

ARTÍCULO

Desarrollo de una Prótesis de Extremidad Superior para Competir en Pruebas de Velocidad. Reporte de Caso

Development of an upper extremity prosthesis to compete in velocity tests. A case report

Dra. Daniela García P.^a y Dr. Raúl Smith P.^b

^a Clínica Amputados, Instituto Teletón Santiago, Chile.

^b Unidad de Ejercicio y Deporte Adaptado, Teletón, Chile.

Autor para Correspondencia: Raúl Smith P. Email: deporte@teleton.cl

Recibido el 25 de Marzo de 2019 / Aceptado el 10 de Junio de 2019

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: En los deportes Paralímpicos, las personas con amputaciones pueden competir utilizando prótesis mecánicas sin cambiar su clasificación funcional, pero estudios han demostrado que uno de los facilitadores en la participación rendimiento deportivo son los componentes protésicos óptimos, pudiendo llegar a ser una pieza clave en el nivel competitivo. En este estudio, presentamos el caso de una atleta paralímpica de 18 años con el diagnóstico de deficiencia congénita transversal de antebrazo izquierdo, que compete en pruebas de velocidad y sentía que su rendimiento deportivo se veía limitado al correr con su prótesis mecánica convencional. **MÉTODOS:** Para diseñar la prótesis analizamos vídeos de competencias atléticas paralímpicas y se consideraron las variables de peso de la prótesis, conceptos aerodinámicos y necesidades de la paciente. Para evaluar el nuevo diseño comparamos los tiempos de carrera sin prótesis con los

tiempos obtenidos con su prótesis convencional y con su prótesis deportiva, la satisfacción de la atleta se objetivó utilizando la escala de Goal Attainment Scale (GAS) y su rendimiento deportivo. **RESULTADOS:** En una carrera de 200m, la atleta registró 29,7 seg sin prótesis, 28,9 seg con su prótesis convencional con gancho mecánico, y 28,3 seg con su nueva prótesis deportiva. Usando el GAS, la paciente refirió una satisfacción de +2. **CONCLUSIONES:** Se presenta el diseño del prototipo de una prótesis deportiva innovadora, diseñada especialmente para correr pruebas de velocidad y que logró tener una contribución positiva en el rendimiento deportivo de la atleta.

PALABRAS CLAVE

Prótesis extremidad superior, prótesis deportiva, deporte paralímpico.

ABSTRACT

BACKGROUND: In paralympic sports, amputees can use mechanical prosthesis to

Desarrollo de una Prótesis de Extremidad Superior para Competir en Pruebas de Velocidad. Reporte de Caso

compete, without changing their classification, but studies have shown that one of the facilitators in sport participation are optimal prosthetic components. In this study, we present the case of an 18-year-old female professional runner, with a left congenital forearm transversal amputation, that felt restrain when running with her regular body-powered prosthesis. **METHODS:** To design the prosthesis, we analyzed para-athletics competition videos, the prosthesis weight, aerodynamic concepts and the patient's needs. To evaluate the new design, we compared the patients running velocity between her regular prosthesis and the new one, patient's satisfaction using the Goal Attainment Scale (GAS) and her professional performance. **RESULTS:** In a 200 m race, the patient scored 29.7 seconds without prosthesis, 28.9 seconds with her old prosthesis, and 28.36 with her new designed prosthesis. Using GAS, the patient scored her satisfaction in +2. **CONCLUSIONS:** We were able to design an innovating upper limb prosthesis for running that result as a positive contribution in the patient's professional performance.

KEY WORDS

Upper limb prosthesis, running prosthesis, Paralympic sports.

INTRODUCCIÓN Y CASO CLÍNICO

Los deportes paralímpicos han sufrido múltiples cambios durante las últimas décadas, evolucionando desde una herramienta de rehabilitación, hasta considerar el rendimiento deportivo como su objetivo principal ⁽¹⁾. Actualmente, los deportistas se clasifican en diferentes clases competitivas según su nivel funcional y no por su diagnóstico ⁽²⁾. Específicamente en el atletismo paralímpico, las personas con amputaciones pueden competir utilizando sus prótesis mecánicas sin cambiar su clasificación funcional ⁽³⁾.

