



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Recuperación de la extensión de la muñeca y de los dedos en la parálisis radial mediante transferencias tenomusculares

Recovery of wrist and fingers extension in radial nerve palsy through tendon transfers

Autor

Pablo Cruz Andrés

Director

Gregorio Martínez Villén

Facultad de Medicina

Curso 2017/2018

ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	1
Introducción.....	3
Concepto y epidemiología.....	3
Recuerdo anatómico.....	4
Diagnóstico de la parálisis radial.....	6
Indicación de una transferencia tenomuscular.....	8
Principios de las transferencias tenomusculares.....	10
Momento de la transferencia en la parálisis radial.....	13
Técnicas quirúrgicas.....	13
Material y métodos.....	22
Resultados.....	26
Discusión.....	27
Conclusiones.....	31
Bibliografía.....	32

RESUMEN

La parálisis del nervio radial o de sus ramas es una lesión frecuente en la extremidad superior, especialmente tras las fracturas de húmero o por iatrogenia. El diagnóstico diferencial entre una parálisis alta o baja puede ser realizado mediante la exploración física y es fundamental para la elección del tratamiento. Las transferencias tenomusculares en la parálisis radial se empezaron a utilizar durante la Primera Guerra Mundial, siendo el *gold standard* antes de la aparición de las técnicas microquirúrgicas para la reconstrucción nerviosa. En la actualidad, algunos autores todavía se manifiestan partidarios de las transferencias tenomusculares frente a la reconstrucción del nervio.

En este trabajo hemos llevado a cabo una revisión del estado actual de esta patología, analizando los resultados funcionales publicados por distintos autores y los de nuestra serie, en pacientes tratados con transferencias tenomusculares cuando la reconstrucción del nervio radial no fue posible o estuvo contraindicada. Estos resultados demuestran que la recuperación funcional conseguida mediante las técnicas quirúrgicas descritas permite la reincorporación de los pacientes a sus actividades cotidianas o profesionales previas a la cirugía.

Palabras clave: parálisis, nervio, radial, transferencia tenomuscular.

ABSTRACT

Radial nerve or any of its branches palsy is a common nerve injury in the upper extremity, especially after a humerus fracture or due to iatrogenia. The differential diagnosis between a high or a low injury can be carried out by physical exploration and it is essential to choose the treatment. Tendon transfers in radial nerve palsy were first used during World War I, where they became the gold standard treatment before the discovery of microsurgical techniques for nerve reconstruction. Nowadays, some authors still advocate for tendon transfers instead of nerve reconstruction.

In this paper, we have carried out a review of the current status of this pathology, analyzing the functional outcomes reported by several authors and those of our series, in patients treated with tendon transfers when nerve reconstruction was not possible or was contraindicated. These outcomes show that the functional recovery achieved by the mentioned techniques allows patients to return to their daily or occupational activities prior to surgery.

Key words: palsy, nerve, radial, tendon transfer.

INTRODUCCIÓN

Concepto y epidemiología

En la práctica clínica, las lesiones del nervio radial (NR) o de sus ramas interósea posterior (NIOP) y sensitiva radial superficial (NSR) se encuentran entre las más comunes de los nervios de la extremidad superior¹. El mayor porcentaje de casos con parálisis radial tiene su origen en fracturas del tercio medio o distal del húmero, complicando aproximadamente un 11.8% de éstas. El NR puede resultar afectado por la propia fractura, durante su reducción abierta o cerrada, en la maniobra de osteosíntesis, al quedar atrapado en el callo óseo, o entre éste y el tejido cicatricial circundante. La parálisis del NIOP en el antebrazo es menos frecuente². Hasta el 35% de las lesiones del nervio NR y del NIOP son iatrogénicas, particularmente durante la reducción abierta y la fijación de fracturas del húmero y del radio. La compresión tumoral del nervio como causa de daño es rara, normalmente producida por lipomas o gangliones. El déficit sensitivo en el territorio subsidiario del NSR puede aparecer por lesión de esta rama terminal o del tronco común del NR, asociando dolor neuropático discapacitante³.

La parálisis clásica del NR en el brazo se manifiesta con incapacidad para extender activamente la muñeca y los dedos largos, y para la extensión y abducción del pulgar. Esto provoca una mano “péndula”, con la muñeca flexionada y los dedos parcialmente cerrados por el efecto dominante del sistema flexor. De esta forma, se altera severamente la función de la mano, tanto para iniciar el agarre de un objeto como para soltarlo. Además, al carecer de una muñeca estable durante la activación de los flexores del carpo y de los dedos, la fuerza de agarre también se ve disminuida significativamente. Esta posición “viciosa” en su conjunto puede conducir a la rigidez articular definitiva si no se corrige a tiempo².

En relación al diagnóstico diferencial, es imprescindible distinguir entre una parálisis radial alta, que afectará al tronco común del NR, de otra baja, que afectará sólo al NIOP. En este segundo caso, los pacientes mantienen activa, de forma característica, la extensión de la muñeca gracias a la conservación de al menos un extensor radial del carpo, lo que puede desencadenar a la vez una

desviación radial de la muñeca durante su extensión⁴. Dicho hallazgo tiene implicaciones significativas en la elección de la transferencia tenomuscular más apropiada, como veremos más adelante.

