Universidad San Jorge
Facultad ciencias de la salud
Grado en Fisioterapia

Proyecto Final

Interés del biofeedback visual en la rehabilitación del equilibrio, dentro de un programa fisioterapéutico estandarizado, de un paciente amputado transtibial en fase protésica : a propósito de un caso.

Autor del proyecto: Laure Poueydebat
Director del proyecto: Lesmes Poveda López
Zaragoza, 17 de mayo de 2019

universidad SANJORGE
GRUPO SANVALERO

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

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

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

Firma: Fecha: 17 de mayo de 2019

Me gustaría agradecer, con mucha emoción y sinceridad, a todas las personas que me han acompañado y apoyado a lo largo de mi grado en Fisioterapia.

Primero, quiero agradecer a mis queridos padres, por su confianza, su apoyo y todos los valores que me inculcaron. Me han permitido de cumplir este sueño de ejercer la profesión de fisioterapeuta que me apasiona y siempre les estaré agradecido por ello. Estoy orgullosa de tener padres como ellos, gracias por todo el amor que me dan.

A mi hermana, Stéphanie, que me muestra el camino desde que soy pequeña y que siempre me ha dado la fuerza para vencer las etapas de la vida. Me siento muy afortunada tener a mi lado una hermana como ella, que me apoya y que cree en mí.

A mis compañeros y amigos, gracias por todos los momentos increíbles y inolvidables. Siempre nos hemos apoyado y ayudado mutuamente durante estos 4 años de estudio.

A los profesores de la universidad que nos han transmitido sus conocimientos y sus experiencias. Son, para mí, ejemplos de la fisioterapia.

A mi tutor, Lesmes Poveda López, gracias para su disponibilidad, su simpatía, su implicación y su ayuda preciosa en la elaboración de mi proyecto.

A Patrick Savet, el representante de Satel por su ayuda y sus consejos.

A todos los fisioterapeutas del centro de reeducación de Bagnères de Bigorre por su confianza, su profesionalismo y su alegría. Fue un verdadero placer aprender y trabajar con ellos.

Un agradecimiento especial a mi paciente por su confianza y su colaboración a lo largo del tratamiento.

ÍNDICE

RESUMEN 1

ABSTRACT 2

1. INTRODUCCIÓN 3

1.1 MARCO TEÓRICO 3

1.2 OBJETIVOS 5

2. PACIENTE Y MÉTODOS 5

2.1 PACIENTE 5

2.2 VARIABLES 6

2.3 PLAN DE INTERVENCIÓN 8

3. RESULTADOS 11

3.1 PLATAFORMA ESTABILOMÉTRICA 11

3.2 LOCOMÈTRE 13

3.3 L TEST OF FUNCTIONAL MOBILITY 14

3.4 PROSTHETIC EVALUATION QUESTIONNAIRE 15

4. DISCUSIÓN 16

5. LIMITACIONES / FORTALEZAS 18

6. CONCLUSIÓN 18

7. BIBLIOGRAFÍA 19

8. ANEXOS 22

RESUMEN :

Introducción y objetivo: El presente estudio expone un caso clínico de un paciente amputado a nivel transtibial en fase protésica. La amputación de un miembro inferior interrumpe la función motora y las aferencias propioceptivas, lo que altera el equilibrio, la marcha y aumenta el riesgo de caída. El objetivo es demostrar el interés de una plataforma estabilométrica como herramienta de valoración y rehabilitación del equilibrio dentro de un programa estándar de fisioterapia.

Metodología: Se realizó un seguimiento de 5 semanas con dos valoraciones, al inicio y al final del programa. La variable primaria fue el equilibrio postural y se valoró con una plataforma estabilométrica. La marcha, la funcionalidad y la calidad de vida (función de la prótesis, movilidad, experiencia psicosocial y bienestar) del paciente, fueron evaluadas mediante un Locomètre®, el L Test of Functional Mobility y el Prosthetic Evaluation Questionnaire, respectivamente. La intervención terapéutica consistió en un programa de rehabilitación estandarizado combinado a ejercicios con biofeedback visual en la plataforma.

Resultados: Los resultados muestran mejoras en el equilibrio (disminución de las oscilaciones), la marcha (disminución de las asimetrías), la funcionalidad y la calidad de vida del paciente con respecto a la prótesis.

Conclusión: Se observan cambios clínicamente relevantes en las variables. El estudio demuestra la eficacia de una técnica de biofeedback visual combinado a un programa de rehabilitación estandarizado en este paciente.

Palabras claves: Amputación transtibial, equilibrio, plataforma estabilométrica, biofeedback visual, rehabilitación.

ABSTRACT :

Introduction and objective: This present study esposes a clinical case of a transtibially amputated patient in the prosthetic phase. The amputation of a lower limb interrupts motor function and proprioceptive afferences, which alters balance, gait and increases the risk of falling. The objective is to demonstrate the interest of a stabilometric platform as a balancing assessment and rehabilitation tool within a standard physiotherapy programme.

Methods: A follow-up of 5 weeks was performed with two assessments, at the beginning and at the end of the programme. The primary variable was postural balance which was assessed with a stabilometric platform. The gait, functionality and quality of life (prosthetic function, mobility, psychosocial experience and well-being) of the patient were evaluated using a Locomètre®, the L Test of Functional Mobility and the Prosthetic Evaluation Questionnaire, respectively. The therapeutic intervention consisted of a standardised rehabilitation programme combined with exercises with visual biofeedback on the platform.

Results: The results show improvements in balance (a decrease in oscillations), gait (a decrease in asymmetries), functionality and quality of life of the patient with respect to prosthetics.

Conclusion: Clinically relevant changes in the variables are observed. The study demonstrates the efficacy of a visual biofeedback technique combined with a standardised rehabilitation programme in this patient.

Key words: Transtibial amputation, balance, stabilometric platform, visual biofeedback, rehabilitation.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 MARCO TEÓRICO

La amputación es una intervención quirúrgica que consiste a eliminar parte de un miembro, como consecuencia de una lesión o una enfermedad[1]. En España se realizan 5000 amputaciones de miembros inferiores cada año[1]. Puede ser de etiología adquirida o congénita. El 80-90% se deben a una enfermedad vascular arteriosclerótica, con frecuencia asociada a diabetes mellitus[1] y 75% sufren del pie diabético[2]. La mortalidad postquirúrgica es muy alta, del 10 al 30% y el riesgo de amputación en la extremidad contralateral puede cifrarse en el 15-20%[1]. Provoca una calidad de vida reducida y las lesiones relacionadas con caídas son un problema significativo en amputados de miembro inferior, sobre todo de origen vascular y en personas de mayor edad[3]. En la actualidad, se sabe que la discapacidad es un problema de salud pública y tiene un gran impacto económico[1].

El diagnóstico de diabetes se realiza a partir de análisis de sangre y de síntomas. El pie diabético es una ulceración del tejido como los perforantes plantares[2]. El predictor más significativo de la amputación en este tipo de pacientes es el Test de Monofilamento (Semmes-Weinstein); el test es positivo por ausencia de sensibilidad en más de un punto indicando neuropatía periférica. El nivel de amputación se elige por el cirujano en función de la gravedad de la infección y extensión del tejido necrótico con el objetivo de optimizar la cicatrización y la funcionalidad del miembro. Cuanto más distal sea el nivel de amputación, mejor será el pronóstico funcional, ya que las articulaciones se conservan[1]. La amputación transtibial infracondilea presenta la ventaja de preservar la articulación de la rodilla facilitando posteriormente la utilización de una prótesis[1].

El pie es el órgano fundamental del equilibrio; en efecto, la planta del pie es la interfaz entre el cuerpo humano y el suelo. Está compuesta por mecanorreceptores profundos (corpúsculos de Pacini y Ruffini) y superficiales (discos de Merkel y corpúsculos de Meissner). Estos receptores son sensibles a las deformaciones mecánicas de la piel en contacto con el suelo, proporcionando información permanente sobre los soportes plantares. Luego, se transmiten y se integran estas informaciones propioceptivas al SNC que, a través de vías eferentes, modula el tono muscular y permite los ajustes posturales necesarios para mantener el equilibrio y la armonía de los movimientos. La combinación de los elementos osteoarticulares, ligamentosos y musculares del tobillo asegura su movilidad y estabilidad al caminar. Tres sistemas sensoriales permiten la regulación del equilibrio; propioceptivo, vestibular y visual. Se puede utilizar tres estrategias de equilibrio[4]; la del tobillo permite de regresar el centro de gravedad a la base de sustentación ante perturbaciones ligeras y lentas moviendo el cuerpo en péndulo invertido alrededor del tobillo. La estrategia de cadera reposiciona el centro de gravedad ante perturbaciones amplias y rápidas por flexión o extensión de cadera. Las reacciones en paracaídas como las de protección de los miembros superiores o la estrategia de

paso con desplazamiento de un pie, ocurren cuando el centro de gravedad se desplaza más allá de la base de sustentación ante perturbaciones muy largas y rápidas.

La complicación más común de la amputación es la sensación del miembro fastasma producida por un desequilibrio entre la orden motora de la corteza y los impulsos sensitivos del miembro amputado. Otras complicaciones postoperatorias a tener en cuenta son: infección, edema, retraso de la cicatrización, trastornos dérmicos y circulatorios, dolor del muñón, retracciones musculares[1]. Además, la entrada somatosensorial, la actividad muscular y la movilidad articular del miembro amputado se ven comprometidas. La estrategia del tobillo desaparece. La amputación causa un traumatismo tanto físico como emocional; en efecto el paciente tiene que reaprender a vivir sin su pie y adaptarse a su nueva imagen corporal.

El tratamiento fisioterapéutico del paciente amputado, oscilando entre nueve meses y un año aproximadamente[5], se divide en tres fases[1]: la fase pre-quirúrgica en amputación programada, la fase post-quirúrgica, la fase pre-protésica y la fase protésica. Primero, los grandes principios de readaptación son el cuidado del muñón, prevenir las complicaciones derivadas del encamamiento manteniendo los rangos articulares, el estado aeróbico y la fuerza muscular. Luego, una vez que el muñón esta cicatrizado y estable, se adapta la prótesis y se inicia un trabajo propioceptivo. El muñón se convierte en el elemento sensible que recibe las informaciones de presión y posición de la prótesis.[5] El paciente tiene que integrarla a su esquema corporal. La readaptación consiste en cargar sobre la prótesis, trabajar el equilibrio postural con el fin de readaptar el paciente a la marcha. El objetivo es conseguir con su prótesis un nivel funcional lo más cercano posible al que tenía antes la amputación[1].

En la actualidad, las plataformas estabilométricas se desarollan en la práctica clínica; como una herramienta útil de valoración[6-8] y de rehabilitación[9,10] de los trastornos del equilibrio. La estabilometría está sujeta a futuras direcciones[8]. El Locomètre®, herramienta precisa de valoración de la función locomotora, objetiva los parámetros espacio-temporales de la marcha[11]. Sin embargo, la rehabilitación con biofeedback visual de pacientes con amputación de miembro inferior en fase protésica no es muy abordada en la literatura. No se ha demostrado la efectividad de la plataforma en la valoración y rehabilitación de este tipo de pacientes.

Por lo tanto, es relevante de llevar a cabo este estudio porque la amputación de un miembro inferior tiene un gran impacto en el control postural. Mas aún, el equilibrio estático y dinámico es más pobre debido a la falta del control activo del tobillo en el miembro protésico y por alteración de los insumos propioceptivos[4,12]. La asimetría del peso corporal se caracteriza por una actividad compensatoria de la pierna no amputada[13]. Se debe agregar que las caídas representan un gran problema de salud influyendo en la confianza y alterando el estado psicológico del paciente[3]. La plataforma estabilométrica permite valorar precisamente los trastornos posturales, proponer estrategias terapéuticas adaptadas y apreciar en el seguimiento, la efectividad de la rehabilitación. Mas aún, el biofeedback visual permite al

paciente de darse cuenta de los ajustes posturales necesarios que debe hacer para mantener el equilibrio y también ajustar sus apoyos al suelo usando receptores propioceptivos[14]. Tiene un feedback postural real que especifica su posición, y el desplazamiento de su centro de presiones podales en la plataforma. El equilibrio es esencial para la ejecución segura de los movimientos y asegurar una marcha de calidad. Los ejercicios son divertidos y motivan al paciente a tener éxito cada vez más. Además, tiene un feedback de su progreso lo que le ayuda psicológicamente a recuperar la confianza en sí mismo. Con estos elementos, la rehabilitación tiene muchas más probabilidades de ser eficaz y más rápida[10].