La promoción de la actividad física y deporte en personas con amputación, no solo a nivel competitivo sino también como una actividad de la vida diaria, puede mejorar su bienestar general, considerando su función física y psicológica ⁽⁴⁾. Por otra parte, se ha demostrado que uno de los facilitadores en la participación deportiva son los componentes protésicos óptimos ⁽⁵⁾.

Múltiples estudios han analizado la forma de correr en personas con amputación(es) en sus miembros inferiores y la eficiencia de utilizar una prótesis deportiva al correr ⁽⁴⁻⁶⁾. Sin embargo, no encontramos ninguna publicación que describa las alteraciones que se pueden producir al correr con una amputación de miembro superior ni tampoco referente a las alternativas protésicas disponibles. Esto llama la atención, pues está demostrado que las extremidades superiores juegan un rol importante al iniciar la carrera desde los partidores y el posterior desplazamiento del centro de masa al correr, por lo que podemos suponer que las personas con amputación en alguno de sus miembros superiores tendrán problemas en estas áreas ⁽⁷⁾.

En esta publicación, presentamos el caso de una mujer de 18 años, usuaria del Instituto Teletón Santiago, portadora de una deficiencia congénita transversal de antebrazo izquierdo y que compite profesionalmente en carreras de velocidad. La atleta utiliza su prótesis mecánica convencional con gancho para correr y acude a su clínica de amputados por sentir que la prótesis convencional limita su rendimiento deportivo (Figura 1). Refiere que la prótesis le restringe sus movimientos de hombro, le dificulta alcanzar una posición adecuada en la partida, y le impide realizar un braceo completo durante la carrera. La paciente está muy habituada a utilizar su prótesis con gancho mecánico, por lo que no está abierta a la posibilidad de correr sin prótesis y solicita que se le confeccione una prótesis de

miembro superior especialmente diseñada para correr.



Figura 1: Imagen de la atleta compitiendo con su prótesis convencional.

Dada la falta de publicaciones escritas referentes al uso protésico en atletas con amputaciones de miembro superior, analizamos videos de competencias de años anteriores de atletismo paralímpico con deportistas que presentaran amputación en sus miembros superiores (clases T45, T46 y T47) para observar que sistemas de prótesis están utilizando las atletas a nivel internacional. Se pudo determinar que existen tanto atletas que utilizan prótesis al correr, como otras que no lo hacen. En general, se puede desprender que, a mayor nivel de la amputación, menor es la adherencia al uso de una prótesis para correr. En cuanto a las prótesis propiamente tal, se evidenció una gran variabilidad de diseños, dispositivos terminales y suspensiones, sin una clara tendencia a algún modelo en particular.

Considerando la información antes expuesta, se optó por diseñar una prótesis nueva para intentar suplir la función que desempeñan los brazos en la partida y braceo. El objetivo principal de este estudio es presentar el diseño de esta nueva prótesis deportiva y determinar su impacto a nivel competitivo, a través del reporte de este caso.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio: Reporte de caso

Población a estudiar: Atleta portadora de deficiencia transversal de antebrazo izquierdo (amputación congénita) que compete en carreras de velocidad.

Recolección de datos: Descripción del diseño y confección de un prototipo de prótesis de miembro superior para correr pruebas de velocidad.

Descripción de la Prótesis: La atleta refirió que las mayores limitaciones que presentaba con su prótesis convencional eran la restricción de rangos de movimiento de hombro y codo izquierdo, el uso del arnés en ocho como suspensión, la dificultad para bracear durante la carrera y para alcanzar una buena posición en la partida. Todos estos elementos fueron tomados en consideración al diseñar la prótesis para correr. También se tomó en consideración el peso de la prótesis, y conceptos aerodinámicos y de simetría.