Como en la mayoría de los nervios periféricos, el pronóstico de las lesiones del NR y de sus ramas terminales varía según la edad, el tipo y el nivel de la lesión, el periodo transcurrido entre la misma y su reparación o la técnica quirúrgica empleada. La correlación de todos estos factores es difícil, por lo que su influencia en los resultados del tratamiento ha sido analizada en pocas ocasiones. Sin embargo, el carácter exclusivamente motor (o casi) del NR y del NIOP, y su recorrido en la extremidad superior relativamente corto hasta la placa motora de los músculos que inervan, conceden a sus lesiones un pronóstico, en teoría, esperanzador. No ocurre lo mismo con las lesiones de la rama sensitiva, cuya evolución es menos predecible¹.

Recuerdo anatómico

El NR es el más largo de la extremidad superior, emergiendo del cordón posterior del plexo braquial, que tiene su origen en las fibras procedentes de las raíces C5, C6, C7, C8 y T1. La rama terminal que da lugar al NR tiene unas 17000 fibras nerviosas, discurre a lo largo del músculo latissimus dorsi, profundo a la arteria axilar, y pasa a través del intervalo triangular en el borde inferior del músculo teres mayor. Es entonces cuando gira alrededor de la parte proximal del húmero en su parte medial y atraviesa e inerva el músculo tríceps, entre sus cabezas lateral y medial. En este punto, el NR da también dos ramas sensitivas: el nervio cutáneo posterior y el cutáneo inferior lateral del brazo. A partir de ahí, discurre por el surco espiral humeral y perfora el septo intermuscular lateral, entrando en el compartimento anterior entre los músculos brachialis (Br) y brachioradialis (BR), unos 12 cm proximal al epicóndilo lateral⁵. Como ya expusimos con anterioridad, esta es una zona donde con frecuencia el NR se lesiona en las fracturas del húmero. Una vez recorrida la vertiente anterior al cóndilo lateral humeral, el NR se dirige al antebrazo.

En su trayecto por el brazo, el NR da ramas a los músculos BR, extensor carpi radialis longus (ECRL) y anconeus. El extensor carpi radialis brevis (ECRB)

puede recibir inervación del propio NR o del NIOP, dependiendo de la variación anatómica³.

Proximal al codo, el NR se divide en sus ramas superficial (NRS) y profunda (NIOP). El NRS es puramente sensitivo y discurre bajo el músculo BR junto a la arteria radial, abandonando el tendón del BR a unos 9 cm proximal a la estiloides del radio, discurrendo entonces por el tejido celular subcutáneo. Finalmente, se bifurca o trifurca en la vertiente dorsal y radial de la mano, proporcionando sensibilidad en esta zona, en la primera falange dorsal de los tres primeros dedos, y en la mitad radial del cuarto³.

El NIOP tiene una función exclusivamente motora. Discurre entre las dos cabezas del músculo supinador, al que inerva y en el que penetra a través de la arcada de Fröhse antes de entrar directamente en el compartimento posterior del antebrazo. Esta arcada constituye un punto anatómico potencialmente conflictivo para el NIOP y es fuente de patología. En la zona distal del supinador, el NIOP se divide en dos ramas: la rama medial o recurrente, que inerva el extensor digitorum communis (EDC), el extensor carpi ulnaris (ECU) y el extensor digiti quinti (EDQ); y la rama lateral o descendente, que inerva el abductor pollicis longus (APL), el extensor pollicis brevis (EPB), el extensor pollicis longus (EPL) y el extensor indicis proprius (EIP)⁵. Ver Figura 1.

