Universidad de Valladolid

Facultad de Fisioterapia de Soria

FACULTAD DE

FISIOTERAPIA DE SORIA

Grado en Fisioterapia

TRABAJO FIN DE GRADO

FISIOTERAPIA PARA LA RECUPERACIÓN DE LA MARCHA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO INFERIOR. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Autora: Silvia Escobedo Camacho

Tutora: Lucía Pérez Gallardo

Soria, 2 de septiembre de 2019

ÍNDICE

RESUMEN 1
1. INTRODUCCIÓN 2
1.1. AMPUTACIÓN DE MIEMBRO INFERIOR 2
1.1.1. Etiología 3
1.1.2. Prevalencia 3
1.1.3. Consideraciones específicas en amputados pediátricos 4
1.2. LA MARCHA NORMAL 4
1.2.1. Análisis de la marcha 6
1.3. ADQUISICIÓN DE LA MARCHA DURANTE EL PERIODO DE LA INFANCIA 7
1.4. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA MARCHA EN LOS PACIENTES PEDIÁTRICOS AMPUTADOS DE MIEMBRO INFERIOR 8
1.5. FISIOTERAPIA GENERAL EN EL AMPUTADO DE MIEMBRO INFERIOR 10
1.6. HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROGRESO EN LA REHABILITACIÓN 12
2. JUSTIFICACIÓN 15
3. OBJETIVOS 15
4. MATERIAL Y MÉTODOS 16
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 18
5.1. CARACTERÍSTICAS Y TAMAÑO DE LAS MUESTRAS 18
5.2. OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS Y TRATAMIENTOS DE FISIOTERAPIA APLICADOS 19
5.3. PARÁMETROS Y ESCALAS DE VALORACIÓN UTILIZADAS EN LOS TRABAJOS 23
5.4. LIMITACIONES 24
6. CONCLUSIONES 25
7. BIBLIOGRAFÍA 26
ANEXO 30
Anexo I. Tabla resumen de los artículos utilizados en la discusión. 30

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Niveles de amputación del miembro inferior. 2

Figura 2. Fases de la marcha. 6

Figura 3. Parámetros espaciales de la marcha. 6

Figura 4. Comparación del COP entre individuos sanos (TD) e individuos con amputación transfemoral (TD) y de Van Ness (VN). 24

Tabla 1. Estrategia de búsqueda aplicada en las diferentes fuentes documentales y artículos seleccionados. 16

Tabla 2. Número de participantes amputados en cada estudio según el nivel de amputación 19

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AIMS	*Albert Infants Motor Scale*
AMP	*Amputee mobility predictor*
COP	Centro de gravedad
EEII	Extremidades inferiores
EESS	Extremidades superiores
FC	Frecuencia cardiaca
FMA	*Functional Movility Assessment*
GC	Grupo control
GE	Grupo experimental
ROM	Rango de movimiento articular.
TD	*Typical Development*
TFA	Amputación transfemoral
TTA	Amputación transtibial
TUDS	*Timed up and down stairs*
TUG	*Timed up and go*
VO2	Tasa consumo de oxígeno

RESUMEN

Introducción: la amputación de una extremidad es la separación completa de una parte del cuerpo del resto del organismo, se trata de un proceso devastador con gran impacto a nivel psicológico y físico. En España 1'8 de cada 1.000 personas viven con alguna amputación de sus miembros. La amputación de miembro inferior en pediatría es menos frecuente, pero de igual forma, provoca una necesidad de adaptación del individuo en numerosos ámbitos de su vida. Esta adaptación guiada por especialistas puede alcanzar resultados funcionales óptimos.

Objetivo: conocer las posibilidades que ofrece la fisioterapia en la reeducación de la marcha en el paciente amputado de miembro inferior adaptada en pediatría, así como las herramientas validadas que acompañan todo el proceso de rehabilitación.

Material y métodos: se realizó una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos utilizando los motores de búsqueda *Web of Science* y *Pubmed*, durante los meses de junio, julio y agosto de 2019. La estrategia de búsqueda incluía diferentes términos Mesh, como *"Child*", "adolescen*", "pediatr*", "amput*", "lower limb amputation", "physiotherapy", "phisical therapy", "exercise therapy", "mobil*", "ambulat*", "walk*", "locomotion", "gait", "balance"* y *"prosthesis".* Tras pasar una serie de criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron un total de 6 artículos para la realización de esta revisión.

Resultado y discusión: los artículos incluidos son bastante heterogéneos entre sí, pero nos brindan información muy interesante acerca de las diferentes fases de rehabilitación de la marcha. Se registran las características que definen a los distintos pacientes según la etiología o el nivel de amputación y las diferencias que existen en comparación con niños sanos de edad similar. Los tratamientos aplicados van desde la terapia del neurodesarrollo basada en el concepto *NDT-Bobath*, pasando por ejercicios simples realizados en el hogar, hasta un programa de videojuegos con el uso de una plataforma Wii-Fit. Las herramientas de valoración incluidas en los estudios nos aportan una base de trabajo muy importante a la hora de tomar decisiones por parte del equipo sanitario.

Conclusiones: se necesita un mayor número de estudios, que introduzcan una muestra de población más grande y más homogénea en cuanto al cuadro médico del paciente, con una mayor duración e inclusión de tratamientos más actualizados y específicos en fisioterapia. El proceso de una amputación no se da de la misma forma en la edad adulta que en pediatría, aunque existan similitudes no debe tratarse de igual manera, actualmente existe un vacío de información que debe ser cubierto en cuanto al abordaje de este tipo de pacientes.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. AMPUTACIÓN DE MIEMBRO INFERIOR

Una amputación es la separación completa de una parte del cuerpo del resto del organismo. Una amputación de miembro inferior es el resultado de la pérdida de una extremidad inferior o parte de la misma[1]. En cualquier caso la amputación es una medida que se debe tomar cuando la vida del paciente corre peligro.

Dentro de las amputaciones de miembro inferior existen múltiples opciones que varían según la etiología y el nivel de amputación. Las más frecuentes según el nivel de amputación quedan recogidas en la figura 1:

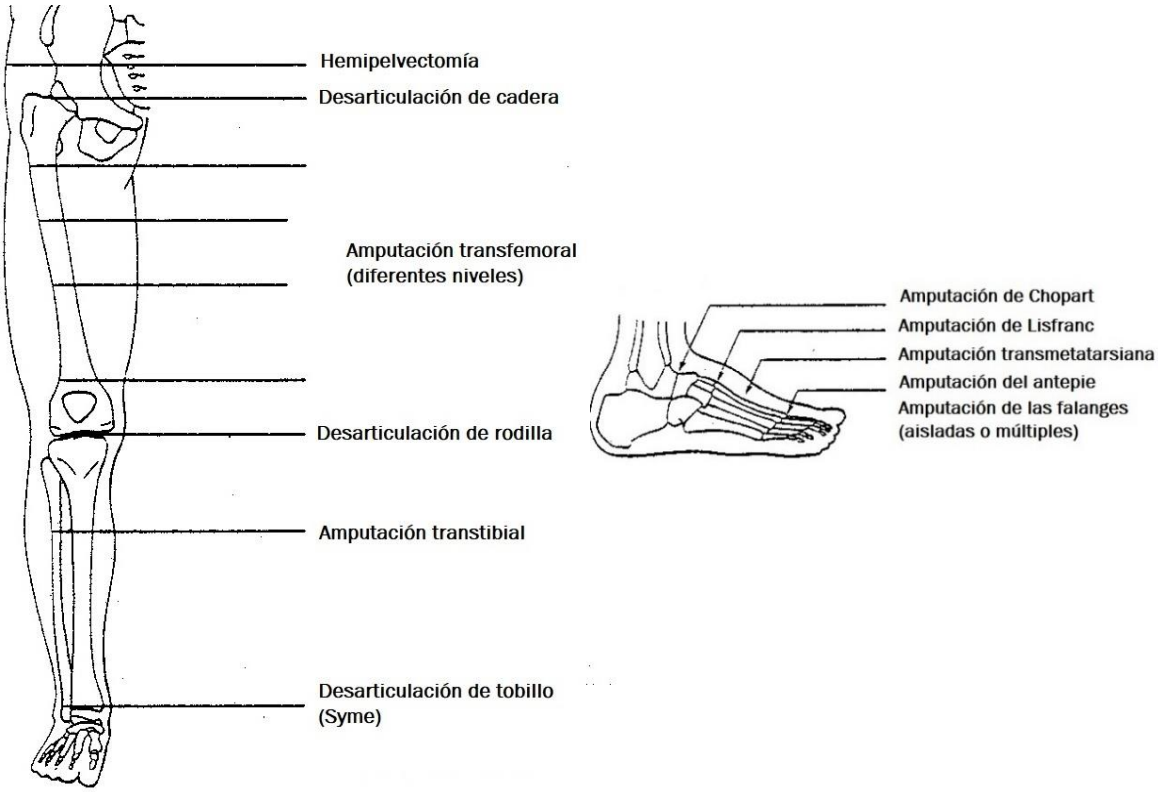

Figura 1. Niveles de amputación del miembro inferior. Fuente modificada. Disponible en: https://www.adepa.fr/autour-de-lamputation/niveaux-damputation/

Se dan numerosos casos en los que dentro del equipo sanitario se plantea el dilema entre conservar la extremidad enferma o bien amputar y utilizar una prótesis. En estas situaciones el equipo médico es el que debe valorar si el paciente reúne las condiciones médicas necesarias para utilizar una prótesis de una forma efectiva.