Para la confección del socket, se utilizó fibra de carbono, por su bajo peso (Figura 2). El largo del socket se definió en la

Desarrollo de una Prótesis de Extremidad Superior para Competir en Pruebas de Velocidad. Reporte de Caso

posición de partida, buscando el largo de prótesis necesario para mantener ambos hombros simétricos (Figura 3). Se diseñó un socket más delgado en el plano frontal, para disminuir la fricción del viento durante el braceo. Como dispositivo terminal, se optó por un tope de goma liso, para que la atleta pudiese apoyarse durante el punto de partida sin deslizamiento de la prótesis. Para eliminar el arnés como sistema de suspensión, y a la vez, no restringir los rangos articulares a nivel de codo, se utilizó un sistema de liner de silicona con correas de

velcro a distal, denominado Lanyard® (Figura 4). Como suspensión auxiliar, se le entregó a la deportista una manga de silicona externa, para que utilizara en casos de uso prolongado de la prótesis. Este producto de que, con el uso prolongado, puede disminuir la calidad de la suspensión con el sistema Lanyard®, especialmente si se asocia a transpiración del brazo. Se instruyó a la atleta en cómo identificar si la suspensión pierde el efecto deseado y cómo colocarse la manga de suspensión auxiliar.



Figura 2: Imagen de la prótesis para extremidad superior para correr que se diseñó en este estudio.



Figura 3: Atleta en posición de partida de partida con su prótesis para correr. La altura de ésta se definió buscando la simetría de hombros en esta posición.



Figura 4: Sistema de Lanyard utilizado como método de suspensión en la prótesis para correr.

La Tabla I incluye una comparación entre la prótesis convencional de la paciente y la nueva prótesis para correr.

Tabla I: Tabla comparativa entre la prótesis convencional que utilizaba la atleta y la nueva prótesis para correr

VARIABLES	PRÓTESIS CONVENCIONAL	PRÓTESIS PARA CORRER
Tipo de prótesis	Mecánica	Deportiva
Materiales	Resina, láminas carbono, aluminio.	Fibra de carbono, silicona
Tipo de suspensión	Arnés tipo 8	Liner silicona con sistema Lanyard®
Dispositivo terminal	Gancho	Tope de goma
Rangos de movimiento de codo	Limitación a la flexión y extensión máxima	Sin limitación
Largo prótesis (cm)	47	44
Peso prótesis (gr)	500	300

La prótesis se evaluó por medio de 3 variables: (a) Cronometraje de tiempos de una carrera con la prótesis antigua, nueva y sin prótesis, (b) satisfacción de la usuaria, (c) desempeño competitivo.

- Cronometraje de tiempos de carrera: Los tiempos se tomaron durante una carrera de 200 metros planos. Todas las pruebas se realizaron en el mismo día, en la misma pista y con las mismas condiciones climáticas. Entre cada prueba, se le permitió descansar a la atleta hasta su condición basal, considerando su frecuencia cardiaca, para disminuir el sesgo de fatiga entre cada prueba. El orden de las pruebas fue: primero sin prótesis, segundo con su prótesis antigua,

y tercero con su prótesis nueva. Se realizó una carrera en cada condición, pues fue lo que autorizó su entrenador para no alterar el desempeño profesional de la atleta o producir una lesión. No se realizaron pruebas estadísticas de los resultados, sino que la valoración descriptiva, tomando en consideración las diferencias de tiempo que pueden ser consideradas como significativas a nivel competitivo.

