

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO EN MEDICINA**



**REPARACIÓN NERVIOSA EN TRAUMATISMOS CON PÉRDIDA DE SUSTANCIA**

**AUTOR: BELMONTE PÉREZ, ÁLVARO**

**TUTOR: DR. ANTONIO AGULLÓ BONUS**

**Departamento y Área: CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA**

**Curso académico 2021 - 2022 Convocatoria de JUNIO**

— —

## RESUMEN

**Introducción:** El tratamiento para las reparaciones nerviosas cuando existe pérdida de nervios periféricos, supone un abanico de posibilidades quirúrgicas. Bien se pueden usar autoinjertos (GOLD Standard), aloinjertos o conductos de múltiples materiales. Con lo que surge la pregunta de cuál es mejor opción terapéutica para la recuperación funcional y de la sensibilidad.

**Materiales y métodos:** En esta revisión sistemática, se han consultado artículos científicos, proveniente de bases de datos médicas (MedLine y The Cochranre Library Plus). A la hora de seleccionar esta información, la bibliografía más relevante fueron los estudios clínicos en humanos en los que compararon, en el mismo estudio, estas técnicas entre sí, con el fin de comparar resultados en condiciones similares.

**Resultados:** Se dividieron los artículos en función de la longitud del defecto, con lo

que dieron 4 escenarios posibles: Lesiones pequeñas o sin apenas gap (de 0 a 5 mm), lesiones medianas (de 5 mm a 50), las lesiones grandes (entre 5 y 10 cm), y las lesiones muy grandes (más de 10 cm). De estos estudios. Los más relevantes fueron aquellos cuya muestra era mayor, siempre que para la valoración de resultados usaran escalas regladas para su medición y no parámetros clínicos subjetivos.

**Discusión:** Dada la heterogeneidad de elaboración de los estudios revisados, se encuentra disparidad en las escalas empleadas para el análisis de la recuperación. Así como en el antagonismo de la bibliografía más antigua con la más reciente, debido principalmente al uso de diferentes materiales entre ellos.

**Conclusiones:** Los resultados de estos estudios apuntan al beneficio de estas nuevas técnicas sobre el autoinjerto en la mayoría de gaps nerviosos, a excepción de las lesiones >10cm. Este incremento se debe

tanto por la menor comorbilidad, como a los buenos resultados en la recuperación funcional.

**Palabras clave:** Autoinjerto. Aloiinjerto. Conducto nervioso. Pérdida de sustancia. Reparación nerviosa.

## ABSTRACT

**Introduction:** Treatment for nerve repairs in the case of peripheral nerve loss involves a range of surgical possibilities. Either autografts (GOLD Standard), allografts or multi-material conduits can be used. This raises the question of what is the best therapeutic option for functional and sensitivity recovery.

**Materials and methods:** In this systematic review, scientific articles from medical databases were consulted (MedLine and The Cochranre Library Plus). When selecting this information, the most relevant bibliography was human clinical studies in which these techniques were compared with each other, in the same study, in

order to compare the outcome under similar conditions.

**Results:** The articles were divided according to the length of the defect, resulting in 4 possible situations: small injuries or injuries with little gap (0 to 5 mm), medium-sized injuries (5 to 50 mm), large injuries (5 to 10 cm) and very large injuries (more than 10 cm). Of these studies, the most relevant were those with a larger sample size, provided that the outcome assessment used regulated measuring scales and not subjective clinical parameters.

**Discussion:** Given the heterogeneity in the elaboration of the reviewed studies, disparity is found both in the scales used for the analysis of recovery as well as in the antagonism of the older and more recent literature, mainly due to the use of different materials among them.

**Conclusions:** The results of these studies point to the benefit of these new

techniques over autografting in most nerve gaps, with the exception of injuries >10 cm. This increase is due to both lower comorbidity and good results in functional recovery.

**Key words:** Autograft. Allograft. Nerve conduit. Substance loss. Nerve repair.

## INTRODUCCIÓN

Las lesiones nerviosas de nervios periféricos suponen una de las lesiones más comunes en la práctica clínica, y sin un tratamiento adecuado en el momento adecuado, puede conllevar a la disfuncionalidad del miembro afecto. (1)

Dentro de este tipo de lesiones encontramos aquellas en las que no hay pérdida de sustancia <sup>a</sup>, las cuales se pueden suturar directamente mediante anastomosis término-terminal. O por el

contrario, que exista una pérdida de tejido que impida esta sutura o que si se practicare ésta, los nervios quedaran en tensión y repercuta en unos resultados negativos en lo referente a la funcionalidad. (2)

