

Tecnología 3D aplicada a prótesis digitales para adultos que han sufrido accidentes laborales con resultado de amputación

SILVIA SÁEZ OPORTO¹, NICOLE BAEZA AZOCAR¹, RICARDO BANDA RABAH²,
PABLO OLIVARES ARAYA¹, MARÍA CONSTANZA ARRIAGADA ALONSO¹,
DIEGO SILVA OSORIO¹.

ABSTRACT

3D technology applied to digital prostheses for adults who have suffered occupational accidents resulting in amputation

Introduction: Digital amputations in workers who suffer occupational accidents can have a great impact on manual function, on the perception of abilities, self-image and mental health, which can affect their daily occupational performance in different areas. The objective of the study was to describe the change in hand functionality and in the perception of disability in patients with digital amputation after using a 3D prosthesis during a period of 6 months. **Users and methods:** Analysis of cases with a pre-experimental pre-test and post-test design with a descriptive scope. Three quantitative instruments were used to evaluate the change in hand functionality, perception of disability and perception of quality of life during and after the use of the prosthesis in 8 users with digital amputation. **Results:** Significant changes were evidenced after the intervention. In general terms, an increase in hand functionality is observed, as well as positive changes in the perception of disability from the use of the prosthesis. **Conclusions:** This first scientific approach to the evaluation of the use of 3D prostheses opens new questions and generates contributions regarding the improvement of hand functionality for patients with digital amputation. The flexibility for custom-made prosthesis designs in conjunction with an analysis of the profile, occupational performance, and daily activities of these patients can improve the quality of life, the perception of disability, and increase satisfaction with their functionality.

Keywords: Digital amputation, hand functionality, rehabilitation, 3D prosthesis.

RESUMEN

Introducción: Las amputaciones digitales en trabajadores que sufren accidentes laborales pueden generar gran impacto en la función manual, en la percepción de capacidades, autoimagen y salud mental, lo que puede afectar su desempeño ocupacional cotidiano en distintas áreas. El objetivo del estudio

¹Hospital del Trabajador,
Departamento de
Rehabilitación.

²Universidad de Chile,
Departamento de Terapia
Ocupacional y Ciencia de la
Ocupación.

Recibido: 22-08-2022

Aceptado: 04-10-2022

Correspondencia a:
Ricardo Banda Rabah
ricardo.banda@uchile.cl

fue describir el cambio en la funcionalidad de mano y en la percepción de discapacidad en pacientes con amputación digital luego de utilizar una prótesis 3D durante un período de 6 meses. **Usuarios y métodos:** Análisis de casos con diseño pre-experimental de pre-prueba y pos-prueba con alcance descriptivo. Se utilizaron 3 instrumentos de carácter cuantitativo para evaluar el cambio en la funcionalidad de mano, percepción de discapacidad y percepción de calidad de vida durante y después del uso de la prótesis en 8 usuarios con amputación digital. **Resultados:** Se evidenciaron cambios significativos después de la intervención. En términos generales, se observa un aumento de funcionalidad de mano, así como también cambios positivos en la percepción de discapacidad a partir del uso de la prótesis. **Conclusiones:** Este primer acercamiento de carácter científico a la evaluación de uso de prótesis 3D abre nuevas interrogantes y genera aportes respecto al mejoramiento de la funcionalidad de mano para pacientes con amputación digital. La flexibilidad para diseños de prótesis a medida en conjunto con un análisis del perfil, de desempeño ocupacional, y de las actividades cotidianas de estos pacientes puede permitir mejorar la calidad de vida, la percepción de discapacidad y aumentar la satisfacción respecto a su funcionalidad.

Palabras clave: Amputación digital, funcionalidad de mano, rehabilitación, prótesis 3D.

Introducción

Las amputaciones son condiciones que resultan en la pérdida de una extremidad, debido a una lesión, enfermedad o cirugía¹ y el 94% de las amputaciones laborales no fatales involucran los dedos, también es 3 a 6 veces mayor en hombres que en mujeres, con una mayor incidencia en personas entre los 25 y 65 años de edad².

