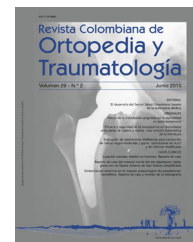




www.elsevier.es/rccot



ORIGINAL

Revascularización y reimplante digital. Revisión de conceptos actuales



Jorge I. Quintero* y Tsu-Min Tsai

Kleinert Kutz Institute, Louisville, Kentucky

Recibido el 26 de febrero de 2019; aceptado el 30 de septiembre de 2020

Disponible en Internet el 2 de noviembre de 2020

PALABRAS CLAVE

Reimplante:
Revascularización:
Avulsión por anillo:
Sanguijuelas:
Tabaquismo:
Alimentación:
Rehabilitación:
Desenlaces:
Complicaciones

Resumen El reimplante es la obra maestra del cirujano de mano, donde incluye la técnica microquirúrgica para la anastomosis de arteria, vena y reparación del nervio, la osteosíntesis de los huesos y el manejo de tejidos blandos como los tendones y la piel

Indicaciones absolutas, amputación del pulgar, el pulgar es quizás el elemento más importante de la mano, dado que le da funcionalidad a la extremidad, sin importar la movilidad final ni la sensibilidad debe reimplantarse el pulgar. No se debe intentar el reimplante en lesiones aplastantes de los dedos, amputación en más de un nivel, presencia de lesiones que amenacen la vida del paciente, enfermedades graves del paciente, isquemia prolongada, amputaciones en paciente con alteraciones psiquiátricas.

Clasificación según Tamai es la mas utilizada. Se explica además como se debe transportar la parte amputada. La técnica microquirúrgica es lo mas importante para el desenlace. La rehabilitación física y posibles complicaciones.

Nivel de Evidencia: IV

© 2020 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Reimplantation:
Revascularization:
Ring avulsion:
Leeches: Smoking:
Nutrition:
Rehabilitation:
Outcomes:
Complications

Digital reimplantation and revascularization. current concepts

Abstract Reimplantation is the masterpiece of the hand surgeon, which includes the microsurgical technique for artery anastomosis, vein and nerve repair, osteosynthesis of the bones and the management of soft tissues such as tendons and skin.

Absolute indications, Amputation of the thumb: the thumb is perhaps the most important element of the hand because it gives functionality to the limb, regardless of the final mobility or sensitivity it should be reimplanted. Reimplantation should not be attempted in crushing lesions of the fingers. Crush injury of the fingers may have multilevel amputation and microcirculation injury that may not be susceptible of repair. Amputation at more than one level, the presence of life-threatening injuries, serious illnesses of the patient, prolonged ischemia, amputations in a patient with psychiatric disorders.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jorgekin82@hotmail.com (J.I. Quintero).

Tamai Classification is the most used. We explain the correct way to transport the amputated part. The microsurgical technique is the most important in order to avoid complications. We also explain the physical therapy and complications.

Evidence Level: IV

© 2020 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

El reimplante es la obra maestra del cirujano de mano, donde incluye la técnica microquirúrgica para la anastomosis de arteria, vena y reparación del nervio, la osteosíntesis de los huesos y el manejo de tejidos blandos como los tendones y la piel. De la técnica microquirúrgica depende en mayoría los desenlaces del procedimiento. El primer reimplante de una extremidad fue realizado por el Dr. Ronald Malt en el hospital General de Massachussetts in 1962 (Brazo de un niño de 12 años) y la primera arteria digital reparada fue realizada por el Dr. Harold Kleinert en 1965¹. El reimplante es el procedimiento por el cual una parte amputada es reinsertada nuevamente en su origen², la revascularización es la reparación de una parte parcialmente amputada y que además necesita la reparación vascular para prevenir la necrosis. Las tasas de sobrevida o el éxito del reimplante en la literatura varían desde 57% al 92%, siendo mayor en los países Asiáticos que en la literatura demostrada en Norte América³.

Indicaciones quirúrgicas

A continuación se describen las indicaciones absolutas y relativas, pero hay que prestar especial atención al tipo de trauma, un corte limpio, tipo guillotina ha demostrado tener mejores desenlaces comparado con lesiones de tipo aplastante y multinivel, el tiempo de isquemia; se ha

designado isquemia caliente hasta 6 horas, e isquemia fría hasta 12 horas, aunque hay literatura que soporta la evidencia que puede realizarse un reimplante en isquemia fría hasta 94 horas. Hasta la forma de transportar la parte amputada influye también en los desenlaces. La edad no es una contraindicación para realizar un reimplante^{4,5}.