1.2 OBJETIVOS

Principal:

Demostrar el interés de una plataforma estabilométrica como herramienta de valoración y rehabilitación del equilibrio dentro de un programa estándar de fisioterapia, en paciente amputado transtibial en fase protésica.

Específicos:

- Determinar cambios en el equilibrio postural mediante la plataforma estabilométrica Satel®.
- Determinar cambios en los parámetros espacio-temporales de la marcha mediante el Locomètre®.
- Determinar la evolución de las capacidades funcionales mediante el test L Test of Functional Mobility.
- Analizar la influencia de la protetización en la calidad de vida del paciente mediante el cuestionario Prosthetic Evaluation Questionnaire (PEQ).

2. PACIENTE Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto se siguieron las normas del "Case report guidelines" (CARE).

2.1 PACIENTE

Hombre de 70 años, fue amputado a nivel transtibial (1/3 superior) del miembro inferior derecho el 29/05/2018 por una osteítis causado por la diabetes tipo II. Tenía miedo de caerse y ansiedad por no recuperarse funcionalmente, por lo cual quería ser protetizado. Su objetivo principal era la deambulación independiente en el medio comunitario. Estaba jubilado y tenía como ocio jugar con sus nietos. A nivel de su historia médica, diabético desde 27 años, ha tenido perforantes plantares. Tenía una bomba de insulina y manejaba su diabetes de forma autónoma. En relación a sus antecedentes, ha tenido un AVC en 2015 que ha recuperado completamente. No tenía antecedentes quirúrgicos. El 7/06/2018 fue admitido en el Centro de reeducación de Bagnères-de-bigorre, donde se ha hecho el estudio, con el fin de llevar a cabo

una rehabilitación funcional e instalación de una prótesis. El paciente ha firmado un consentimiento informado para que sus datos aparezcan en el caso clínico. *(ANEXO 1)*

Durante la entrevista clínica, el paciente cuantificaba el dolor a 2/10 sobre la Escala Visual Analógica del dolor[15] (EVA), localizado en la espina de la tibia. No tenía dolor del miembro fantasma. Se utilizaba la escala Patient and Observer Scar Assessment Scale[16] para analizar el tejido cicatricial; era normal con poca adherencia. La radiología mostraba un hipercrecimiento óseo distal del peroné. *(ANEXO 2)* Con respecto a la morfología del muñón, era de forma bulbosa. *(ANEXO 3)* Con exploración visual, se verificaba la presencia de enrojecimiento en los puntos de presión[1] (cabeza del peroné, tuberosidad tibial, polo distal de la rótula y extremos distales de la tibia y del peroné) y no había rubor. Sin embargo, la piel del muñón era fina, poca elástica y flexible. Se midieron los rangos articulares de la extremidad inferior con un goniómetro; tenía buenos rangos articulares y no tenía actitudes viciosas. Se valoró la fuerza muscular con un Testing Muscular Manual de Daniels[17] y se cuantificaban los músculos de cadera y de rodilla a 5/5. Además, tenía una buena tonicidad del muñón. Los criterios eran adecuados para la protetización provisional.

Ha tenido una prótesis provisional el 1/11/2018 y el seguimiento fisioterapéutico ha empezado el 5/11/2018. El paciente estaba sometido a controles médicos para verificar la buena evolución del proceso. Era autónomo para el ajuste y la higiene de la prótesis. Tenía una funda de silicona y una prótesis con un sistema vacío dinámico con estructura endoesquelética y un encaje PTB «patella tendon bearing» (tendón rotuliano, laterales de la tibia y hueco poplíteo)[5]. Tenía el pie (Trias) dinámico de clase II compuesta por una fibra de carbono, flexible y con restitución de energía que se deformaba longitudinalmente durante la carga, provocando una dorsiflexión[1]. *(ANEXO 4)*

2.2 VARIABLES

Se realizó un seguimiento continuo durante el tratamiento fisioterapéutico, consistente en una pauta de 5 sesiones semanales durante 5 semanas, en el que se registraron dos valoraciones; inicial y final. Se estudiaron 4 variables: el equilibrio postural como primaria y la marcha, la funcionalidad y la calidad de vida del paciente como secundarias.

Se realizaron las pruebas en el centro de reeducación, el examinador era siempre el mismo y todas las valoraciones han sido controladas por un fisioterapeuta especializado.

- Equilibrio

El equilibrio estático se evaluó mediante la plataforma estabilométrica Satel®, herramienta fiable, válida y reproducible[18]. Valora la estabilidad del sujeto en condiciones de ojos abiertos y cerrados. Cuantifica los trastornos posturales registrando la trayectoria y las oscilaciones del centro de presión (CP) correspondiendo a las posiciones sucesivas de los puntos de aplicación de los apoyos de ambos pies, de forma sincronizada[12].

El estatokinesigrama registra los desplazamientos y asimetrías del CP para objetivar parámetros posturográficos fiables[19] y proporcionar información relevante sobre el control del equilibrio[6,7]. Los valores se comparan con normas estandarizadas correspondientes a las pruebas de plataforma realizadas por la Asociación Francesa de Posturología en 1200 sujetos sanos[14].

La longitud corresponde a la distancia que recogen las oscilaciones del CP durante el registro. A más distancia, más inestabilidad y los índices permiten de distinguir el plano de mayor inestabilidad con mayor riesgo de caída[18].

- La longitud X (Lx en mm) en el plano frontal.
- El índice de inestabilidad X corresponde a la longitud X dividida por su norma máxima.
- La longitud Y (Ly en mm) en el plano sagital.
- El índice de inestabilidad Y corresponde a la longitud Y dividida por su norma máxima.
- La elipse de confianza (mm^2) representa la superficie en la que se agrupa el 95% de las posiciones sucesivas del centro de presiones podales; representa un índice sensorial.

Durante los exámenes, se siguieron instrucciones estandarizadas[20]; el sujeto tuvo que permanecer lo más quieto posible, los brazos a lo largo del cuerpo y los pies, con apertura de 30°, colocados con los talones separados de 2 cm. El objetivo visual tenía que estar situado a 90 cm de la plataforma. La duración de la grabación era de 51.2 segundos. El «offset» de los sensores de la plataforma tuvo que ser realizado para la calibración del material y tenía una referencia de adquisición calibrada para evitar posibles errores de medida de instrumento[9]. Se tomaban dos mediciones: con ojos abiertos (YO) y ojos cerrados (YF)[7]. El paciente estaba asegurado por una barrera de sujeción y supervisado por el fisioterapeuta. *(ANEXO 5)*

• Marcha

El Locomètre®, diseñado por Bessou[21], permitió cuantificar precisamente y con fiabilidad[21,22] los parámetros espacio-temporales, la velocidad media y la cadencia de la marcha:

- Parámetros espaciales: longitud del paso (m) y asimetría (%)
- Parámetros temporales: tiempo del apoyo total (s), duración del balanceo (s) y asimetrías (%)

Se centraba en los parámetros más relevantes que reflejaban la calidad de marcha del paciente dependiente de la simetría de los pasos. Los parámetros espacio-temporales son válidos y reproducibles[23]. Para cada parámetro se indican normas y desviaciones[21]. Las asimetrías entre el pie derecho y izquierdo tienen que estar inferiores a 10%[23]. Se siguió un protocolo experimentado[22]. El paciente caminaba con dos muletas, en línea recta, en una distancia de 10 metros. Sus antepies estaban unidos por hilos inextensibles, fijando con velcro a las articulaciones metatarsofalángicas. Se conectaban a un potenciómetro óptico que contenía un dispositivo de polea registrando el desplazamiento longitudinal de cada pie[11]. Luego, fue transmitido a un ordenador donde se establecieron las curvas de desplazamiento en función del tiempo, para apreciar la regularidad de sus avances durante los diferentes ciclos de marcha.

Un locograma de referencia traducía los eventos sucesivos de la marcha de los miembros inferiores simultáneamente[22]. *(ANEXO 6)*

• Funcionalidad

El test L Test of Functional Mobility es una versión modificada válida y fiable[24] del Timed up and Go adaptada más específicamente a los amputados de miembros inferiores para evaluar su movilidad funcional con su prótesis. Se dieron instrucciones estandarizadas al paciente[24]. Caminaba con dos muletas siguiendo una ruta en forma de «L». La prueba incluía dos transferencias, dos vueltas a 90° y dos medias vueltas. La distancia recogida entre la silla y la primera media vuelta era de 10 metros lo que llevaba a una distancia total de 20 metros. La prueba era cronometrada desde el momento en el que el paciente se levantaba de su silla hasta que regresaba a la posición sentada. *(ANEXO 7)*

• Calidad de vida

Prosthetic Evaluation Questionnaire es un cuestionario válido[25], específico para amputados de miembros inferiores que mide sus propriedades psicométricas. Está compuesto por cuatro subescalas con 20 preguntas: función de la prótesis (utilidad, estado de muñón, apariencia estética, y sonoridad), movilidad (marcha, transferencias), experiencia psicosocial (reacciones percibidas, reacción social y frustración) y bienestar. El paciente respondió a las preguntas según una Escala Visual Analógica. Cada pregunta iba acompañada de una línea de 100 mm delimitada por dos frases que denotaban los extremos de las posibles respuestas con la situación más negativa a la izquierda y la más positiva a la derecha. Las puntuaciones resultantes se ordenaron de 0 (peor) a 100 (mejor).

2.3 PLAN DE INTERVENCIÓN

El programa fue supervisado por un fisioterapeuta dentro de un equipo multidisciplinar gracias a la ayuda de un médico, un protésico ortopédico y otros fisioterapeutas. Las intervenciones se realizaron en el gimnasio del centro y el entrenamiento en plataforma en una sala silenciosa con ordenador. El paciente hacía sesiones de dos horas por la mañana y una hora por la tarde cada día, excepto el fin de semana.

Las intervenciones se centraban en ejercicios basados en biofeedback visual en la plataforma estabilométrica dentro de un programa estándar de fisioterapia[9].

Se organizaban siguiendo los diferentes objetivos:

- Mantener los rangos articulares y la fuerza muscular.
- Mejorar el control postural y recuperar un buen equilibrio estático y dinámico.
- Readaptación a una marcha lo más fisiológica posible optimizando su calidad a fin de evitar caídas.
- Mejorar las capacidades funcionales maximizando su independencia y restableciendo su confianza.

Se hizo un programa fisioterapéutico estándar para evitar complicaciones revalorando la capacidad cutánea del muñón, la fuerza muscular y los rangos articulares. Se han integrado ejercicios de propiocepción[26] para optimizar el entrenamiento en la plataforma. Además, hizo ejercicios aeróbicos para mejorar su capacidad cardio-respiratoria, y prepararle posteriormente a la marcha con ayudas técnicas[27]. Luego, se han empezado gradualmente actividades superiores de equilibrio y de marcha. Para completar la independencia y permitirle de autoprotegerse de las posibles caídas, se instruyó al paciente a caerse y levantarse con aprendizaje de los niveles de evolución motriz (NEM)[3]. *(ANEXO 8)*

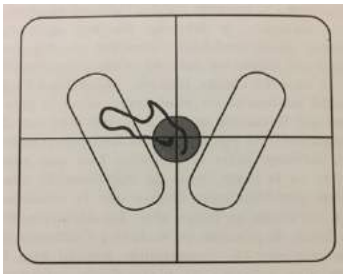
Primero se trabajó el equilibrio en estático porque es la base de todo lo que se construirá más adelante. Se siguió un protocolo de rehabilitación[9]. Los ejercicios en la plataforma siguen una progresión para cumplir los objetivos[9,14,28]. Se adjunta imágenes descriptivas de los ejercicios extraídas del libro de posturología de Gagey et al[14].