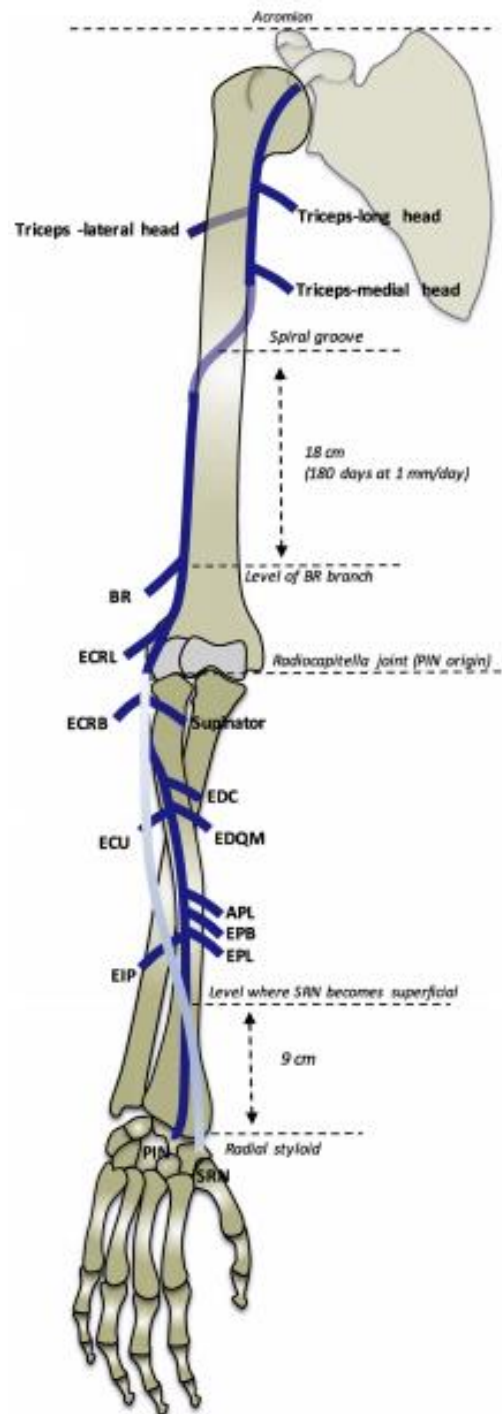


Figura 1. Anatomía del nervio radial. Imagen tomada de Cheah⁴

Diagnóstico de la parálisis radial

La exploración física y la entrevista clínica son fundamentales en el diagnóstico de la parálisis del NR, cuyos músculos subsidiarios tendrán que ser examinados valorando su función y potencia. La pérdida de extensión del codo no es frecuente en la parálisis del NR, ya que sólo se produce con lesiones muy altas, por lo general en el segmento anatómico entre la región infraclavicular y la articulación del hombro. En estos casos la exploración de la extensión del codo se hará eliminando el factor gravedad, con el paciente en decúbito prono y la extremidad caída sobre el borde libre de la mesa de exploración⁵. En esta posición se le pedirá abducir el brazo, movimiento que dejará flexionado el codo (Figura 2). Otra posibilidad consiste en solicitar la elevación del brazo en extensión por encima de la cabeza manteniendo al paciente en bipedestación, lo que también causará una flexión involuntaria del codo.



Figura 2. Lesión muy alta. Déficit motor total del NR. Imagen cedida por el Dr. Martínez Villén

El déficit de extensión de la muñeca y de los dedos es mucho más frecuente en la parálisis radial, pero su exploración puede resultar engañosa de cara al diagnóstico de una paresia o de una parálisis. En ese sentido, el examinador ha de saber que durante la flexión de los dedos (todavía más si se efectúa con energía), se desencadenará cierta extensión de la muñeca por un efecto de tenodesis. De la misma forma, en la parálisis del NR o del NIOP, las articulaciones interfalángicas proximales y distales podrán ser extendidas activamente gracias a la función de los músculos intrínsecos de la mano:

interóseos palmares y lumbricales, inervados por el cubital y el mediano. En un caso de parálisis real, sólo las articulaciones metacarpofalángicas (MCF) tendrán impedida la extensión activa (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Lesión media. Déficit extensión muñeca, MCF, IF-1º y abducción pulgar. Imagen cedida por el Dr. Martínez Villén



Figura 4. Lesión baja. NIOP: déficit extensión MCF, IF-1º y abducción pulgar. NRS: déficit sensitivo. Imagen cedida por el Dr. Martínez Villén

La abolición de la sensibilidad en el territorio tributario del NSR puede ser orientativa en la valoración de una lesión alta del NR, pero no es una prueba concluyente. En efecto, hemos de recordar que el NSR puede no existir, en cuyo caso la persistencia de sensibilidad en una parálisis motora dependería de una rama sensitiva del nervio musculocutáneo; o por la prolongación radial de las ramas sensitivas dorsales del cubital⁶.

Los estudios de electromiografía y electroneurografía son útiles para localizar anatómicamente la lesión de un nervio. De este modo, se puede diferenciar entre radiculopatías, plexopatías y lesiones de las ramas terminales del plexo braquial. También se puede monitorizar la recuperación del nervio durante el periodo de rehabilitación, especialmente a partir de los cuatro meses, cuando la regeneración de las fibras nerviosas es patente⁵.

Normalmente, la exploración clínica y eléctrica son suficientes para diagnosticar una parálisis radial, pero no son concluyentes para determinar el tipo anatomopatológico de lesión nerviosa: ¿nos encontramos frente a una neuroapraxia, una axonotmesis o una neurotmesis? Esto es clave para elegir rápidamente el tratamiento más adecuado. Habitualmente, en los traumatismos cerrados que hagan sospechar daño nervioso en continuidad (neuroapraxia), el cirujano adoptará una actitud conservadora, ya que la parálisis suele

recuperarse de manera espontánea en un elevado porcentaje de casos. Por el contrario, cuando todos los indicios apunten a una sección total (neurotmesis) o parcial (axonotmesis), la reconstrucción microquirúrgica mediante sutura directa o interponiendo injertos nerviosos será la norma (Figura 5). La inspección directa en los traumatismos abiertos facilitará el diagnóstico y la elección de la técnica reparadora en la misma cirugía de urgencia^{2,7}. Conviene recordar que el porcentaje de resultados erróneos utilizando sólo estudios de electroconducción es elevado; más aún si se practican en un estadio precoz del daño, cuando la degeneración Walleriana no se ha producido⁵.