Con estas lesiones, en las que la sutura directa es inviable, han surgido otras nuevas técnicas, que consisten bien en suplir esa deficiencia de tejido mediante injertos autólogos (principalmente se realizan mediante injertos del nervio sural), esta técnica está considerada el GOLD Standard en la práctica clínica. O bien, esta reparación se realiza mediante otras técnicas como la implantación de tubos de silicona u otros materiales con variedad de recubrimientos proneurogénicos (2), con intención de que ambos cabos del nervio dañado se

<sup>a</sup> En el marco de esta revisión, sustancia va a referirse principalmente a tejido nervioso periférico.

regeneren y acaben anastomosándose recuperando el aspecto y funcionalidad que tenían previas al traumatismo. También existen otras técnicas menos estudiadas como el injerto de tejido venoso (3) para canalizar la neurogénesis, en lugar de tubos de silicona. **Figura 1.**

Con esta revisión se contrastarán los datos de estudios y ensayos clínicos recientes en esta materia, y comparar la técnica GOLD Standard previamente mencionada con las nuevas, tanto en disponibilidad de dicha técnica, resultados a corto y largo plazo (4) de las mismas bien por las complicaciones desarrolladas por cada una de ellas, o bien, mediante evaluación de la movilidad/funcionalidad que se consiguen tras la intervención.

Otro motivo de esta revisión es analizar si realmente, estas novedosas técnicas tienen cabida en la práctica habitual en un futuro inminente o si se tratan de

fascinaciones quirúrgicas que se reservarán para casos muy reducidos y seleccionados, que realmente no repercutirán significativamente frente a la técnica estándar (5).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Diseño:** Se realizó una revisión sistemática de documentos de sociedades científicas del campo de la cirugía traumatológica, plástica y reconstructiva, así como de revisiones sistemáticas y estudios científicos originales.

**Estrategia de búsqueda:** En primer lugar se llevó a cabo una búsqueda en Google Scholar de documentos y guías de práctica clínica publicados por diferentes sociedades y asociaciones profesionales tanto nacionales como internacionales sobre recomendaciones de terapéutica de traumatismos con pérdida de sustancia de nervios periféricos. Esta búsqueda se hizo tanto en español como en inglés.

Posteriormente, se realizó una búsqueda de revisiones sistemáticas de la literatura científica en la Biblioteca Cochrane Plus mediante la ecuación de búsqueda Peripheral Nerve Injuries, sin acotamiento por fecha, incluyendo textos tanto en español como inglés. Para encontrar estudios originales y en gran parte, ensayos clínicos, se consultó la base de datos de Medline, mediante el motor de búsqueda de Pubmed, en la que se utilizaron los siguientes descriptores para la ecuación de búsqueda: Peripheral Nerve Injuries (MeSH) AND Microsurgery (MeSH) AND Reconstructive Surgical Procedures (MESH). En esta búsqueda, no se limitó por fecha, aunque se dio mayor relevancia a los más actualizados y citados. También fueron incluidos en la revisión, referencias bibliográficas y artículos relacionados o citados en los artículos seleccionados con el fin de incluir artículos sin los

descriptores empleados, pero que tuvieran relevancia para esta revisión.

**Criterios de inclusión y exclusión:** En la búsqueda de literatura se incluyó todo tipo de documentos aportados por las diferentes sociedades y asociaciones profesionales que versaban sobre el uso de la técnica GOLD Standard en la práctica habitual. Respecto a las revisiones sistemáticas y los estudios científicos se aplicó como criterio de inclusión que los estudios realizados tanto en animales, como en ensayos clínicos en humanos. El principal criterio de exclusión fue que los artículos no incluyeran información sobre las nuevas técnicas de reparación nerviosa, o que no compararan la técnica estándar frente a las nuevas.

**Extracción de datos:** Tras la búsqueda inicial se localizaron 98 estudios, aunque se excluyeron 60, ya que, no eran

relevantes para el objetivo de esta revisión.

Para proceder a la selección se revisaron los resúmenes y en caso necesario los artículos completos con el fin de decidir si la información que contenían estaba o no relacionada con nuestro objetivo.

**Análisis de datos:** La información recabada se distribuyó dependiendo del tipo de estudio, si era un ensayo clínico aleatorizado doble ciego, si se trataba de un ensayo en humanos o en animales, o bien, si se fue un estudio comparativo de procedimiento estándar versus técnica experimental. De los artículos originales se extrajo información sobre autoría, revista en la que estaba publicado y año de publicación, país donde se realizó el estudio, tipo de estudio, número de la muestra (N), sujetos y origen, medida de resultado, conclusiones, y en caso de haberlos, los conflictos de intereses.