Absolutas

Amputación del pulgar, el pulgar es quizás el elemento más importante de la mano, dado que le da funcionalidad a la extremidad, sin importar la movilidad final ni la sensibilidad debe reimplantarse el pulgar. El objetivo final es mantener la longitud, cobertura adecuada de tejidos blandos y conservar la sensibilidad⁶. Es importante además la opinión del paciente, si acepta o no el procedimiento quirúrgico. [figuras 1-6](#)

Reimplante de múltiples dedos amputados, si hay amputación del pulgar y de los otros dedos, el pulgar debe reimplantarse en primera instancia y segundo debe ser el meñique, así la pinza y el agarre serán restablecidas⁷. Amputaciones a nivel de la palma de la mano, amputación distal a la inserción del flexor digital superficial (FDS), los desenlaces comparados con el reimplante proximal al FDS son peores en cuanto a la funcionalidad y arco de movilidad⁸. Amputación proximal al FDS su arco de movilidad final es de 35°; distal a la inserción del FDS, arco de movilidad de la articulación interfalángica proximal es hasta de 80°⁹. Cualquier amputación en un niño⁵. Aunque las complicaciones posteriores



Figura 1 Amputación múltiples dedos.



Figura 2 Amputación del pulgar.

al reimplante en un niño se deben principalmente a falla técnica del reparo dado el diminuto calibre de los vasos.

Relativas

Avulsiones por anillo. Amputaciones distales o de punta del dedo¹⁰. Existiendo sobrevida hasta del 86% y con complicaciones ya conocidas como: Deformidad de la uña y atrofia del pulpejo. Contaminación extrema y según en mecanismo del trauma: Lesiones por aplastamiento, multinivel no se recomienda su reimplante¹¹.

Contraindicaciones

No se debe intentar el reimplante en lesiones aplastantes de los dedos, amputación en más de un nivel, presencia de lesiones que amenacen la vida del paciente, enfermedades graves del paciente, isquemia prolongada, amputaciones en paciente con alteraciones psiquiátricas. No se recomienda en paciente alcohólicos, con alteración vascular periférica, ni anemia carencial¹². Isquemia prolongada, isquemia mayor



Figura 3 Signo de la línea roja.

a 6 horas. Al existir isquemia prolongada, hay disminución de la actividad Adenosin Trifosfato (ATP), resulta en aumento de radicales libres lo que dispara la producción de mediadores de inflamación causando al final edema celular y lesión

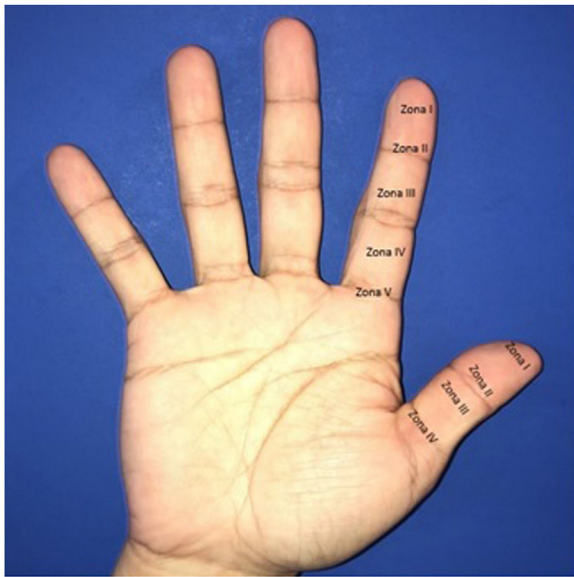


Figura 4 Clasificación de Tamai.

celular¹³. No se debe observar ningún hallazgo de lesión arterial en la parte amputada, por ejemplo, lesión tipo línea roja, este hallazgo significa lesión de la microvasculatura por avulsión de los capilares de la arteria digital, el signo de la banda elástica, la cual se explica por la lesión de las capas vasculares después de una lesión por avulsión.

Clasificación

Se utiliza la clasificación de Tamai, la cual es una clasificación topográfica de la zona amputada:

- Zona I: Distal a la inserción del FDP
- Zona II: Articulación interfalángica distal a la inserción del FDP
- Zona III: Base de la falange intermedia hasta la articulación interfalángica distal
- Zona IV: Base de la falange proximal hasta la inserción de FDS
- Zona V: Articulación metacarpofalángica y proximal a ésta.