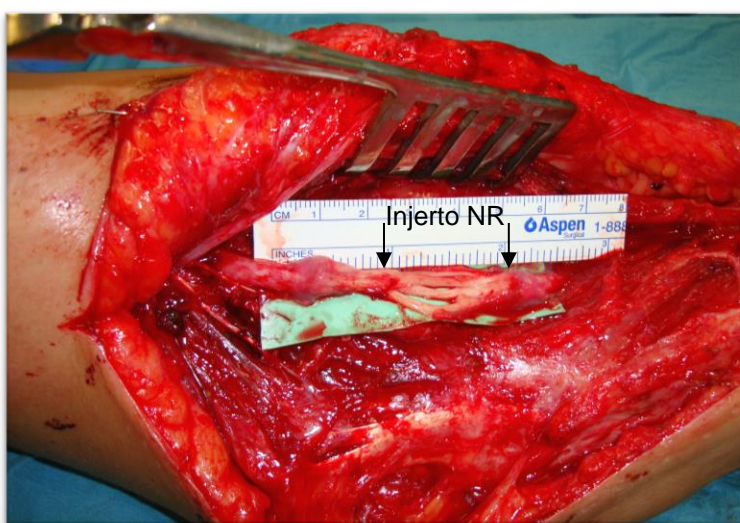


Figura 5. Injerto nervioso en neurotmesis del NR. Imagen cedida por el Dr. Martínez Villén

En cuanto a las técnicas de imagen para el diagnóstico, la ecografía es capaz de seguir el nervio a lo largo de su recorrido anatómico estableciendo su continuidad o discontinuidad. La radiografía puede detectar fracturas, luxaciones, callos hipertróficos y tumores como causas de compresión, pero nunca dará información directa sobre el nervio. Por último, la resonancia magnética nuclear es útil para localizar la lesión, aproximarnos al tipo anatomopatológico e informarnos de lesiones asociadas⁵.

Indicación de una transferencia tenomuscular

Según Ingary y Green, “las transferencias tendinosas para restaurar la función en la parálisis radial están entre las mejores y más predecibles de todas las

realizadas en la extremidad superior”. El desarrollo de estos procedimientos quirúrgicos se llevó a cabo durante las dos grandes contiendas bélicas de la primera mitad del siglo XX, siendo Robert Jones su impulsor al tratar las heridas sufridas por los soldados en la extremidad superior en la Primera Guerra Mundial.

Está claro que Jones abogaba por transferir los dos flexores más potentes de la muñeca: el flexor carpi ulnaris (FCU) y el flexor carpi radialis (FCR), una práctica escasamente cuestionada por sus coetáneos. Sin embargo, con el paso del tiempo surgieron discrepancias en cuanto a la elección más adecuada del grupo tenomuscular donante destinado a motorizar la extensión de los dedos y la extensión y abducción del pulgar. En lo que concierne a la extensión de la muñeca, parece que todos estaban de acuerdo en utilizar el pronator teres (PT). Posteriormente, Scuderi recurrió al palmaris longus (PL) transferido al EPL para motorizar la extensión del pulgar de manera independiente, basado en el principio de “un sólo tendón para una sola función”. Modificaba así la propuesta de Jones, que en 1921 usaba el FCR para ser transferido a cuatro tendones con funciones diferentes. Hablaremos de ello más adelante.

Las transferencias tenomusculares están indicadas en lesiones irreparables del NR, en parálisis de larga evolución (más de un año), o en pacientes de edad avanzada.

Basados en la anatomía funcional y en el déficit que puede tener lugar en una parálisis según el nivel de la lesión del NR, el objetivo de las transferencias tenomusculares será el siguiente:

1. En parálisis muy altas, recuperar la extensión del codo, de la muñeca, de los dedos, y la abducción del pulgar.
2. En parálisis altas, recuperar la extensión de la muñeca y de los dedos, y la abducción del pulgar.
3. En parálisis bajas (sólo del NIOP), recuperar la extensión de los dedos y la abducción del pulgar.

Principios de las transferencias tenomusculares

La realización correcta de una transferencia tenomuscular exige el cumplimiento de los siguientes principios.

1. Prevención o corrección de la rigidez articular

Para poder llevar a cabo una intervención de estas características es imperativo que no existan rigideces articulares; o si las hubo, que hayan sido tratadas con éxito. Toda transferencia ejecutada para motorizar articulaciones rígidas está abocada al fracaso sin paliativos. El tratamiento del edema en la fase aguda y subaguda de la parálisis y el mantenimiento de la movilidad pasiva mediante fisioterapia, son claves en la prevención de rigideces³.