## RESULTADOS

En la práctica habitual, el procedimiento habitual para elegir el tipo de reparación ante una lesión de nervio periférico (LPN) se realiza en función de la disponibilidad de medios en el centro y de la experiencia del profesional responsable con las diferentes técnicas.

Sin embargo, en las recomendaciones de Northeastern Society of Plastic Surgeons, la elección se basa en la longitud del gap nervioso y las características de la lesión a reparar. Actualmente, para las LNP de 0-0,5 cm se opta por intentar la sutura primaria, siempre que no se detecte tensión entre ambos extremos. De 0,5-1,5 cm se puede elegir entre conductos de silicona, colágeno o de tejido venoso que fomenten la regeneración neural. Para lesiones de 0,5-5 cm se suelen emplear aloinjertos procesados, o bien autoinjertos, siendo estos últimos los más utilizados. Para lesiones de más de 5 cm

se suelen usar únicamente los autoinjertos y la transferencia nerviosa.

En cuanto a la bibliografía actual revisada, hay discordancias entre este sistema de elección de material dependiente

únicamente del tamaño del gap nervioso.

Esto es debido a dos factores; el primero es el de que lo más estandarizado

actualmente para elaborar los ensayos, el

parámetro más estudiado es la longitud de

ese gap, obviando en muchos de estos

ensayos factores como el tipo de nervio (si

se trata de un nervio motor, sensitivo o

mixto). El segundo es el que en los ensayos

revisados, los más relevantes en cuanto a

tamaño de la muestra (6) (7), no son

estudios tan homogéneos ni comparativos

entre técnicas como otros de menos

volumen, sino que, son estudios que

muestran más los resultados de una

técnica en específico y la contrastan con la

bibliografía de los primeros ensayos

realizados con las nuevas técnicas, con lo

que, dejan de lado los nuevos estudios en

los que se emplean recubrimientos

proneurogénicos en los conductos, o el

tratamiento previo de los aloinjertos

procesados. (4)

A pesar de que el criterio de elección

mayoritario es el tamaño del gap, y en la

elección de la técnica quirúrgica no debe

ser guiada solamente por este parámetro,

para clasificar la información revisada y

agregar cohesión y un orden a la revisión,

se comenzará con las lesiones de menor

tamaño y se acabará con las de mayor gap

nervioso.

**Lesiones de 0 a 5 mm:** En lo relativo a

lesiones sin pérdida o pérdida de sustancia

de <5 mm, siempre que no se encuentren

tensiones que puedan interferir en la

reparación, la técnica recomendada en los

artículos es la sutura directa, debido

principalmente a su accesibilidad y la

preparación por parte del cirujano. Sin

embargo, en Boeckstyns MEH et al. (8) los conductos de colágeno fueron evaluados para el mismo tipo de lesiones, obteniendo resultados muy similares en una muestra de 31 pacientes. En cuanto a resultados a largo plazo (2 años) en lo relativo a recuperación sensitiva no se encontraron diferencias mediante la escala static 2 Points Discrimination (s2PD), en cuanto a la recuperación motora no hubo grandes diferencias entre ambos grupos evaluados mediante la escala moving 2 Points Discrimination (m2PD).

**Lesiones de 5 a 50 mm:** Pasando a lesiones de mayor longitud, encontramos que las opciones quirúrgicas son más variadas, y que en la mayoría de los estudios descartan opciones terapéuticas cuanto mayor es la pérdida de sustancia. Con los datos extraídos de los estudios (**Tabla 1**), podemos apreciar como en contraste con la recomendaciones, el gap que se

estudian ha aumentado de tamaño para estas técnicas y no se tienden a usar plastias de manera tan frecuente como en los estudios antiguos, tales como en los estudios de Bertleff MJOE et al. (9) o Taras JS et al. (10). En otras palabras, las lesiones de entre 0,5 y 1,5 cm en las que eran recomendables los conductos de silicona, se han ampliado, en la mayoría hasta 2-2,5 cm, como en el estudio Rbia N et al. (11), y en algunos, el gap experimental llegó hasta los 3-4 cm en Kusuhara H et al. (12).

En cuanto a la comparativa de conductos con aloinjertos, el ensayo Bertleff MJOE et al. de 34 LNP (9), declara que en lesiones de hasta 2 cm no hay diferencias en cuanto a resultados, y destacan la sencillez del procedimiento frente a los tratados con injerto evaluados mediante electromiografía y el test Pressure-Specified Sensory Device (9).