Amputaciones a nivel V, en el pulgar, es muy difícil la reparación dada la anatomía de los nervios y de la arteria digital, a nivel de la base de la falange proximal o de la articulación metacarpofalángica, en los otros dedos, puede ser causa para no reimplantar. En la Zona IV, en esta zona como es proximal al FDS, los desenlaces no son buenos, dado por rigidez y contractura. Zona III, Como es distal al FDS, la función del dedo puede estar preservada, Zona II a nivel de la articulación interfalángica distal y la matriz ungueal, el reimplante puede ser posible. Zona I, es la zona con mayores problemas cosméticos, posibles complicaciones como lesión de la placa ungueal y atrofia del pulpejo son frecuentes. Además de no ser posible el reimplante en la Zona I el cirujano debe estar familiarizado con los colgajos locales de la



Figura 5 Avulsiones por anillo (Presentación inicial, tratamiento quirúrgico y desenlace).



Figura 6 Avulsion por anillo, presentación inicial, manejo con sanguijuelas y resultado final.

mano para proporcionarle adecuada cobertura a la punta del dedo.

Transporte de la parte amputada

La mejor forma para transportar la parte amputada es envuelta en una gasa, puede estar o no húmeda, dentro de un recipiente plástico y ésta a su vez dentro de otro recipiente con hielo. Se recomienda no poner la parte amputada directamente en hielo, esto puede quemar el tejido o producirle vasoespasmo que no revierte.

Consideraciones prequirúrgicas

El acto quirúrgico debe realizarse en un centro especializado, que cuente con salas de cirugías apropiadas, microscopio y material quirúrgico microvascular. Debe existir además una Unidad de Cuidados Intensivos para el manejo postoperatorio si lo requiere el paciente. Se debe iniciar manejo antibiótico y profilaxis antitetánica. Radiografía de la mano y de la parte amputada. Preferiblemente dos equipos quirúrgicos, uno para preparar la parte amputada y el otro para preparar la zona de la herida. El paciente debe ser preparado para un acto quirúrgico prolongado. Colocación de sonda Foley, proteger la prominencias óseas, medidas antiembólicas, medidas para prevenir la coagulopatía. Posibilidad de anestesia general o bloqueo axilar o infraclavicular. El bloqueo neural limita el espasmo arterial. Se recomienda el uso de Torniquete neumático a la altura del brazo.

Técnica quirúrgica

En la zona amputada y la zona de la herida, la incisión para la exploración quirúrgica debe realizarse siguiendo la línea medio lateral del dedo. La estructura neurovascular debe ser liberada del tejido circundante y limpiar la íntima. Debe realizarse además la fijación ósea, con el acortamiento aproximadamente de 5 a 10 milímetros de hueso, esto con el fin que las estructuras neurovasculares reparadas no estén bajo tensión y permitir así la adecuada cicatrización. La fijación ósea debe realizarse rápida y efectivamente, diferentes métodos pueden utilizarse desde clavos de Kirschner, hasta placas y tornillos endomedulares. Recomendamos utilizar la técnica de clavos de Kirschner bloqueados, uno de los beneficios es iniciar en menos de 48 horas y activamente la movilidad del dedo afectado¹⁴. Posteriormente a la fijación ósea, debe realizarse la reparación del tendón extensor, mediante la técnica preferida por el cirujano, igualmente el tendón flexor. Puede realizarse únicamente el reparo del tendón flexor digital profundo o del profundo y del superficial. Después de la reparación tendinosa, debe realizarse la reparación arterial, debe regularizarse los bordes según la técnica de Ackland. Recomendamos además utilizar la solución Tsai. La cual fue descrita por el Dr Tsai, Instituto Kleinert, Louisville, Kentucky. Se compone de 150 centímetros cúbicos (cc) de Lactato de Ringer más 3000 Unidades Internacionales (U) de Heparina y 30 cc de lidocaína al 1% sin epinefrina. Evita la formación de coágulos, permite la vasodilatación de los bordes de la arteria y mantiene el campo quirúrgico hidratado. Si hay defecto de longitud de la

arteria, se puede realizar injerto de vena entre las arterias. Es importante retirar el torniquete previo a la anastomosis arterial y venosa. La reparación arterial se realiza previo a la reparación venosa, ya que los radicales libres que se han producido por el revascularización pueden ser eliminados por el retorno venoso del segmento distal¹⁵. La solución de Tsai, también se utiliza durante la reparación venosa. Se recomienda el reparo venoso en relación de dos venas por una arteria. Se observa estado del reparo, se continúa con el reparo nervioso con puntos sencillos del Epineuro preferiblemente con sutura no absorbible 9-0. Posteriormente se continúa con la reparación venosa. La falla del reimplante está asociada en mayor medida a la congestión venosa¹⁶. Así pues, que debe realizarse el mayor esfuerzo para reparar al menos dos venas. Puede al finalizar el reimplante liberarse el canal de Guyón, así permite mejorar el flujo arterial.