En 2009, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen cerca de 40 millones de amputados en los países en desarrollo³. Desafortunadamente, solo el 5% tiene acceso a atención protésica, debido a los altos costos asociados a la fabricación y reparación de estas⁴. En Chile, un 5% de las personas en situación de discapacidad utiliza alguna prótesis de miembro superior o inferior, considerando que el 2005 según FONADIS el 0,26% personas con discapacidad en Chile correspondiente a 5.318 personas, utilizan prótesis de miembro superior unilateral⁵.

Las prótesis como complemento en la rehabilitación integral se definen como: Dispositivo aplicado externamente usado para reemplazar

total o parcialmente un segmento de extremidad ausente o deficiente⁶. Sin embargo, el uso de este dispositivo no siempre logra cumplir con su objetivo.

Diversos estudios muestran que las personas amputadas de extremidad superior no están satisfechas con el uso de su prótesis, muchos dejan de usarlas o simplemente no las aceptan, principalmente por el tipo de dispositivo, la falta de entrenamiento, el mal ajuste de la prótesis, la funcionalidad limitada y el costo de las reparaciones⁷.

Justificación y relevancia

Existe escasa evidencia de resultados concluyentes en el uso y beneficio de prótesis en amputaciones de extremidad superior, “Los estudios revisados en su mayoría examinan la funcionalidad y la cosmesis como construcciones separadas, y las conclusiones son limitadas debido a la disparidad de los grupos de usuarios estudiados”⁸.

En Chile existe una escasez de investigación en este ámbito, por lo que se requiere comprender a un nivel local como suplir las necesidades tras una Amputación Parcial de

Mano (APM), conjunto a la implementación de tecnología 3D en población adulta trabajadora.

El beneficio de las prótesis digitales radica en que pueden, por si mismas o en conjunto con reconstrucciones quirúrgicas, restaurar la apariencia, reparar sustancialmente la imagen corporal dañada y, simultáneamente, mejorar la capacidad física⁹. Cabe señalar que el 40% de la función total de la mano se atribuye al pulgar, un 20% al dedo índice, 20% al dedo medio, un 10% al dedo anular y un 10% al dedo meñique¹⁰.

En Chile, al momento de realizar esta investigación, dentro de las alternativas protésicas disponibles encontramos las prótesis cosméticas “pasivas” dado que no permiten generar movimiento en las prensiones desde



Figura 1. Prótesis cosmética de pulgar.



Figura 2. Ortoprótesis.

el diseño del dispositivo. Su principal objetivo es brindar respuestas desde las necesidades estéticas (Figura 1).

También se encuentran los dispositivos ortoprotésicos (Figura 2), confeccionados en termoplástico de baja temperatura. Sus aplicaciones mayoritariamente son de uso provisorio. La ortoprotésis se considera una alternativa de restitución de falanges que permita una mayor funcionalidad y/o aprovechamiento del remanente¹¹.

Una de las innovaciones que ha emergido en la última década es la impresión 3D, abriendo camino en la creación de prototipos rápidos y de bajo costo, además, esta tecnología se encuentra aún en desarrollo, por lo que se están buscando nuevos materiales y métodos de impresión para realizar trabajos más rápidos y de mejor calidad¹², lo que también implica seguir profundizando en este ámbito respecto de sus métodos de efectividad en rehabilitación. A pesar de esto, se pueden citar ciertas ventajas que sustentan sus posibles aplicaciones en personalización, eficiencia de costos y rapidez de producción¹³.

Entendiendo que la rehabilitación no cura la enfermedad ni reemplaza la función de los órganos perdidos, pero si permite el desempeño de las actividades de cuidado personal, laborales y recreativas¹⁴, esta tecnología permitiría responder en parte a las necesidades de los usuarios en la propuesta protésica planteada (Figura 3).



Figura 3. Prótesis 3D.