En Kusahara H et al. (12) en el que 20 sujetos fueron intervenidos con conductos de ácido poliglicólico (PGA), se obtuvieron resultados mejores que los registrados en la bibliografía relacionada del pasado, así como mejores resultados que en el injerto autólogo, ya que, presentaba menores complicaciones a corto y largo plazo (>1 año), y no presentaba comorbilidad relacionada a la extracción de zona donante. En este estudio, la recuperación se midió mediante la escala s2PD y la escala Medical Research Council Classification (MRCC) grading system for sensory recovery.

Para el estudio entre los conductos venosos y los autoinjertos (PNAt), como se declaró en Manoli T et al. (13), no hubo la diferencia de la recuperación sensitiva. Además se reportaron peores secuelas en los sujetos sometidos a PNAt y menor iatrogenia asociada mediante el s2PD y el m2PD. En cuanto al uso de los aloinjertos (PNAo) para el tratamiento de estas longitudes de gap, en Means KR et al. (14) se comprobó que la colocación de PNAo, en comparación con conductos de silicona, obtuvo mejores resultados a nivel de recuperación sensitiva, aunque a nivel funcional eran similares y conforme se disminuía la distancia del gap (<2,5 cm), estas diferencias eran menos apreciables.

En el estudio Rinker B et al. (15), de 37 sujetos con 68 LNP, se comparó los conductos venosos (n=35) con conductos PGA (n=33), para pérdidas de sustancia similares. Los conductos PGA demostraron dar un mejor soporte y mejores resultados de regeneración nervioso que los conductos venosos. Este grado de recuperación, fue medido mediante las escalas s2PD y m2PD. El coste efectividad y tasa de complicaciones eran similares en ambos grupos de estudio (15).

Ampliando sobre los conductos, en las series de casos en las que no hubo un grupo con el que comparar resultados y se comparó con la literatura científica, se revisaron los siguientes estudios (**Tabla 2**): Arnout A et al. (16), Puente-Alonso et al. (17) y Taras JS et al. (10). El primero con una muestra de n=27, el segundo n=17 y el tercero n=22, los resultados, en términos globales, fueron muy homogéneos, afirmando que el uso de los conductos, bien sean de colágeno (10) (16) o PGA (17), aportaban buena recuperación funcional y sensitiva. En Taras JS et al. tampoco se notificaron la aparición de neuromas ni infecciones asociadas (10). En dos de ellos la evaluación fue a través del s2PD (10) (16), mientras que, en Puente-Alonso et al. no se especifica el método de evaluación de la recuperación sensitiva.

En Brooks DN et al. (6), una serie de casos de 108 sujetos con 132 LNP, se analizó también, para este rango de lesiones, la colocación de PNAo en reparaciones de todo tipo de nervios (tanto motores, como sensitivos o mixtos). Para su estudio se dividieron a los pacientes dependiendo del tipo de nervio a la hora del análisis de estudio. En todos estos grupos, la recuperación funcional, sensitiva o ambas, fueron significativas en >77% en todos los grupos, alcanzando en la recuperación funcional >89% (6). Sin embargo, las escalas de valoración usada, difieren mucho de la estándar que se utilizan en la mayoría de los estudios, y los valores de la escala son alterados por parámetros subjetivos. También se hace un análisis exhaustivo de los factores que promueven una correcta regeneración del nervio como pueden ser: la falta de tensión término-terminal tras la colocación del método quirúrgico elegido o las características del sujeto (se describió que los pacientes diabéticos, al estar el *vasa nervorum* más afectado que en no

diabéticos, dificulta la regeneración considerablemente).

En Rinker B, Zoldos J et al. (18), una serie de casos de 28 sujetos con 50 LNP, en los que todos fueron intervenidos con aloinjertos, pero a diferencia de la serie anterior, la escala empleada, sí que es la utilizada en la mayoría de estudios (s2PD) para la evaluación de la sensibilidad. En él se muestran resultados generales favorables para la reparación y regeneración de nervios utilizando el aloinjerto de nervio procesado y respalda su uso por encima del autoinjerto de nervio sural. También se observó que la ventaja de los aloinjertos sobre los autoinjertos, en cuanto a la regeneración nerviosa, puede deberse al procesamiento, que elimina material celular (18). Respecto a las técnicas de tubulización, refiere que los factores de crecimiento empleados y que están en vías de desarrollo, proporcionan mejores

datos de regeneración del parénquima nervioso (18).

**Lesiones de 5 a 10 cm:** En cuanto a este tipo de lesiones, encontramos tres alternativas, de las cuales hemos hablado de los aloinjertos y los autoinjertos, sin embargo, en esta revisión no se tendrá en cuenta la transferencia nerviosa. Técnica utilizada para cuando el gap es demasiado grande y consiste en transferir parte de un nervio sano de la misma región anatómica para intentar reinervar un nervio dañado. El motivo de esta exclusión es que con esta técnica no se logra una recuperación anatómica ni funcional como en el resto de técnicas y en las recomendaciones actuales, su uso está relegado a un tratamiento no curativo (1).