Por su parte los cirujanos tienden a conservar la máxima longitud del muñón en las amputaciones, ya que una mayor longitud permite controlar con más facilidad la prótesis. De la misma manera se procura preservar siempre que sea posible la articulación de la rodilla, ya que una amputación infracondilea es en general más favorable para el amputado[1]. Es tan importante salvar la articulación de la rodilla que observamos plastias como la "rotación de Van Ness" en la que la articulación del tobillo sustituye la extirpación de la rodilla[2].

1.1.1. Etiología

En las sociedades occidentales, las causas más comunes de amputación son:

- Patologías congénitas, ausencia o deficiencia congénita de la extremidad, en este grupo se englobarían también las agenesias.
- Lesiones tumorales: cáncer.
- Traumatismos: accidentes de tráfico, laborales, bélicos, etc.
- Enfermedades del sistema vascular periférico, en este caso la causa más habitual es la diabetes.

Las causas de amputación inciden de distinta manera según los grupos de edad. En las personas de más de 50 años las lesiones vasculares periféricas suponen la mayor causa de las amputaciones[3]. En cambio, aproximadamente dos tercios de las amputaciones pediátricas se deben a factores congénitos. La tercera parte restante, son por causa adquirida, de las cuales un 75% es resultado de un traumatismo y un 25% es consecuencia de una enfermedad, como el osteosarcoma[4].

1.1.2. Prevalencia

En España, según los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística (2008), aproximadamente 80.000 personas tienen algún tipo de amputación, 1'8 de cada 1.000 personas viven con alguna amputación de sus miembros.

En cuanto a la población pediátrica se refiere, no ha sido posible encontrar esta información en nuestro país. Los datos recogidos en Estados Unidos muestran que la mayor parte de las pérdidas de extremidades en la infancia se deben a enfermedades congénitas con una incidencia de 3'5 a 7'1 por cada 10.000 nacimientos [3].

1.1.3. Consideraciones específicas en amputados pediátricos

En caso de ser necesaria la amputación en los niños, estos no deben ser tratados como adultos de un menor tamaño. Hay que tener presente que es una fase de la vida en la que el desarrollo óseo está en pleno auge ya que el crecimiento real del cuerpo es principalmente el crecimiento óseo[5]. Por ello antes de llevar a cabo la amputación en un niño hay que procurar[6].

- Conservar la longitud del miembro.
- Conservar los cartílagos de crecimiento importantes.
- Realizar desarticulaciones en vez de amputaciones transóseas.
- Siempre que sea posible se debe conservar la articulación de la rodilla.
- Estabilizar y normalizar la porción proximal de la extremidad.

Además hay que tener en cuenta otras circunstancias que son en muchos casos, la causa de las reintervenciones quirúrgicas en amputados pediátricos.

En los niños, se produce un crecimiento excesivo en los puntos distales de la amputación. Esta hiperostosis es secundaria a una neoformación ósea perióstica aposicional en sentido distal, y no a un crecimiento proximal de la epífisis, por lo que la epifiodesis no evita el crecimiento óseo[6].

"El sobrecrecimiento aposicional del muñón se produce en el 4 al 35% de los niños, siendo más común en la amputación por debajo de la rodilla[4]"

Otro problema frecuente, que sólo afecta a niños en crecimiento, es la luxación rotuliana y la presencia de rótula alta por el apoyo en el polo inferior de la rótula que ejerce la prótesis[6]. También existe la posibilidad de que la cicatriz se desplace hacia el polo distal del muñón debido al crecimiento de la extremidad.

1.2. LA MARCHA NORMAL

La marcha madura se caracteriza por un patrón de movimiento cíclico y automatizado, acompañado de movimientos alternantes de tronco y brazos mientras se dan oscilaciones mínimas del centro de gravedad [7].

El ciclo de la marcha se corresponde con la longitud de zancada, es el tiempo comprendido desde el contacto de un talón con el suelo, hasta el siguiente contacto del mismo talón con el suelo. Cada ciclo se divide en dos fases, una de apoyo y otra de balanceo u oscilación que van alternando de una extremidad a otra (Figura 2).

- La fase de apoyo comprende el 60% del ciclo y abarca el tiempo desde que el talón se pone en contacto con el suelo hasta que la punta del mismo pie se despega por completo. A su vez se puede dividir en otras cinco fases:
  - Contacto del talón: se produce cuando el talón toca el suelo, con la rodilla en extensión y el tobillo en posición neutra. La articulación coxofemoral se encuentra en ligera flexión y el tronco está rotado.
  - Apoyo plantar: se añade el contacto con el suelo de la parte anterior del pie. En esta fase el tobillo comienza a realizar flexión plantar hasta llegar a la siguiente fase y la rodilla gana flexión a la vez que la articulación de la cadera va ganando extensión.
  - Apoyo medio o pie plano sobre el suelo. En esta fase el miembro inferior está alineado, con la articulación coxofemoral y el tobillo en posición neutra. La rodilla se encuentra en ligera flexión.
  - Despegue o elevación del talón: el contacto se queda reducido al antepié. Comienza a aparecer la flexión plantar del tobillo. La rodilla pierde flexión y se encuentra prácticamente en posición neutra, la coxofemoral comienza a realizar una extensión.
  - Despegue del pie: se produce un despegue completo del pie. El tobillo aumenta la flexión plantar, la rodilla se flexiona unos 40ª aproximadamente y la coxofemoral comienza a realizar una flexión.

- La fase de oscilación abarca el 40% restante del ciclo de la marcha, es el periodo de tiempo en el que las extremidades no están en contacto con el suelo. Podemos subdividirla en tres fases distintas:
  - Aceleración: es la fase inicial y comprende aproximadamente el primer tercio del periodo de oscilación. Se produce inmediatamente después de que los dedos se despeguen del suelo. En esta fase el miembro inferior realiza un avance mientras el pie se encuentra en el aire, con el tobillo en posición neutra, la rodilla en flexión y la coxofemoral en posición neutra a ligera flexión.
  - Balanceo medio: la extremidad se encuentra en el aire, en proceso de adelantar o superar a la pierna en apoyo. El pie está en posición neutra, la rodilla y la coxofemoral se encuentran en flexión.
  - Desaceleración: se produce una disminución de la velocidad hasta que el talón toca el suelo y se comienza de nuevo el siguiente ciclo[8].

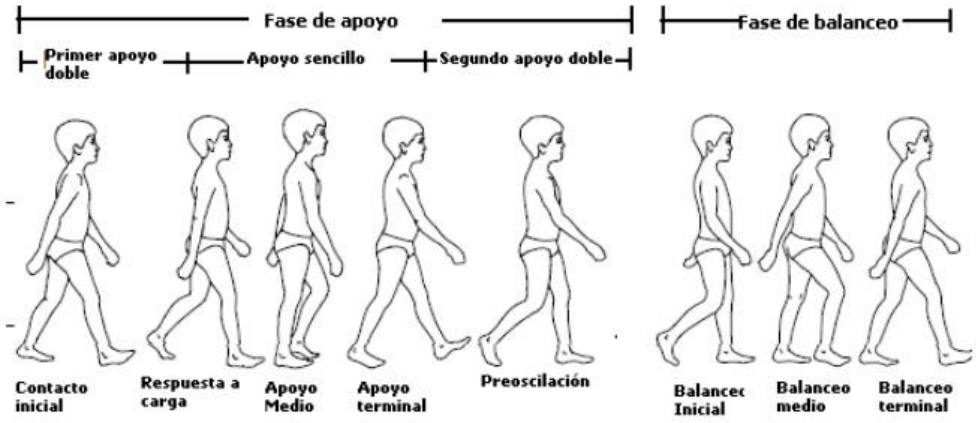

Figura 2. Fases de la marcha. Fuente[9].

1.2.1. Análisis de la marcha

Para la realización del análisis de la marcha se tienen en cuenta parámetros espaciales y temporales.

Dentro de los parámetros espaciales se tienen en cuenta los siguientes (Figura 3):

- La longitud de paso se corresponde con la distancia lineal que separa el apoyo inicial de un pie del apoyo inicial del pie contralateral.
- La longitud de zancada es la distancia entre dos contactos de talón consecutivos de la misma extremidad.
- La anchura de paso es la distancia entre ambos talones, está relacionada directamente con el equilibrio.
- El ángulo del pie, se refiere a la orientación del pie durante el apoyo, se trata del ángulo trazado entre la cabeza del segundo metatarsiano en relación a recta que dibuja la dirección de la marcha (12).

