

# Evaluación de la proyección del centro de gravedad como determinante de la alineación protésica en paciente con amputación transfemoral mediante el uso de alta tecnología.

Maritza Alejandra Gaitán Montero<sup>1</sup>, Yenny Alejandra Mahecha Echeverry<sup>2</sup>

## Resumen

Este estudio de casos fue diseñado para evaluar y determinar una adecuada alineación protésica estática en paciente amputado transfemoral a partir de la evaluación de la proyección del centro de gravedad (CG) mediante el uso de alta tecnología con equipo Thera-trainer Balo® (TTB). En este estudio participaron 2 sujetos con amputación transfemoral tercio distal pacientes activos del Centro Integral de Rehabilitación de Colombia (CIREC), usuarios de prótesis modular con rodilla policéntrica de 7 ejes, de sexo masculino. A partir de los resultados cuantitativos arrojados en la evaluación inicial se proponen ajustes en la alineación protésica estática con el fin de modificar la proyección del CG. Posteriormente se realiza una nueva evaluación de los resultados a partir de los cambios realizados por el técnico protesista logrando que la proyección del CG Y CM se acerque al centro de los cuadrantes.

**Palabras clave:** Amputación, Centro de masa, centro de gravedad, alineación estática, alta tecnología.

## 1. INTRODUCCIÓN

La amputación es definida como la resección total de una estructura corporal, se considera como una de las principales causas de discapacidad en países subdesarrollados, trae consigo una serie de alteraciones funcionales y estructurales en los individuos; como generalidades la amputación de una extremidad genera modificaciones en la biomecánica del sistema osteomuscular, en relación a esto los principales cambios se dan en el equilibrio y balance corporal, la disminución en la fuerza muscular de cadenas cinéticas, desajustes posturales y alteración en la propiocepción definida como el proceso de reequilibración articular a través de los estímulos posturales tendinosos y neuromusculares, que mediante sus aferencias facilitan el control articular y el equilibrio. La disminución de la propiocepción en individuos con amputación de miembro inferior conlleva a un aumento en el riesgo de caídas.

Durante la bipedestación la carga de peso equitativa en miembros inferiores es definida como una diferencia de carga entre cada miembro menor al 7%, y es necesaria para mantener una posición estable y para el logro de una adecuada fase de apoyo y de balanceo durante la marcha. El equilibrio estático se define como la capacidad de mantener el cuerpo erguido contra la fuerza de gravedad; para mantener el equilibrio es necesario controlar la posición del centro de gravedad (CG) del cuerpo, siendo este CG el punto entorno al cual se equilibra el cuerpo, la situación del CG está determinada por la cantidad de masa de un segmento determinado, es decir, cuanto mayor sea la masa de un segmento determinado, la redistribución de la masa corporal generará cambios en la situación del CG.

La alineación se define como el proceso y la orientación del encaje (socket) con relación al pie, las personas encargadas de modificar la alineación son los técnicos protesistas quienes utilizan la observación de la marcha y la retroalimentación del paciente. Para la alineación estática se debe crear un equilibrio en las fuerzas que se transmiten sobre la prótesis, siendo la suma de todas estas fuerzas y momentos igual a cero. En el paciente amputado en posición bípeda el 50% del peso corporal debe ser recargado sobre la prótesis y el 50% restante sobre el miembro inferior contralateral y la resultante de todas las fuerzas y momentos presentes se deben encontrar en la superficie de apoyo. Una alineación estática correcta entre el socket y el muñón respecto al pie y a la rodilla no deben dar la sensación de alguna fuerza externa que genere empuje anterior, lateral ni posterior en el paciente. Si el usuario alcanza un estado de equilibrio a través de una posición forzada o un excesivo esfuerzo muscular la prótesis desde la estática no consigue el punto de alineación ideal.

Desde el punto de vista terapéutico mantener una postura estática segura y un buen balanceo se consideran exigencias básicas para el desarrollo de la marcha, el uso del equipo TTB permite reeducar el equilibrio, la propiocepción y fortalecer el control del tronco proporcionando estímulos sensoriales, motores y cognitivos; adicionalmente cuenta con diferentes programas incluyendo la evaluación de movimiento para el desarrollo de actividades evaluativas y terapéuticas. El uso de alta tecnología permite generar feedback audio-visual instantáneo demostrando ventajas al

<sup>1</sup> Fisioterapeuta, Universidad de la Sabana.