En cuanto a este tipo de lesiones, el método que se considera el GOLD Standar es el autoinjerto, sin embargo, solo supera al aloinjerto en la bibliografía más antigua,

esto es posible porque el aloinjerto en el pasado no consistía en la misma técnica que se reconoce actualmente. En la bibliografía actual, la técnica con aloinjertos consiste en procesar nervios procedentes de cadáveres, con características similares a los de la zona receptora (sensitivo, motor...) (19). Con este procesamiento, se elimina el parénquima nervioso y tras esto, se obtiene un tubo nervioso de estroma similar al del receptor. Con esto no se consigue realizar una plastia como en el autoinjerto, sino que es más semejante a los conductos, ya que, el objetivo del aloinjerto es la regeneración del nervio dañado que utiliza el aloinjerto como conducto guía (19).

Entre los estudios dirigidos a estas lesiones, no se ha encontrado mucho al respecto, y en lo poco que se ha encontrado, no aparecen estudios comparativos entre técnicas, solamente

series de casos. En Safa B et al. (7), una serie de casos de 385 sujetos con un total de 624 LNP, se realizaron trasplantes alogénicos de lesiones de hasta 7 cm. En esta serie se concluyó que, dados los resultados positivos del aloinjerto procesado frente al autoinjerto, y a la drástica reducción del número de complicaciones a corto y largo plazo, se recomienda su uso por encima del autoinjerto de nervio sural. Estas complicaciones descritas a largo plazo que se documentaron en estudios previos con autoinjerto, consisten fundamentalmente en la formación de neuromas. Estos neuromas pueden surgir tanto en la zona receptora del autoinjerto, necesitando el paciente futuras cirugías para intentar otro método quirúrgico, o bien, pueden aparecer en la zona donante, quedando dolor residual crónico si no se vuelve a intervenir. Tampoco utilizaron una escala estandarizada para la evaluación como en

los artículos anteriores, sino que se evaluaron mediante criterios clínicos no especificados.

**Reparación de neuromas:** En Brooks DN et al. (6) y Jain SA et al. (20), una parte de la muestra de ambos estudios (n=9 y n=21), no se trataban de LNP, sino de neuromas, bien por formación primaria, o bien relacionados con intervenciones previas de reparación nerviosa (en su mayoría con autoinjertos). Los motivos por los que se incluyen en esta revisión es por ceñirse a los criterios de inclusión, dado que, existe relación directa con el objetivo principal de la revisión (se repara un nervio dañado mediante las técnicas revisadas) y muestran relación con secuelas de intervenciones previas de estas técnicas (20). También se relacionó la técnica del autoinjerto con una prevalencia del 22,9% de probabilidad de formación de un neuroma *de novo* en la zona donante o receptora (20). La evaluación de la

recuperación fue mediante las escalas MRCC para la función sensorial y motora (6) (20).

**En lesiones superiores a 10 cm,** el único método del que se constata la eficacia es el trasplante autólogo, sin embargo, en muchos artículos citan la necesidad de ampliar el estudio de otras técnicas para estas longitudes de gap.

## DISCUSIÓN

Aunque las bases de datos que se han consultado brindan un gran volumen de información y variabilidad de la misma. Es reseñable añadir que, es muy probable que no se hayan identificado todos los estudios que den una aproximación más detallada sobre la adecuada elección de técnica quirúrgica en lo referente a este tema, bien porque en dichos estudios no hayan incluido los descriptores más usados en este tipo de estudios, o no hayan sido citados en otros artículos encontrados.

Con los datos obtenidos en los artículos revisados, queda decir que, en los estudios referentes de reparación nerviosa no hay un estándar a la hora de evaluar resultados (con algunas excepciones: (4), (8), (9) y (10) que entre sí utilizaban los mismos criterios de evaluación), y resaltar la necesidad de unificar criterios, para que la evaluación de las posibles opciones terapéuticas en cuanto a la reparación sean más válidas y permitir a un observador externo al estudio (como en este caso) la capacidad de comparar con una mejor precisión los diferentes estudios, y así poder valorar más objetivamente los resultados obtenidos.

