algo de energía, como andar en bicicleta o patinar; capacidad (física) para moverse por el vecindario, el patio de recreo o la escuela; caminar una cuadra o subir un tramo de escaleras; agacharse, levantarse o agacharse; cuidar de sí mismo?
- ¿Se ha limitado el trabajo escolar o las actividades con amigos de su hijo de alguna de las siguientes maneras debido a dificultades emocionales o problemas con su comportamiento: limitado en el tipo de trabajo escolar o actividades con amigos que podría hacer; limitado en la cantidad de tiempo que él/ella podría pasar en el trabajo escolar o actividades con amigos; limitado en el desempeño de tareas escolares o actividades con amigos?
- ¿Se ha limitado el trabajo escolar o las actividades con amigos de su hijo de alguna de las siguientes maneras debido a problemas con su salud física: limitado en el tipo de trabajo escolar o actividades con amigos que podría hacer; limitado en la cantidad de tiempo que él/ella podría pasar en el trabajo escolar o actividades con amigos?
- ¿Cuánto dolor corporal o incomodidad ha tenido su hijo?
- ¿Con qué frecuencia ha tenido su hijo dolor o malestar corporal?
- ¿Con qué frecuencia cada una de las siguientes declaraciones describió a su hijo? Discutió mucho; tenía dificultad para concentrarse o prestar atención; mintió/engañó; robó cosas; ¿tenido rabietas?
- En comparación con otros niños de la edad de su hijo, en general, ¿cómo calificaría su comportamiento?
- ¿Cuánto tiempo cree que su hijo: sintió ganas de llorar; sentía solitario; actuó nervioso; molesto o molesto; ¿alegre?
- ¿Qué tan satisfecho cree que se ha sentido su hijo acerca de: su capacidad escolar; habilidad atlética; amistades; aspecto/apariencia; relaciones familiares; la vida en general?
- Mi hijo parece estar menos saludable que otros niños que conozco; Mi hijo nunca ha estado gravemente enfermo; Cuando hay algo dando vueltas, mi hijo suele atraparlo; Espero que mi hijo tenga una vida muy saludable; Me preocupo más por la salud de mi hijo que por otras personas.
- En comparación con hace un año, ¿cómo calificaría la salud de su hijo ahora?
- ¿Cuánta preocupación o preocupación emocional le causó cada uno de los siguientes: la salud física de su hijo; bienestar emocional o comportamiento; capacidad de atención o de aprendizaje?
- ¿Estuvo limitado en la cantidad de tiempo que tenía para sus propias necesidades debido a la salud física de su hijo; bienestar emocional o comportamiento; capacidad de atención o de aprendizaje?
- ¿Con qué frecuencia la salud o el comportamiento de su hijo ha limitado los tipos de actividades que pueden realizar en familia; interrumpió varias actividades familiares cotidianas; limitó su capacidad como familia para "recoger e irse"; causado tensión o conflicto; sido fuente de desacuerdos o discusiones en su familia; hizo que cancelara o cambiara planes (personales o laborales) en el último minuto?
- En general, ¿cómo calificaría la capacidad de su familia para llevarse bien entre sí?

## ANEXO 9. Escala de equilibrio de Berg (BBS).

### Escala de Equilibrio de Berg

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha de la prueba: \_\_\_\_\_

#### 1. En sedestación, levantarse.

Instrucciones: «Por favor, póngase de pie. No use las manos para apoyarse.»

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Necesita ayuda moderada a máxima para levantarse.
- 1 Necesita ayuda mínima para levantarse o estabilizarse.
- 2 Capaz de levantarse usando las manos tras varios intentos.
- 3 Capaz de levantarse con independencia usando las manos.
- 4 Capaz de levantarse sin usar las manos y de estabilizarse sin ayuda.

#### 2. Bipedestación sin apoyo.

Instrucciones: «Por favor, permanezca de pie 2 minutos sin cogerse a nada.»

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- 0 Incapaz de permanecer de pie 30 segundos sin ayuda.
- 1 Necesita varios intentos para mantenerse 30 segundos sin apoyarse.
- 2 Capaz de mantenerse 30 segundos sin apoyarse.