<sup>2</sup> Fisioterapeuta, Corporación Universitaria Iberoamericana.

compararlo con el uso del feedback verbal suministrado por el terapeuta. Además, provee resultados confiables que permiten una adecuada intervención basada en la evidencia en pro de los mejores resultados para los usuarios.

## 2. OBJETIVOS:

### Objetivo general:

- Determinar una adecuada alineación protésica estática en paciente amputado transfemoral a partir de la evaluación de la proyección del CG mediante el uso de alta tecnología.

### Objetivos específicos:

- Generar estrategias de evaluación objetivas de la alineación protésica mediante el uso de alta tecnología.
- Promover una adecuada distribución de cargas en miembros inferiores a partir de la alineación estática en usuarios de prótesis.
- Facilitar la labor de los profesionales arrojando datos cuantitativos frente a la alineación protésica buscando funcionalidad.

## 3. METODOLOGÍA:

Tipo de estudio descriptivo realizado a 2 sujetos con amputación transfemoral tercio distal, contenido, usuarios de prótesis transfemoral modular con rodilla policéntrica de 7 ejes, de sexo masculino activos en CIREC y que puedan mantener el bípedo por más de 10 minutos; sujeto 1 hace uso de socket cuadrilateral, sujeto 2 socket de isquion contenido. Se excluyeron pacientes con antecedentes patológicos neuromusculares o que sean incapaces de seguir comandos verbales.

Se realizó una evaluación inicial de la proyección del CG en equipo TTB con la alineación inicial, a partir de los resultados se realizaron ajustes en la alineación estática basados en el criterio de los profesionales y se realizó una nueva evaluación.

**Descripción del sujeto 1:** Paciente masculino de 47 años de edad, con amputación transfemoral derecha secundario a diabetes en el año 2010. Antecedentes personales de Diabetes Mellitus, amputación de hallux izquierdo febrero del 2016; el paciente fue formulado por médico fisiatra con una prótesis modular transfemoral con suspensión liner con pin, rodilla policéntrica de siete ejes y pie vary-flex, realiza deambulación en trayectos largos con bastón canadiense por complicaciones asociadas a su enfermedad de base.

**Descripción del sujeto 2:** Paciente masculino de 39 años de edad, con amputación transfemoral izquierda secundario a miosarcoma en región posterior de muslo en el año 2015. Antecedentes personales de miosarcoma con metástasis, tumor maligno en el intestino delgado con tratamiento por radioterapia finalizado. Prótesis modular transfemoral con suspensión por válvula, rodilla policéntrica de siete ejes y pie vary-flex, realiza deambulación de manera independiente.

## 4. RESULTADOS

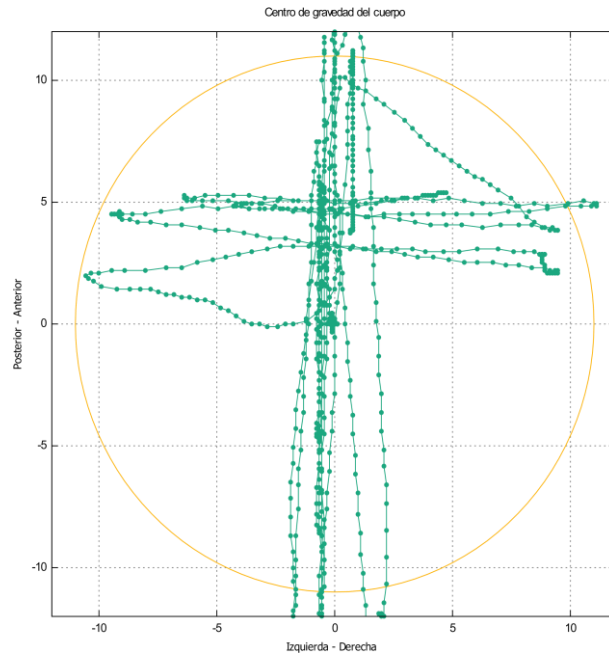
### SUJETO 1

Durante el proceso de entrenamiento protésico se realizó valoración de la alineación inicial donde se observó socket en valgo, rodilla con rotación externa y pie en posición neutra. Tras la primera evaluación en el equipo – fig. 1 (a)- con desplazamientos laterales y anteroposteriores de la mesa se evidenció proyección del CG hacia anterior aproximadamente 5° y lateral izquierdo 2° - fig. 1 (b).