Material o Pacientes y Métodos

Diseño del estudio

La investigación se realizó a partir de un enfoque cuantitativo, con un diseño pre-experimental de pre-prueba y pos-prueba. El alcance es descriptivo¹⁵.

Participantes y muestra de estudio

Los participantes de estudio fueron pacientes con amputación(es) digital(es), las que podían ser de dedo medio a nivel de la articulación interfalángica proximal (IFP), dedo índice a nivel IFP y/o pulgar a nivel de metacarpofalángica o interfalángica. Para la selección y reclutamiento de los participantes se consideró el reporte de casos clínicos de pacientes que presentaron amputaciones de tipo traumática en contexto laboral entre 2016 y 2018, en control en el Hospital del Trabajador de Santiago (HT), cubiertos bajo la ley 16.744. La estrategia de muestreo se articula a partir de una combinación de criterios. Se consideró el criterio de muestreo no probabilístico¹⁵, el criterio de muestreo tipo intencional¹⁶, y el criterio de muestreo por casos tipo¹⁷.

Se excluyeron casos con presencia de síndrome de dolor regional complejo, lesión severa de otros segmentos de mano o muñeca que impidan movilidad de la misma, dolor severo del muñón y largo inadecuado del muñón. Se reportó la pérdida de un caso que no adhirió al tratamiento, dejando de asistir a las sesiones de evaluación.

Instrumentos de medición

Se utiliza una batería compuesta por 3 instrumentos, estos son: El test Bilán de 400 puntos¹⁸ que corresponde a una prueba estandarizada de juicio profesional que se aplica a partir de la observación del equipo tratante de los casos¹⁹. Los cuestionarios DASH²⁰ y SF-36²¹ que corresponden a instrumentos estandarizados de autorreporte con preguntas tipo Likert. Ambos cuentan con versiones en español para Chile.

Análisis de datos

Los datos fueron digitados en planillas excel, y luego codificados y procesados con

el software de análisis estadístico PSPP. Se realizaron análisis descriptivos univariados, considerando medidas de tendencia central y de dispersión, porcentajes y proporción de cambio. Se utilizó la prueba de Wilcoxon para comparar evaluaciones antes y después de la intervención.

Consideraciones éticas

El presente estudio fue aprobado por el comité de ética científico del Servicio de Salud Metropolitano Oriente, con fecha 23 de agosto de 2016.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de aplicación de los instrumentos en el tiempo 1 (durante la intervención) y en el tiempo 2 (al finalizar la intervención).

Al comparar los porcentajes calculados del Test Bilán de 400 puntos a partir de los puntajes finales de las evaluaciones 1 y 2 bajo el criterio de observación “sin prótesis”, se registran cambios tanto hacia el aumento como la disminución de la funcionalidad de mano. No obstante, la mayoría de los casos aumenta su funcionalidad. Al comparar los porcentajes calculados a partir de los puntajes finales de las evaluaciones 1 y 2 bajo el criterio de observación “con prótesis”, se evidencian principalmente cambios hacia el aumento de la funcionalidad de mano, y algunos casos que mantienen puntajes entre tiempo 1 y 2. Al comparar el tiempo 1 con el tiempo 2 para ambos criterios (con y sin prótesis) se observa un aumento en la funcionalidad de mano en ambos casos (Tabla 1).

Al comparar las medias de los puntajes de cada caso entre evaluación 1 y 2 para cada dimensión del instrumento DASH, es posible apreciar que en la dimensión de Actividades Cotidianas existe un leve aumento en la percepción de discapacidad en relación a la experiencia de sufrir una lesión de extremidades superiores. Sin embargo, hay casos que registran una disminución en sus promedios entre evaluación 1 y 2, lo que da cuenta de cambios positivos. En cuanto a la dimensión

Trabajo, se evidencia una disminución en la percepción de discapacidad. Respecto a la dimensión Actividades Recreativas, al comparar la media de los puntajes de cada caso en evaluación 1 y 2, se evidencia una disminución significativa en la percepción de discapacidad (Tabla 2).