Tras el análisis de los datos obtenidos de los diferentes estudios, habiendo realizado una lectura crítica de los mismos, es reseñable añadir que se deben de ampliar los estudios realizados. No solamente ampliarlos hacia gap de lesión más grandes como ocurre con la tendencia actual, sino también de realizar más estudios comparativos entre las técnicas aquí referenciadas, ya que, aporta mucho más el comparar una técnica con otra y valorar los aspectos positivos y negativos de cada una, en un estudio sujeto a los mismos criterios, que en una serie de casos en la que solo evalúan una técnica en concreto y se valora con el resto comparando dicha técnica con los resultados de la bibliografía de otro tipo de intervenciones. Con lo que, de cara a futuros estudios, cabe resaltar que la validez de la investigación no reside en el tamaño de la muestra, si no lo comparas tus resultados con la misma escala con otros estudios sujetos a los mismos criterios.

Una vez mencionados estos dos factores que limitan la valoración de los estudios revisados, cabe destacar el avance de las nuevas técnicas sobre las clásicas. Esto se debe a que en la bibliografía actual, en muchos de los estudios originales

revisados, estas nuevas técnicas, han obtenido resultados significativamente mejores que el autoinjerto. Esto bien puede deberse al desarrollo de los recubrimientos proneurogénicos que se emplean en los tubos de canalización nerviosa, el tratamiento previo que se les aplica a los aloinjertos, o al mayor estadio de aprendizaje por parte del cirujano. No se declararon en ninguno de los estudios revisados conflicto de interés entre el los experimentadores y la industria farmacéutica, sin embargo, en muchos de los estudios en ratones en los que basan muchas premisas, sí que se declaró el patrocinio del estudio por parte de la industria. Estos resultados positivos también pueden ser fruto de un mal análisis por parte de los observadores, ya que, podemos apreciar como en algunos estudios han empleado escalas que tienen en cuenta parámetros subjetivos, y el análisis de estos parámetros no debe de aportar el mismo peso a los resultados del

estudio que una escala puramente objetiva. Con esto vuelvo a incidir en el empleo de escalas estandarizadas para la realización de estos estudios, pues si al final influyen en el resultado, deben ser unificadas en todos los estudios.

## CONCLUSIONES

Tras el análisis de los artículos científicos revisados, en lo relativo a los traumatismos con pérdida de sustancia, los parámetros a tener en cuenta son: las características del paciente (edad, paciente diabético, mecanismo de lesión...), la longitud del gap y la experiencia con las diferentes técnicas del cirujano en último lugar (ya que, tanto para bien como para mal, el resultado puede ser mejor con una técnica deficiente con la que esté más familiarizado, como un resultado peor con el uso de una técnica adecuada para el gap, pero con nula experiencia con su uso.

En segundo lugar, atendiendo a la longitud del gap: para lesiones de 0 a 5 mm, siempre que no exista tensión que puedan afectar a la regeneración del nervio, la técnica de referencia continúa siendo la sutura directa, reservando los conductos para cuando exista tensión que pueda afectar a la sutura. Para lesiones de hasta 5 cm el uso de conductos se está extendiendo por su fácil uso y sus buenos resultados en cuanto a la regeneración que pueden proporcionar. Sin embargo, los resultados son inferiores a los aloinjertos en cuanto a recuperación funcional y sensitiva en la escala s2PD y m2PD, con lo que estos tubos de canalización nervioso solo son mejores en coste-beneficio si comparamos con aloinjertos. En cuanto a los autoinjertos (para estas longitudes), han quedado relevados, ya que, no solo ofrecen una peor recuperación funcional, sino que, se relaciona con una tasa mucho más elevada de complicaciones

perioperatorias (daño en zona donante y mayor tiempo de anestesia) y complicaciones tardías (formación de neuromas), con lo que a día de hoy no superan a los aloinjertos ni a los tubos nerviosos en los artículos revisados.

Por último, en cuanto a las lesiones mayores de 5 cm y menores de 10 cm, el aloinjerto procesado ha mostrado en muchos estudios mejores datos que el autoinjerto, al igual que el grupo anterior, y cada vez se amplía el rango de utilización de estos aloinjertos, ya que, continúan demostrando ventajas con respecto a la técnica estándar. En cuanto a las lesiones >10 cm, no se han encontrado otros estudios que compararan al autoinjerto con otras técnicas, con lo que, en este momento no han demostrado ser mejor que otra técnica, al no haberse comparado con otra.

En lo que concierne a los neuromas, dada la tasa de formación de neuromas de novo

en lo que respecta al autoinjerto, son más viables las técnicas de tubulización, bien sean con aloinjerto o con un conducto de silicona, pues en muchos de los estudios revisados relacionan la intervención de estos neuromas directamente al uso de los autoinjertos en su reparación.