Secuencia de reparación

1. Identificar las estructuras.
2. Desbridamiento.
3. Acortamiento óseo y fijación.
4. Repara el tendón extensor.
5. Reparar tendón flexor.
6. Anastomosis de la arteria (Depende del tiempo de anoxia, puede requerir ser reparada después de la fijación ósea)
7. Liberación del canal de Guyon
8. Reparar los nervios.
9. Anastomosis de la vena
10. Sutura de piel

Bajo torniquete se deben realizar los pasos del 1 al 5

Avulsiones por anillo

Las avulsiones por anillo suponen mayor técnica y destreza microquirúrgica, en este tipo de lesiones solo esta afectado en la mayoría de las veces tejido blando y las estructuras neurovasculares. Por tal motivo, su reparación depende en mayor medida de la correcta anastomosis de las estructuras.

La clasificación mas utilizada es la de Urbaniak¹⁷, Clase I: Circulación adecuada, manejo de tejidos blandos es suficiente, Clase II: Circulación inadecuada, requiere reparación vascular, Clase III: Avulsión completa o Amputación completa, aunque la reparación puede ser viable, la función final esta limitada. Posteriormente Kay¹⁸ realizó la modificación a la Clasificación de Urbaniak, I. Circulación adecuada con o sin lesión esquelética, II. Circulación inadecuada no lesión esquelética, IIa. Circulación arterial inadecuada, IIv. Circulación venosa inadecuada. III. Circulación inadecuada fractura o lesión articular, IIIa. Circulación arterial inadecuada, IIIv. Circulación venosa inadecuada. IV. Amputación completa. Finalmente Adani¹⁹ agregó a la subclasificación IVd: Amputación distal a la inserción del FDS, Ivp: Amputación proximal a la inserción del FDS, IVi: Avulsión completa sin lesión tendinosa.

Para el reparo, es importante realizar la anastomosis de 1 arteria y 2 venas, se puede utilizar además injerto cutáneo-venoso, utilizar la arteria radial o cubital del dedo vecino si hay lesión proximal de la arteria digital y fijación con clavos de kirschner¹⁹. Es importante tener en mente siempre

que se realice este reparo la necesidad de realizar injerto de vena para reparar las estructuras vasculares.

Los desenlaces según el tipo de lesión en la clasificación de Urbaniak, Clase I, por definición no requiere revascularización, requiere manejo de tejidos blandos, realizando curación y cambio de vendajes sin requerir intervenciones adicionales y completa función del dedo afectado, con un arco de movilidad final de 225° y arco de movilidad de la articulación interfalángica proximal de 94.4°. Clase II, en la cual requiere manejo microquirúrgico de una arteria y dos venas, requiere injerto de vena en la mayoría de los casos en la anastomosis arterial, los desenlaces son buenos, con un arco de movilidad final de 208° y de la articulación interfalángica proximal de 88.3°, discriminación de dos puntos de 5 a 10 milímetros (mm), teniendo una tasa de amputación hasta de 5.9%. Clase III, El tratamiento inicial es la amputación, si se decide realizar el reimplante puede utilizarse injertos vascularizados, injerto de vena. Arco de movilidad hasta de 168.2° y sensibilidad con discriminación de dos puntos 10.5 mm, hay datos que asocian la sobrevida después del reimplante hasta un 88%²⁰. En la clasificación IV, los desenlaces se asocian con arco de movilidad 185°, discriminación de dos puntos varía de 9 hasta 15 mm²¹. Un hallazgo importante es la ausencia de dolor en cerca del 90% de los pacientes posterior al reimplante²².

Complicaciones posteriores a la reparación también son comunes, cerca de un 30%, son frecuentes las contracturas en flexión, intolerancia al frío, malunión, deformidad en botonera, infección por hongos, osteomielitis, artrosis post-traumática. Complicaciones después de la amputación en un 15% hipersensibilidad, neuroma, efecto de cuadriga.