- ( ) 3 Capaz de mantenerse de pie 2 minutos con supervisión.
  - ( ) 4 Capaz de mantenerse de pie con seguridad durante 2 minutos.
- Si la persona puede estar de pie 2 minutos con seguridad, anota todos los puntos por sentarse sin apoyo (ítem 3). Pase al ítem 4.

**3. Sentarse sin apoyar la espalda con los pies en el suelo o en un escabel.**

Instrucciones: «Siéntese con los brazos cruzados sobre el pecho durante 2 minutos».

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Incapaz de sentarse sin apoyo durante 10 segundos.
- ( ) 1 Capaz de sentarse 10 segundos.
- ( ) 2 Capaz de sentarse 30 segundos.
- ( ) 3 Capaz de sentarse 2 minutos con supervisión.
- ( ) 4 Capaz de sentarse con seguridad durante 2 minutos.

**4. En bipedestación, sentarse.**

Instrucciones: «Por favor, siéntese».

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Necesita ayuda para sentarse.
- ( ) 1 Se sienta sin ayuda pero el descenso es incontrolado.
- ( ) 2 Usa el dorso de las piernas contra la silla para controlar el descenso.
- ( ) 3 Controla el descenso usando las manos.
- ( ) 4 Se sienta con seguridad y un uso mínimo de las manos.

**5. Transferencias.**

Instrucciones: «Por favor, pase de una a otra silla y vuelta a la primera.» (La persona pasa a una silla con brazos y luego a otra sin ellos.) Las sillas se disponen para pivotar en la transferencia.

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Necesita dos personas para ayudar o supervisar.
- ( ) 1 Necesita una persona para ayudar.
- ( ) 2 Capaz de practicar la transferencia con claves verbales y/o supervisión.
- ( ) 3 Capaz de practicar la transferencia con seguridad usando las manos.
- ( ) 4 Capaz de practicar la transferencia con seguridad usando mínimamente las manos.

**6. \*Bipedestación sin apoyo y con los ojos cerrados.**

Instrucciones: «Cierre los ojos y permanezca de pie parado durante 10 segundos».

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Necesita ayuda para no caerse.
- ( ) 1 Incapaz de cerrar los ojos 3 segundos pero se mantiene estable.
- ( ) 2 Capaz de permanecer de pie 3 segundos.
- ( ) 3 Capaz de permanecer de pie 10 segundos con supervisión.
- ( ) 4 Capaz de permanecer de pie 10 segundos con seguridad.

**7. \*Bipedestación sin apoyo con los pies juntos.**

Instrucciones: «Junte los pies y permanezca de pie sin apoyarse en nada».

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Necesita ayuda para mantener el equilibrio y no aguanta 15 segundos.
- ( ) 1 Necesita ayuda para mantener el equilibrio, pero aguanta 15 segundos con los pies juntos.
- ( ) 2 Capaz de juntar los pies sin ayuda, pero incapaz de aguantar 30 segundos.
- ( ) 3 Capaz de juntar los pies sin ayuda y permanecer de pie 1 minuto con supervisión.

- ( ) 4 Capaz de juntar los pies sin ayuda y permanecer de pie 1 minuto con seguridad. Los ítems siguientes deben practicarse de pie sin apoyo alguno.

**8. \*Estirarse hacia delante con el brazo extendido.**

Instrucciones: «Levante el brazo hasta 90°. Extienda los dedos y estírese hacia delante todo lo posible». (El examinador sitúa una regla al final de las yemas de los dedos cuando el brazo adopta un ángulo de 90°. Los dedos no deben tocar la regla mientras el practicante se estira. La medida registrada es la distancia que alcanzan los dedos en sentido anterior mientras la persona se inclina hacia delante.)

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Necesita ayuda para no caerse.  
( ) 1 Se estira hacia delante pero necesita supervisión.  
( ) 2 Puede estirarse hacia delante más de 5 cm con seguridad.  
( ) 3 Puede estirarse hacia delante más de 12,7 cm con seguridad.  
( ) 4 Puede estirarse hacia delante con confianza más de 25 cm.