- **Ejercicio de estabilización**

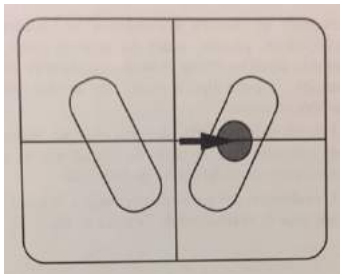
Aparecía un objetivo representado por un círculo en el centro de la pantalla. Una oruga representaba el centro de presión del paciente. Los movimientos de la oruga correspondían a los movimientos de su cuerpo. Se instruyó al sujeto para que no deje salir la oruga del círculo. Tenía que entrenarse para controlar su estabilidad, es decir, para no dejar que su centro de presión se desvíe de la posición de referencia. La dificultad fue incrementada por una reducción de la superficie real del objetivo.

- **Ejercicio de puesta en carga de los apoyos**

El propósito de este ejercicio fue cargar el lado protésico. Se programaron las apariciones sucesivas de los objetivos en este lado. El paciente tenía instrucciones de conducir la oruga hacia el objetivo y mantenerla allí por un tiempo. La dificultad fue incrementada presentando objetivos cada vez más alejados del centro del polígono de sustentación.



La pantalla del monitor en fase de estabilización[14]



La pantalla del monitor en fase de puesta en carga[14]

Una vez que el sujeto ha progresado en su estabilidad, se pasaba a los ejercicios dinámicos.

- **Identificación de las potencialidades**

El propósito de este ejercicio era solicitar al paciente a ir a las amplitudes que no exploraba habitualmente para que se dé cuenta de ellas y lo lleve a reintegrarlas en su esquema corporal.

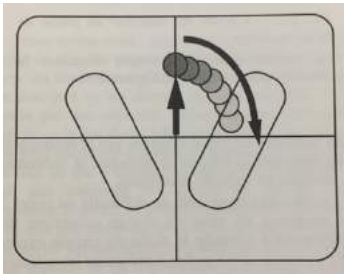
El paciente tenía instrucciones de intentar dibujar con su cuerpo la superficie la más grande posible de forma rotativa sin mover los pies. Permitía al clínico de dar un feedback al paciente de sus áreas de deficiencia de apoyos y establecer con él un objetivo de rehabilitación justificado. Duraba 45 segundos y el resultado se expresaba en porcentaje.

- **Ejercicio de transferencias de apoyo**

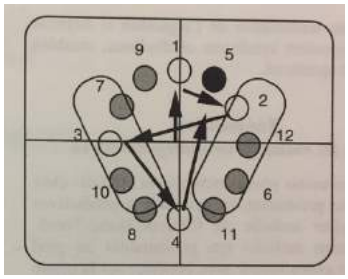
Este ejercicio preparó el paciente a la marcha. Se le instruyó para llevar la oruga a un primer objetivo aparente. Cuando tenía éxito, el objetivo afectado desaparecía y estaba inmediatamente reemplazado por un siguiente a su lado que la oruga debía alcanzar a su vez y así sucesivamente. La sucesión espacio-temporal de estos objetivos a lo largo de un arco de 90° producía un movimiento equivalente a una transferencia dinámica y controlada de los apoyos del sujeto, similar al progreso del paso. La dificultad aumentaba con aparición de los objetivos cada vez más lejos del centro del polígono. La transición entre los niveles de dificultad se hacía sólo si el paciente mejoraba su tiempo en un 30% respecto al tiempo inicial.

- **Ejercicio de control postural**

Cuando el paciente era capaz de controlar su estabilidad, la puesta en carga sobre su prótesis y el progreso de su transferencia de apoyo, era importante prepararlo a ejercicios más dinámicos para luchar contra las desestabilizaciones aleatorias que encontrará en la vida diaria, especialmente durante la marcha. Estos ejercicios requerían atención y rapidez de ejecución. Se le advirtió al paciente que aparecerá un objetivo en la pantalla y que sólo tendrá cinco segundos para destruirlo con la oruga antes que desaparezca. Aparecerá luego un otro objetivo en otra parte de la pantalla, que debe ser destruido tan pronto como sea posible. La rápida sucesión de objetivos obligaba al paciente a anticipar su control postural. La dificultad fue incrementada por aumentar la velocidad de aparición y desaparición de cada objetivo.



La pantalla del monitor
en fase de transferencias de apoyo[14]



La pantalla del monitor
en fase de control postural[14]

Acorde con la valoración del paciente, tenía más inestabilidad en el plano frontal con ojos abiertos. Entonces, otros entrenamientos cada vez más dinámicos permitieron adaptar la rehabilitación a los déficits del paciente.

Un ejercicio permitía al paciente desarrollar la adaptación postural y animarle a ir dentro de sus límites moviendo su centro de gravedad (representado por un oso) a la mayor distancia

posible. El paciente tenía que adoptar estrategias posturales para capturar la mayor cantidad de frutas. Se programaron sus llegadas de arriba a abajo para que el paciente las cojas balanceándose en el plano frontal. Se incrementó la dificultad aumentando el coeficiente de sensibilidad de los sensores de la plataforma.

El propósito de otro ejercicio era progresar en la capacidad de transferir de un apoyo monopodal lateral al apoyo monopodal opuesto en el plano frontal, de acuerdo con la cadencia de marcha. El centro de presión fue representado por un coche en una carretera. Se le indicó al paciente de conducir sin salirse del circuito. Era necesario anticipar la trayectoria y evitar la salida de la pista. La dificultad aumentaba con una orientación más compleja del circuito.

En cada ejercicio, para pasar de un nivel a otro, el paciente tenía que tener una tasa de éxito del 70% o más[9]. Para garantizar la máxima seguridad del paciente, inicialmente, tenía dos dedos de contacto en barras de seguridad. Esta precaución se descartaba después de una semana de rehabilitación porque su capacidad de adaptación postural era suficiente. Sin embargo, el terapeuta quedaba próximo de él para evitar una posible caída.

Tabla 1: Programa de intervención fisioterapéutico 5 días por semana durante 5 semanas.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Por la mañana (2 horas)	• TM muñón • Ej Propiocepción • Ej Tonificación • Ej Estabilización postural (Nivel 1) ® (20 min) NEM*	• TM muñón • Ej Propiocepción • Ej Tonificación **Δ** • Ej Estabilización postural (Nivel 2) ® (20 min) Transferencia de apoyo (Nivel 1) ® (20 min)	• Ej Tonificación **Δ** • Marcha con muletas **±** • Ej Transferencia de apoyo (Nivel 2) ® (20 min) Control postural (Nivel 1) ® (20 min)	• Ej Tonificación **Δ** • Marcha con 2 bastones **±** • Ej control postural (Nivel 2) ® (20 min) • Ej equilibrio dinámico **Δ**	• Ej Tonificación **Δ** • Marcha con 1 bastón **±** • Ej control postural (Nivel 3) ® (20 min) • Ej equilibrio dinámico **Δ**
Por la tarde (1 hora)	• Ej equilibrio estático • Ej aeróbico (20 min) • Marcha en barras paralelas (15 min)	• Ej equilibrio estático y dinámico **Δ** • Ej aeróbico (20 min) • Marcha en barras paralelas con obstáculos **±**	• Ej equilibrio dinámico **Δ** • Ej aeróbico (20 min) • Marcha con muletas en perímetro exterior **±**	• Marcha con 2 bastones en perímetro exterior **±** • Escaleras	• Marcha con 1 bastón en perímetro exterior **±** • Escaleras

* Día 1: Aprendizaje de los niveles de evolución motriz (NEM), **±**: El tiempo de deambulación aumenta gradualmente, **Δ:** La dificultad aumenta gradualmente, Ej: Ejercicio, ®: Plataforma estabilométrica, TM: Terapia manual, Min: minutes

Al principio, no debía superar el tiempo de uso de la protésis y era necesario seguir rigurosamente las pautas de adaptación, comprobando los puntos de presión[1] en el muñón y si producía dolor al terminar los ejercicios[5].

3. RESULTADOS

3.1 PLATAFORMA ESTABILOMÉTRICA

Se ha observado en ambas condiciones una disminución de la superficie y de la longitud en el plano frontal (X) y en el plano sagital (Y), dentro de las normas. El centro de presión estaba centrado y tenía una simetría de apoyo correcta. Los índices de inestabilidad estaban dentro de las normas. *(ANEXO 9)*

Tabla 2: Comparación de los resultados evaluando el equilibrio estático con ojos abiertos, pre y post intervención:

	Evaluación inicial	Evaluación final	**NORMAS**
Superficie (mm^2)	1351,91	56,03	91 (39/210)
Longitud X (mm)	1145,18	204,11	245 (180/310)
Índice de inestabilidad X	3,69	0,66	N < 1
Longitud Y (mm)	1218,39	198,81	360 (260/460)
Índice de inestabilidad Y	2,65	0,43	N < 1

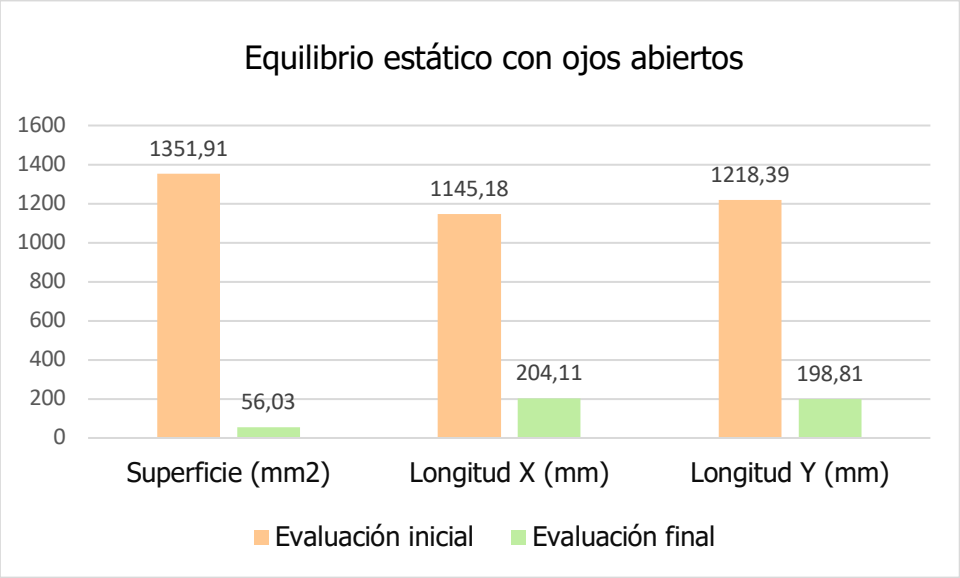


Figura 1: Progresión del equilibrio estático con ojos abiertos, pre y post intervención, según la plataforma estabilométrica.

Tabla 3: Comparación de los resultados evaluando el equilibrio estático con ojos cerrados, pre y post intervención:

	Evaluación inicial	Evaluación final	**NORMAS**
Superficie (mm^2)	2838,59	116,90	225 (79/638)
Longitud X (mm)	1041,85	234,05	317 (194/440)
Índice de inestabilidad X	2,37	0,53	N < 1
Longitud Y (mm)	2048,09	262,25	480 (280/680)
Índice de inestabilidad Y	3,01	0,39	N < 1

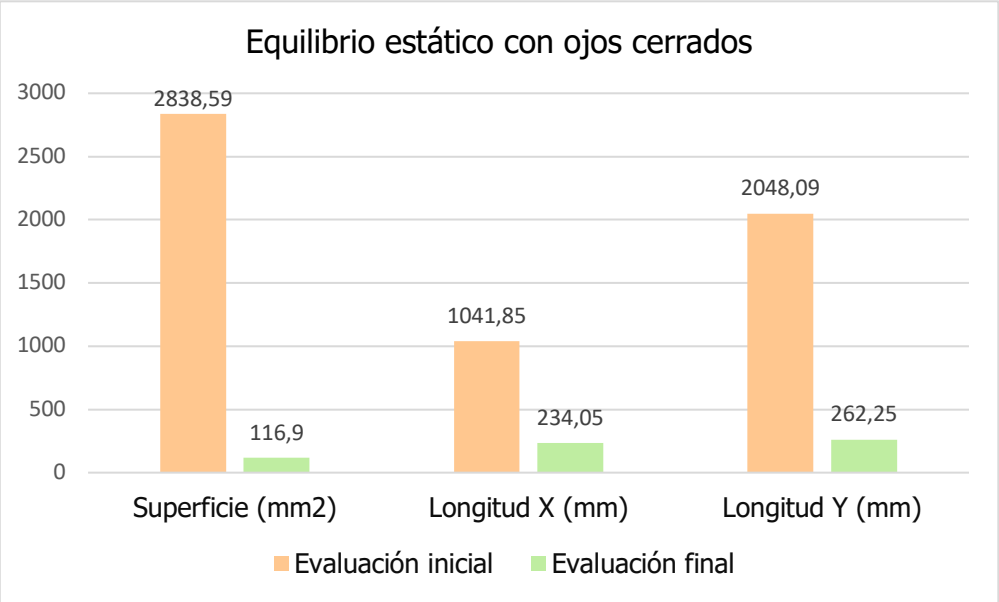


Figura 2: Progresión del equilibrio estático con ojos cerrados, pre y post intervención, según la plataforma estabilométrica.