Medidas Postoperatorias

Debe mantenerse la extremidad elevada para permitir el retorno venoso así evitar la congestión venosa. Ambiente cálido para evitar el vasoespasmo, la habitación debe estar con una temperatura mayor de 30 °C Las primeras 48 horas son las más críticas, es aquí donde se observa la mayor incidencia de trombosis. Se debe mantener al paciente en ayuno por 24 horas por si es necesaria la reintervención. Además se recomienda una dieta regular que no incluya cafeína ni chocolate, se ha demostrado que la ingesta de estos alimentos produce vasoconstricción²³. Al igual, debe evitar fumar, ya que el tabaquismo puede aumentar el riesgo de complicaciones. El paciente debe tener una analgesia adecuada y manejo antibiótico profiláctico. El vendaje debe ser evaluado diariamente, evitando así algún tipo de torniquete que pueda aumentar el riesgo de congestión venosa. Se debe realizar la medición de la temperatura del dedo reimplantado frecuentemente, la temperatura debe estar alrededor de 32 °C, si hay descenso de más de 2 °C debe informarse rápidamente al cirujano.

Anticoagulación

Aun no existe un protocolo establecido sobre cual es el mejor tratamiento de anticoagulación durante el reimplante²⁴. El 90% de la trombosis arterial ocurre en el primer día postoperatorio, mientras que la trombosis venosa ocurre después del primer día en un 42%²⁵. Existe

diferentes medicamentos que pueden ser utilizados como agentes anticoagulantes, entre ellos: La Heparina, es el anticoagulante mas utilizado. Presenta unas complicaciones muy frecuentes tales como: Aumento del sangrado de la zona reparada, crea hematomas alrededor de la reparación y produce trombocitopenia, otra desventaja es que es dosis dependiente y es muy impredecible. Heparinas de Bajo Peso Molecular, la mas utilizada, la Dalteparina, se puede utilizar Enoxaparina a razón de 2 miligramos (mg)/Kilogramo (Kg) de peso, presentando menor riesgo de sangrado y efectos secundarios que la Heparina. Dextran, se utiliza a razón de 25 mililitros (mL) por hora (hr) en infusión previamente 50 mL en bolo, se continúa 5-7 días postoperatorio, sintetizado del Leuconostoc mesenteroides streptococcus, es el agente con mayores efectos adversos como la anafilaxia, edema pulmonar, edema cerebral y falla renal. La aspirina, Una dosis 3 mg/kg es la dosis recomendada para el bloqueo de la ciclooxygenasa, pero se acepta 325 mg vía oral desde el primer día postoperatorio hasta el 7 día postoperatorio²⁶.

Otras Recomendaciones

El uso de sanguijuelas puede estar indicada durante la congestión venosa posterior a la reparación microquirúrgica, la congestión venosa es una causa de la falla del reimplante o de la revascularización. El uso de sanguijuelas es útil porque mejora el retorno venoso hasta que se establezca la angiogénesis. La forma en la cual actúa la sanguijuela es la succión permanente de la sangre y además secreta Hirudina sustancia que inhibe la trombina mejorando el retorno venoso por persistencia del sangrado en la zona de inclusión de la sanguijuela. Consideración especial con la sanguijuela, puede producir infección iatrogénica por *Aeromonas* (*A. hydrophila*) y su profilaxis debe realizarse con Ciprofloxacina o Trimetoprim sulfametoxazol²⁷. Ocasionalmente requiere transfusiones sanguíneas. Otra recomendación es retirar la placa ungueal, permitir el sangrado activo por el lecho y realizar una herida tipo boca de pescado en la punta del dedo disminuye la congestión venosa y permite el flujo sanguíneo.

Hay estudios que demuestran que se puede realizar el reimplante durante 12 horas posteriores a la lesión. No hay diferencia en la sobrevida entre el reimplante realizado inmediatamente o aquel en el que se espera doce horas para realizar el procedimiento quirúrgico. Cuando hay necesidad de reimplantar múltiples dedos amputados, mantener los demás dedos en cadena de frío e iniciar reimplante uno por uno^{28,29}.