- Satisfacción de la usuaria: Utilizamos la escala Goal Attainment Scaling (GAS) para medir la satisfacción de la atleta con el nuevo dispositivo protésico a los 6 meses de entregada la prótesis. Esta escala está ampliamente validada a nivel mundial para

Desarrollo de una Prótesis de Extremidad Superior para Competir en Pruebas de Velocidad. Reporte de Caso

estimar en forma objetiva el nivel de satisfacción que puede tener un usuario frente a una intervención específica y su uso en rehabilitación tiene evidencia que lo sustenta ⁽⁸⁾. La escala consta de una puntuación de 5 niveles (-2, -1, 0, +1, +2), de menor a mayor nivel de satisfacción y los objetivos de la intervención deben ser consensuados con el usuario, tomando en consideración sus expectativas personales. En este caso, los objetivos fueron discutidos entre la paciente y su médico fisiatra tratante. Para el tratante, lo fundamental era obtener una prótesis cómoda, que no le causara lesiones y que aumentara los rangos de libertad. Para la paciente, lo fundamental

era mejorar sus tiempos de competición. Tomando esto en consideración, se desarrolló la escala expuesta en la Tabla II.

- Desempeño competitivo: El uso de la prótesis no explica por sí sola un cambio en el rendimiento competitivo de la atleta, pero creemos que, si tiene un efecto positivo en su técnica, esto podría contribuir a mejorar su desempeño competitivo. Es por esto que, durante el transcurso de 12 meses, se seguirá la carrera competitiva de la atleta, sus resultados, y su ranking.

Aspectos éticos: Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética Científico del Instituto Teletón Santiago.

Tabla II: Escala Goal Attainment Scaling (GAS) utilizada para medir la satisfacción de la paciente con su nueva prótesis.

Puntaje GAS	Descripción
+2	Una prótesis cómoda que mejora sus tiempos de carrera en más de 50 centisegundos.
+1	Una prótesis cómoda que mejora sus tiempos de carrera en 26-50 centisegundos.
0	Una prótesis cómoda que mejora sus tiempos de carrera en 16-25 centisegundos.
-1	Una prótesis cómoda que mejora sus tiempos de carrera en menos de 15 centisegundos.
-2	Una prótesis cómoda que no mejora sus tiempos de carrera.

RESULTADOS

Tiempos de carrera

Sin utilizar ninguna prótesis, la atleta logró un tiempo de 29,7 seg, con una velocidad promedio de 6,734 m/seg, en una carrera de 200 mt planos. En la misma carrera, pero utilizando su prótesis convencional, la atleta logró un tiempo de 28,9 seg, con una velocidad promedio de

6,920 m/seg. Por último, utilizando su prótesis nueva para correr 200 mt planos, tuvo un tiempo de 28,3 seg, con una velocidad promedio de 7,067 m/seg. Los tiempos de carrera se grafican en la Figura 5. Cabe mencionar que, en el contexto de competitivo, un incremento en estos valores es significativo, pues puede conllevar terminar una carrera en un puesto de mayor ranking.

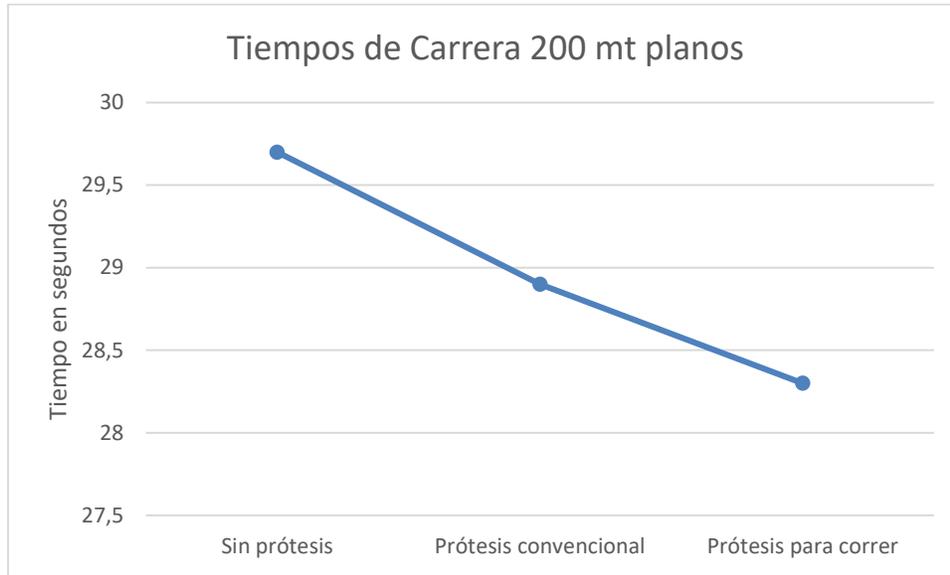


Figura 5: Gráfico con los tiempos de carrera de 200 mt planos registrados por la atleta.