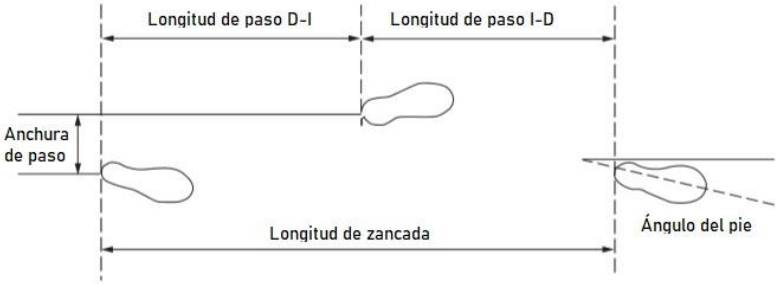

Figura 3. Parámetros espaciales de la marcha. Fuente [10].

Los parámetros temporales incluyen:

- La velocidad de la marcha es la relación de la distancia recorrida en dirección de la marcha por unidad de tiempo.
- La cadencia es el número de pasos que se realizan por unidad de tiempo.
- El tiempo de paso se entiende como el periodo que trascurre desde que un talón contacta con el suelo hasta que el talón contrario contacta también.

1.3. ADQUISICIÓN DE LA MARCHA DURANTE EL PERIODO DE LA INFANCIA

Tanto la maduración del sistema nervioso central como el aprendizaje contribuyen a la evolución de la marcha[11]. Dentro de la bibliografía existen varias controversias a cerca del momento en que la marcha del niño se considera "madura".

Un niño en condiciones normales adquiere la capacidad de caminar con apoyo aproximadamente cuando cumple un año de edad y empezará a hacerlo de forma independiente sobre los 15 meses[8].

Al alcanzar dicha marcha independiente el niño adopta la siguiente postura: la base de sustentación está aumentada para mantener el equilibrio, las rodillas y cadera se encuentran en hiperflexión junto con una inclinación anterior del tronco, estando ausente la rotación e inclinación lateral de pelvis, los miembros superiores se encuentran en abducción con los codos en extensión o ligera flexión. Los desplazamientos se producen con pasos cortos de forma no fluida, inestable, tambaleante y con falta de armonía y coordinación.

A medida que el sistema nervioso central, con el añadido aprendizaje, sigue madurando, se van desarrollando reacciones de equilibrio que irán acompañadas de una disminución de la base de sustentación, una mejora de la coordinación, del esquema corporal y de la percepción del espacio. Todo esto lleva implícito una mejora de los patrones de la marcha que se vuelven más suaves. A nivel postural van apareciendo la lordosis lumbar y el movimiento involuntario del braceo[9, 12].

La mayoría de los autores consideran que la habilidad para caminar se completa entorno a los 5 años de edad[9, 11]. A los 7 años se adquieren las características cinemáticas y cinéticas de los adultos aunque seguimos encontrando diferencias en los parámetros espacio-temporales de la locomoción, la longitud de zancada, la velocidad, la cadencia de paso… Esto se debe a la diferencia de tamaño, pero irán evolucionando junto con el crecimiento del pequeño[3, 8].

1.4. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA MARCHA EN LOS PACIENTES PEDIÁTRICOS AMPUTADOS DE MIEMBRO INFERIOR

Los individuos con amputación unilateral de miembros inferiores experimentan alteraciones en la estructura y fisiología de sus miembros inferiores que afectan su movilidad, equilibrio, función física y, en definitiva, al desarrollo de la marcha. La reducción tanto de la musculatura como de la retroalimentación sensorial en la extremidad afecta resulta en un menor control postural; un equilibrio deficiente con desviaciones espacio-temporales, cinemáticas y cinéticas; patrones asimétricos de la marcha, tales como mayor tiempo de permanencia, mayor carga de la extremidad intacta en comparación con la extremidad protésica y mayor costo fisiológico de energía[13].

Así mismo la desigualdad de pasos conduce a una marcha anormal en los amputados de miembros inferiores[14]. Las diferencias más comunes observadas en la marcha de los niños con amputación de miembro inferior respecto a los individuos sanos son las siguientes:

- Parámetros espaciales:

La longitud de paso es desigual entre el miembro protésico y el miembro sano, siendo las longitudes más largas durante el apoyo del miembro sano y más cortas en el apoyo del miembro protésico[3].

En cuanto a la longitud de zancada, es inferior en niños con amputación de miembro inferior frente a los sanos. Dentro de los pacientes amputados, entre sí también se encuentran diferencias considerables, según el promedio se observa que los pacientes amputados por causa adquirida poseen una longitud de zancada inferior a los pacientes amputados por causa congénita. Aunque las medidas pueden variar en función de las dimensiones del niño, se ha establecido que la longitud de zancada en niños con desarrollo normal de una media de 12 años es de: 106-164 cm[3, 14]. Por otra parte, en niños con amputación congénita esta medida disminuye a un promedio de 87 cm, para pequeños amputados por causa adquirida se reduce aún más rondando los 66 cm[10].

La anchura de paso aumenta en los pacientes amputados en relación con individuos sanos[10].

- Velocidad de marcha y eficiencia energética:

La velocidad al caminar medida en metros por minuto (m/min) es uno de los indicadores más importantes y comúnmente utilizados para valorar la locomoción, en

muchas ocasiones, debido a su alta correlación se recoge junto con la eficiencia energética. Dicha eficiencia, es evaluada por la tasa de consumo de oxígeno, es una de las medidas clave para cuantificar la función durante la marcha. Las variables metabólicas más utilizadas son la frecuencia cardiaca (FC) y el consumo de oxígeno (VO2).

Está demostrado que los adultos con amputación caminan de forma más lenta y a un costo energético mayor que los individuos sanos. Además este coste energético se incrementa a medida que el nivel de amputación asciende en el miembro inferior.

A pesar de que existen menos estudios que aborden este tema en niños, se ha observado que hay diferencias importantes cuando hablamos de diferentes grupos de edad. El 70% de los niños con amputación a través de la rodilla (desarticulación de rodilla) o distal a la rodilla son capaces de mantener una velocidad normal al caminar sin aumentar significativamente su costo energético, sólo cuando la amputación está por encima de la rodilla (amputación transfemoral, desarticulación de cadera o hemipelvectomía), los niños caminan mucho más despacio y con un mayor costo de energía[3,15].

- Carga de peso corporal

Los pacientes con una amputación unilateral, colocan una carga significativamente mayor en su pierna intacta en comparación con la pierna protésica[3]. Esta carga es cuantificable mediante el "método Gruendel" que consiste en calcular los valores de carga mínima y máxima en el lado amputado mientras el paciente está de pie alineado de forma estática asistida por una ayuda externa, esto se realiza durante 3 minutos consecutivos. Se obtiene un valor promedio de carga de la extremidad amputada calculando: [(Carga máxima + Carga mínima)/2]. El porcentaje del peso corporal total soportado a través de la extremidad amputada se calcula utilizando la fórmula: [(Extremidad amputada/peso corporal total)x100][10]

- Equilibrio y estrategias de control postural

Tras la eliminación de una parte de la extremidad inferior, tanto los bebés como los niños deben aprender un nuevo sistema de respuesta motora en cada hito postural, como gatear y caminar. Para cada postura, deben mantener sus cuerpos dentro de la base dinámica de apoyo. A medida que se establece o restablece la marcha y el equilibrio, se organiza o reorganiza el patrón motor para optimizar las funciones del aparato locomotor[3].

En edades más avanzadas, cuando la marcha ya se ha establecido, si nos fijamos en las reacciones de compensación ante la aparición de perturbaciones externas, como por ejemplo pueden ser un terreno irregular o un objeto en movimiento que se interpone en el

camino del individuo, las deficiencias sensorio-motoras asociadas con la amputación perjudican las reacciones o estrategias de control "proactivas" y "reactivas". El llamado control proactivo o "*feedforward"* es el que ocurre antes de una perturbación e incluye tanto la anticipación sensorial como una una estrategia predictiva aprendida para adaptar los patrones locomotores en preparación para la perturbación. Por otro lado, el control reactivo o "*feedback*" ocurre después de la perturbación, esta respuesta impulsada por la retroalimentación es importante para reaccionar ante perturbaciones imprevistas y para corregir errores.

La pérdida de retroalimentación propioceptiva y de control activo de las articulaciones de tobillo o rodilla que experimentan las personas con amputación de miembro inferior perjudican su capacidad de control ante una perturbación externa. Las estrategias de control proactivas que aparecen en este tipo de paciente ante la aparición de una perturbación se centran en aumentar la estabilidad del plano frontal (normalmente más vulnerable que la estabilidad del plano sagital, la cual se beneficia de la dinámica pasiva de la marcha), incluyendo: velocidades de marcha lentas, seleccionando pasos más rápidos, más cortos y más anchos, y mayores márgenes laterales de estabilidad[16].

- Cambios posturales:

La postura típica que adoptan estos pacientes, debido a las compensaciones, incluye: aumento de la lordosis lumbar, una marcada flexión lateral de tronco y una rotación pélvica[17].

1.5. FISIOTERAPIA GENERAL EN EL AMPUTADO DE MIEMBRO INFERIOR

La rehabilitación antes y después de una amputación puede dividirse en ocho fases: preoperatorio, cirugía, postoperatoria, pre-protésica, prescripción y fabricación de la prótesis, entrenamiento protésico, integración social y seguimiento[18].

Aunque esta revisión bibliográfica se centra en la fase de rehabilitación post-protésica se debe tener en cuenta el trabajo realizado en cualquiera de las fases de la rehabilitación ya que influye directa o indirectamente en el resultado final.