**9. \*Coger un objeto del suelo en bipedestación.**

Instrucciones: «Por favor, recoja el zapato/zapatilla situada delante de sus pies».

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Incapaz de intentarlo/necesita ayuda para no perder el equilibrio o caerse.  
( ) 1 Incapaz de recoger la zapatilla y necesita supervisión mientras lo intenta.  
( ) 2 Incapaz de recoger la zapatilla, pero se acerca a 2,5-5 cm y mantiene el equilibrio sin ayuda.  
( ) 3 Capaz de recoger la zapatilla pero con supervisión.  
( ) 4 Capaz de recoger la zapatilla con seguridad y facilidad.

**10. \*En bipedestación, girar la cabeza hacia atrás sobre los hombros derecho e izquierdo.**

Instrucciones: «Gire el tronco para mirar directamente sobre el hombro izquierdo. Ahora pruebe a mirar por encima del hombro derecho».

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Necesita ayuda para no caerse.  
( ) 1 Necesita supervisión en los giros.  
( ) 2 Gira sólo de lado, pero mantiene el equilibrio.  
( ) 3 Mira sólo hacia atrás por un lado; el otro lado muestra un desplazamiento menor del peso.  
( ) 4 Mira hacia atrás por ambos lados y practica un buen desplazamiento del peso.

**11. \*Giro de 360°.**

Instrucciones: «Dé una vuelta completa en círculo. Haga una pausa, y luego trace el círculo de vuelta en la otra dirección».

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Necesita ayuda mientras gira.  
( ) 1 Necesita estrecha supervisión u órdenes verbales.  
( ) 2 Capaz de girar 360° con seguridad pero con lentitud.  
( ) 3 Capaz de girar 360° con seguridad sólo por un lado en menos de 4 segundos.  
( ) 4 Capaz de girar 360° con seguridad en menos de 4 segundos por ambos lados.

**12. \*Subir alternativamente un pie sobre un escalón o escabel en bipedestación sin apoyo.**

Instrucciones: «Coloque primero un pie y luego el otro sobre un escalón (escabel). Continúe hasta haber subido ambos pies cuatro veces». (Recomendamos el uso de un escalón de 15 cm.)

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Necesita ayuda para no caer/incapaz de intentarlo.
- ( ) 1 Capaz de completar menos de dos pasos; necesita ayuda mínima.
- ( ) 2 Capaz de completar cuatro pasos sin ayuda pero con supervisión.
- ( ) 3 Capaz de estar de pie sin ayuda y completar los ocho pasos en más de 20 segundos.
- ( ) 4 Capaz de estar de pie sin ayuda y con seguridad, y completar los ochos pasos en menos de 20 segundos.

### 13. \*Bipedestación sin apoyo con un pie adelantado.

Instrucciones: «Ponga un pie justo delante del otro. Si le parece que no puede ponerlo justo delante, trate de avanzar lo suficiente el pie para que el talón quede por delante de los dedos del pie atrasado». (Haga una demostración.)

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

- ( ) 0 Pierde el equilibrio mientras da el paso o está de pie.
- ( ) 1 Necesita ayuda para dar el paso, pero aguanta 15 segundos.
- ( ) 2 Capaz de dar un pasito sin ayuda y aguantar 30 segundos.
- ( ) 3 Capaz de poner un pie delante del otro sin ayuda y aguantar 30 segundos.
- ( ) 4 Capaz de colocar los pies en tándem sin ayuda y aguantar 30 segundos.

### 14. \*Monopedestación.

Instrucciones: «Permanezca de pie sobre una sola pierna todo lo que pueda sin apoyarse en nada».

Graduación: Por favor, señale la categoría menor que más se ajuste.