3.2 LOCOMÈTRE

Se ha observado un aumento de la cadencia de 3% lo que se tradujo en una mejora del 6% en la eficiencia de la marcha. Además, las asimetrías de los pasos se han reducido de 5%, de los tiempos de apoyo total de 6% y de las fases de balanceo de 16%. Todas las asimetrías eran inferiores a 10% después la intervención. *(ANEXO 10)*

Tabla 4: Comparación de los parámetros espacio-temporales de la marcha, pre y post intervención:

		Evaluación inicial	**Asimetría**	Evaluación final	**Asimetría**	**NORMAS**
Longitud paso (m)	Pie izq	0,5	7%	0,53	2%	0,71
	Pie der	0,45		0,51		
Apoyo total (s)	Pie izq	1,1	9%	1,03	3%	0,42
	Pie der	1,04		1,01		
Fase de balanceo (s)	Pie izq	0,39	20%	0,41	4%	0,63
	Pie der	0,47		0,43		

izq: izquierdo, der: derecho

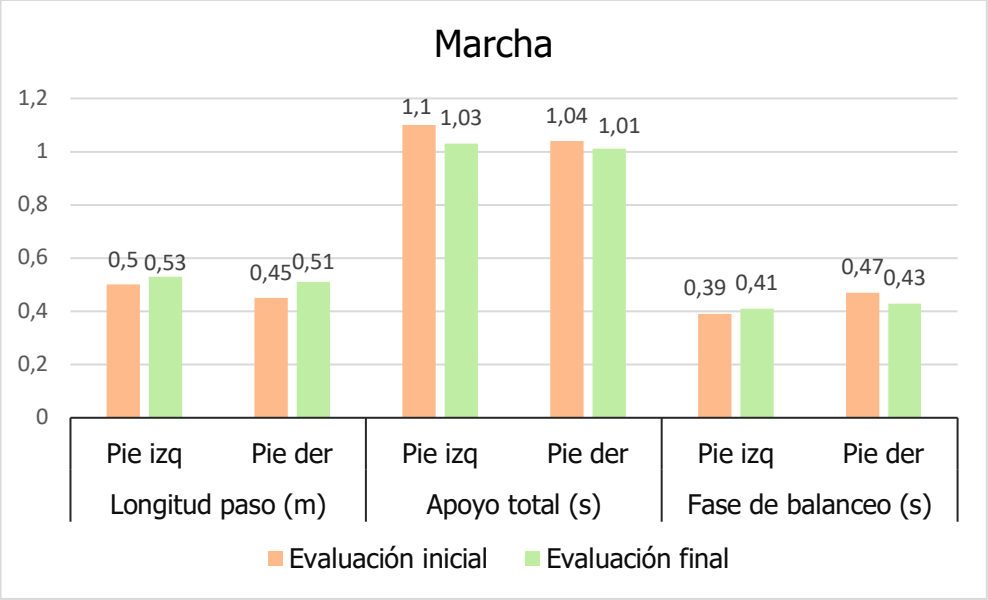


Figura 3: Progresión de los parámetros espacio-temporales, pre y post intervención, según el Locomètre.

3.3 L TEST OF FUNCTIONAL MOBILITY

Se han hecho dos pruebas al paciente con dos muletas y se compararon los tiempos registrados. Fue 8,39 segundos más rápido.

Tabla 5: Comparación de los tiempos cronometrados, pre y post intervención:

	Evaluación inicial	Evaluación final
Tiempo cronometrado (s)	38,52	30,13

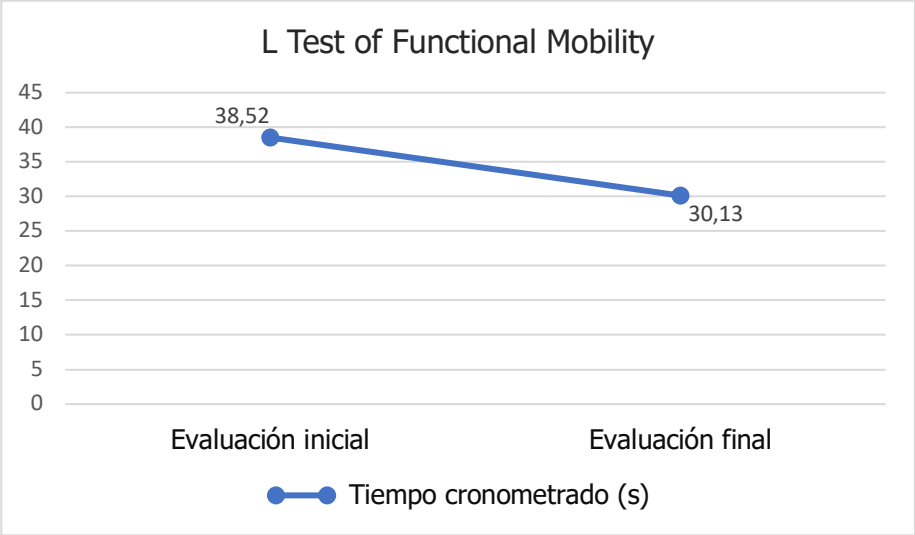


Figura 4: Progresión del tiempo cronometrado (s), pre y post intervención.

3.4 PROSTHETIC EVALUATION QUESTIONNAIRE (PEQ)

A mayor puntuación, mayor calidad de vida. *(ANEXO 11)*

Tabla 6: Evolución de las puntuaciones del cuestionario PEQ según la escala EVA (0-100 mm), pre y post intervención:

Categorías	**Subcategorías**	Evaluación inicial	Evaluación final
Función de la prótesis	Utilidad	61,9	95,5
	Estado del muñón	57,3	72,3
	Apariencia estética	86,3	89,9
	Sonoridad	100	100
Movilidad	Marcha	22,7	86,4
	Transferencias	60	100
Experiencia psicosocial	Reacciones percibidas	100	100
	Reacción social	85,4	100
	Frustración	70,9	100
Bienestar	Satisfacción	78,1	85,4
	Calidad de vida	50,9	81,8

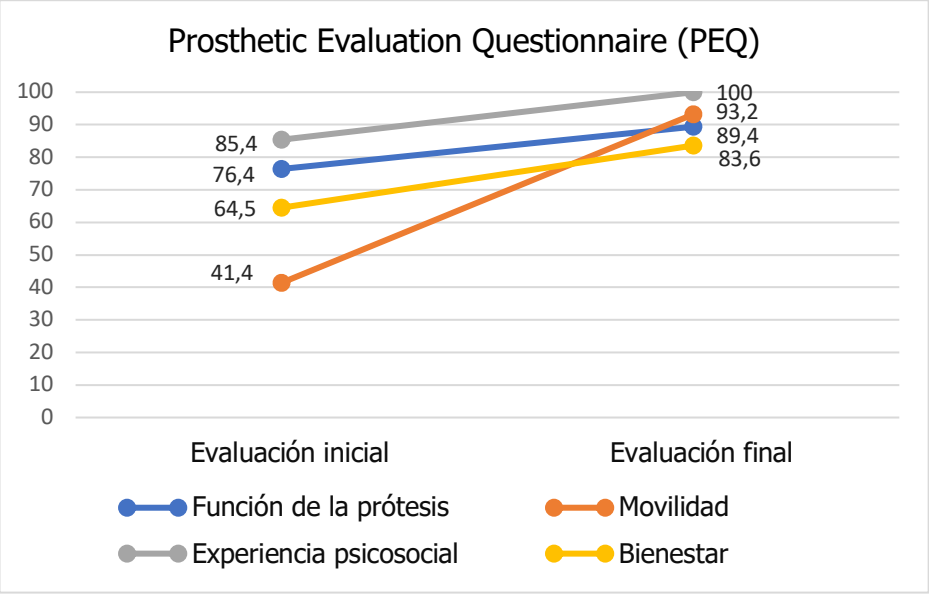


Figura 5: Evolución de las puntuaciones del cuestionario PEQ según la escala EVA (0-100 mm), pre y post intervención.

Al final de la intervención, el paciente caminaba con un simple bastón y ha tenido su prótesis definitiva el 1/02/2019 una vez que fue autónomo con ella y su muñón sufriera los cambios necesarios de volumen que le permitieran adaptarse a la prótesis definitiva.

4. DISCUSIÓN

Tal como se muestra en los resultados, se observó una evolución relevantemente positiva de las variables gracias a la rehabilitación del equilibrio en plataforma, asociada al programa fisioterapéutico. Resultó en una mejora del equilibrio estático y dinámico. Era más estable gracias a una mejora de la sensibilidad del muñón y por lo tanto una disminución de la longitud del centro de presión y de la superficie con ojos abiertos y cerrados en ambos planos. Se han disminuido las oscilaciones, aunque persisten más en el plano frontal para estabilizarse.

En cuanto a la valoración del equilibrio, la plataforma objetiva los parámetros posturales. En la literatura, se utiliza otras escalas como Berg Balance Scale[29] que tiene validez para evaluar el equilibrio en paciente amputado transtibial. Sin embargo, no objetiva precisamente los trastornos posturales y el plano de mayor inestabilidad. Al comparar con otros estudios, se demostró que los pacientes amputados transtibiales tienen más oscilaciones en el plano frontal en comparación con personas sanas[26,30]. Biomecánicamente, los seres humanos tienen más inestabilidad en el plano sagital debido a un brazo de palanca más grande involucrando principalmente la estrategia del tobillo[4]. Los pacientes amputados compensan la falta de estrategia del tobillo con estrategias de cadera para estabilizarse. Curtze et al.[4] y Rougier et al.[12] apoyaron esta idea; las oscilaciones laterales implican sobre todo estrategias de cadera.

Se ha observado el interés de una técnica de biofeedback visual en la rehabilitación del equilibrio postural. Por una parte, Miller et al.[31] demostraron la efectividad de un programa fisioterapéutico supervisado durante seis semanas con ejercicios estandarizados para mejorar la confianza en el equilibrio, los parámetros espacio-temporales de la marcha y la capacidad funcional protésica en personas con amputación de miembro inferior. Por otra parte, Kerdoncuff V et al.[9], Maciaszek et al.[10] y Sackley et al.[32] evocaron la efectividad de la rehabilitación por biofeedback visual. Compararon dos grupos de pacientes hemipléjicos; uno rehabilitado con biofeedback visual en la plataforma dentro de un programa de rehabilitación tradicional con otro grupo solamente con rehabilitación tradicional. El grupo con rehabilitación por biofeedback tenía una mejoría estadísticamente mayor en comparación con el otro grupo. Similarmente a los amputados, los hemipléjicos tienen una alteración del control del equilibrio y por lo tanto asimetría de la marcha[33]. Al contrario, los estudios de Geiger RA et al.[34] y Warker C et al.[35] no detectaron diferencias entre los grupos, el biofeedback visual no proporciona beneficios adicionales combinado con fisioterapia convencional en población hemipléjica. Esto podría ser debido porque han utilizado otras herramientas de valoración no objetivas, por lo tanto podría

haber sesgos en la realización o interpretación de los resultados. Sin embargo, los resultados del presente caso clínico son mejores al combinar ambas. Yahia et al.[28] confirmó el interés de la plataforma estabilométrica como herramienta de valoración para aclarar y ajustar la estrategia de rehabilitación de estos sujetos y como herramienta de rehabilitación para optimizar el control postural con una mejor integración de los insumos propioceptivos.