Después de la amputación, el muñón necesita unos días para cicatrizar. Por un lado, el volumen del muñón se irá reduciendo rápidamente, normalmente, tardará hasta tres meses en estabilizarse[1,19]. Por esto, cuando la herida ha cicatrizado y ya se pueden retirar los puntos, la readaptación del amputado empieza con una prótesis provisional, que se puede ir modificando según los cambios del muñón. La prótesis provisional sirve para que el

paciente empiece lo antes posible la readaptación (es decir, andar con la prótesis). El encaje tendrá que ser modificado por el ortopeda a medida que el volumen del muñón se vaya reduciendo debido al retroceso del edema y a la pérdida de masa muscular[1].

La utilización de la prótesis conviene que se haga de forma progresiva y gradual[10]. Teniendo en cuenta que a todos los pacientes se les debe enseñar a andar con el uso de muletas bilaterales, esta estabilidad es necesaria para las ocasiones en las que no se utilice el miembro artificial[18].

Los componentes de la prótesis según el tipo de amputación son: encaje blando, encaje rígido, estructura, pie, sistema de suspensión y funda cosmética (en el caso de que la amputación sea infracondílea), añadiendo una rodilla en las amputaciones supracondilares.

El primer paso en la fase de entrenamiento protésico será enseñar a colocarse la prótesis junto con las medidas de higiene para el cuidado del muñón y el mantenimiento de la prótesis. La monitorización frecuente de la piel permite la corrección inmediata de los problemas de encaje y previene la aparición de heridas, inicialmente puede ser necesario revisar la piel cada 10 a 15 minutos.

Durante la primera semana de entrenamiento puede que los pacientes usen la prótesis sólo de 1 a 3 horas al día, aumentando este tiempo de forma gradual hasta que la prótesis se lleve puesta durante 8 horas o más[10,18].

El entrenamiento de la marcha debe comenzar en superficies planas, con las barras paralelas para el apoyo de las extremidades superiores (EESS). Inicialmente se debe prestar especial atención a la técnica y estilo, luego a la velocidad y después se pasa a las elevaciones según la tolerancia. Se debe fomentar el entrenamiento de cambio de peso utilizando técnicas de pasos y una tabla de equilibrio. Una vez que los pacientes se sienten cómodos con las superficies niveladas, progresan a escaleras, bordillos y rampas, así como terrenos irregulares.

Para la estabilidad en la fase de apoyo se requiere una fuerza adecuada (trabajada en fases previas) en los extensores y abductores de cadera, en los extensores de rodilla y en los flexores plantares. El avance y la separación de las extremidades en la fase de balanceo requieren una adecuada fuerza de flexión de la cadera y del tobillo. El amputado transfemoral frecuentemente desarrolla contracturas en los flexores, abductores y rotadores externos de cadera. Lo amputados a nivel transtibial pueden desarrollar contracturas de flexión tanto a nivel de cadera como de rodilla.

Dentro del programa de ejercicios recomendados, se incluye el tumbarse boca abajo con una cincha de sujeción a nivel de la cadera para fomentar la extensión de la misma y evitar contracturas a nivel de los flexores. Para el caso de la rodilla, una férula posterior puede prevenir las contracturas de flexión de rodilla.

El entrenamiento cardiovascular debe comenzarse lo antes posible, incluso en la fase previa a la amputación, y llevarse a cabo durante todo el proceso, está recomendado realizar ejercicios aeróbicos al 40-70% de la frecuencia cardiaca máxima, siempre con el paciente monitoreado para conocer sus capacidades y controlar su estabilidad durante la realización de este tipo de ejercicios[1].

Para terminar, podemos concluir que durante todas las etapas de rehabilitación de un paciente amputado, hay cuatro cosas que deben ser trabajadas de forma continuada: la amplitud articular, la fuerza muscular, la resistencia cardiovascular y el equilibrio[18].

1.6. HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROGRESO EN LA REHABILITACIÓN

Se han desarrollado, al menos, 25 instrumentos para evaluar el desarrollo motor en niños sanos[20] pero sólo algunos se han aplicado en la investigación. A continuación se resumen los test de mayor relevancia para este trabajo por haber sido utilizados en los artículos seleccionados para su desarrollo.

- **Escala AIMS** (*Alberta Infant Motor Scale*)

Esta escala permite identificar a los niños que presentan patrones de movimiento normal pero destrezas motoras inmaduras para su edad o patrones de movimiento anormales que sugieren un desorden motor específico[4].

La validación de la AIMS se realizó en Alberta a finales del siglo XX[21] y es una escala observacional utilizada para valorar el comportamiento motor grueso espontáneo de los niños desde el nacimiento hasta los 18 meses de vida, momento en el que la mayoría adquiere la marcha definitiva.

Ha sido utilizada para evaluar el desarrollo motor en niños a término y pretérmino, así como para investigar la influencia que tienen sobre el desarrollo motor la prematuridad, la encefalopatía hipóxico-isquémica, la torticolis congenita, la plagiocefalia postural, etc.

La escala identifica los componentes del movimiento dinámico observando a los bebés mientras se mueven dentro y fuera de 4 posiciones: boca abajo, boca arriba, sentados y de pie. Consta de 58 items organizados en 4 subescalas: prono (21 items), supino (9 items), sedestación (12 items) y bipedestación (16 items)[21].

- **FMA** (*Functional Movility Assessment*)

Se trata de una herramienta para probar la movilidad funcional en niños de 13 años o más[22]. Las puntuaciones dadas se pueden comparar antes y después de la provisión de un dispositivo o intervención de movilidad adaptada (por ejemplo, ayudas para caminar, prótesis o sillas de ruedas). Esta herramienta también puede utilizarse para seguir el progreso de las personas a largo plazo[23].

Fue desarrollada por investigadores clínicos de la universidad de Pittsburgh (EEUU)[23] e incorpora 3 preguntas subjetivas y 6 medidas objetivas incluyendo el "*Timed Up and Go"* (TUG), el "*Timed Up and Down Stais*" (TUDS), los 9 minutos de caminata/carrera, una escala de dolor, mediciones de la FC, y el "Borg RPE" para la medida de la fatiga post-esfuerzo. En el "TUG" el individuo se levanta de la silla y camina 10 pasos hacia un cono, da una vuelta al mismo y vuelve a sentarse. El "TUDS" mide movilidad y equilibrio funcional, el sujeto asciende y desciende un tramo de escaleras (12 escalones). La caminata de 9 minutos es una medida de la resistencia cardiovacular en la que el sujeto deambula una distancia de 65 pies durante 9 minutos. La FC y la saturación de oxígenos se monitorean utilizando el pulsioxímetro durante las pruebas[22, 24].

- **CB&M** (Community Balance and Mobility Scale)

Es una medida válida y confiable diseñada para detectar cambios en el equilibrio funcional, se compone de las 13 tareas funcionales de equilibrio y movilidad siguientes: 1) equilibrio monopodal, consiste en mantenerse de pie sin que los pies se muevan de su posición inicial durante 45 segundos o más. 2) Marcha en tándem, se dan siete pasos consecutivos pisando sobre una línea dibujada en el suelo mirando al frente, se valora el alineamiento del pie y el contacto con el suelo. 3) Media vuelta o "180º tándem pivot" se realiza un giro de 180º para mirar hacia el lado opuesto de la dirección en la que se camina, se valora si el talón se sale o los pies no siguen la posición correcta. 4) Marcha de lado monopodal mediante el pivotaje del talón y la punta de los pies del pie de apoyo. 5) Avance en la línea mediante saltos monopodales, se valora el número de saltos que es capaz de dar con buena caída. 6) Marcha hacia el frente parando para recoger un objeto del suelo y seguir, se valora 7) Marcha de lado cruzando los pies. 8) Marcha al frente cruzando los pies. 9) Caminar al frente con la mirada fijada en un objeto que hay al lateral, se valora la distancia

al punto de referencia y la continuidad de la marcha. 10) Correr con paradas marcadas por el entrenador, se valora la velocidad y la capacidad de parada estable. 11) Caminar a velocidad hacia delante con bolsas de la compra a ambos lados de la mano. 12) Bajar escaleras (aproximadamente 8 escalones. 13) Subir y bajar escaleras con velocidad[25].

- **AMP** (Amputee Mobility Predictor)

El cuestionario AMP es una medida fiable y válida de la movilidad funcional, fue diseñado para medir la capacidad funcional de los pacientes amputados sin prótesis de tal forma que predijese su capacidad para caminar con prótesis. Suele utilizarse antes de la protetización para predecir la movilidad funcional después de la puesta en marcha de la prótesis (tiene el mayor potencial para ayudar en la prescripción de prótesis), pero mide el potencial ambulatorio tanto de individuos con, como sin prótesis. Consta de 21 ítems con una puntuación total de 42 puntos si el test se realiza con prótesis y de 38 si se realiza sin la misma. El nivel de dificultad de realización de cada ítem está organizado de forma creciente para permitir la evaluación progresiva. Consisten en evaluar la capacidad del paciente de mantener el equilibrio desde la realización de tareas simples como: levantarse y sentarse en una silla, realizar alcances, pasar de una silla a otra, mantener el equilibrio de pies, en apoyo monopodal, frente a desestabilizaciones; hasta la evaluación de la calidad de la marcha y la capacidad de superar obstáculos específicos. La capacidad de iniciar la marcha sin vacilación muestra estrategias de movimiento automáticas. La continuidad del paso y la igualdad de la longitud del paso muestran que la persona es capaz de mantener el equilibrio de una sola pierna en una situación dinámica y puede utilizar el impulso necesario para una marcha eficiente. La competencia para realizar habilidades motoras repetitivas utilizando un dispositivo de asistencia y/o una prótesis durante la marcha también muestran las capacidades del sujeto de realizar tareas complejas[26].