Tabaquismo, se continúa con la hipótesis que el tabaquismo aumenta el riesgo de trombosis y probablemente aumentaba el riesgo de complicaciones, en el año 2000, Chang³⁰ realizó un estudio en el cual comprobó que no había relación de las complicaciones asociadas al tabaquismo, este estudio fue realizado en colgajo miocutáneo del recto abdominal para la reconstrucción mamaria. He³¹ en su cohorte de 102 pacientes, no encontró relación con el tabaquismo y el riesgo de falla después del reimplante, como tampoco esta asociado a la Diabetes Mellitus o a la Hipertensión Arterial. En el trabajo realizado por Waikakul se encontró pobre desenlace entre los paciente fumadores, de un total de 72

fumadores, 28 tuvieron falla del reimplante (38%), y de los no fumadores 480, 16 tuvieron falla del reimplante (3.3%).

Rehabilitación

Se recomienda utilizar férula en posición de seguridad posterior a la intervención quirúrgica, férula palmar, extensión de la muñeca 30 grados, flexión de la articulación metacarpofalángica a 60 grados y extensión de las articulaciones interfalángicas. Se debe iniciar prontamente los rangos de movilidad de los dedos no afectados. A la octava semana postoperatoria, se debe iniciar los arcos de movilidad pasivos y activos, movilidad fina, escribir, utilizar objetos pequeños. Se recomienda rehabilitación activa después de la décima semana. Es de vital importancia la movilidad pasiva inmediatamente posterior al reimplante siempre y cuando no afecte la osteosíntesis. Al finalizar el protocolo de rehabilitación es muy frecuente que exista limitación para la flexión de la articulación interfalángica distal. En tal motivo se recomienda la artrodesis de esta articulación^{32,33}.

Desenlaces finales

La sobrevida de los dedos reimplantados varía hasta un 90%, la discriminación de dos puntos, depende al final del tipo de lesión. Si es por aplastamiento recobran discriminación de 15 mm, si es por corte fino o guillotina, hasta 8 mm. Los pulgares recobran sensibilidad hasta un 61% y los dedos de la mano hasta un 54%. El arco de movilidad final de los dedos puede llegar hasta 129°. En el cuestionario de funcionalidad (The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) score) reimplante de pulgar 10, dedo único 11.2, múltiples dedos 16.1^{34,35}.

Complicaciones

Existen complicaciones inmediatas al reimplante. Infecciones, sangrado activo, anemia secundario al sangrado que pueden desarrollar los pacientes en la zona de la anastomosis, por tal motivo debe realizarse conteo de hemoglobina y de hematocrito. La trombosis venosa es la causa mas frecuente de falla en el reimplante. Por tal motivo, debe identificarse lo más pronto posible. Los signos que se acompañan con la disminución del flujo o de la trombosis son: Pérdida de la señal del Doppler, disminución del llenado capilar, disminución mayor de 2 °C en una hora comparada con el dedo control, mas de una hora con temperatura menor de 30 °C. Puede utilizarse la pulsooximetría para identificar variaciones que hagan sospechar oclusión.

Existen además complicaciones asociadas con la zona de la amputación. Zona I Amputación distal: Distal a la inserción del FDP, las complicaciones mas frecuentes son la atrofia del pulpejo, demora en el proceso de cicatrización secundario a menor aporte sanguíneo, deformidad de la uña secundario a falta de soporte óseo. Zona I amputación proximal: Entre el FDP y el FDS, las complicaciones mas frecuentes son: Maluniones, neuromas y deformidad en lumbrical plus. Zona II: Amputación entre la articulación metacarpofalángica y proximal a la inserción del FDS, efecto de cuadriga, formación de neuromas, puede existir insuficiencia arterial a este nivel y finalmente las adherencias tendinosas³⁶. Los

procedimientos secundarios mas frecuentes se han descrito entre, Z plastia para liberación de contractura, tenolisis, y mal uniones³⁷. Transcurrido 3-6 meses se puede realizar una nueva intervención quirúrgica para realizar tenolisis, liberación de adherencias y de las contracturas articulares. Intolerancia al frío es otra complicación muy frecuente posterior al reimplante

Para aquellos dedos que no sobreviven, se puede recomendar cirugía de reconstrucción. Transferencia del dedo índice al pulgar, aumento del primer espacio interóseo así darle función al primer metacarpiano, transferencia dedo del pie al dedo de la mano o al pulgar siguiendo los principios de Litter y Morrison para el pulgar: Un pulgar móvil, con sensibilidad, que puede oponerse, estable y adecuada longitud³⁸. Inclusive colgajos libres osteofasciocutáneos³⁹.

Finalmente y como recomendación de los autores, la cirugía microvascular puede mejorarse día a día mediante práctica en modelos animales no vivos⁴⁰.