Estos resultados anteriores de la variable primaria influyeron en los resultados de las variables secundarias; la marcha del paciente era de mayor calidad con disminución de las ayudas técnicas y era más independiente funcionalmente. Gracias al entrenamiento en la plataforma, se incrementaba la estabilidad del miembro inferior derecho en fase de apoyo al caminar. Se observó una progresión de los parámetros espacio-temporales. Después la intervención, tenía asimetrías dentro de las normas a las de un sujeto sano durante la marcha[36]. En el presente estudio, se observó que no ha progresado mucho en la velocidad de marcha, pero al aumentarla se incrementan las asimetrías[36], por lo tanto, hemos priorizado la calidad de marcha a la cantidad, reduciendo el riesgo de caída. Al contrario, los resultados de otro estudio[37] han demostrado que la asimetría de la marcha después una amputación transtibial no es necesariamente perjudicial, sino que podría ser beneficiosa en la regulación de su estabilidad. Estos hallazgos podrían ser debido al pequeño tamaño de la muestra compuesta por jóvenes con un buen nivel de caminar.

La progresión de la puntuación global de la escala L Test of Functional Mobility refleja esta mejora en la movilidad funcional. Se compararon los tiempos registrados en las dos pruebas con los diferentes tiempos estandarizados en función de variables clínicas del paciente: edad superior a 55 años con amputación a nivel transtibial por causa vascular y marcha automática con ayudas técnicas. El tiempo registrado tras la rehabilitación se encuentra dentro de valores normales estandarizadas[24]. Otro estudio[38] ha demostrado un peor rendimiento en la prueba, que podría ser relacionado al deterioro cognitivo, alterando el uso protésico y la movilidad funcional.

Mas aún, la progresión en la puntuación del cuestionario PEQ muestra que ha ganado confianza en él por lo cual se mejoraba su calidad de vida relacionada con la prótesis. El ajuste psicológico a la prótesis y su integración en la imagen corporal son llaves para una buena rehabilitación y son importantes para el bienestar y la vuelta al estilo de vida previo del paciente[1]. Se ha demostrado que el estado psicológico evoluciona favorablemente en la fase protésica[39].

Los hallazgos mostraron que la rehabilitación mediante biofeedback visual combinado a un programa estandarizado fisioterapéutico es clínicamente relevante en la rehabilitación de un paciente amputado transtibial. Para apoyar estos resultados, se basa en un estudio piloto[40] que evaluó la importancia clínica del biofeedback visual para lograr un equilibrio estático y una marcha simétrica en amputados además de resultar útil para superar la pérdida sensorial.

Según Gagey et al.[14], esta técnica de biofeedback en plataforma estabilométrica puede añadir un beneficio a las técnicas ya utilizadas en fisioterapia para mejorar el control postural y el equilibrio en amputados.

5. LIMITACIONES / FORTALEZAS

Este estudio tiene limitaciones. A pesar de que las herramientas instrumentales valoran objetivamente con datos concretos el equilibrio y la marcha, son pocas estudiadas en la literatura en personas amputadas. Además, no presentan valores normalizados por patología. La amputación es una patología compleja y los resultados pueden variar dependiendo de variables clínicas[24]. Sería interesante de tomar en cuenta el tipo de prótesis, el origen y el nivel de la amputación o la edad en estas normas para interpretar adecuadamente los resultados[13].

Además, temas como la rehabilitación con biofeedback visual, siguen estando poco documentados en este tipo de pacientes. Podría haber errores de intervención por no haber seguido un protocolo de rehabilitación sobre el uso de la plataforma estabilométrica en el contexto de la amputación transtibial. Se siguió el protocolo de rehabilitación de otro estudio realizado sobre otra patología[9].

Los entrenamientos con biofeedback visual en la plataforma son lúdicos, interactivos y con niveles de dificultad ajustables. La adherencia del paciente fue demostrada por el porcentaje de éxito en los ejercicios. Además, veía sus resultados lo que le animó a progresar.
No obstante, no se puede entrenar a todos los pacientes con esta técnica ya que necesita una buena adherencia a los ejercicios con atención y rapidez de ejecución, por lo cual necesita un nivel cognitivo adecuado. Se pueden utilizar otras alternativas para permitir la comprensión y la realización de ejercicios como el uso de básculas o espejos por ejemplo[14].

6. CONCLUSIÓN

El estudio demostró el interés de una plataforma estabilométrica como herramienta de valoración y rehabilitación del equilibrio. El paciente mejoró su control postural, su equilibrio y su marcha. Estos beneficios, sumando al programa estándar de fisioterapia, se han traducido con una mayor ganancia funcional y calidad de vida. Se puede suponer que la rehabilitación con biofeedback visual ayudará a reducir el riesgo de caídas en pacientes amputados transtibiales.
Sería interesante realizar un ensayo clínico para comparar un programa estandarizado con ejercicios en plataforma estabilométrica a fin de ver si la combinación de estas técnicas tiene la mejor eficacia en pacientes amputados de miembros inferiores.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] González Viejo MA, Cohí Riambau O, Salinas Castro F. *Amputación de Extremidad Inferior y Discapacidad. Prótesis y Rehabilitación.* Barcelona: Masson; 2015.

[2] Narres M, Kvitkina T, Claessen H, Droste S, Schuster B, Morbach S, Rümenapf G, Van Acker K, Icks A. Incidence of lower extremity amputations in the diabetic compared with the non-diabetic population: A systematic review. PLoS One. 2017 Aug 28;12(8):e0182081.

[3] Hunter SW, Higa J, Frengopoulos C, Viana R, Payne MW. Evaluating knowledge of falls risk factors and falls prevention strategies among lower extremity amputees after inpatient prosthetic rehabilitation: a prospective study. Disabil Rehabil. 2019 Jan 27:1-10.

[4] Curtze C, Hof AL, Postema K, Otten B. The relative contributions of the prosthetic and sound limb to balance control in unilateral transtibial amputees. Gait Posture. 2012 Jun;36(2):276-81.

[5] Serra M. *El Paciente Amputado: Labor de Equipo*. Barcelona: Springer Verlag Ibérica; 2001.

[6] De Oliveira JM. Statokinesigram normalization method. Behav Res Methods. 2017 Feb;49(1):310-317.

[7] Gomes Paiva AF, Thoumie P, Missaoui B. How far do stabilometric and clinical parameters correlate in peripheral neuropathies? Gait Posture. 2017 Feb;52:11-14.

[8] Yamamoto M, Ishikawa K, Aoki M, Mizuta K, Ito Y, Asai M, Shojaku H, Yamanaka T, Fujimoto C, Murofushi T, Yoshida T. Japanese standard for clinical stabilometry assessment: Current status and future directions. Auris Nasus Larynx. 2018 Apr;45(2):201-206.

[9] Kerdoncuff V, Durufle A, Petrilli S, Nicolas B, Robineau S, Lassalle A, Le Tallec H, Ramanantsitonta J, Gallien P. [Interest of visual biofeedback training in rehabilitation of balance after stroke]. Ann Readapt Med Phys. 2004 May;47(4):169-76; discussion 177-8. French.

[10] Maciaszek J. Effects of Posturographic Platform Biofeedback Training on the Static and Dynamic Balance of Older Stroke Patients. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2018 Jul;27(7):1969-1974.

[11] Missaoui B, Thoumie P. Balance training in ataxic neuropathies. Effects on balance and gait parameters. Gait Posture. 2013 Jul;38(3):471-6.12

[12] Rougier PR, Bergeau J. Biomechanical analysis of postural control of persons with transtibial or transfemoral amputation. Am J Phys Med Rehabil. 2009 Nov;88(11):896-903.

[13] Ku PX, Abu Osman NA, Wan Abas WA. Balance control in lower extremity amputees during quiet standing: a systematic review. Gait Posture. 2014 Feb;39(2):672-82.

[14] Gagey PM, Weber B. *Posturologie, Régulation et Dérèglements de la Station Debout*. Paris: Masson; 1995, p. 129-134.

[15] Karcioglu O, Topacoglu H, Dikme O, Dikme O. A systematic review of the pain scales in adults: Which to use? Am J Emerg Med. 2018 Apr;36(4):707-714.

[16] Draaijers LJ, Tempelman FR, Botman YA, Tuinebreijer WE, Middelkoop E, Kreis RW, van Zuijlen PP. The patient and observer scar assessment scale: a reliable and feasible tool for scar evaluation. Plast Reconstr Surg. 2004 Jun;113(7):1960-5; discussion 1966-7.

[17] Hislop H, Avers D, Brown M, Pillu M, Viel É. *Le Bilan Musculaire de Daniels et Worthingham.* 9th ed. Elsevier Masson; 2015.

[18] Tamburella F, Scivoletto G, Iosa M, Molinari M. Reliability, validity, and effectiveness of center of pressure parameters in assessing stabilometric platform in subjects with incomplete spinal cord injury: a serial cross-sectional study. J Neuroeng Rehabil. 2014 May 13;11:86.

[19] Ruhe A, Fejer R, Walker B. The test-retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions--a systematic review of the literature. Gait Posture. 2010 Oct;32(4):436-45.

[20] Zok M, Mazzà C, Cappozzo A. Should the instructions issued to the subject in traditional static posturography be standardised? Med Eng Phys. 2008 Sep;30(7):913-6.

[21] Bessou P, Dupui P, Montoya R, Pagès B. Simultaneous recording of longitudinal displacements of both feet during human walking. J Physiol (Paris).1988-1989;83(2):102-10.

[22] Montoya R, Dupui P, Pagès B, Bessou P. Step-length biofeedback device for walk rehabilitation. Med Biol Eng Comput. 1994 Jul;32(4):416-20.

[23] Donath L, Faude O, Lichtenstein E, Pagenstert G, Nüesch C, Mündermann A. Mobile inertial sensor based gait analysis: Validity and reliability of spatiotemporal gait characteristics in healthy seniors. Gait Posture. 2016 Sep;49:371-374.

[24] Deathe AB, Miller WC. The L test of functional mobility: measurement properties of a modified version of the timed "up & go" test designed for people with lower-limb amputations. Phys Ther. 2005 Jul;85(7):626-35.

[25] Legro MW, Reiber GD, Smith DG, del Aguila M, Larsen J, Boone D. Prosthesis evaluation questionnaire for persons with lower limb amputations: assessing prosthesis-related quality of life. Arch Phys Med Rehabil. 1998 Aug;79(8):931-8.

[26] Quai TM, Brauer SG, Nitz JC. Somatosensation, circulation and stance balance in elderly dysvascular transtibial amputees. Clin Rehabil. 2005 Sep;19(6):668-76.

[27] Czerniecki JM, Morgenroth DC. Metabolic energy expenditure of ambulation in lower extremity amputees: what have we learned and what are the next steps? Disabil Rehabil. 2017 Jan;39(2):143-151.

[28] Yahia A, Mallek A, Elleuch W, Ghroubi S, Elleuch MH. Interest of assessment and rehabilitation by visual biofeedback in treatment of postural trouble of fallers' elderly subjects. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. 2014 May; 57(4):e152.

[29] Major MJ, Fatone S, Roth EJ. Validity and reliability of the Berg Balance Scale for community-dwelling persons with lower-limb amputation. Arch Phys Med Rehabil. 2013 Nov;94(11):2194-202.

[30] Hermodsson Y, Ekdahl C, Persson BM, Roxendal G. Standing balance in trans-tibial amputees following vascular disease or trauma: a comparative study with healthy subjects. Prosthet Orthot Int. 1994 Dec;18(3):150-8.

[31] Miller CA, Williams JE, Durham KL, Hom SC, Smith JL. The effect of a supervised community-based exercise program on balance, balance confidence, and gait in individuals with lower limb amputation. Prosthet Orthot Int. 2017 Oct;41(5):446-454.

[32] Sackley CM, Lincoln NB. Single blind randomized controlled trial of visual feedback after stroke: effects on stance symmetry and function. Disabil Rehabil. 1997 Dec;19(12):536-46.

[33] Hendrickson J, Patterson KK, Inness EL, McIlroy WE, Mansfield A. Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke. Gait Posture. 2014 Jan;39(1):177-81.

[34] Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, Hicks RR. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. Phys Ther. 2001 Apr;81(4):995-1005.