Al comparar los puntajes promedio entre evaluación 1 y 2 para las dimensiones Salud General y Puntaje Total del instrumento SF-36, es posible evidenciar en la primera que existe una disminución del puntaje, lo que da cuenta de un leve empeoramiento del estado de salud general de los pacientes, sin embargo,

al analizar caso a caso se observan también mejorías (Tabla 3).

En cuanto a la media del Puntaje Total que considera las 8 dimensiones del instrumento SF-36, es posible observar un leve aumento en la percepción de calidad de vida al comparar el tiempo 1 y 2, lo que significaría una leve mejoría en la percepción de su salud y calidad de vida (Tabla 3).

Es importante mencionar que, debido a que la muestra es muy pequeña, no se cumple la condición de distribución normal de los datos, razón por la cual la comparación entre los resultados obtenidos entre los tiempos 1 y 2 se

Tabla 1. Resultados instrumento Test Bilán de 400 puntos en evaluación 1 y 2

Identificación	% Sin prótesis (t.1)	% Sin prótesis (t.2)	% Con prótesis (t.1)	% Con prótesis (t.2)
Caso 1	83,6	80,8	57,1	69,3
Caso 2	48,7	78,5	40,3	71,6
Caso 3	64	59,8	56,5	56,8
Caso 4	54,5	56,3	41,5	40,3
Caso 5	75,1	74,3	63,3	72,5
Caso 6	59,8	68,8	53,3	57,5
Caso 7	56,8	71,3	49,5	53
Caso 8	40,3	46,3	27,8	38,3
Media	60,4	67	48,7	57,4
Desviación std.	13	11,1	10,8	12,5

Tabla 2. Resultados instrumento DASH en evaluación 1 y 2

Identificación	Act. cotidianas (t.1)	Act. cotidianas (t.2)	Trabajo (t.1)	Trabajo (t.2)	Act. recreativas (t.1)	Act. recreativas (t.2)
Caso 1	32,5	64,7	50	56,3	37,5	75
Caso 2	39,7	20,8	75	68,8	50	25
Caso 3	36,7	38,8	37,5	48,2	37,5	40,5
Caso 4	44,1	53,3	75	68,8	100	0
Caso 5	31,6	35,8	56,3	43,8	18,8	50
Caso 6	52,5	66,7	75	75	93,7	100
Caso 7	48,3	36,7	56,3	37,5	75	18,8
Caso 8	88,3	77,5	100	62,5	93,8	50
Media	46,7	49,3	65,6	57,6	63,3	44,9
Desviación std.	17,1	18,1	18,2	12,6	29,2	29,8

Tabla 3. Resultados instrumento SF-36 en evaluación 1 y 2.

Identificación	Salud General (t.1)	Salud General (t.2)	Ptje.Total (t.1)	Ptje. Total (t.2)
Caso 1	70,8	25	52,7	39,7
Caso 2	29,2	50	26,4	57,8
Caso 3	54,2	29,1	37,5	25
Caso 4	62,5	37,5	32,1	32,5
Caso 5	75	75	77,8	68,4
Caso 6	41,6	41,7	27,3	19,8
Caso 7	33,3	50	23,4	53,6
Caso 8	20,8	33,3	19,8	21,7
Media	48,4	42,7	37,1	39,8
Desviación std.	18,9	14,8	18,1	17,1

Tabla 4. Resumen de contrastes de hipótesis Prueba de Wilcoxon

par 1	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
Puntaje total 400 pts. con prótesis tiempo 1 - tiempo 2	La mediana de las diferencias entre puntaje total con prótesis (t1) y puntaje total con prótesis (t2) es igual a 0	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,025	Rechaza hipótesis nula

realizó mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon. A partir de la información presentada en la Tabla 4, se puede observar que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las medianas comparadas en los tiempos 1 y tiempo 2, considerando la medición con prótesis del instrumento test de Bilan 400 puntos, lo que se traduce en que existe un cambio significativo en la funcionalidad de mano luego de la intervención con la prótesis.