Para concluir, es preciso añadir que, pese a que actualmente se empleen todas estas técnicas, la innovación a la hora de emplear nuevas técnicas para perfeccionarlas, está todavía en desarrollo. El caso más evidente es el de los recubrimientos proneurogénicos que se están empleando con los conductos de canalización nerviosa, pues en los estudios experimentales en roedores se están empezando a usar células madre pluripotenciales y otras sustancias, capaces de llegar a regenerar por completo el nervio ciático de estos animales sin aparentes secuelas funcionales. Es decir, cada vez se opta más por promover la regeneración de un nervio (algo que se

descartaba antiguamente) y reservar la plastia con injertos cuando la regeneración controlada es inviable. Con lo que cabe de esperar que, como anuncian muchos estudios actuales (21), dentro de unos años, la reparación nerviosa con pérdida de sustancia tendrá un tratamiento sin las limitaciones actuales. Con lo que con los datos obtenidos, se deduce que no se trata de una fascinación quirúrgica, y que estas técnicas pueden en un futuro llegar a sustituir la plastia nerviosa por la regeneración.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Garrido Gomez J, Hernandez Cortes P, Carriel Araya S, Garcia Garcia S, Saez Moreno JA, Alaminos Mingorance M, et al. Tratamiento de las lesiones de los nervios periféricos. Tendencias actuales del tratamiento quirúrgico. Actualidad Médica. 2012 Jan/Apr; 97(785): p. 45-55.
2. Pederson WC. Median nerve injury and repair. J Hand Surg Am. 2014 Nov; 39(6): p. 1216-1222.
3. Ning Y, Wang W, Cai Y, Zhou Y, Jiang J, Zeng D, et al. The application of venous nerve conduit trap in the immediate repair and reconstruction of facial nerve in parotid gland tumor: an attempt of a new technique. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2021 Dec; 278(12): p. 4967-4976.
4. Bushnell BD, McWilliams AD, Whitener GB, Messer TM. Early clinical experience with

- collagen nerve tubes in digital nerve repair. *J Hand Surg*. 2008 Sept; 33(7): p. 1081-7.
5. Parker BJ, Rhodes DI, O'Brien CM, Rodda AE, Cameron NR. Nerve guidance conduit development for primary treatment of peripheral nerve transection injuries: A commercial perspective. *Acta Biomater*. 2021 Nov; 10(135): p. 64-86.
  6. Brooks DN, Weber RV, Chao JD, Rinker BD, Zoldos J, Robichaux MR. Processed nerve allografts for peripheral nerve reconstruction: A multicenter study of utilization and outcomes in sensory, mixed, and motor nerve reconstructions. *Microsurgery*. 2012; 32(1): p. 1-14.
  7. Safa B, Jain S, Desai MJ, Greenberg JA, Niacar TR, Nydick JA, et al. Peripheral nerve repair throughout the body with processed nerve allografts: Results from a large multicenter study. *Microsurgery*. 2020 Jul; 40(5): p. 527-537.
  8. Boeckstyns MEH, Ibsen Sørensen A, Fores Viñeta J, Rosén B, Navarro X, Archibald SJ, et al. Collagen conduit versus microsurgical neuroorrhaphy: 2-year follow-up of a prospective, blinded clinical and electrophysiological multicenter randomized, controlled trial. *J Hand Surg Am*. 2013 Dec; 38(12): p. 2405-11.
  9. Bertleff MJOE, Meek MF, Nicolai JPA. A prospective clinical evaluation of biodegradable neurolac nerve guides for sensory nerve repair in the hand. *J Hand Surg Am*. 2005 May; 30(3): p. 513-8.
  10. Taras JS, Jacoby SM, Lincoski CJ. Reconstruction of digital nerves with collagen conduits. *J Hand Surg Am*. 2011 Sep; 36(9): p. 1441-6.
  11. Rbia N, Bulstra LF, Saffari TM, Hovius SE, Shin AY. Collagen Nerve Conduits and Processed Nerve Allografts for the Reconstruction of Digital Nerve Gaps: A Single-Institution Case Series and Review of the Literature. *World Neurosurgery*. 2019 Jul; 127: p. e1176-e1184.
  12. Kusuvara H, Hirase Y, Isogai N, Sueyoshi Y. A clinical multi-center registry study on digital nerve repair using a biodegradable nerve conduit of PGA with external and internal collagen scaffolding. *Microsurgery*. 2019 Jul; 39(5): p. 395-399.
  13. Manoli T, Schulz L, Stahl S, Jaminet P, Schaller HE. Evaluation of sensory recovery after reconstruction of digital nerves of the hand using muscle-in-vein conduits in comparison to nerve suture or nerve autografting. *Microsurgery*. 2014 Nov; 34(8): p. 608-15.
  14. Means KR, Rinker BD, Higgins JP, Payne HS, Merrell GA, Wilgis SEF. A Multicenter, Prospective, Randomized, Pilot Study of Outcomes for Digital Nerve Repair in the Hand Using Hollow Conduit Compared With Processed Allograft Nerve. *Hand*. 2016 Feb; 11(2): p. 144-151.
  15. Rinker B, Liau JY. A prospective randomized study comparing woven polyglycolic acid and autogenous vein conduits for reconstruction of digital nerve gaps. *J Hand Surg Am*. 2011 May; 36(5): p. 775-81.
  16. Arnaout A, Fontaine C, Chantelot C. Sensory recovery after primary repair of palmar digital nerves using a Revolnerv(®) collagen conduit: a prospective series of 27 cases. *Chir Main*. 2014 Sep; 33(4): p. 279-85.
  17. Puente-Alonso C, Pí-Folguera J, Sánchez-Flo R, Berenguer-Sánchez A, Ros-Munne V. Reparación de las lesiones nerviosas en el antebrazo con tubo de silicona. Resultados clínicos a largo plazo. *Rev esp cir ortop traumatol*. 2011 Feb; 55(2): p. 79-84.
  18. Rinker B, Zoldos J, Weber RV, Ko J, Thayer W, Greenberg J, et al. Use of Processed Nerve Allografts to Repair Nerve Injuries Greater Than 25 mm in the Hand. *Ann Plast Surg*. 2017 Jun; 78(6S Suppl 5): p. S292-S295.
  19. Smith BW, Sakamuri S, Spain DA, Joseph JR, Yang LJS, Wilson TJ. An update on the management of adult traumatic nerve injuries-replacing old paradigms: A review. *J Trauma Acute Care Surg*. 2019 Feb; 86(2): p. 299-306.
  20. Jain SA, Nydick J, Leversedge F, Power D, Styron J, Safa B, et al. Clinical Outcomes of Symptomatic Neuroma Resection and Reconstruction with Processed Nerve Allograft. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2021 Oct; 9(10): p. e3832.
  21. de Ruitter GCW, Malessy JA, Yaszemski MJ, Windebank AJ, Spinner RJ. Designing ideal conduits for peripheral nerve repair. *Neurosurg Focus*. 2009 Feb; 26(2).