[35] Walker C, Brouwer BJ, Culham EG. Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. Phys Ther. 2000 Sep;80(9):886-95.

[36] Nolan L, Wit A, Dudziñski K, Lees A, Lake M, Wychowañski M. Adjustments in gait symmetry with walking speed in trans-femoral and trans-tibial amputees. Gait Posture. 2003 Apr;17(2):142-51.

[37] Hak L, van Dieën JH, van der Wurff P, Houdijk H. Stepping asymmetry among individuals with unilateral transtibial limb loss might be functional in terms of gait stability. Phys Ther. 2014 Oct;94(10):1480-8.

[38] Frengopoulos C, Payne MW, Viana R, Hunter SW. MoCA Domain Score Analysis and Relation to Mobility Outcomes in Dysvascular Lower Extremity Amputees. Arch Phys Med Rehabil. 2018 Feb;99(2):314-320.

[39] Christensen J, Doherty P, Bjorner JB, Langberg H. Reliability and construct validity of a new Danish translation of the Prosthesis Evaluation Questionnaire in a population of Danish amputees. Prosthet Orthot Int. 2017 Oct;41(5):469-475.

[40] Lee MY, Lin CF, Soon KS. Balance control enhancement using sub-sensory stimulation and visual-auditory biofeedback strategies for amputee subjects. Prosthet Orthot Int. 2007 Dec;31(4):342-52.

[41] Calmels P, Béthoux F, Le-Quang B, Chagnon PY, Rigal F. [Functional assessment scales and lower limb amputation]. Ann Readapt Med Phys. 2001 Nov;44(8):499-507.

8. ANEXOS

ANEXO 1: Consentimiento informado

universidad SANJORGE GRUPO SANVALERO

Modelo de Consentimiento Informado

Para satisfacción de los Derechos del Paciente, como instrumento favorecedor del correcto uso de los Procedimientos Diagnósticos y Terapéuticos, y en cumplimiento de la Ley General de Sanidad:

Yo, D/Dña. [redacted]

como paciente/voluntario, en pleno uso de mis facultades, libre y voluntariamente,

EXPONGO: que he sido debidamente INFORMADO/A por D/Dña. POVEDEBAT y LAURE, en entrevista personal realizada el día 12 de Noviembre de 2018, de que entro a formar parte de un proyecto clínico para el estudio de "".

MANIFIESTO: que he entendido y estoy satisfecho de todas las explicaciones y aclaraciones recibidas sobre el proceso médico citado. Y OTORGO MI CONSENTIMIENTO para que me sea realizado este estudio titulado "Interés del Biofeedback visual en la rehabilitación del equilibrio dentro de un programa fisioterapéutico estandarizado." por parte de los investigadores de este proyecto de investigación.

De acuerdo con el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 de Protección de Datos (RGPD), el participante y/o sus padres o tutores legales quedan informados de que el Responsable del tratamiento de sus datos personales será FUNDACION UNIVERSIDAD SAN JORGE.

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

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

FI-402 1 Rev 1

universidad SANJORGE GRUPO SANVALERO

Modelo de Consentimiento Informado

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

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

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

Y, para que así conste, firmo el presente documento

Villanueva de Gállego, a 19 **de** Noviembre **de** 2018

Firma del paciente y nº DNI	Firma del investigador y nº DNI
110165100169	16066530050

ANEXO 2: Radiografía del miembro inferior derecho amputado a nivel transtibial

ANEXO 3: Morfología del muñón

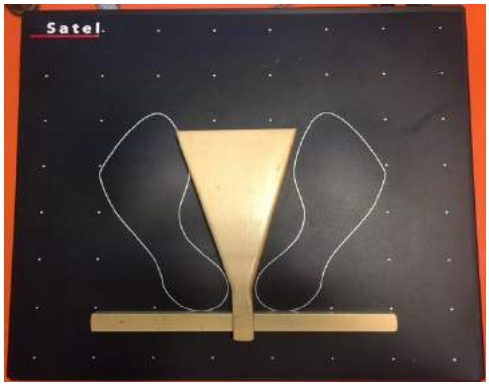
ANEXO 4: Prótesis

Funda de silicona

Sistema de vacío dinámico

Pie dinámico clase II

ANEXO 5: Valoración del equilibrio estático en la plataforma®



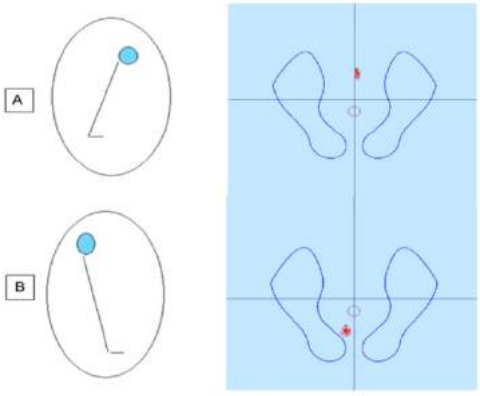
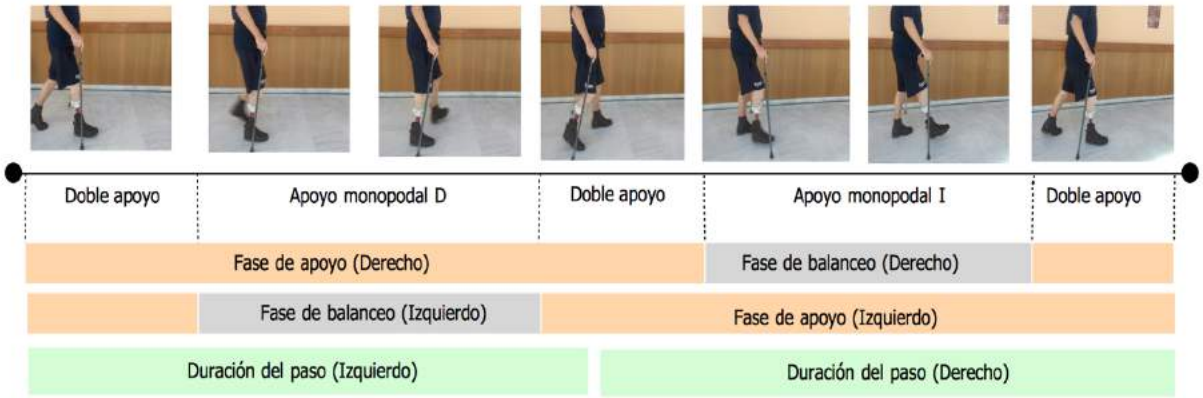


Fig. 1. Experimental setup and stabilograms in leaning forward (F) and backward (B) postures of a healthy subject.

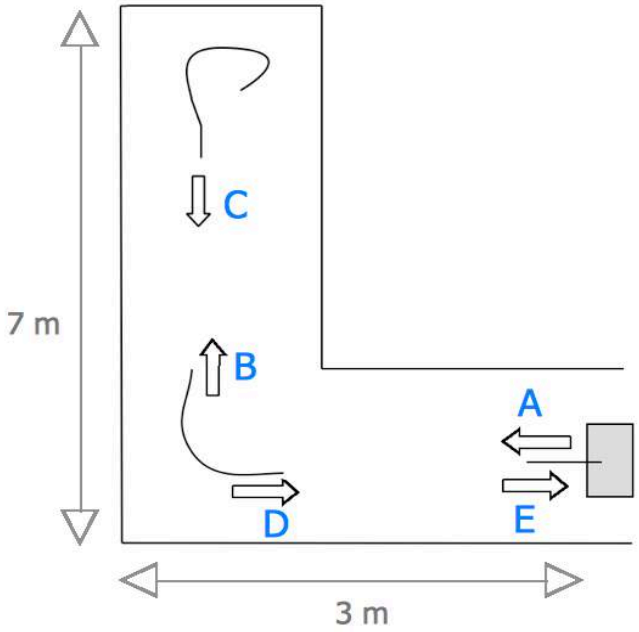
Estabilograma de un sujeto sano en el aprendizaje hacia adelante y hacia atrás[7].

ANEXO 6: Valoración de la marcha con el Locomètre®

El ciclo de la marcha del paciente y sus parámetros espacio-temporales:



ANEXO 7: L Test of Functional Mobility



A : Transferencia sentado - de pie (con o sin la ayuda de reposabrazos)

B : Vuelta 90° a la derecha

C : Media vuelta

D : Vuelta 90° a la izquierda

E : Media vuelta y transferencia de pie - sentado

La prueba está cronometrada en segundos (s).

ANEXO 8: Programa estándar de fisioterapia

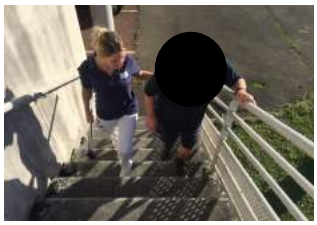
EJERCICIO	DESCRIPCIÓN	FOTO
Terapia manual	Trabajar la elasticidad de los tejidos del muñón con el fin de evitar dolor o complicaciones con el uso de la prótesis.	
En barras paralelas Propioceptivo del muñón	Con ojos cerrados, tenía que reconocer objetos y describirlos identificando la localización espacial de la extremidad amputada con el fin de proporcionar nuevas aferencias al muñón.	
Trabajo propioceptivo del core y equilibrio en base inestable	Sentado en un fitball frente a un espejo para autocorregirse las compensaciones y progresivamente tenía que reducir los apoyos. (Tonificación de los músculos estabilizadores del tronco)	
Tonificación y Equilibrio	Sin apoyos de los miembros superiores, cargar la prótesis para tonificar el glúteo medio (músculo estabilizador de la pelvis en el apoyo monopodal) con la pierna sana en un escalón + trabajo del equilibrio con ojos cerrados en el plano sagital.	

Actividades superiores de equilibrio

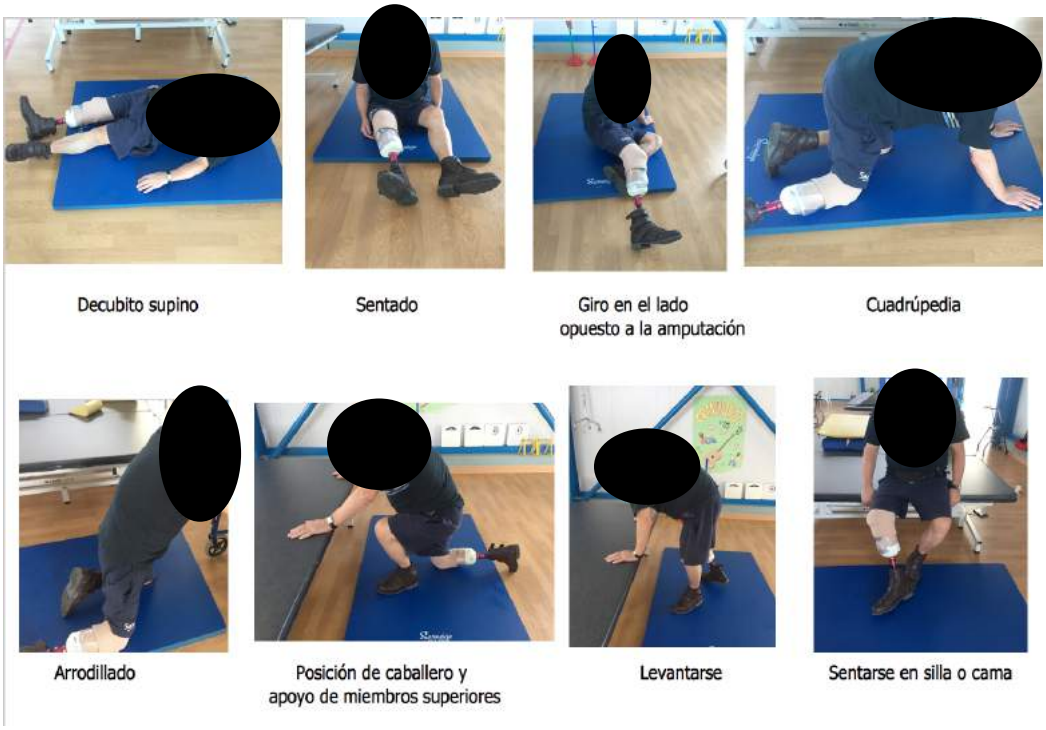
Baloncesto

Fútbol

Tenis de mesa

Marcha	Marcha hacia delante y atrás, pasos laterales y giros. Progresivamente, tenía que reducir los apoyos en las paralelas.	
Fuera de paralelas Marcha	Marcha con 2 muletas, 2 bastones y luego un bastón.	
Tonificación	Marcha empujando peso para fortalecer los músculos de los miembros inferiores, y sobre todo los glúteos.	
Entrenamiento de las Actividades de la Vida Diaria (AVD) Actividades superiores de marcha	Marcha en exterior, en terrenos inestables con desniveles y bajadas.	
	Marcha en exterior con paso de obstáculos.	
Escaleras	Subir y bajar escaleras con ayuda de la rampa al lado contralateral de la pierna protésica; subiendo primero con la pierna sana y bajando primero con la pierna protésica.	