Fuentes de Financiación

Recursos propios de los autores.

Conflicto de interés

No presenta conflicto de interés.

Bibliografía

1. Tamai S. History of microsurgery. *Plast Reconstr Surg*. 2009;124:282e-94e, doi:10.1007/978-2-8178-0391-3_1.
2. Wilson CS, Alpert BS, Buncke HJ, Gordon L. Replantation of the upper extremity. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23:373-81, doi:10.5435/JAAOS-D-14-00039.
3. Fufa D, Calfee R, Wall L. Digit Replantation?: Experience of Two U.S Academic Level-I Trauma Centers. *J Bone Jt Surg*. 2013;95:2127-34.
4. Barzin A, Hernandez-Boussard T, Lee GK, Curtin C. Adverse events following digital replantation in the elderly. *J Hand Surg Am*. 2011;36:870-4, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2011.01.031>.
5. Choi M. Trends in digital replantation. *Curr Orthop Pract*. 2012;54:284-8.
6. Goldner RD, Howson MP, Nunley JA, Fitch RD, Belding NR, Urbaniak JR. One hundred eleven thumb amputations: Replantation vs revision. *Microsurgery*. 1990;11:243-50, <http://dx.doi.org/10.1002/micr.1920110312>.
7. M Y. Indications and limits of digital reimplantation. *Japan Med Assoc J*. 2003;46(11):460-467.
8. Kaplan FT, Raskin KB. Indications and surgical techniques for digit replantation. *Bull Hosp Jt Dis*. 2001;60(3-4):179-88, <http://dx.doi.org/10.1054/jhsb.2001.0595>.
9. Allen DM, Levin LS. Digital replantation including postoperative care. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2002;6:171-7, doi:10.1097/00130911-200212000-00003.
10. Lee DH, Mignemi ME, Crosby SN. Fingertip Injuries: An Update on Management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21:756-66.
11. Waikukul S, Sakkarnkosol S, Vanadurongwan V, Un-Nanuntana A. Results of 1018 digital replantations in 552 patients. *Injury*. 2000;31:33-40, doi:10.1016/S0020-1383(99)00196-5.
12. Hustedt JW, Chung A, Bohl DD, Olmscheid N, Edwards S. Evaluating the Effect of Comorbidities on the Success Risk, and