2. Fuerza adecuada

El tendón elegido como donante para la transferencia debe ser lo suficientemente fuerte para llevar a cabo su nueva función en su nueva posición. La Figura 6 nos muestra la fuerza relativa de los músculos del antebrazo de cara a seleccionar el motor más apropiado. Brand y Thompson describieron que la capacidad de trabajo de un músculo está relacionada con su área de sección, y que la excursión de su tendón está relacionada con la longitud de las fibras del músculo. Pero, si es importante la fuerza de un músculo determinado, también lo será la que tendrá en el momento de la transferencia. De esta forma, un músculo no debería ser usado como donante si su potencia está por debajo del 85% de su capacidad real. Siguiendo la escala de Highet, Omer observó que un músculo pierde sistemáticamente un grado de fuerza cuando es transferido³.

Donor Muscles (m-kg)		Recipient Muscles (m-kg)	
BR	1.9	EPL	0.1
PT	1.2	APL	0.1
FCR	0.8	EPB	0.1
FCU	2	EDC	1.7
PL	0.1	EIP	0.5
FDS	4.8	ECRL	1.1
FDP	4.5	ECRB	0.9
FPL	1.2	ECU	1.1

Figura 6. Capacidad de trabajo de los músculos del antebrazo. Imagen tomada de Green's Operative Hand Surgery, 6th Ed. Parte V, capítulo 33³

3. Amplitud de movimiento

La amplitud del recorrido del grupo tenomuscular transferido determinará el rango de movilidad de la articulación motorizada. Esta amplitud de movimiento ha de ser adaptada a los fines perseguidos. Según los trabajos biomecánicos de Boyes, se aceptan los siguientes valores de amplitud de movimiento:

- Flexores y extensores de la muñeca: 33 mm
- Extensores de los dedos y extensor pollicis longus: 50 mm
- Flexores de los dedos: 70 mm

En general, los músculos con fibras más largas serán los elegidos para una excursión mayor de su tendón tanto en velocidad como en longitud³.

4. Dirección de la transferencia

El mejor rendimiento de una transferencia tenomuscular se obtiene cuando conseguimos establecer una línea de contracción y de tracción lo más recta posible entre dos puntos: el de inserción natural del músculo donante y el de su tendón en el lugar de destino. Por ejemplo, para que la transferencia del FCU (de trayectoria volar en el antebrazo) alcance el punto de sutura más favorable con el EDC (en el dorso de la muñeca), el vientre muscular del FCU tendrá que ser ampliamente disecado de sus inserciones proximales. De esta forma podrá ser reconducido de volar a dorsal con el menor acodamiento posible. En otras palabras, la dirección ideal del músculo y del tendón transferidos sería la que proporcionase un elemento donante en el mismo plano anatómico (dorsal o palmar) y, a la vez, paralelo al músculo receptor, algo que, obviamente, no siempre se puede lograr³.

5. Un tendón, una función

Hay que evitar que un solo tendón lleve a cabo simultáneamente dos acciones distintas u opuestas. Por ejemplo, en la parálisis radial, la transferencia del FCU deber ser destinada exclusivamente a motorizar la extensión de los dedos (EDC), dejando la extensión de la muñeca para la transferencia del PT³.

6. Sinergia

Músculos sinérgicos son aquellos que se contraen simultáneamente para llevar a cabo un movimiento esperado. El ejemplo clásico, que ya esbozamos con anterioridad, es el de los flexores de los dedos, que cuando actúan conducen a la extensión de la muñeca. Aunque el sinergismo es deseable en la selección del músculo donante, su relevancia ha sido cuestionada, al observar que la transferencia de algunos músculos no sinérgicos es también efectiva. Por ejemplo, la transferencia del EIP para motorizar la oposición del pulgar en la parálisis del mediano³.

7. Morbilidad en el lugar donante y elementos donantes disponibles

El grupo tenomuscular transferido ha de ser prescindible. En la parálisis radial, este principio ha creado cierto debate en la selección del flexor de la muñeca destinado a motorizar la extensión de los dedos. Mientras para algunos autores el FCU no debe ser utilizado, para otros constituye la elección principal. Hablaremos de ello más adelante al exponer los tipos de transferencia más practicados.

En cuanto a los elementos donantes disponibles, es evidente que estos no deben estar afectados por una paresia o una parálisis concomitante. Recordemos que en los politraumatismos de la extremidad superior (incluyendo plexo braquial), a menudo las lesiones de los nervios radial, mediano y cubital aparecen de manera simultánea. En estos casos la única alternativa se basa en la transferencia libre de un músculo procedente de otra región de la anatomía, cuyos pedículos vascular y nervioso se anastomosarán en la zona receptora; por ejemplo, el gracilis (recto interno del muslo) para motorizar la flexión del codo³.