Satisfacción de la usuaria con la prótesis

Utilizando la escala de GAS previamente descrita a los 6 meses posteriores a la entrega de la prótesis, la paciente calificó su nivel de satisfacción como un +2, lo que corresponde a un alto nivel de satisfacción y fue definido como una prótesis cómoda que tuviese un impacto significativo en los tiempos de carrera competitivos de la paciente.

Desempeño profesional

Como se mencionó previamente, la prótesis por sí sola no explica un cambio en el desempeño profesional, pero creemos que, si su efecto es positivo, podría jugar un rol en mejorarlo. Doce meses posteriores a la entrega de su prótesis deportiva para correr, la atleta continuó utilizando la prótesis en todos sus entrenamientos y competencias (Figura 6). A nivel competitivo, se registró una mejora significativa en su ranking profesional, llegando a ser campeona mundial juvenil en su clase (T47) y obteniendo el cuarto lugar mundial en categoría adultos (todo competidor).



Figura 6: La atleta utilizando su prótesis para correr durante su entrenamiento.

CONCLUSIONES

A través del presente estudio, compartimos la experiencia del diseño y evaluación de un prototipo de prótesis de miembro superior para correr pruebas de velocidad, el cual tuvo un impacto positivo en el desempeño profesional de la atleta y un alto nivel de satisfacción. Sabemos que esto es sólo el reporte de un caso clínico, pero creemos que una de las razones del éxito de la prótesis fue que, desde un comienzo, uno de los ejes principales que se tomaron en consideración para la toma de decisiones, fueron las necesidades y expectativas que expresó la propia deportista. Esta práctica debiese extrapolarse a cualquier indicación protésica, pues los estudios demuestran que hay una mejor adherencia y satisfacción cuando la selección del tipo de prótesis y sus características es realizada en forma consensuada con el usuario ⁽⁹⁾. Otros elementos que creemos que contribuyeron al buen resultado obtenido, aunque no fueron medidos en forma específica, fueron las consideraciones biomecánicas que se tuvieron para optimizar la técnica de carrera de la paciente, lo cómodo que le resultó la prótesis a la atleta y el bajo peso total de ésta. Dentro de los aspectos biomecánicos, cabe mencionar la mejora de los rangos de movimiento a nivel de codo, y la optimización de la postura de partida de la paciente.

Otro factor que considerar es que, al utilizar un conjunto de variables para estimar el impacto que puede tener una intervención, se puede evaluar con mayor seguridad el resultado obtenido. En este caso clínico, combinamos el cronometraje de las carreras de atletismo de cada condición definida, el nivel de satisfacción de la paciente con la prótesis entregada, y un seguimiento de un año del desempeño profesional que la atleta tuvo utilizando la

prótesis para correr. Todos estos elementos sugieren un impacto positivo de la prótesis para correr.

La participación de los pacientes amputados en actividad física o deportes juega un rol positivo en múltiples áreas, como la capacidad cardiopulmonar, funcionalidad, autoestima, resiliencia, e incluso en la percepción de la calidad de vida ⁽¹⁰⁻¹⁴⁾. Es por esto por lo que es de vital importancia inculcar la actividad física en esta población durante todo el proceso de rehabilitación. El uso de prótesis cómodas y que faciliten la actividad física a realizar, como la que se presenta en este caso clínico, pueden tener un efecto positivo en la adherencia a de los pacientes a la actividad.