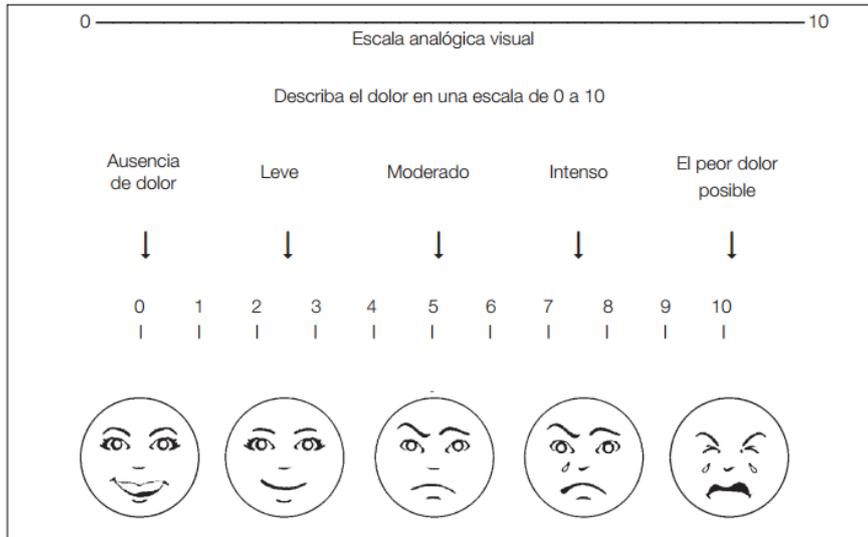
- ( ) 0 Incapaz de intentarlo o necesita ayuda para no caerse.
- ( ) 1 Intenta levantar la pierna; es incapaz de aguantar 3 segundos, pero se mantiene de pie sin ayuda.
- ( ) 2 Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar 3 segundos.
- ( ) 3 Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar 5 a 10 segundos.
- ( ) 4 Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar más de 10 segundos.

Puntuación total /56

Nota. Practicar sólo 6 ítems de los 14 (\*) en la versión modificada de la escala. La puntuación máxima de la versión modificada es 36 puntos.

De *FallProof* de Debra J. Rose, 2003, Champaign, IL: Human Kinetics. Reproducido de Berg, 1992.

## ANEXO 10. Escala análoga visual (VAS).



## ANEXO 11. "Medida de la función motora gruesa" (GMFM 66).

Marque con (X) la puntuación correspondiente: si un ítem no es evaluado (NE), rodee el número del ítem en la columna derecha

Ítem	A: DECÚBITOS Y VOLTEO	PUNTUACIÓN				NE
1.	SUP: CABEZA EN LA LÍNEA MEDIA: GIRA LA CABEZA HACIA AMBOS LADOS CON LAS EXTREMIDADES SIMÉTRICAS.....	0	1	2	3	1.
* 2.	SUP: LLEVA LAS MANOS A LA LÍNEA MEDIA, JUNTANDO LOS DEDOS DE AMBAS MANOS.....	0	1	2	3	2.
3.	SUP: LEVANTA LA CABEZA 45°.....	0	1	2	3	3.
4.	SUP: FLEXIONA CADERA Y RODILLA DERECHA COMPLETAMENTE.....	0	1	2	3	4.
5.	SUP: FLEXIONA CADERA Y RODILLA IZQUIERDA COMPLETAMENTE.....	0	1	2	3	5.
* 6.	SUP: ESTIRA EL BRAZO DERECHO, LA MANO CRUZA LA LÍNEA MEDIA PARA TOCAR UN JUGUETE.....	0	1	2	3	6.
* 7.	SUP: ESTIRA EL BRAZO IZQUIERDO, LA MANO CRUZA LA LÍNEA MEDIA PARA TOCAR UN JUGUETE.....	0	1	2	3	7.
8.	SUP: SE VOLTEA HASTA PRONO SOBRE EL LADO DERECHO.....	0	1	2	3	8.
9.	SUP: SE VOLTEA HASTA PRONO SOBRE EL LADO IZQUIERDO.....	0	1	2	3	9.
* 10.	PR: LEVANTA LA CABEZA ERGUIDA.....	0	1	2	3	10.
11.	PR SOBRE ANTEBRAZOS: LEVANTA LA CABEZA ERGUIDA, CODOS EXTENDIDOS, PECHO ELEVADO.....	0	1	2	3	11.
12.	PR SOBRE ANTEBRAZOS: CARGA EL PESO SOBRE EL ANTEBRAZO DERECHO, EXTIENDE COMPLETAMENTE EL BRAZO OPUESTO HACIA DELANTE.....	0	1	2	3	12.
13.	PR SOBRE ANTEBRAZOS: CARGA EL PESO SOBRE EL ANTEBRAZO IZQUIERDO, EXTIENDE COMPLETAMENTE EL BRAZO OPUESTO HACIA DELANTE.....	0	1	2	3	13.
14.	PR: SE VOLTEA HASTA SUPINO SOBRE EL LADO DERECHO.....	0	1	2	3	14.
15.	PR: SE VOLTEA HASTA SUPINO SOBRE EL LADO IZQUIERDO.....	0	1	2	3	15.
16.	PR: PIVOTA 90° HACIA LA DERECHA USANDO LAS EXTREMIDADES.....	0	1	2	3	16.
17.	PR: PIVOTA 90° HACIA LA IZQUIERDA USANDO LAS EXTREMIDADES.....	0	1	2	3	17.