## ANEXO

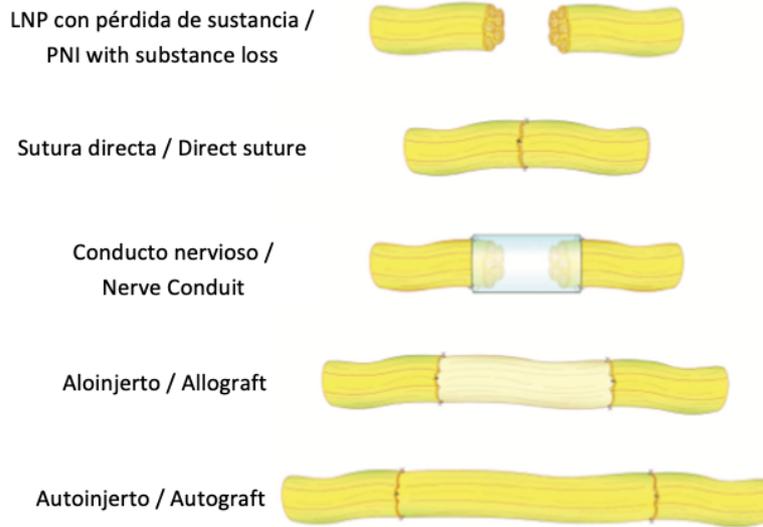


Figura 1

Estudio	Muestra (LNP)	GAP (mm)	Escala	Seguimiento
Arnaout et al. (16)	N=27	10 ( $\pm$ 3)	s2PD y Semmes-Weinstein (SW) test	6 meses.
Puente-Alonso C et al. (17)	N=17	No se recoge	Escala de valoración funcional de Chanson.	24 meses.
Taras JS et al. (10)	N= 22	5-17; Media: 10.	s2PD y m2PD	20 meses.

Tabla 1

Estudio	Muestra (LNP)	GAP (mm)	Escala	Seguimiento
Bertleff M et al. (9)	N=34	De $>8$ y $\leq 20$	Mediante un transductor y el test Pressure-Specified Sensory Device	12 meses.
Kusuhara H et al. (12)	N=20	1-50; Media: 16	s2PD y MRCC	13 meses.
Rinker B et al. (15)	N= 68	4-25; Media: 10.	s2PD y m2PD	12 meses.

Tabla 2