Después de 2 semanas de entrenamiento protésico con la modificación de alineación estática sugerida por parte del técnico, se realizó una reevaluación en el equipo registrando reposicionamiento con alineación del CG con trazos regulares, anteroposteriores y laterales. (Fig 2).



(a)



(b)

Fig 1. (a) Evaluacion realizada el siete de abril de 2017, posicionamiento de paciente en el equipo Balance Trainer® inicio de tratamiento. (b) Resultados Balance Trainer® sobre proyección del CG.

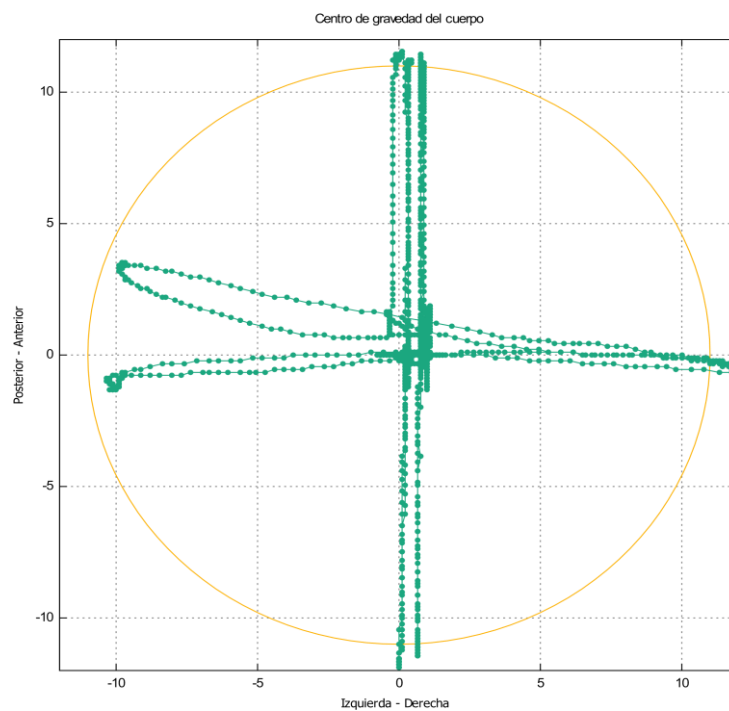


Fig 2. Evaluación realizada el nueve de mayo de 2017, resultados Balance Trainer® sobre proyección del CG.

## SUJETO 2

Durante el proceso de entrenamiento protésico se realizó valoración de la alineación inicial donde se observó socket desplazado hacia anterior y medial, rodilla en valgo y pie con dorsiflexión fig. 3 (a). Tras la primera evaluación en el

equipo –con desplazamientos laterales y anteroposteriores de la mesa se evidenció proyección del CG hacia posterior aproximadamente 2° y lateral derecho 2°, adicionalmente no completa movimiento hacia el lado afectado - fig. 3 (b).

Después de 2 semanas de entrenamiento protésico con la modificación de alineación estática sugerida por parte del técnico, se realizó una reevaluación en el equipo registrando reposicionamiento con alineación del CG con trazos regulares, anteroposteriores y laterales. (Fig 4).