2. JUSTIFICACIÓN

La amputación de miembros inferiores en niños es relativamente poco común y no hay demasiado conocimiento sobre el proceso de reeducación de la marcha para esta población.

La mayor parte de la literatura disponible se centra en la rehabilitación de los adultos. Parte de esta información puede ser transferible a los niños, sin embargo existen diferencias significativas en los pacientes pediátricos que deben tenerse en cuenta. Estas diferencias están condicionadas por la etiología de la pérdida de miembros, el nivel de amputación, la edad, la evaluación del desarrollo motor, el crecimiento óseo, el sobrecrecimiento aposicional del hueso del muñón y el suministro protésico funcional.

Estas diferencias son las que me ha llevado a realizar una revisión bibliográfica para conocer los parámetros que definen la marcha característica de los pacientes pediátricos y su cambio desde la infancia a la adolescencia. Todo ello con el fin de constatar su importancia para poder realizar una reeducación de la marcha, mediante técnicas de fisioterapia, adaptadas a los niños con amputación de miembro inferior.

3. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es realizar una búsqueda bibliográfica sobre la reeducación de la marcha en el paciente pediátrico amputado de miembro inferior mediante la fisioterapia.

Como objetivo secundario se plantea conocer cuáles son las herramientas validadas de valoración y evaluación del proceso de reeducación de la marcha en la población infantil.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los meses de junio, julio y agosto de 2019 se realizó una búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos utilizando los motores de búsqueda Web of Science (WOS) y Pubmed. Se realizaron búsquedas en otras fuentes de información como PEDro o la Biblioteca Cochrane Plus, pero no se encontraron resultados al añadir en la búsqueda términos relacionados con pediatría.

Las palabras clave utilizadas en la estrategia de búsqueda fueron:

"Child", "adolescen*", "pediatr*", "amput*", "lower limb amputation", "physiotherapy", "phisical therapy", "exercise therapy", "mobil*", "ambulat*", "walk*", "locomotion", "gait", "balance" y "prosthesis".*

Debido a la escasez de resultados que incluyesen artículos relacionados con el ámbito de la pediatría se añadió "*" al final de la raíz de algunos términos para aumentar el número de campos y por lo tanto el número de resultados.

Estos términos fueron combinados mediante los conectores booleanos AND y OR según se muestra en la Tabla 1.

Fuentes documentales	Términos y conectores	Resultados sin aplicar criterios de selección	Publicados en los diez últimos años	Resultados aplicando criterios de selección y tras lectura del resumen
WOS	*(child* OR adolescen* OR pediatr*) AND (amput* OR lower limb amputation) AND (physiotherapy OR physical therapy OR exercise therapy) AND (mobil* OR ambulat* OR walk* OR locomotion OR gait OR balance OR prosthesis)*	130	37	3
Pubmed		140	58	3

Tabla 1. Estrategia de búsqueda aplicada en las diferentes fuentes documentales y artículos seleccionados.

Como **criterios de inclusión** para la selección de artículos se tuvieron en cuenta:

- Artículos publicados entre los años 2009 y 2019.
- Trabajos que incluyesen sujetos pediátricos o adolescentes (edad máxima de los pacientes de 18 años) con amputación unilateral/bilateral del miembro inferior.
- Estudios que abordaran la reeducación de la marcha tras amputación de miembro inferior.
- Artículos en los que quedasen reflejadas las técnicas fisioterapéuticas utilizadas.
- Artículos que se centraban en las medidas de evaluación del proceso de rehabilitación.

Se tuvieron en cuenta para la selección de artículos los siguientes **criterios de exclusión**:

- Trabajos realizados con muestras de pacientes adultos.
- Artículos en los que las pérdidas de extremidad se referían al MMSS.
- Estudios que trataban temas no relacionados con fisioterapia.
- Estudios que se centraban en la descripción de las prótesis utilizadas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras aplicar los criterios de selección y eliminar los artículos repetidos obtenidos en las fuentes de datos consultadas, se obtuvieron 6 trabajos para dar respuesta al objetivo planteado en este trabajo. Los datos más relevantes de estos artículos se pueden consultar en el anexo I.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es, conocer las técnicas de fisioterapia aplicadas en la reeducación de la marcha en el paciente pediátrico amputado de miembro inferior, así como conocer también las escalas útiles para el seguimiento de la progresión de dicha rehabilitación. La heterogeneidad de los objetivos planteados en los artículos seleccionados, la falta de estudios con evidencia científica que aborden este problema en pacientes menores de 18 años y el número reducido de pacientes incluidos en cada estudio, ha dificultado estudiar la efectividad de un tratamiento único. La presencia de errores aleatorios o sistemáticos y las limitaciones propias de cada estudio incluido en esta revisión, pueden afectar a las conclusiones obtenidas en estos.

5.1. CARACTERÍSTICAS Y TAMAÑO DE LAS MUESTRAS

El tamaño muestral del conjunto de los trabajos incluidos está en el rango de 49[16] a 1[4] participante, la edad media de los cuales era de 12’26 años, sin contar el artículo que trata sobre un bebé recién nacido[4], el tiempo de duración de las intervenciones también es muy heterogéneo, desde estudios que duran 2 horas por paciente[13], para pasar las evaluaciones, hasta estudios que duraron 6 meses[10], sin contar de nuevo el caso clínico al que se siguió durante 20 meses[4].

Una de las dificultades encontradas al hacer esta revisión ha sido la amplia variedad de niveles de amputación que se reparten de forma desigual en los artículos seleccionados. En la tabla 2 se muestra el número de pacientes amputados que participaron en cada uno de los estudios según el nivel de amputación.

Nivel de amputación	Corr et al.[19]	Ülger et al.[10]	Andrysek et al.[2]	Feick et al.[13]	Pierce et al.[22]	Strączyńska et al.[4]
Hemipelvectomía	1	-	-	-	-	-
Desarticulación de cadera	1	4	-	-	-	-
TFA	4	13	3	2	2	-
Desarticulación de rodilla	-	-	-	2	6	-
TTA	3	17	-	3	5	1
Syme	-	-	-	3	8	-
Van Ness	-	-	3	-	2	-
Otras	40	7	-	-	2	-

Tabla 2. Número de participantes amputados en cada estudio según el nivel de amputación. Otras: salvamento de extremidades[19], malformaciones a nivel proximal de fémur[10]. Syme: desarticulación de tobillo. Van Ness: plastia de rotación. Fuente: elaboración propia.

5.2. OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS Y TRATAMIENTOS DE FISIOTERAPIA APLICADOS

Los seis estudios incluidos en esta revisión bibliográfica describen diferentes tipos de tratamiento fisioterapéutico que de una forma u otra contribuyen a la mejora de los patrones de la marcha en pacientes pediátricos con amputación de miembro inferior o a la fiabilidad del seguimiento de las capacidades físicas de los mismos.

Dos de los artículos seleccionados se realizaron con la finalidad de evaluar la validez de las herramientas utilizadas en el seguimiento de las capacidades físicas de los individuos amputados. En el trabajo de Pierce et al.[22] se pasó la escala FMA a todos los participantes, a los 25 participantes con amputaciones de miembro inferior se les realizaron las evaluaciones mientras estaban en un campamento de aventura de 5 días de duración, mientras que a los 12 participantes del grupo control sanos se les evaluó en 3 horas, se observaron resultados significativamente diferentes entre ambos grupos. En el caso clínico descrito por Strączyńska et al.[4] se utilizó la escala AIMS en el seguimiento y evaluación del desarrollo de un bebé con TTA. En este estudio se detalla la rehabilitación infantil después una TTA realizada a un recién nacido de manera individualizada, centrada en el apoyo al desarrollo motor normal, basado en las secuencias correctas de movimiento de los bebés. Comenzando a los 6 meses con una terapia del neurodesarrollo basada en el concepto NDT-Bobath (*Neuro-Developmental Treatment Bobath*) con una frecuencia de 3 sesiones por semana de 45 minutos de duración. La terapia fue progresando y adaptándose a las diferentes prótesis, la primera se colocó de forma temporal a los 8 meses. A los 14 meses aprendió a levantarse y caminar de lado, recibió una prótesis con un pie de un solo eje. A los

18 meses se empezó con un patrón de pasos alternado con el uso de andador posterior. A los 20 meses la pequeña comenzó a caminar sola, pero la complicación del crecimiento aposicional del hueso de la tibia junto con la aparición de una espiga ósea y el desplazamiento de la cicatriz, implicaron una re-intervención quirúrgica que retrasó el proceso. Todo esto fue seguido y evaluado utilizando la escala AIMS para observar el progreso del desarrollo motor.