8. Equilibrio tisular

El plano anatómico de elección para el paso del tendón donante está entre el tejido celular subcutáneo y la fascia profunda. Cualquier zona tisular con lesiones en proceso de cicatrización o con fibrosis debe ser evitada en la transferencia. Si esa zona de paso es obligada, primero tendrá que ser convenientemente tratada. Con objeto de prevenir adherencias entre el tendón donante y los tejidos adyacentes, las incisiones de abordaje quirúrgico no deberían discurrir paralelas a dicho tendón³.

Momento de la transferencia en la parálisis radial

Toda parálisis radial de más de un año de evolución en el adulto es susceptible de una reparación mediante transferencias tenomusculares. Sobrepasado este tiempo, se acepta que la reconstrucción microquirúrgica del nervio no dará resultado. Dicho principio podría ser cuestionado en el niño.

Una parálisis radial acontecida en pacientes de edad avanzada, es motivo de tratamiento quirúrgico utilizando transferencias tenomusculares, dado que, en estos casos, la capacidad de regeneración del nervio tras la reconstrucción quirúrgica es escasa o nula.

Una lesión del NR con pérdida de sustancia tan extensa que exija injertos nerviosos muy largos, en general mayores de 8 cm, tiene pocas probabilidades de salir adelante. En una situación similar, cabe plantearse de entrada el tratamiento mediante transferencias tenomusculares.

Algunos autores han sugerido que, en la parálisis radial recién establecida, el PT puede ser transferido al ECRB mientras se logra la regeneración del nervio reparado quirúrgicamente, o por proceso de recuperación espontánea. Otros como Brown, aconsejan ejecutar precozmente todas las transferencias necesarias, no sólo la del PT³.

En cuanto al tiempo transcurrido entre la instauración de la parálisis radial y su tratamiento mediante transferencias, parece no existir un límite reconocido. Así, mientras Brown describió una transferencia tenomuscular satisfactoria después de 24 años de una parálisis radial, Martínez Villén y cols. lo hicieron en dos pacientes con parálisis del NR y del NIOP 52 y 30 años, respectivamente, después de la lesión original^{8,9}.

Técnicas quirúrgicas

Antes de ver las transferencias que se pueden realizar para recuperar la función muscular en la parálisis del NR y del NIOP, recordaremos qué movimiento se perderá y su vinculación con los músculos afectados⁴:

- Extensión del codo: Tríceps

- Extensión de la muñeca: ECRL, ECRB y ECU
- Extensión de los dedos: EDC, EDQ y EIP
- Extensión del pulgar: EPL
- Abducción del pulgar: EPB y APL

1. Motorización del tríceps

En el contexto de la parálisis radial, la del tríceps es poco frecuente. Esencialmente se da en tetrapléjicos por lesiones medulares cervicales y en parálisis del plexo braquial de cualquier etiología¹⁰.

Entre las opciones de transferencia tenomuscular para motorizar la extensión del codo, se encuentran las de músculo bíceps braquial y la del deltoides posterior¹¹. Según Medina, para hacer la transferencia del deltoides posterior, es necesario un hombro estable y, por tanto, un pectoral mayor íntegro, hecho que puede estar alterado en las parálisis más altas (al contrario de las tetraplejias bajas, en las cuales el deltoides, el pectoral mayor y el bíceps, generalmente no están afectados). Por otro lado, la transferencia del bíceps no requiere un hombro estable, por lo que se puede utilizar en tetraplejias altas, aunque es necesario que haya buena función de flexión y pronosupinación del antebrazo¹².

Para recuperar la función de extensión del codo podemos recurrir, además, a técnicas de neurotización del músculo tríceps mediante la reinervación con otras ramas funcionantes del plexo braquial.

2. Motorización de la extensión de la muñeca

En todas las técnicas descritas a lo largo de los años, el PT (inervado por el mediano), ha sido siempre el donante preferido para recuperar la extensión de la muñeca. La transferencia se realiza normalmente al ECRB, con objeto de evitar la excesiva inclinación radial de la muñeca en extensión cuando se opta por el ECRL (Jones, Starr, Boyes...)³.

Para extraer el PT hay que reseca una banda de periostio del radio, donde se inserta distalmente. Para lograr una contracción de mayor recorrido en su vientre muscular, lo liberamos en su parte proximal. Luego pasamos el tendón por el borde radial del antebrazo y por encima del BR y del ECRL, hasta

alcanzar el plano dorsal. Una vez allí, lo suturamos al ECRB en un punto distal a su unión músculo-tendinosa, manteniendo la muñeca a 45° de extensión con el PT en máxima tensión (Figura 7). Si el tendón del PT fuese escaso o corto, es posible reforzarlo con un injerto libre de tendón.