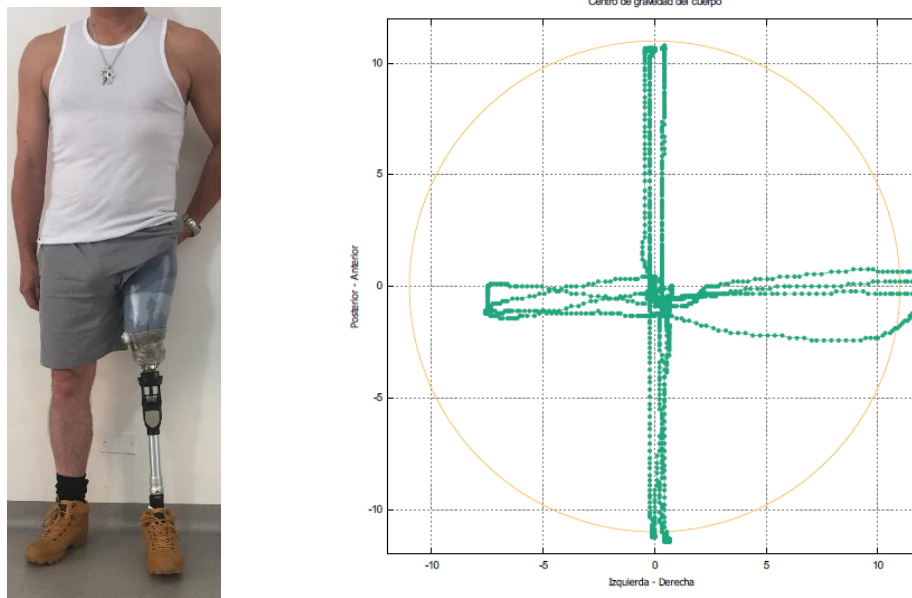


Fig 3. (a) Evaluación realizada el 6 de septiembre de 2017, posicionamiento de paciente en el equipo Balance Trainer® inicio de tratamiento. (b) Resultados Balance Trainer® sobre proyección del CG.

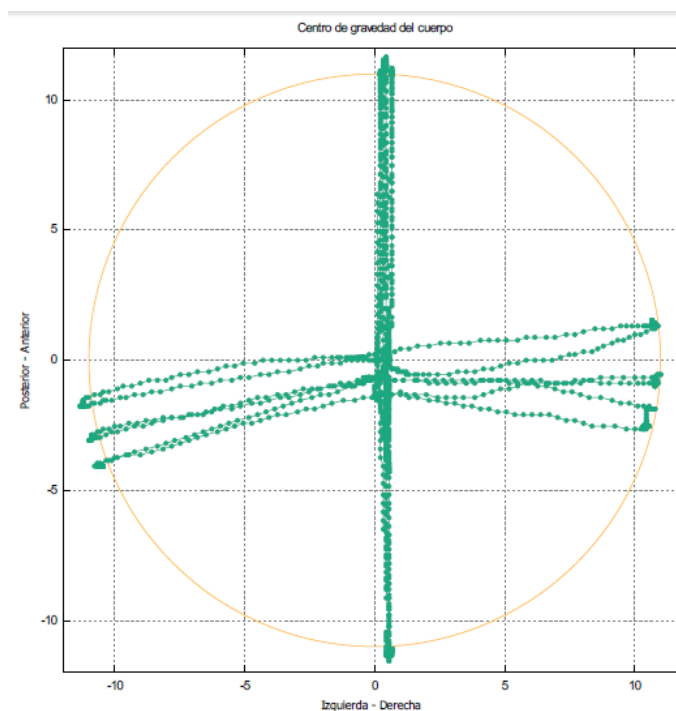


Fig 4. Resultados finales Balance Trainer® sobre proyección del CG, 22 de septiembre de 2017.

## DISCUSIÓN

La evaluación de la proyección del centro de gravedad mediante el uso de alta tecnología permitió realizar una propuesta objetiva de la alineación estática en usuarios con amputación de miembro inferior a nivel transfemoral. La alineación correcta beneficia al usuario en diferentes aspectos como, distribuir el peso de manera uniforme en el miembro afectado, equilibrar las fuerzas y momentos que actúan sobre las articulaciones y optimizar el gasto energético. Aunque se hace evidente la importancia de la alineación protésica, a diario se observa que la elección de este parámetro se basa principalmente en la experiencia de los profesionales, sin embargo, el juicio emitido por estos no puede ser considerado un estándar totalmente fiable haciendo necesario el uso de equipos que arrojen datos estadísticos tanto objetivos como significativos.

Cabe mencionar que para que la prótesis cumpla con adecuados criterios de alineación debe tener ciertos requerimientos técnicos y cumplir con especificaciones biomecánicas para una correcta adaptación. El socket debe garantizar la estabilidad y una transmisión correcta de las cargas dentro de él; para este caso se contó con dos tipos de socket los cuales hacen que la distribución de cargas sea en diferentes direcciones, en el caso del socket cuadrilateral al contar con una gran capacidad de apoyo isquiático la línea de acción del vector de carga se ejerce hacia la cara medial y dorsal siguiendo la dirección del apoyo isquiático durante el bípodo. Por otro lado, el socket de contenido isquiático mantiene la aducción femoral normal y contiene tanto la tuberosidad isquiática como la rama pública, haciendo de esta manera que la resultante de las fuerzas sea más anatómica y la línea de carga pase por el centro del socket.