En ambos casos, los autores concluyen que la escala estudiada es fiable y válida[4,22].Indicando que para amputaciones en pediatría, se puede usar la FMA para evaluar la movilidad funcional en niños entorno a los 11 años de edad y la escala AIMS para observar el desarrollo motor en recién nacidos desde los 0 a los 18 meses de edad.

El estudio de Feick et al.[13] también se dedicó a evaluar las capacidades de amputados de una media de edad de 10'5 años de edad frente a niños sanos, pasando diferentes escalas y comparando los resultados obtenidos. Se realizaron evaluaciones de unas 2 horas aproximadamente por paciente, tanto los pacientes con amputación de miembro inferior como los pacientes con desarrollo normal se sometieron a las mismas pruebas. Para observar las diferencias iniciales entre ambos grupos, los elementos analizados fueron:

- El control postural, calculando el área dibujado por el centro de gravedad (COP) en una plataforma pidiendo al paciente que se quedase quieto durante 60 segundos.
- El equilibrio funcional mediante las 13 puebas de la escala CB&M detalladas en la introducción de este trabajo.

Para el análisis de la marcha se tuvieron en cuenta:

- Los parámetros de la marcha, usando el sistema GAITRite™. Se recogieron las medidas espacio-temporales: tiempo y longitud de los pasos, los tiempos de oscilación y postura, los tiempos de apoyo simple y doble y se resumieron en forma de indices de simetría.
- La velocidad de la marcha que se evaluó con el 10MWT y la capacidad funcional mediante el 6MWT introduciendo en ambos pequeñas modifiaciones del protocolo, se calculo el ritmpo y el índice de costo fisiológico tomando las medidas de FC.

En este estudio, a diferencia de los descritos anteriormente[4,22], los investigadores Feick et al.[13] tenían como objetivo proporcionar un conjunto de medidas útiles que conformasen un examen completo para relacionar las medidas de equilibrio y movilidad en niños con amputación unilateral de miembros inferiores y niños sanos.

Las valoraciones realizadas en los participantes de este estudio permitieron concluir que existe un déficit real de movilidad y equilibrio en los niños con amputación, al comprender las deficiencias presentes utilizando las diferentes herramientas que las cuantifican, se proporciona una base para el posible futuro trabajo, orientado a generar evidencia y guiar la toma de decisiones clínicas en la rehabilitación de estos pacientes[13].

En el resto de estudios[2,10,19] el objetivo era comparar el efecto de distintos tratamientos de fisioterapia en diferentes grupos de pacientes.

En el ensayo clínico realizado por Corr et al.[19] se pretendia comparar los resultados funcionales en la marcha post-cirugía tras un programa de rehabilitación fisioterapéutica antes de la intervención quirúrgica. El grupo experimental (GE) recibió fisioterapia preoperatoria durante 10-12 semanas previas a la intervención con una frecuencia de 3 veces por semana y un máximo de 60 minutos por sesión. Las sesiones de fisioterapia preoperatoria consistían en ejercicios de resistencia, fortalecimiento y estiramiento. Ejercicios de resistencia: al 50-70% de su FC máxima y monitoreados, realizaban caminatas con dispositivos de ayuda, ejercicios cardiovasculares de extremidades superiores (EESS) y/o juegos de Wii sport. Ejercicios de fortalecimiento: tanto de EESS como de extremidades inferiores (EEII). Comenzando con 3 series de 10 repeticiones sin resistencia e incrementando esta progresivamente. Para las EESS se centraron en ejercicios de fortalecimiento de bíceps, triceps, flexores de hombro, flexiones en la colchoneta terapeutica o en la silla de ruedas… En cuanto a las EEII los ejercicios consistían en hacer el puente en la colchoneta; fortalecer cuádriceps, isquiotibiales y gastrocnemios; sentadillas, dorsiflexiones en DS de la extremidad no afecta. Ejercicios de estiramiento de los músculos involucrados en las EEII de 2-3 series de estiramientos de 30-60 segundos de duración, la dificultad fue incrementandose de forma progresiva según la tolerancia y el estado de salud del individuo pasando una escala RPE. En cambio, el grupo control (GC) no recibió ningún tipo de fisioterapia preoperatoria, pero sí que realizó las intervenciones postquirúrgicas al igual que el GE ya que es el estándar de atención, comienza desde el primer día de postoperatorio y se realiza de forma diaría hasta el alta medica donde pasa a hacerse de forma ambulatoria 3 veces por semana. Las sesiones son de 30 minutos e incluyen ejercicios de bipedestación, entrenamiento de transferencias, de soporte de peso en la extremidad afecta, de la marcha, ejercicios de fortalecimiento y ROM para las EEII.

De los 14 participantes del GE iniciales, 12 completaron por lo menos el 50% de las sesiones programadas, El GE obtuvo una puntuación significativamente mejor en la FMA

(35.6 vs 25.7, p.0267). Sin embargo no se encontraron diferencias significativas en la ROM o la fuerza.

Ante estos resultados los autores concluyen que introducir un programa de fisioterapia de 10-12 semanas previas a la operación quirúrgica tiene resultados beneficiosos a nivel de movilidad funcional, pero no afecta significativamente los resultados de mejora en el ROM o la fuerza muscular en comparación con pacientes que se limitan a realizar el programa de rehabilitación estándar. Si bien añaden que los resultados obtenidos pudieron verse afectados por la incapacidad de algunos pacientes para asistir a la totalidad de las sesiones programadas antes de la cirugía debido a su delicado estado de salud ya que eran pacientes con cáncer (los cuales se están sometiendo a procesos médicos complicados como la quimioterapia).

En el estudio de Ülger et al.[10] todos los pacientes eran amputados a nivel transtibial (TTA), transfemoral (TFA) o contaban con una desarticulación de cadera, pero la causa de la amputación difería entre ambos grupos, fue este el motivo de separación entre el grupo de amputados por causa adquirida o por causa congénita. El objetivo era demostrar si existian diferencias significativas en los resultados obtenidos entre un grupo y otro tras someterse al mismo programa de tratamiento. Todos los pacientes cumplieron con un programa de ejercicios durante 6 meses, los ejercicios se realizaban 2 veces al día con 15 repeticiones. El programa consistía en una serie de estiramientos, ejercicios dinámicisotónicos e isométricos, balanceo, cambio de peso, ejercicios de marcha y otros ejercicios ambulatorios como subir y bajar escaleras/rampas, cruzar obstáculos, recoger objetos del suelo, montar y descender de un vehículo, etc, todos para facilitar la adaptación de la marcha. Además se fomentó que con el apoyo de los padres se utilizase la prótesis durante una media de 8 horas al día, factor novedoso en este tipo de pacientes, con la esperanza de que mejorase así el soporte de peso, el estado funcional y la estética a nivel social.

Se realizaron 2 valoraciones, una a las 3 semanas y otra a los seis meses. Se observó que a corto plazo los progresos obtenidos por los pacientes con amputación por causa congénita habían sido significativamente mayores, mientras que a largo plazo los resultados no presentaban diferencias significativas entre ambos grupos.

En el programa de Andrysek et al.[2] se comparó dos grupos, uno de 10 individuos sanos y otro de individuos amputados en el que a su vez se hizo una distinción entre el tipo de amputación que presentaban: de Van Ness o TFA. Todos los participantes completaron un programa de 4 semanas de duración. Durante 4 días a la semana se les pidió que jugaran durante 20 minutos/día a dos videojuegos preseleccionados de Wii Fit usando la plataforma de equilibrio como controlador del juego en el que el jugador para y desplaza activamente

su peso. El control postural fue evaluado mediante el área del COP registrado por la propia Wii y el equilibrio funcional mendiante la escala CB&M. El fisioterapeuta dio las instrucciones iniciales sobre la forma correcta de utilizar la plataforma y supervisó el cumplimiento de la terapia.

Tanto en el programa de Ülger et al.[10] y de Andrysek et al.[2] se muestran resultados favorables para la funcionalidad de niños que realizan ejercicios en el hogar pautados por el fisioterapeuta. En el estudio realizado por Ülger et al.[10] se demuestra cómo una serie de ejercicios sencillos realizados 2 veces al día pueden influir de manera positiva a corto y largo plazo (3 semanas y 6 meses) en los parámetros de la marcha: longitud de paso, longitud de zancada y cadencia (en este caso, no se hallaron mejoras en el ángulo de pie del miembro afecto). Mientras que con el programa de videojuegos que proponen Andrysek et al.[2] se da una mejora del COP tras intervención del 41% (corto plazo) y una mejora del CB&M de 8'4 puntos (0-96 total) tras la evaluación a largo plazo. Dentro del entorno actual de limitaciones económicas en la industria de la salud, la innovación de los programas de ejercicios suplementarios que se pueden realizar fuera del centro de rehabilitación, en el hogar, pueden desempeñar un papel importante en el proceso general de rehabilitación del niño con amputación de miembro inferior

5.3. PARÁMETROS Y ESCALAS DE VALORACIÓN UTILIZADAS EN LOS TRABAJOS

Probablemente y debido a las diferentes ubicaciones donde se han realizado los estudios incluidos en esta revisión, se observa en su desarrollo diferentes escalas de valoración en la evaluación de las capacidades físicas de los niños con amputación de miembro inferior, de esta manera observamos que para medir la velocidad y funcionalidad de la marcha Feick et al.[13] utilizan el sistema GAITRite™ (sistema de análisis temporo-espacial de la marcha) y las pruebas de marcha de 6MWT (*6 Minute Walking Test*) y 10MWT mientras que Pierce et al.[22] usa la de 9MWT. En cuatro estudios en los que se valora la funcionalidad del paciente se utilizan escalas diferentes Ülger et al.[10] utilizan la escala AMP mientras que otros dos estudios Corr et al.[19] y Pierce et al.[22] utilizan la escala FMA y en el desarrollado por Strączyńska et al.[4] la escala AIMS. Lo que nos hace pensar que entre los investigadores no existe, por el momento un consenso para definir una escala de referencia a nivel internacional.