TOTAL DIMENSIÓN A

Ítem	B: SENTADO	PUNTUACIÓN				NE
* 18.	SUP, MANOS SUJETAS POR EL EXAMINADOR: TIRA DE SÍ MISMO PARA SENTARSE CONTROLANDO LA CABEZA.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	18.
19.	SUP: SE VOLTEA HACIA EL LADO DERECHO Y CONSIGUE SENTARSE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	19.
20.	SUP: SE VOLTEA HACIA EL LADO IZQUIERDO Y CONSIGUE SENTARSE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	20.
* 21.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA, EL TERAPEUTA LE SUJETA POR EL TÓRAX: LEVANTA LA CABEZA ERGUIDA, LA MANTIENE 3 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	21.
* 22.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA, EL TERAPEUTA LE SUJETA POR EL TÓRAX: LEVANTA LA CABEZA EN LA LINEA MEDIA, LA MANTIENE 10 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	22.
* 23.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA, CON BRAZO/S APOYADO/S: SE MANTIENE 5 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	23.
* 24.	SENTADO EN LA COLCHONETA: SE MANTIENE SIN APOYAR LOS BRAZOS 3 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	24.
* 25.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA CON UN JUGUETE PEQUEÑO EN FRENTE: SE INCLINA HACIA DELANTE, TOCA EL JUGUETE Y SE REINCORPORA SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	25.
* 26.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: TOCA UN JUGUETE COLOCADO A 45° A LA DERECHA Y DETRÁS DEL NIÑO, VUELVE A LA POSICION INICIAL.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	26.
* 27.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: TOCA UN JUGUETE COLOCADO A 45° A LA IZQUIERDA Y DETRÁS DEL NIÑO, VUELVE A LA POSICION INICIAL.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	27.
28.	SENTADO SOBRE EL LADO DERECHO: SE MANTIENE SIN APOYAR LOS BRAZOS 5 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	28.
29.	SENTADO SOBRE EL LADO IZQUIERDO: SE MANTIENE SIN APOYAR LOS BRAZOS 5 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	29.
* 30.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: DESCENDE HASTA PR CON CONTROL.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	30.
* 31.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA CON LOS PIES AL FRENTE: LOGRA LA POSICION DE APOYO SOBRE 4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO) SOBRE EL LADO DERECHO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	31.
* 32.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA CON LOS PIES AL FRENTE: LOGRA LA POSICION DE APOYO SOBRE 4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO) SOBRE EL LADO IZQUIERDO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	32.
33.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: PIVOTA 90° SIN AYUDA DE LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	33.
* 34.	SENTADO EN UN BANCO: SE MANTIENE SIN APOYAR LOS BRAZOS Y LOS PIES, 10 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	34.
* 35.	DE PIE: CONSIGUE SENTARSE EN UN BANCO BAJO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	35.
* 36.	SOBRE EL SUELO: CONSIGUE SENTARSE EN UN BANCO BAJO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	36.
* 37.	SOBRE EL SUELO: CONSIGUE SENTARSE EN UN BANCO ALTO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	37.