- Cost of Digital Replantation. *J Hand Surg Am.* 2016;41:1145–52, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2016.09.013>, e1.
13. Al-Qattan M. Ischaemia reperfusion Injury Implications for the hand surgeons. *J Hand Surg Eur.* 1998;23B:570–3.
 14. Farias E, Lichterman M, Yuhás M, Thirkannad SM, Interlocking K. Wires Followed by Immediate Mobilization for Fractures of the Hand. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2018;22:3–9, <http://dx.doi.org/10.1097/BTH.0000000000000175>.
 15. Wang W. Investigation of reperfusion Injury and Ischemic Preconditioning in microsurgery. *Microsurgery.* 2009;29:72–9, <http://dx.doi.org/10.1002/micr>.
 16. Efanov JI, Rizis D, Landes G, Bou-Merhi J, Harris PG, Danino MA. Impact of the number of veins repaired in short-term digital replantation survival rate. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg.* 2016;69:640–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2015.12.001>.
 17. Urbaniak JR, Evans JP, Bright DS. Microvascular management of ring avulsion injuries. *J Hand Surg Am.* 1981;6:25–30, [http://dx.doi.org/10.1016/S0363-5023\(81\)80006-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0363-5023(81)80006-8).
 18. Kay S, Wernitz J, Wolff TW. Ring avulsion injuries: Classification and prognosis. *J Hand Surg Am.* 1989;14(2 PART 1):204–13, [http://dx.doi.org/10.1016/0363-5023\(89\)90008-7](http://dx.doi.org/10.1016/0363-5023(89)90008-7).
 19. Adani R, Pataia E, Tarallo L, Mugnai R. Results of replantation of 33 ring avulsion amputations. *J Hand Surg Am.* 2013;38:947–56, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2013.02.014>.
 20. Bamba R, Malhotra G, Bueno RA, Thayer WP, Shack RB. Ring Avulsion Injuries: A Systematic Review. *Hand.* 2018;13:15–22, doi:10.1177/1558944717692094.
 21. Crosby N, Hood J, Baker G, Lubahn J. Ring injuries of the finger: long-term follow-up. *Hand.* 2014;9:274–81, doi:10.1007/s11552-014-9651-9.
 22. Sanmartin M, Fernandes F, Lajoie AS, Gupta A. Analysis of prognostic factors in ring avulsion injuries. *J Hand Surg Am.* 2004;29:1028–37, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2004.07.015>.
 23. Shaughnessy G, Akelina Y, Strauch RJ. Dietary guidelines for caffeine and chocolate after digital replantation. *J Hand Surg Am.* 2015;40:810–2, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2014.12.008>.
 24. Levin LS, Cooper EO. Clinical Use of Anticoagulants Following Replantation Surgery. *J Hand Surg Am.* 2008;33:1437–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2008.08.009>.
 25. Buckley T, Hammert WC. Anticoagulation following digital replantation. *J Hand Surg Am.* 2011;36:1374–6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2011.03.019>.
 26. Askari M, Fisher C, Weniger FG, Bidic S, Lee WPA. Anticoagulation Therapy in Microsurgery: A Review. *J Hand Surg Am.* 2006;31:836–46, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2006.02.023>.
 27. Arami A, Gurevitz S, Palti R, Menachem S, Berelowitz M, Yaffe B. The Use of Medicinal Leeches for the Treatment of Venous Congestion in Replanted or Revascularized Digits. *J Hand Surg Am.* 2018;43:949e1–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2018.02.018>.
 28. Cavadas PC, Rubí C, Thione A, Pérez-Espadero A. Immediate Versus Overnight-Delayed Digital Replantation: Comparative Retrospective Cohort Study of Survival Outcomes. *J Hand Surg Am.* 2018;43:625–30, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2018.03.047>.
 29. Woo SH, Cheon HJ, Kim YW, Kang DH, Nam HJ. Delayed and suspended replantation for complete amputation of digits and hands. *J Hand Surg Am.* 2015;40:883–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2015.01.006>.
 30. Chang DW, Reece GP, Wang B, et al. Effect of smoking on complications in patients undergoing free TRAM flap breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2000;105:2374–80, doi:10.1097/00006534-200006000-00010.
 31. He JY, Chen SH, Tsai TM. The risk factors for failure of an upper extremity replantation: Is the use of cigarettes/tobacco a significant factor? *PLoS One.* 2015;10:1–7, doi:10.1371/journal.pone.0141451.
 32. Ugurlar M, Kabakas F, Purisa H, Sezer I, Celikdelen P, Ozelcelik IB. Rehabilitation after successful finger replantation. *North Clin Istanbul.* 2016;3:22–6, doi:10.14744/nci.2016.19870.
 33. Sabapathy SR, Venkatramani H, Bharathi RR, Bhardwaj P. Replantation surgery. *J Hand Surg Am.* 2011;36:1104–10, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2011.03.039>.
 34. Maricevich M, Carlsen B, Mardini S, Moran S. Upper extremity and digital replantation. *Hand.* 2011;6:356–63, doi:10.1007/s11552-011-9353-5.
 35. Cho HE, Zhong L, Kotsis SV, Chung KC. Finger Replantation Optimization Study (FRONT): Update on National Trends. *J Hand Surg Am.* 2018;43:903–12, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2018.07.021>, e1.
 36. Woo SH, Kim YW, Cheon HJ, et al. Management of complications relating to finger amputation and replantation. *Hand Clin.* 2015;31:319–38, <http://dx.doi.org/10.1016/j.hcl.2015.01.006>.
 37. Yu JC, Shieh SJ, Lee JW, Hsu HY, Chiu HY. Secondary procedures following digital replantation and revascularisation. *Br J Plast Surg.* 2003;56:125–8, doi:10.1016/S0007-1226(03)00033-X.
 38. Adani R, Woo SH. Microsurgical thumb repair and reconstruction. *J Hand Surg Eur Vol.* 2017;42:771–88, doi:10.1177/1753193417723310.
 39. Ruston JC, Amin K, Darhouse N, Sivakumar B, Floyd D. The vascularized medial femoral corticoperiosteal flap for thumb reconstruction. *Plast Reconstr Surg - Glob Open.* 2015;3:1–4, doi:10.1097/GOX.0000000000000452.
 40. Couceiro J, Castro R, Tien H, Ozyurekoglu T. Step By Step: Microsurgical Training Method Combining Two Nonliving Animal Models. *J Vis Exp.* 2015;(99.), doi:10.3791/52625.