Autoprotección de caídas	Sentarse en el suelo y levantarse con aprendizaje de los NEM.



ANEXO 9: Progresión del equilibrio estático pre y post intervención con ojos abiertos (YO) y ojos cerrados (YF)

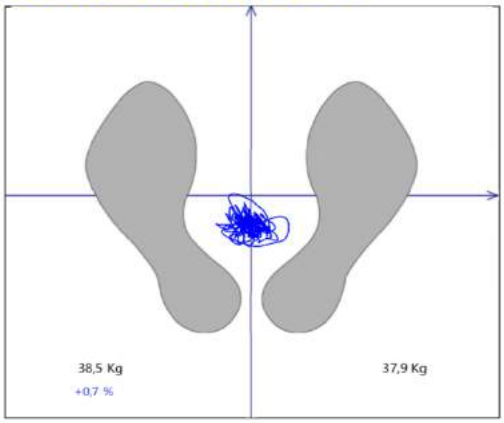
Evaluation de l'équilibre en condition statique **YO** *Satel*

Patient :
Date de naissance : 6/6/1948
IPP-DMP :

Prescripteur :

Opérateur :

Examen N° 02714 du 05/11/2018 à 15h 48min



Conditions d'examen :

Fréquence	: 40 Hz
Durée	: 51,2 s
Plantaire	: Sur sol dur
Vestibulaire	: Sans
Occlusale	: Sans
Rachidienne	: Sans
Autre	: Sans
Critère 1	:
Critère 2	:
Critère 3	: avec lunettes de vus

X Moyen	: -0,80 mm	1.1 (-9.6 / 11.7)	Longueur X	: 1145,18 mm	245 (180 / 310)
Y Moyen	: -31,54 mm	-29.2 (-1.5 / -57)	Amplitude X	: 70,15 mm	(14 / 19)
Longueur	: 1 873,42 mm	429 (307 / 599)	Indice d'instabilité X	: 3,69	N < 1
Surface	: 1 351,91 mm²	91 (39 / 210)	Longueur Y	: 1218,39 mm	360 (260 / 460)
LFS Adulte	: 1,63	1 (0.72 / 1.39)	Amp Y	: 55,09 mm	(21 / 30)
Préd. direct°	: 152,00 °Trigo		Indice d'instabilité Y	: 2,65	N < 1
VFY	: 18,53		Cœf. Harmonie	: 1.06	(1.3 / 1.5)

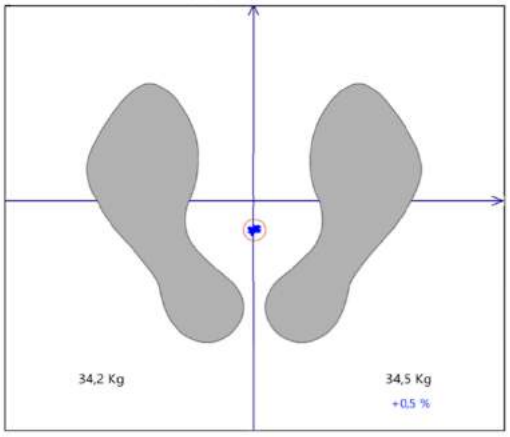
Evaluation de l'équilibre en condition statique **YO** *Satel*

Patient :
Date de naissance : 6/6/1948
IPP-DMP :

Prescripteur :

Opérateur :

Examen N° 02741 du 05/12/2018 à 16h 13min



Conditions d'examen :

Fréquence	: 40 Hz
Durée	: 51,2 s
Plantaire	: Sur sol dur
Vestibulaire	: Sans
Occlusale	: Sans
Rachidienne	: Sans
Autre	: Sans
Critère 1	:
Critère 2	:
Critère 3	:

X Moyen	: 0,63 mm	1.1 (-9.6 / 11.7)	Longueur X	: 204,11 mm	245 (180 / 310)
Y Moyen	: -29,48 mm	-29.2 (-1.5 / -57)	Amplitude X	: 11,34 mm	(14 / 19)
Longueur	: 314,74 mm	429 (307 / 599)	Indice d'instabilité X	: 0,66	N < 1
Surface	: 56,03 mm²	91 (39 / 210)	Longueur Y	: 198,81 mm	360 (260 / 460)
LFS Adulte	: 0,83	1 (0.72 / 1.39)	Amp Y	: 9,84 mm	(21 / 30)
Préd. direct°	: 19,29 °Trigo		Indice d'instabilité Y	: 0,43	N < 1
VFY	: -6,36		Cœf. Harmonie	: 0.97	(1.3 / 1.5)

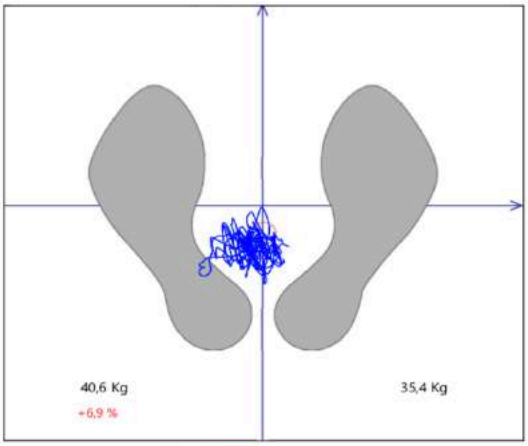
Evaluation de l'équilibre en condition statique **YF** *Satel*

Patient :
Date de naissance : 6/6/1948
IPP-DMP :

Prescripteur :

Opérateur :

Examen N° 02716 du 05/11/208 à 11h 01min



Conditions d'examen :

Fréquence	: 40 Hz
Durée	: 51,2 s
Plantaire	: Sur sol dur
Vestibulaire	: Sans
Occlusale	: Sans
Rachidienne	: Sans
Autre	: Sans
Critère 1	:
Critère 2	:
Critère 3	:

X Moyen	: -9,89 mm	0.3 (-10.5 / 11.1)	Longueur X	: 1041,85 mm	317 (194 / 440)
Y Moyen	: -41,02 mm	-27.5 (-3.6 / -51.4)	Amplitude X	: 77,84 mm	(18 / 29)
Longueur	: 2 474,10 mm	613 (346 / 880)	Indice d'instabilité X	: 2,37	N < 1
Surface	: 2 838,59 mm²	225 (79 / 638)	Longueur Y	: 2048,09 mm	480 (280 / 680)
LFS Adulte	: 0,54	1 (0.70 / 1.44)	Amp Y	: 75,94 mm	(27 / 45)
Préd. direct°	: 172,43 °Trigo		Indice d'instabilité Y	: 3,01	N < 1
VFY	: 22,80		Cœf. Harmonie	: 1.96	(1.3 / 1.5)
Cœf Romberg	: 2.1	2.88 (1.12 / 6.77)			

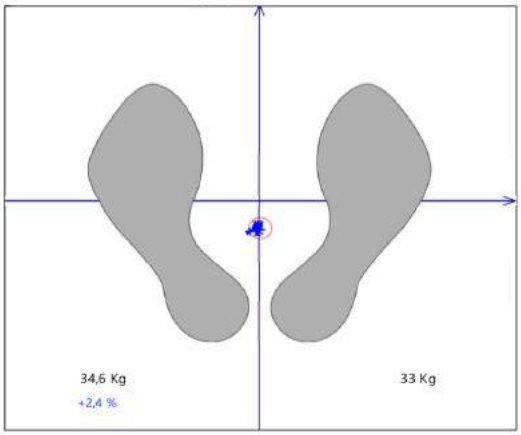
Evaluation de l'équilibre en condition statique **YF** *Satel*

Patient :
Date de naissance : 6/6/1948
IPP-DMP :

Prescripteur :

Opérateur :

Examen N° 02742 du 05/12/2018 à 16h 17min



Conditions d'examen :

Fréquence	: 40 Hz
Durée	: 51,2 s
Plantaire	: Sur sol dur
Vestibulaire	: Sans
Occlusale	: Sans
Rachidienne	: Sans
Autre	: Sans
Critère 1	:
Critère 2	:
Critère 3	:

X Moyen	: -3,28 mm	0.3 (-10.5 / 11.1)	Longueur X	: 234,05 mm	317 (194 / 440)
Y Moyen	: -28,08 mm	-27.5 (-3.6 / -51.4)	Amplitude X	: 18,13 mm	(18 / 29)
Longueur	: 393,82 mm	613 (346 / 880)	Indice d'instabilité X	: 0,53	N < 1
Surface	: 116,90 mm²	225 (79 / 638)	Longueur Y	: 262,25 mm	480 (280 / 680)
LFS Adulte	: 0,79	1 (0.70 / 1.44)	Amp Y	: 14,47 mm	(27 / 45)
Préd. direct°	: 38,41 °Trigo		Indice d'instabilité Y	: 0,39	N < 1
VFY	: -6,34		Cœf. Harmonie	: 1.12	(1.3 / 1.5)
Cœf Romberg	: 2.09	2.88 (1.12 / 6.77)			

ANEXO 10: Progresión de los parámetros espacio-temporales pre y post intervención

Locograma de referencia:

Evaluation des paramètres spatio-temporels de la marche *Satel*

Patient :
Date de naissance : 06/06/1948
IPP-DMP :

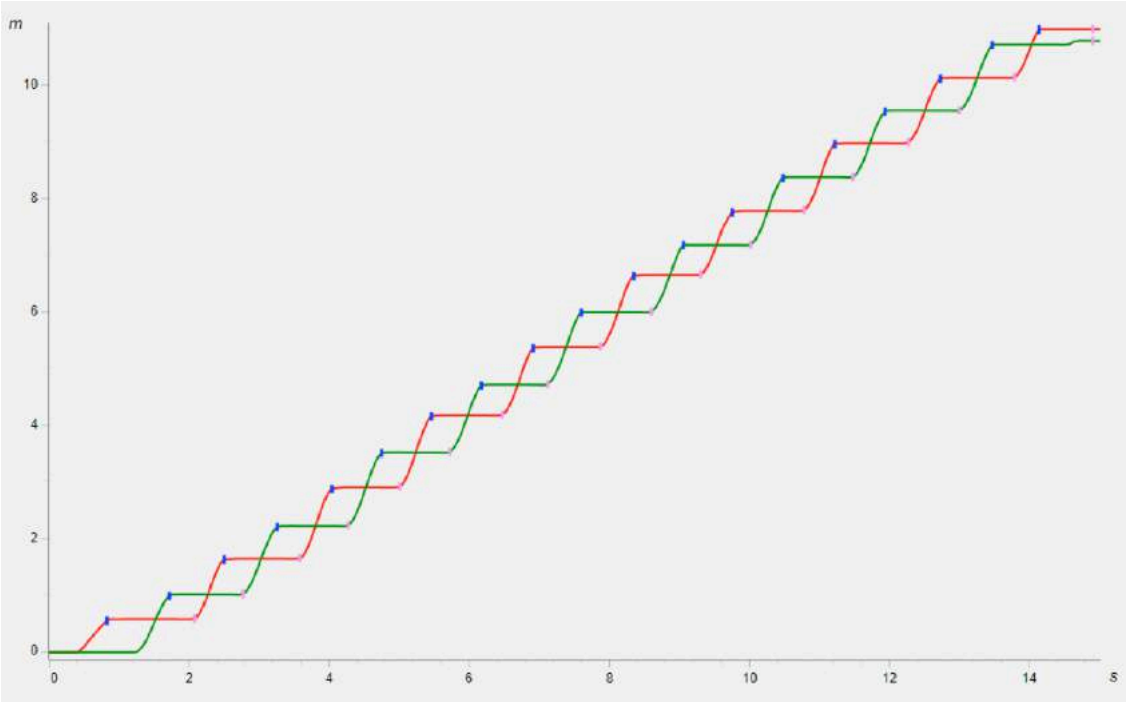
Prescripteur :