Sí parece existir mayor consenso en cuanto a la herramienta que se ha de utilizar para evaluar el equilibrio pues en los dos estudios en los que se valora Andrysek et al.[2] y Feick et al.[13] utilizan el área de COP y la escala CB&M. Estos trabajos difieren tanto en el

nivel de amputación de los participantes como en el tratamiento aplicado. Sin embargo, observamos que ambos llegan a una misma conclusión. En el estudio de Feick et al.[13] se muestra que no había diferencias significativas entre las mediciones del control postural COP entre algunos de los niños con amputaciones y los niños sanos. En el estudio de Andrysek et al.[2] comparan directamente el resultado del área de COP de niños sanos comparándolos por una parte con los niños con amputación de Van Ness y por otro lado con los niños con amputación TFA, como se muestra en la figura 4.

Aunque harían falta estudios con una muestra de pacientes mayor se puede deducir que hay una relación entre la capacidad de control postural y el nivel de amputación, siendo los resultados de la amputación de Van Ness (donde el tobillo cumple con la función de la "rodilla") mucho mejores que los resultados de pacientes que no cuentan con esta articulación.

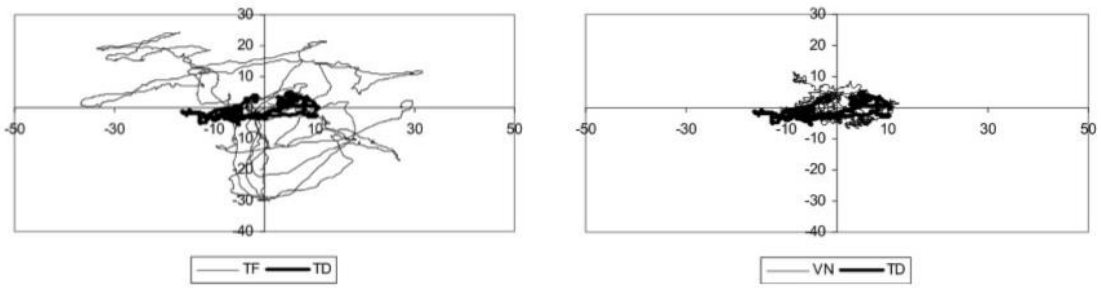

Figura 4. Comparación del COP entre individuos sanos (TD) e individuos con amputación transfemoral (TD) y de Van Ness (VN). Fuente Andrysek et al.[2].

5.4. LIMITACIONES

- La reducida bibliografía existente que recoge estudios en los que participan pacientes menores de 18 años con estas características ha dificultado hallar los resultados esperados que se habían planteado en esta revisión bibliográfica.
- El tamaño de muestra de los estudios es reducido, no llegando a superar los 49 participantes en ninguno de los seleccionados añadiendo que uno de los estudios es un caso clínico donde se evalúa un único paciente.
- La edad media de los participantes también es heterogénea, viajando desde un paciente recién nacido hasta una edad media de 14 años.

- Los estudios se centran en intervenciones dispares entre sí, a pesar de que todos tengan relación con la obtención de una marcha y desarrollo motor lo más funcional posible, las intervenciones realizadas se centran en puntos de la rehabilitación muy dispares entre sí, dificultando una conclusión general, por ejemplo, tres de los estudios incluidos evalúan la validez de escalas de valoración en pacientes de estas características, comparando los sujetos con amputación con sujetos sanos de la misma edad.

6. CONCLUSIONES

- El tratamiento de fisioterapia para pacientes pediátricos con amputación de miembro inferior debe ser individualizado.
- Las características que condicionan el proceso de rehabilitación de la marcha de cada paciente dependen del procedimiento quirúrgico, el nivel de amputación, la etiología y la motivación personal.
- Los parámetros espacio-temporales de la marcha son diferentes en niños y adultos.
- Para la obtención de resultados óptimos el fisioterapeuta y el paciente deben de trabajar aspectos como la fuerza, la amplitud articular, la capacidad de soporte de peso del miembro amputado, el control motor y el equilibrio.
- La rehabilitación del paciente amputado debe comenzar cuanto antes, si es posible en la fase del preoperatorio.
- Existe una escasez de escalas validadas con evidencia científica que permitan el seguimiento de los progresos en la rehabilitación de pacientes amputados desde el nacimiento hasta edades más avanzadas.
- Es necesario seguir investigando el abordaje desde la fisioterapia en la rehabilitación de la marcha del niño amputado de miembro inferior.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Pont C. Manual para amputados de extremidad inferior [Internet]. Vol. 1, Institut Desvern. 2003. 1–19 p. Disponible en: http://www.desvern.cat/manual-cast.pdf

2. Andrysek J, Klejman S, Steinnagel B, Torres-Moreno R, Zabjek KF, Salbach NM, et al. Preliminary evaluation of a commercially available videogame system as an adjunct therapeutic intervention for improving balance among children and adolescents with lower limb amputations. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2012; 93(2):358–66. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22289250

3. Eshraghi A, Safaeepour Z, Geil MD, Andrysek J. Walking and balance in children and adolescents with lower-limb amputation: A review of literature. Clin Biomech [Internet]. 2018; 59:181–98. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268003318302456?via%3Dihub

4. Strączyńska A, Radzimińska A, Weber-Rajek M, Strojek K, Piekorz Z, Goch A. Rehabilitation of infants after transtibial amputation due to thrombosis in the perinatal period. Case report. Wiad Lek [Internet]. 2019;72(7):1408–12. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31398177

5. Hefti F. Basic principles. En: Hefti F. dir. Pediatric orthopedics in practice. Berlin, Heidelberg: Springer; 2007. p. 1-26. Disponible en: https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-540-69964-4#toc

6. Vázquez Vela A. Amputaciones en defenctos de origen congénito. En: Vázquez Vela E ed. Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el estado. México: Intersistemas S.A; 2016. p. 29-33. Disponible en: http://anmm.org.mx/publicaciones/ultimas_publicaciones/Rehabilitacion.pdf#page=54

7. Esquenazi A. Gait analysis in lower-limb amputation and prosthetic rehabilitation. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2014; 25(1):153–67.

8. Collado Vázquez S. Análisis de la marcha humana con plataformas dinamométricas: influencia del transporte de carga. [Tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid.; 2004. Disponible en: http://eprints.ucm.es/4401/

9. Villa. A.C. Análisis estático de la sub-fase de respuesta a la carga durante la fase de apoyo en la marcha. International Institute of Informatics and Systemics: 1-6. Disponible en: http://www.iiis.org/CDs2011/CD2011IMC/CICIC_2011/PapersPdf/CB858KJ.pdf

10. Ülger Ö; Şener G. Functional outcome after prosthetic rehabilitation of children with acquired and congenital lower limb loss. J Pediatr Orthop Part B. 2011; 20(3):178–83.

11. Sutherland DH, Olshen R, Cooper L, Woo SL. The development of mature gait. J Bone Joint Surg Am [Internet]. 1980; 62(3):336–53. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7364807

12. Agudelo. A.I. Briñez.T.J. Guarín.V.Restrepo. J.P. Zapata. M.C. Marcha: descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura. CES Movimiento y Salud. 2013; 1: 29-43.

13. Feick E, Hamilton PR, Luis M, Corbin M, Salback NM, Torres-Moreno R, et al. A pilot study examining measures of balance and mobility in children with unilateral lower-limb amputation. Prosthet Orthot Int. 2016; 1;40(1):65–74.

14. Skinner HB, Effeney DJ. Gait analysis in amputees. Am J Phys Med [Internet]. 1985; 64(2):82–9. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3887934

15. Jeans KA, Browne RH, Karol LA. Effect of amputation level on energy expenditure during overground walking by children with an amputation. J Bone Jt Surg - Ser A. 2011; 5;93(1):49–56.