Tomando en consideración los resultados de la prueba de Wilcoxon, las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) sugieren un aumento en la funcionalidad de mano a partir de la intervención con prótesis.

Discusión

En relación a los cambios en la funcionalidad de mano de los participantes, se observa que cada uno vive un proceso de rehabilitación propio, lo que dificulta la posibilidad de encontrar tendencias claras. En el análisis

caso a caso es posible evidenciar aumento, disminución y ausencia de cambio en la funcionalidad reportada por los instrumentos aplicados, siendo estos resultados coherentes con la literatura revisada.

Sin embargo, en cuanto a la experiencia de sintomatología y percepción de discapacidad por causa de lesiones de extremidad superior, la evidencia revisada muestra resultados que indican un aumento global en dificultades de actividades cotidianas en la mayoría de los usuarios de prótesis, pero que no son significativos en los criterios de sugerencias de reporte de cambios dados por Beaton¹⁸. Esta información coincide con los datos aportados por el test Bilan de 400 puntos en cuanto a la comparación global final del uso de prótesis versus no usarla en el tiempo 1 y tiempo 2, reportando peores resultados con el uso de la prótesis, que sin esta.

Al comparar los tiempos 1 y 2 con y sin uso de prótesis, es posible evidenciar que existe un aumento en la funcionalidad de mano en ambos casos. En cuanto al uso de prótesis se

muestra un cambio estadísticamente significativo que puede estar determinado por el período de aclimatación al uso e integración del dispositivo a la función de la mano en la actividad cotidiana, así como también por el tratamiento recibido por parte de Terapia Ocupacional y Medicina de Rehabilitación. En cuanto a la evaluación sin uso de prótesis, el aumento funcional, puede estar determinado por el proceso de evolución natural de la lesión, mayor exposición a actividades cotidianas más complejas en el tiempo y que el usuario estima no darle uso a la prótesis por mayor comodidad o falta de habilidad.

En cuanto a los resultados obtenidos con el instrumento DASH, destacan una disminución en la percepción de discapacidad tanto en la dimensión trabajo como en la de recreación, siendo significativos estos cambios en 2 y 4 casos respectivamente. Lo anterior podría atribuirse a posibles efectos positivos de la intervención con prótesis sobre la percepción de discapacidad.

Por otra parte, en consideración de los resultados obtenidos con el instrumento SF-36, es posible evidenciar que existen cambios positivos en la evaluación general de la calidad de vida, sin embargo, la dimensión específica sobre la percepción del estado de salud general evidencia una tendencia hacia la disminución.

Siguiendo con lo anterior, al comparar las medidas finales arrojadas por el instrumento con las medidas nacionales en población sana, se observa que las primeras se encuentran por debajo de las segundas²⁰, lo que reafirma que este tipo de lesiones son devastadoras en cuanto a la satisfacción de personas, a pesar del alto nivel de experticia técnica y acceso a dispositivos protésicos innovadores.

Las dificultades que se presentaron durante el proceso de investigación fueron conseguir una muestra significativa para constituir grupo control, la adherencia al tratamiento presentó algunas dificultades de asistencia y un abandono, además, de miembros del equipo ejecutor que afectó tiempos de avance.

Las oportunidades de diseño a medida y caso a caso que aporta la prótesis en impresión 3D, sumado a un análisis del perfil ocupacional y actividades cotidianas de cada

paciente usuario de este dispositivo sugieren intervenciones de salud con prácticas centradas en el paciente para optimizar logros, satisfacción y aumentar la calidad de vida de personas que sufren lesiones graves e irreversibles, como es una amputación parcial de mano, específicamente en la función de los dedos de la mano en población adulta productiva. En este sentido, identificar cuáles son las actividades cotidianas en las que el usuario experimenta una mayor habilidad para la función de la mano, puede ser un factor relevante a indagar en el diseño de planes de tratamiento personalizados, incluyendo como opción el uso de prótesis.