Son conocidos diferentes métodos de medición que permiten determinar una alineación estática de la prótesis apropiada; dentro de estos encontramos plataformas de presión mediante la cual se obtiene la distribución de la presión plantar a partir de sensores que detectan la presión que se ejerce sobre ellos, sistemas a través de los cuales una línea de laser se usa para determinar el centro de presión del usuario de manera rápida y precisa permitiendo examinar de forma objetiva las líneas de peso y carga del paciente, sin embargo las investigaciones clínicas realizadas sobre la alineación de prótesis son mínimas y el número de estudios enfocados en la alineación en paciente con amputación transfemoral es escaso respecto a la amputación transtibial.( hospital militar)

Por lo anterior, la evaluación de la proyección del CG mediante el uso de alta tecnología puede servir como herramienta de alineación estática objetiva, sin embargo, deben tenerse en cuenta las distintas variables intrínsecas y extrínsecas de la prótesis que pueden afectar dicha alineación. Así mismo, se planea trabajar en el futuro con la proyección del CG durante la marcha y realizar avances en investigación teniendo en cuenta las diferencias que se pudieren presentar en dicho parámetro durante la marcha.

## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a los técnicos orto-protésistas y coordinadores ingeniero Juan Gómez y técnico Leonardo Morales que guiaron este trabajo e hicieron un acompañamiento permanente para lograr el objetivo en beneficio de los usuarios. Edward Alfonso Díaz y Ciro Caro Pardo tecnólogos orto-protésistas por sus aportes, apoyo y conocimiento en pro de la investigación. Camilo Terán, fisioterapeuta por su apoyo incondicional, acompañamiento y contribuciones profesionales. Finalmente, a la fundación CIREC por brindar las herramientas de conocimiento, trabajo y enseñanza durante la investigación.

## BIBLIOGRAFIA:

Biomecánica. (1999). El Salvador.

Boone, D., Kobayashi, T., Chou, T., Arabian, A., Coleman, K., Orendurff, M., & Zhang, M. (2013). Influence of malalignment on socket reaction moments during gait in amputees with transtibial prostheses. *Gait & Posture*, 37(4), 620-626.

Hekmatfard, M., Farahmand, F., & Ebrahimi, I. (2013). Effects of prosthetic mass distribution on the spatiotemporal characteristics and knee kinematics of transfemoral amputee locomotion. *Gait & Posture*, 37(1), 78-81.

Kobayashi, T., Orendurff, M., Arabian, A., Rosenbaum-Chou, T., & Boone, D. (2014). Effect of prosthetic alignment changes on socket reaction moment impulse during walking in transtibial amputees. *Journal Of Biomechanics*, 47(6), 1315-1323.

Luengas Contreras, L., Sánchez Prieto, G., & Vizcaya Guarín, P. (2017). Alineación Estática de Prótesis a través de Variables Cinéticas y Métodos de Aprendizaje de Máquina. *Revista Cubana De Informática Médica*, 9(1), 3-17.

Mendelevich, A., Mòdica, M., Kramer, M., Gallo, S., & Ostolaza, M. (2016). Efectividad de la Nintendo Wi Fit® en la rehabilitación del equilibrio en sujetos con amputación unilateral de miembro inferior. *Boletín del Departamento de Docencia e Investigación IREP*, 15(1).

Nederhand, M., Van Asseldonk, E., der Kooij, H., & Rietman, H. (2012). Dynamic Balance Control (DBC) in lower leg amputee subjects; contribution of the regulatory activity of the prosthesis side. *Clinical Biomechanics*, 27(1), 40-45.

Ocampo, M. L., Henao, L. M., & Vasquez, L. (2010). Amputacion de miembro inferior: cambios funcionales, inmovilizacion y actividad fisica. 1. Bogota, Colombia: Universidad del Rosario.

Otto Bock Healthcare LP. (s.f.). Alignment of Modular Leg Prosthesis. Recuperado el 10 de 09 de 2017, de Ottobock: [www.ottobockus.com](http://www.ottobockus.com)

Serra Gabriel, M., Díaz Petit, J., & Sande Carril, M. (2003). Fisioterapia en traumatología, ortopedia y reumatología. Barcelona: Masson.