16. Major MJ, Serba CK, Chen X, Reimold N, Ndubuisi-Obi F, Gordon KE. Proactive Locomotor Adjustments Are Specific to Perturbation Uncertainty in Below-Knee Prosthesis Users. Sci Rep. 2018; 8:1-12 Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29382889

17. Tofts LJ, Hamblin N. C-Leg® improves function and quality of life in an adolescent traumatic trans-femoral amputee: a case study. Prosthet Orthot Int [Internet]. 2014; 38(5):413–7. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24058048

18. Esquenazi A, DiGiacomo R. Rehabilitation after amputation. J Am Podiatr Med Assoc [Internet]. 2001; 91(1):13–22. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11196327

19. Corr AM, Liu W, Bishop M, Pappo A, Srivastava DK, Neel M, et al. Feasibility and Functional Outcomes of Children and Adolescents Undergoing Preoperative Chemotherapy Prior to a Limb-Sparing Procedure or Amputation. Rehabil Oncol. 2017; 1;35(1):38–45.

20. Monge MA, Meneses M. Instrumentos de evaluación del desarrollo motor. Revista Educación 2002; 26: 155-168.Disponible en: https://docplayer.es/19333459-Instrumentos-de-evaluacion-del-desarrollo-motor.html

21. Fernández IM. [Internet]. 2016. Cuidados pediátricos y neonatales. Disponible en: https://cuidadospediatricosyneonatales.blogspot.com/2016/03/evaluacion-del-desarrollo-motor-alberta.html

22. Pierce S, Fergus A, Brady B, Wolff-Burke M. Examination of the functional mobility assessment tool for children and adolescents with lower extremity amputations. Pediatr Phys Ther. 2011; 23(2):171–7.

23. Kumar A, Schmeler MR, Karmarkar AM, Collins DM, Cooper R, Cooper RA, et al. Test-retest reliability of the functional mobility assessment (FMA): a pilot study. Disabil Rehabil Assist Technol [Internet]. 2013; 8(3):213–9. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22612721

24. Marchese VG, Rai SN, Carlson CA, Hinds PS, Spearing EM, Zhang L, et al. Assessing functional mobility in survivors of lower-extremity sarcoma: Reliability and validity of a new assessment tool. Pediatr Blood Cancer. 2007;49(2):183–9.

25. Toronto Rehab. [Internet]. 2011. Community Balance & Mobiliti Scale. University of Toronto, Ontario. Disponible en: http://www.midss.org/sites/default/files/community20balance20and20mobility20scale20revised20guidelines20june202011.pdf

26. Gailey RS, Roach KE, Applegate EB, Cho B, Cunniffe B, Licht S, et al. The Amputee Mobility Predictor: An instrument to assess determinants of the lower-limb amputee's ability to ambulate. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2002; 83(5):613–27. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999302474606

ANEXOS

Anexo I. Tabla resumen de los artículos utilizados en la discusión (Varias páginas). Elaboración propia.

Autor	Tipo de estudio	Nº de participantes y edad media	Etiología y nivel de amputación	Objetivo del estudio	Tiempo del estudio	Rehabilitación fisioterapéutica	Variables medidas en los estudios
Corr et al.[19] (2017)	Estudio piloto ensayo clínico prospectivo	Total n49 GE intervención n14 GC actuación estándar n35 14 años	Osteosarcoma, sarcoma de Ewing o condroblastoma Nivel de amputación: hemipelvectomía, desarticulación de cadera, AKA y BKA.	Resultados funcionales en la marcha post-cirugía tras un programa de rehabilitación fisioterapéutica antes de la intervención quirúrgica.	20-22 semanas	Fisioterapia preoperatoria. Ejercicios de resistencia, de fortalecimiento y estiramientos con una frecuencia de tres veces por semana durante 30 a 60 minutos durante 10 a 12 semanas antes de la operación. Fisioterapia postoperatoria convencional (otras 10-12 semanas más).	Evaluación funcional FMA, medidas de fuerza con miómetro y ROM mediante goniometría de las EEII.
Ülger et al.[10] (2011)	Comparativo	Total n41 Grupo congénito n21 Grupo adquirido n20 12'5 años	Amputación por causa congénita o por causa adquirida (accidentes de tráfico o quemaduras) Nivel de amputación: TTA, TFA y desarticulación de cadera.	Realizar un análisis de la marcha y evaluar el estado funcional de los niños con pérdida congénita y adquirida de miembros inferiores después de 3 semanas y 6 meses de rehabilitación.	6 meses (evaluaciones realizadas al inicio, a las 3 semanas y a los 6 meses)	Programa de ejercicios en casa (2 veces por día, 15 repeticiones de cada): Estiramientos, ejercicios dinámicos (isotónicos e isométricos), balanceo, cambio de peso, ejercicios de marcha, subir y bajar escaleras..	Evaluación inicial pre-prótesis (fuerza, ROM y postura).Parámetros de la marcha (longitud de paso, de zancada, ancho de paso, ángulo de pie y cadencia) mediante un estudio de la huella. Método Gruendel. Evaluación funcional AMP. Nº horas/día con la prótesis puesta.

Anexo I. Tabla resumen de los artículos utilizados en la discusión (Continuación). Elaboración propia.

Autor	Tipo de estudio	Nº de participantes y edad media	Etiología y nivel de amputación	Objetivo del estudio	Tiempo del estudio	Rehabilitación fisioterapéutica	Variables medidas en los estudios
Andrysek et al.[2] (2012)	Estudio piloto comparativo	Total n16 GE ausencia de extremidad n6 GC sanos n10 13 años	Nivel de amputación: TFA y de Van Ness	Determinar si un programa de entrenamiento de equilibrio de 4 semanas en casa con el uso de videojuegos con la plataforma de Wii Fit es efectivo en la mejora del control postural y el equilibrio funcional.	13 semanas Mediciones tomadas al inicio, después de la intervención (semana 5), y tras un tiempo (semana 13) para observar efectos a largo plazo.	Programa de dos videojuegos en casa durante 20 minutos al día, 4 veces por semana durante 4 semanas, cada uno de los juegos implicaba un cambio de peso al estar de pie. Instrucción inicial y supervisión guiada por el fisioterapeuta.	Características del control postural: desplazamiento del COP. Equilibrio funcional mediante la escala CB&M.
Feick et al.[13] (2016)	Estudio piloto comparativo prospectivo transversal	Total n20 GE ausencia de extremidad n10 GC sanos n10 10'5 años	Etiología tanto congénita como adquirida. Nivel de amputación: TFA, desarticulación de rodilla, TTA y de Symes.	Proporcionar un examen de las relaciones entre las medidas de equilibrio y movilidad en niños con amputación unilateral de miembros inferiores y niños sanos.	2 horas/individuo Cada participante completó una sola sesión de evaluación de aproximadamente 2 horas de duración.	Se realizaron simplemente evaluaciones, para comparar resultados del grupo de pacientes pediátricos amputados con el grupo de pacientes sanos.	Control postural mediante el área del COP, parámetros espacio-temporales de la marcha usando el GAITRite™, la velocidad y funcionalidad de la marcha con 10MWT y 6MWT, el IPC y para el equilibrio funcional la CB&M.

Anexo I. Tabla resumen de los artículos utilizados en la discusión (Continuación). Elaboración propia.

Autor	Tipo de estudio	Nº de participantes y edad media	Etiología y nivel de amputación	Objetivo del estudio	Tiempo del estudio	Rehabilitación fisioterapéutica	Variables medidas en los estudios
Pierce et al.[22] (2011)	Comparativo	Total n37 GE (n25) GC(n12) GE 12'36 ± 1'42 años GC 10'25 ± 1'42 años	Amputación por causa congénita n16, por causa adquirida n9 (osteosarcoma, infección, trauma u otras)	Evaluar la validez de la Evaluación de la Movilidad Funcional (FMA) para niños y adolescentes con amputaciones de las extremidades inferiores.	Indefinido Las evaluaciones fueron pasadas en momentos distintos, durante 5 días al GE y durante tres horas al GC.	Evaluación de la FMA	Evaluación FMA: 3 preguntas subjetivas, 6 mediciones objetivas: TUG, TUDS, 9MWT, dolor, frecuencia cardiaca y escala de Borg.
Strączyńska et al.[4] (2019)	Caso clínico	Total n1 Recién nacido	Etiología: Trombosis congénita perinatal. Nivel: amputación TTA del miembro inferior izquierdo.	Demostrar que la escala AIMS puede ser útil en el seguimiento y evaluación del desarrollo motor de un bebé con TTA ante la falta de una escala de desarrollo estandarizada para niños en la misma situación.	20 meses Desde el nacimiento hasta los 20 meses de edad.	Terapia del neurodesarrollo basada en el concepto Bobath desde el nacimiento, educación de la marcha con la puesta en marcha de la prótesis a partir de los 14 meses. Educación sobre el uso de la prótesis a los padres. Sesiones de 45 minutos con una frecuencia de 3 veces por semana.	Cambios cualitativos y cuantitativos en el desarrollo motor del bebé. Escala AIMS

AIMS: *Albert Infants Motor Scale*; AKA: *Above the knee amputation*; AMP: *Amputee mobility predictor*; BKA: *Below the knee amputation*; CB&M: *Community Balance and Mobility Scale;* IPC: *Physiological Cost Index*; COP: *Center of pressure*; EEII: Extremidades Inferiores; FMA: *Functional Movility Assessment*; GC: Grupo control; GE: Grupo experimental; MWT: *Minute Walk Test*; ROM: Rango de movimiento articular; TFA: Amputación transfemoral; TTA: Amputación transtibial; TUDS: *Timed up and down stairs*; TUG: *Timed up and go*.