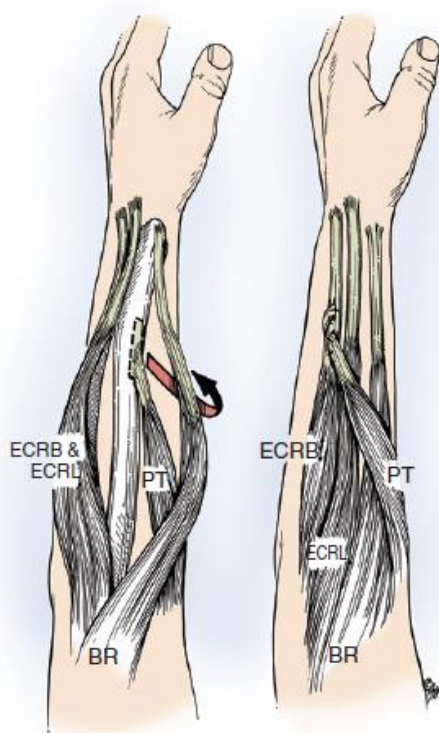


Figura 7. Transferencia de PT a ECRB. Imagen tomada de Green's Operative Hand Surgery, 6th Ed. Parte V, capítulo 33³

3. Motorización de la extensión de los dedos largos

Con el fin de extender las metacarpofalángicas de los dedos largos, podemos transferir al EDC bien el FCU, el FCR o el flexor digitorum superficialis (FDS).

3.1. Transferencia al EDC en la parálisis radial alta (NR)

La transferencia del FCU al EDC fue la primera descrita por Jones, aunque a lo largo de la historia ha tenido sus detractores. La incisión cutánea por el borde cubital y anterior del antebrazo ha de ser lo suficientemente amplia como para liberar el FCU y redirigir tanto el vientre muscular como su tendón hasta el plano dorsal, siguiendo una línea trazada entre el epicóndilo medial y el EDC. La sutura del FCU al EDC ha de realizarse en un punto proximal al retináculo extensor del carpo. Para la tenorrafia, el FCU debe estar en máxima tensión,

con la muñeca en posición neutra y las articulaciones metacarpofalángicas en extensión total³ (Figuras 8 y 9).

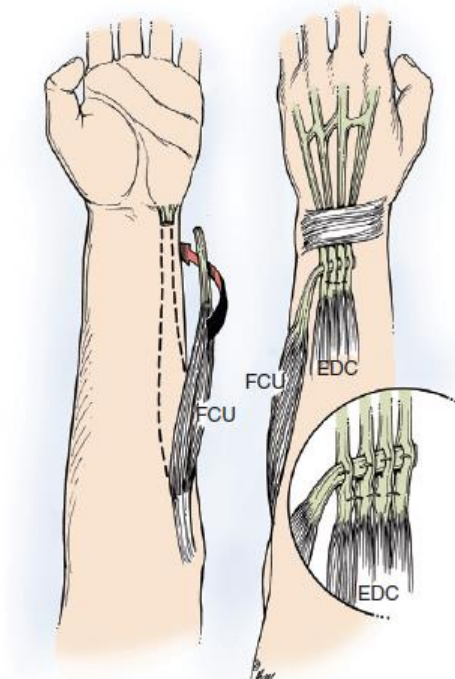


Figura 8. Transferencia de FCU a EDC. Imagen tomada de Green's Operative Hand Surgery, 6th Ed. Parte V, capítulo 33³

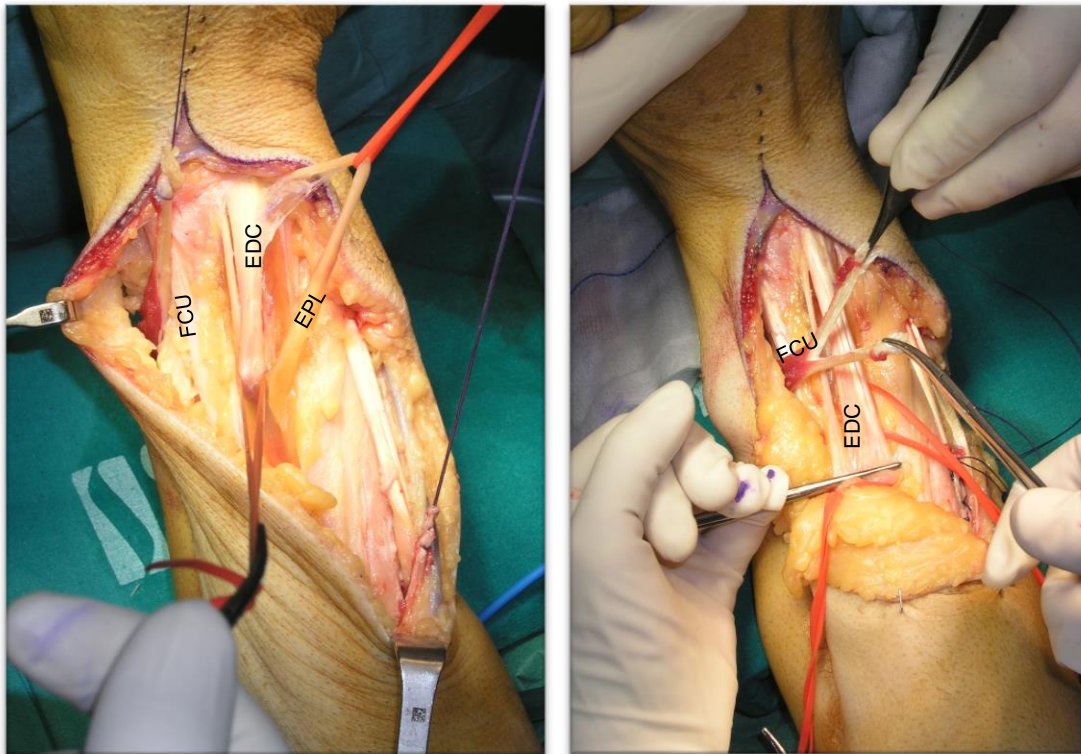


Figura 9. Imagen intraoperatoria de la transferencia tipo FCU. Imagen cedida por el Dr. Martínez Villén