TOTAL DIMENSIÓN B

Ítem	C: GATEO Y DE RODILLAS	PUNTUACIÓN				NE
38.	PR: RASTREA HACIA DELANTE 1,8m.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	38.
* 39.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): SE MANTIENE CON EL PESO SOBRE MANOS Y RODILLAS, 10 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	39.
* 40.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): CONSIGUE SENTARSE SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	40.
* 41.	PR: CONSIGUE EL APOYO SOBRE 4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO) CON EL PESO SOBRE MANOS Y RODILLAS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	41.
* 42.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): EXTIENDE HACIA DELANTE EL BRAZO DERECHO, MANO POR ENCIMA DEL NIVEL DEL HOMBRO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	42.
* 43.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): EXTIENDE HACIA DELANTE EL BRAZO IZQUIERDO, MANO POR ENCIMA DEL NIVEL DEL HOMBRO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	43.
* 44.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): GATEA O SE DESPLAZA SENTADO HACIA ADELANTE 1,8m.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	44.
* 45.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): GATEA DISOCIADAMENTE HACIA ADELANTE 1,8m.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	45.
* 46.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): SUBE 4 ESCALONES GATEANDO SOBRE MANOS Y RODILLAS/PIES.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	46.
47.	4 PUNTOS (POSICIÓN DE GATEO): BAJA 4 ESCALONES GATEANDO HACIA ATRÁS SOBRE MANOS Y RODILLAS/PIES.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	47.
* 48.	SENTADO SOBRE LA COLCHONETA: CONSIGUE PONERSE DE RODILLAS USANDO LOS BRAZOS, SE MANTIENE 10 SEGUNDOS SIN APOYARLOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	48.
49.	DE RODILLAS: CONSIGUE LA POSICIÓN DE CABALLERO SOBRE LA RODILLA DERECHA USANDO LOS BRAZOS, SE MANTIENE 10 SEGUNDOS SIN APOYARLOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	49.
50.	DE RODILLAS: CONSIGUE LA POSICIÓN DE CABALLERO SOBRE LA RODILLA IZQUIERDA USANDO LOS BRAZOS, SE MANTIENE 10 SEGUNDOS SIN APOYARLOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	50.
* 51.	DE RODILLAS: CAMINA DE RODILLAS HACIA ADELANTE 10 PASOS, SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	51.

TOTAL DIMENSIÓN C

Ítem	D: DE PIE	PUNTUACIÓN				NE
* 52.	SOBRE EL SUELO: SE PONE DE PIE AGARRÁNDOSE DE UN BANCO ALTO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	52.
* 53.	DE PIE: SE MANTIENE, SIN APOYAR LOS BRAZOS, 3 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	53.
* 54.	DE PIE: AGARRÁNDOSE A UN BANCO ALTO CON UNA MANO, LEVANTA EL PIE DERECHO, 3 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	54.
* 55.	DE PIE: AGARRÁNDOSE A UN BANCO ALTO CON UNA MANO, LEVANTA EL PIE IZQUIERDO, 3 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	55.
* 56.	DE PIE: SE MANTIENE, SIN APOYAR LOS BRAZOS, 20 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	56.
* 57.	DE PIE: LEVANTA EL PIE IZQUIERDO, SIN APOYAR LOS BRAZOS, 10 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	57.
* 58.	DE PIE: LEVANTA EL PIE DERECHO, SIN APOYAR LOS BRAZOS, 10 SEGUNDOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	58.
* 59.	SENTADO EN UN BANCO BAJO: CONSIGUE PONERSE DE PIE SIN USAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	59.
* 60.	DE RODILLAS: CONSIGUE PONERSE DE PIE MEDIANTE LA POSICIÓN DE CABALLERO SOBRE LA RODILLA DERECHA SIN USAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	60.
* 61.	DE RODILLAS: CONSIGUE PONERSE DE PIE MEDIANTE LA POSICIÓN DE CABALLERO SOBRE LA RODILLA IZQUIERDA SIN USAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	61.
* 62.	DE PIE: DESCENDE CON CONTROL PARA SENTARSE EN EL SUELO, SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	62.
* 63.	DE PIE: CONSIGUE PONERSE EN CUCLILLAS SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	63.
* 64.	DE PIE: RECOGE UN OBJETO DEL SUELO, VUELVE A PONERSE DE PIE SIN APOYAR LOS BRAZOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	64.