Opérateur :

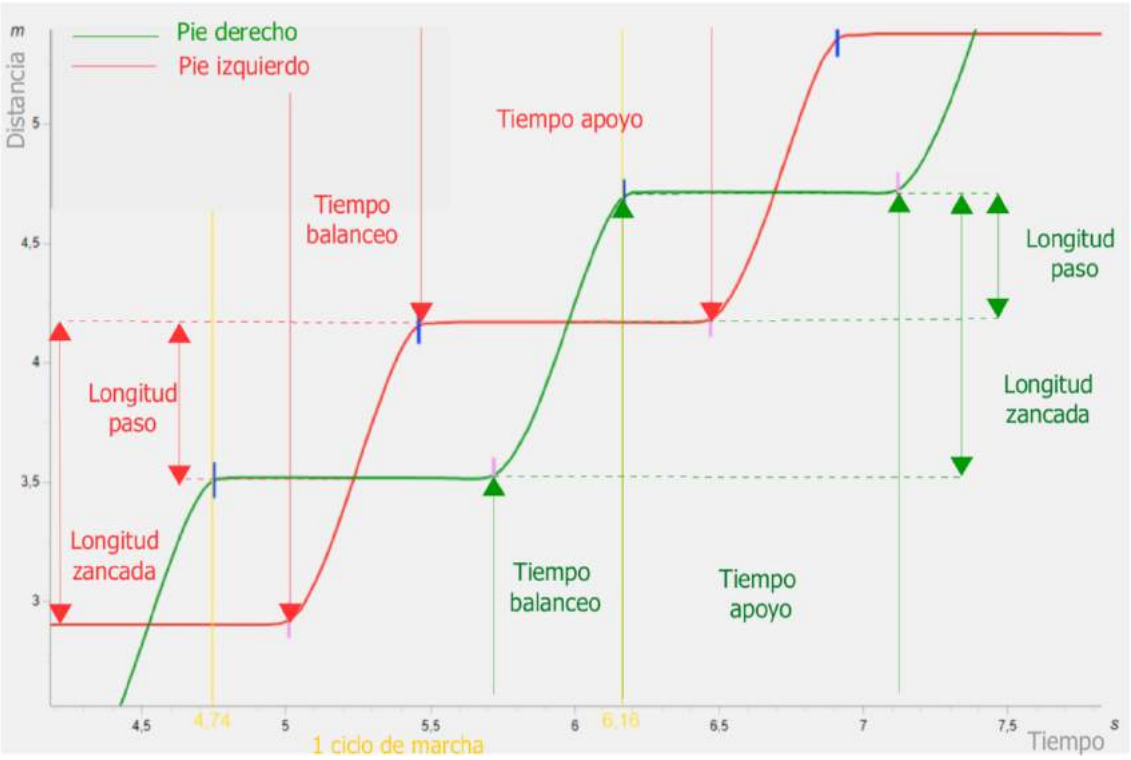
Comparaison des examens N° 270 du 14/11/2018 avec N° 310 du 05/12/2018

	N° 270 du 14/11/2018			N° 310 du 05/12/2018			
Paramètres Cinétiques							Bénéfice
Cadence (enjambées/mn)	79,94 ± 10,85			83,21 ± 10,85			+3 %
Longueur d'enjambée (m)	0,96 ± 00,14			1,07 ± 00,14			+0 %
Vitesse de marche (m/mn)	38,71 ± 00,87			44,38 ± 00,87			+6 %
Vitesse de marche (m/s)	0,65 ± -99,81			0,74 ± -99,97			
Vitesse de marche (km/h)	2,32 ± 00,87			2,66 ± 00,87			
Longueur	Pied Gauche	Pied Droit	Asy.	Pied Gauche	Pied Droit	Asy.	Var. Asy.
Pas (m)	0,50 ± 00,10	0,45 ± 00,10	7 %	0,53 ± 00,00	0,51 ± 00,00	2 %	-5 %
Durée							
Cycle (s)	1,49 ± 00,13	1,52 ± 00,24	3 %	1,44 ± 00,06	1,44 ± 00,04	0 %	-3 %
Appui total (s)	1,10 ± 00,15	1,04 ± 00,19	9 %	1,03 ± 00,04	1,01 ± 00,03	3 %	-6 %
% Appui total / cycle	73,73 ± 06,92	68,66 ± 07,03		71,39 ± 00,81	70,26 ± 01,25		
Appui bipodal (s)	0,34 ± 00,09	0,29 ± 00,05		0,36 ± 00,03	0,24 ± 00,03		
Balancement							
Durée (s)	0,39 ± 00,10	0,47 ± 00,07	20 %	0,41 ± 00,02	0,43 ± 00,02	4 %	-16 %
% Balancement / cycle	26,27 ± 06,92	31,34 ± 03,92		28,61 ± 00,81	29,74 ± 01,25		

Curvas de desplazamiento de ambos pies:



Descripción de los parámetros espacio-temporales en la curva (zoom):



ANEXO 11: Prosthetic Evaluation Questionnaire (PEQ)[25]

Evaluación inicial:

Sample Items in the 10 Prosthesis Evaluation Questionnaire

(Respondents are asked to rate the item over the past 4 weeks.)

5/11/2018

	Item	Rating
Prosthesis Function Usefulness	1. The fit of your prosthesis	terrible — excellent
	2. The comfort of your prosthesis while standing still when using your prosthesis	terrible — excellent
Residual limb health	3. How much of the time your residual limb was swollen to the point of changing the fit of your prosthesis	all the time — never
	4. How much you have sweat in your prosthesis	extreme amount — not at all
Appearance	5. The appearance of your prosthesis (how it has looked)	terrible — excellent
	6. How limited your choice of clothing was because of your prosthesis	worst possible — not at all
Sounds	7. How often your prosthesis has made sounds (belching, squeaking, clicking, etc.)	always — never
	8. How bothersome these sounds were to you	extremely bothersome — not at all
Mobility Ambulation	9. Your ability to walk in close spaces when using your prosthesis	cannot — no problem
	10. Your ability to walk on slippery surfaces (e.g., wet tile, snow, a rainy street or boat deck) when using your prosthesis	cannot — no problem
Transfers	11. Your ability to shower or bathe safely	cannot — no problem
	12. Your ability to get in and out of a car when using your prosthesis	cannot — no problem
Psychosocial Experience Perceived responses	13. How often the desire to avoid strangers' reactions to your prosthesis makes you avoid doing something you otherwise would have done	all the time — never
	14. How a family member (other than your partner) has responded to your prosthesis	very poorly — very well
Social burden	15. How much a burden your prosthesis has been on your partner or family member	extremely burdensome — not at all
	16. Your ability to take care of someone else (e.g., your partner, a child, a friend)	cannot — no problem
Frustration	17. How frequently you were frustrated with your prosthesis	all the time — never
	18. Think of the most frustrating event and rate what you felt at that time	extremely frustrated — not at all
Well-Being Well-being	19. How satisfied you have been with how things have worked out since your amputation	extremely dissatisifed — extremely satisfied
	20. Your quality of life	worst possible life — best possible life

Evaluación final:

Sample Items in the 10 Prosthesis Evaluation Questionnaire

(Respondents are asked to rate the item over the past 4 weeks.)

5/12/2018

	Item	Rating
Prosthesis Function Usefulness	1. The fit of your prosthesis	terrible — excellent
	2. The comfort of your prosthesis while standing still when using your prosthesis	terrible — excellent
Residual limb health	3. How much of the time your residual limb was swollen to the point of changing the fit of your prosthesis	all the time — never
	4. How much you have sweat in your prosthesis	extreme amourtt — not at all
Appearance	5. The appearance of your prosthesis (how it has looked)	terrible — excellent
	6. How limited your choice of clothing was because of your prosthesis	worst possible — not at all
Sounds	7. How often your prosthesis has made sounds (belching, squeaking, clicking, etc.)	always — never
	8. How bothersome these sounds were to you	extremely bothersome — not at all
Mobility Ambulation	9. Your ability to walk in close spaces when using your prosthesis	cannot — no problem
	10. Your ability to walk on slippery surfaces (e.g., wet tile, snow, a rainy street or boat deck) when using your prosthesis	cannot — no problem
Transfers	11. Your ability to shower or bathe safely	cannot — no problem
	12. Your ability to get in and out of a car when using your prosthesis	cannot — no problem
Psychosocial Experience Perceived responses	13. How often the desire to avoid strangers' reactions to your prosthesis makes you avoid doing something you otherwise would have done	all the time — never
	14. How a family member (other than your partner) has responded to your prosthesis	very poorly — very well
Social burden	15. How much a burden your prosthesis has been on your partner or family member	extremely burdensome — not at all
	16. Your ability to take care of someone else (e.g., your partner, a child, a friend)	cannot — no problem
Frustration	17. How frequently you were frustrated with your prosthesis	all the time — never
	18. Think of the most frustrating event and rate what you felt at that time	extremely frustrated — not at all
Well-Being Well-being	19. How satisfied you have been with how things have worked out since your amputation	extremely dissatisifed — extremely satisfied
	20. Your quality of life	worst possible life — best possible life

Versión francesa del cuestionario PEQ para la comprensión del paciente: [41]

Item	*Score*
Fonction de la prothèse	
Utilité	
L'adaptation de votre prothèse	De très mauvaise à excellente
Le confort de votre prothèse, quand vous vous tenez debout sans bouger en portant votre prothèse	De très mauvais à excellent
Santé du moignon	
Combien de fois votre moignon a été enflé au point de changer point de changer l'adaptation de votre prothèse	De tout le temps à jamais
À quel point vous avez transpiré dans votre prothèse	De transpiration extrême à pas du tout
Apparence esthétique	
L'apparence de votre prothèse (à quoi elle ressemble)	De très mauvaise à excellente
A quel point la prothèse a limité le choix de vos vêtements	De extrêmement à pas du tout
Bruits	
Combien de fois votre prothèse a fait des bruits (grincements, cliquetis, etc.)	De toujours à jamais
À quel point ces bruits ont été gênants pour vous	De extrêmement gênants à pas du tout
Mobilité	
Marche	
Votre capacité à marcher à l'intérieur quand vous utilisez votre prothèse	De impossible à pas de problème
Votre capacité à marcher sur de surfaces glissantes (carrelage humide, neige, route mouillée), quand vous utilisez votre prothèse	De impossible à pas de problème
Transferts	
Votre capacité à prendre une douche ou un bain sans risque de tomber	De impossible à pas de problème
Votre capacité à entrer et sortir d'une voiture quand vous utilisez votre prothèse	De impossible à pas de problème
Expérience psychosociale	
Réactions perçues	
Combien de fois le désir d'éviter les réactions de personnes inconnues, vis-à-vis de votre prothèse vous a fait éviter de faire quelque chose que vous auriez fait normalement	De tout le temps à jamais
Comment les membres de votre famille (autres que votre conjoint) ont réagi vis-à-vis de votre prothèse	De très mal à très bien
Contrainte sociale	
À quel point votre prothèse a-t-elle représenté une contrainte pour votre conjoint ou pour les membres de votre famille	De extrêmement à pas du tout
Votre capacité à prendre soin de quelqu'un d'autre (par ex. votre partenaire, un enfant, un ami)	De impossible à pas de problème
Frustration	
Combien de fois avez-vous été frustré à cause de votre prothèse	De tout le temps à jamais
Pensez à l'évènement le plus frustrant causé par la prothèse et évaluez comment vous vous sentiez à ce moment	De extrêmement frustré à pas du tout
Bien-être	
Bien-être	
À quel point êtes-vous satisfait de la façon dont les choses se sont passées depuis votre amputation	De extrêmement insatisfait à extrêmement satisfait
Votre qualité de vie	De la pire vie possible à la meilleure vie possible