Por otra parte, en el deporte paralímpico la competencia es muy reñida. En las carreras de velocidad, pocos milisegundos pueden hacer la diferencia entre clasificar o no. En el caso de esta atleta, el uso de la prótesis diseñada especialmente para correr significó una disminución de 0,6 seg en las pruebas de carrera cronometradas manualmente. Es probable que esto haya sido uno de los factores involucrados en la mejoría del desempeño profesional de la atleta.

Con esta experiencia, esperamos motivar la creatividad e innovación en la búsqueda de soluciones a los desafíos que nos presentan nuestros pacientes/deportistas cada día. También contribuir a la importancia de fomentar la actividad física y deporte en cada una de las intervenciones terapéuticas.

AGRADECIMIENTOS

A la protesista Cecilia Muñoz, y al técnico en prótesis Felipe Herrera, ambos pertenecientes al equipo de Laboratorio de Órtesis y Prótesis del Instituto Teletón

Desarrollo de una Prótesis de Extremidad Superior para Competir en Pruebas de Velocidad. Reporte de Caso

Santiago, por la confección de la prótesis diseñada en este estudio.

Al Dr. Alberto Esquenazi, médico fisiatra del Hospital MossRehab de Filadelfia, por su contribución técnica en la selección del tipo de suspensión utilizado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Silver JR. Ludwig Guttmann (1899-1980), Stoke Mandeville Hospital and the Paralympic Games. *J Med Biogr.* 2012 Aug;20(3):101-5. doi: 10.1258/jmb.2012.012055.
2. Tweedy SM, Beckman EM, Connick MJ. Paralympic classification: conceptual basis, current methods, and research update. *PM R.* 2014 Aug;6(8 Suppl): S11-7. doi: 10.1016/j.pmrj.2014.04.013.
3. World Para Athletics Classification Rules and Regulations, March 2017.
4. Bragaru M, Dekker R, Geertzen J, Dijkstra P. Amputees and Sports: A Systematic Review. *Sports Med*, 2011; 41 (9): 721-740.
5. Deans S, Burns D, McGarry A, Murray K, Mutrie N. Motivations and barriers to prosthesis users participation in physical activity, exercise and sport: a review of the literature. *Prosthet Orthot Int*, 2012; 36 (3): 260-269.
6. Grobler L, Ferreira S, Terblanche E. Paralympic Sprint Performance Between 1992 and 2012. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015 Nov; 10(8):1052-4. doi: 10.1123/ijsp.2014-0560.
7. Gill N, Preece S, Young S, Bramah C. Are the arms and head required to accurately estimate centre of mass motion during running? *Gait & Posture* 2017; 51: 281-283.
8. Krasny-Pacini A, Hiebel J, Pauly F, Godon S, Chevignard M. Goal attainment scaling in rehabilitation: a literature-based update. *Ann Phys Rehabil Med* 2013;56 (3): 212-30.
9. Davidson J et al. A survey of Satisfaction of Upper Limb Amputees with their Prostheses, their Lifestyles and their Abilities. *J Hand Ther* 2002; 15: 62-70.
10. Peirano A, Franz R. *Int J Angiol* 2012; 21: 47-52.
11. Deuster P, Silverman M. *Army Med Depart J* 2013; October-December: 24-35.
12. Van Velzen J, Van Bennekon C, Polomski W, Sloopman J, Van Der Woude L, Houdijk H. *Clin Rehabil* 2006; 20: 999-1016.
13. Lin S, Winston K, Mitchell J, Girlinghouse J, Crochet K. *Gait & Posture* 2014; 40: 140-144.
14. Wetterhahn K, Hanson, Levy C. *Am J Phys Med Rehabil* 2002; 81: 194-201.

Para Citar este Artículo:

García P., Daniela y Smith P., Raúl. Desarrollo de una Prótesis de Extremidad Superior para Competir en Pruebas de Velocidad. Reporte de Caso. *Rev. Arch. Soc. Chil. Med. Deporte.* Vol. 64. Num. 1, Enero-Junio (2019), ISSN 0719-7322, pp. 47-55.

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte.**

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de la **Revista Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte.**