TOTAL DIMENSIÓN D

Ítem	E: CAMINAR, CORRER Y SALTAR	PUNTUACIÓN				NE
* 65.	DE PIE, CON LAS 2 MANOS SOBRE UN BANCO ALTO: DA 5 PASOS A LA DERECHA, APOYÁNDOSE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	65.
* 66.	DE PIE, CON LAS 2 MANOS SOBRE UN BANCO ALTO: DA 5 PASOS A LA IZQUIERDA, APOYÁNDOSE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	66.
* 67.	DE PIE, SUJETO POR LAS 2 MANOS: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	67.
* 68.	DE PIE, SUJETO POR 1 MANO: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	68.
* 69.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	69.
* 70.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE, SE DETIENE, GIRA 180° Y REGRESA.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	70.
* 71.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS HACIA ATRÁS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	71.
* 72.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS HACIA ADELANTE, LLEVANDO UN OBJETO GRANDE CON LAS 2 MANOS.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	72.
* 73.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS CONSECUTIVOS HACIA ADELANTE ENTRE LINEAS PARALELAS SEPARADAS 20CM.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	73.
* 74.	DE PIE: CAMINA 10 PASOS CONSECUTIVOS HACIA ADELANTE SOBRE UNA LINEA RECTA DE 2CM DE ANCHO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	74.

* 75.	DE PIE: PASA POR ENCIMA DE UN PALO SITUADO A LA ALTURA DE LAS RODILLAS, COMIENZA CON EL PIE DERECHO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	75.
* 76.	DE PIE: PASA POR ENCIMA DE UN PALO SITUADO A NIVEL DE LAS RODILLAS, COMIENZA CON EL PIE IZQUIERDO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	76.
* 77.	DE PIE: CORRE 4,5m, SE DETIENE Y REGRESA.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	77.
* 78.	DE PIE: DA UNA PATADA A UN BALÓN CON EL PIE DERECHO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	78.
* 79.	DE PIE: DA UNA PATADA A UN BALÓN CON EL PIE IZQUIERDO.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	79.
* 80.	DE PIE: SALTA 30cm DE ALTURA CON AMBOS PIES A LA VEZ.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	80.
* 81.	DE PIE: SALTA HACIA ADELANTE 30cm CON AMBOS PIES A LA VEZ.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	81.
* 82.	DE PIE: SALTA A PATA COJA SOBRE EL PIE DERECHO 10 VECES DENTRO DE UN CÍRCULO DE 60cm.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	82.
* 83.	DE PIE: SALTA A PATA COJA SOBRE EL PIE IZQUIERDO 10 VECES DENTRO DE UN CÍRCULO DE 60cm.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	83.
* 84.	DE PIE, AGARRÁNDOSE A LA BARANDILLA: SUBE 4 ESCALONES, AGARRÁNDOSE A LA BARANDILLA, ALTERNANDO LOS PIES.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	84.
* 85.	DE PIE, AGARRÁNDOSE A LA BARANDILLA: BAJA 4 ESCALONES, AGARRÁNDOSE A LA BARANDILLA, ALTERNANDO LOS PIES.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	85.
* 86.	DE PIE: SUBE 4 ESCALONES, ALTERNANDO LOS PIES.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	86.
* 87.	DE PIE: BAJA 4 ESCALONES, ALTERNANDO LOS PIES.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	87.
* 88.	DE PIE SOBRE UN ESCALÓN DE 15cm: SALTA DEL ESCALÓN CON AMBOS PIES A LA VEZ.....	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	88.

TOTAL DIMENSIÓN E

¿Fue esta evaluación indicativa del rendimiento "habitual" del niño? SÍ  NO

COMENTARIOS:

---



---



---



---



---



---



---