Referencias Bibliográficas

1. Johns Hopkins Medicine. Treatments, test and Therapies. c2021. [citado el 05 de enero de 2021] Disponible en: <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/amputation>.
2. Burger H, Maver T, Marinček Č. Partial hand amputation and work. Disability and Rehabilitation. 2007;29(17): 1321-1317. doi: 10.1080/09638280701320763.
3. Pandian G, Hamid F, Hammond M. Rehabilitation of the patient with peripheral vascular disease and diabetic foot problems. In: DeLisa JA, Gans BM, eds. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p. 1517-1544.
4. World Health Organization. Guidelines for training personnel in developing countries for prosthetics and orthotics services. Geneva: World Health Organization; 2005.
5. Fondo Nacional de la Discapacidad. Primer estudio nacional de la discapacidad ENDISC-CIF. Chile; 2005. <http://www.senadis.gob.cl/descarga/I/323/documento>
6. International Society for Prosthetics and Orthotics. c2021. [citado el 12 de enero de 2021] Disponible en: <https://www.ispoint.org/page/POservices>
7. Resnik L, Meucci MR, Lieberman-Klinger S, Fantini C, Kelty DL, Disla R, et al. Advanced Upper Limb Prosthetic Devices: Implications for Upper Limb Prosthetic Rehabilitation. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2012;93(4): 710-7. doi:10.1016/j.apmr.2011.11.010.
8. Ritchie S. Perceptions of cosmesis and function in adults with upper limb prostheses: a systematic literature review. The International Society for

- Prosthetics and Orthotics. 2011;35(4):341-332. doi: 10.1177/0309364611420326 poi.sagepub.com
- 9. Pereira BP, Kour AK, Leow EL, Pho RW. Benefits and use of digital prostheses. *The Journal of Hand Surgery*. 1996;21(2): 228-222.
 - 10. Valbuena S. Generalities in the assessment of work disabilities. Aspects of functional assessment of the hand. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*. 2004; (7): 40-35.
 - 11. Ravanal I. Ortoprotesis una alternativa en amputaciones de mano. *Revista Chilena de Rehabilitación de mano*. 1999 2(1): p. 32-25.
 - 12. Gretscher KF, Lather HD, Peddada KV, Deeken CR, Wall LB, Goldfarb CA. Development of novel 3D printed robotic prosthetic for transradial amputees. *Prosthetics and Orthotics International*. 2016 Jun;40(3):400-3.doi: 10.1177/0309364615579317. Epub 2015 May 1.
 - 13. Gross BC, Erkal JL, Lockwood SY, Chen C, Spence DM. Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. *Analytical Chemistry*. 2014;86(7), 3253-3240. doi:10.1021/ac403397r.
 - 14. Mejía O. Los aparatos racional y afectivo en la respuesta conductual del hombre: un análisis teórico. *Revista electrónica de psicología Iztacala*. 2018;21(1). 52-21.
 - 15. Hernández R, Fernández C, Baptista P. *Metodología de la Investigación* (6^a Edic). México: McGrall Hill; 2014.
 - 16. Casal J, Mateu E. Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev.* 2003;1(1), 7-3.
 - 17. Mertens DM. *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Sage publications. 2014.
 - 18. Gable C, Xenard J, Makiela E, Chau N. *Évaluation fonctionnelle de la main. Bilan 400 points et test chiffrés*. Elsevier, Paris. *Ann Réadaptation Méd Phys*. 1996 ; 40: 101-95.
 - 19. Turner A. *Terapia ocupacional y disfunción física*, Madrid, Elsevier. 2003.
 - 20. Discapacidad del Brazo, Hombro y Mano, Versión Española (Chile). c2006. [citado el 09 de marzo de 2021]. Disponible en: http://www.dash.iwh.on.ca/sites/dash/public/translations/Scoring_DASH_Spanish_%20Chile.pdf
 - 21. Olivares P. *Estado de Salud de Beneficiarios del Sistema de Salud de Chile: 2004-2005*. Departamento de Estudios y Desarrollo, Superintendencia de Isapres. 2006.