Una alternativa a la transferencia del FCU es la del FCR, más utilizada por Starr, Brand o Tsuge. Una vez disecado el FCR, lo pasaremos subcutáneamente por el borde radial del antebrazo hasta el plano posterior. La tenorrafia se puede realizar dejando el EDC en continuidad o, como propuso Brand, seccionando los tendones del EDC. En este caso, las suturas conviene realizarlas superficiales al retináculo dorsal (Figuras 10 y 11).

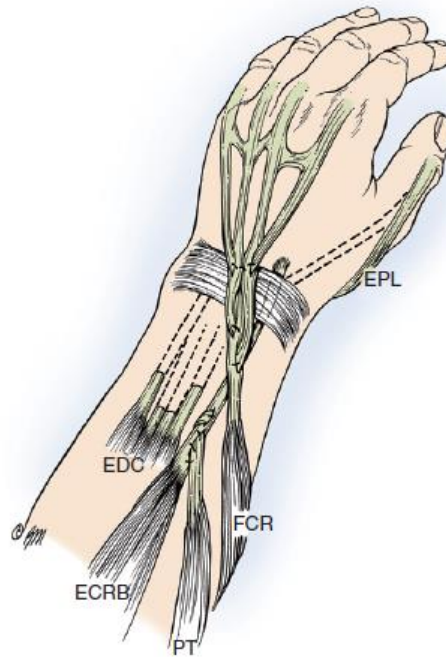


Figura 10. Transferencia de FCR a EDC. Imagen tomada de Green's Operative Hand Surgery, 6th Ed. Parte V, capítulo 33³

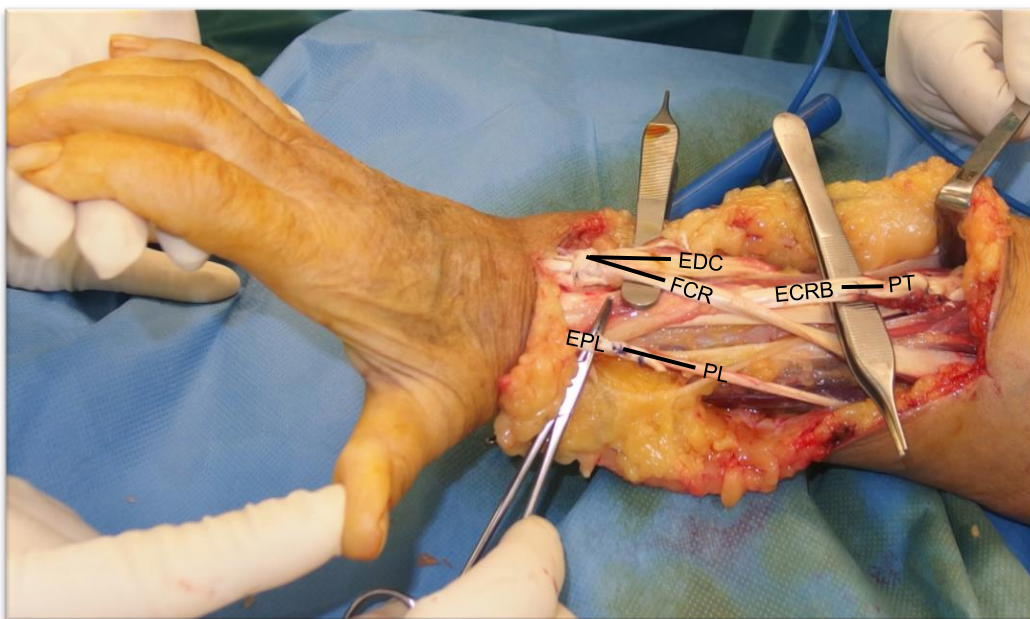


Figura 11. Imagen intraoperatoria de la transferencia tipo FCR. Imagen cedida por el Dr. Martínez Villén

La transferencia del FDS al EDC fue descrita por Boyes. Para ello, los tendones del FDS del tercero y cuarto dedos han de ser seccionados y dirigidos al plano posterior del antebrazo a través de la membrana interósea, cuidando de no comprometer el nervio mediano. En esta transferencia también son incorporados el EIP y el EPL. Para minimizar las adherencias, se recomienda una amplia incisión en la membrana con objeto de que puedan pasar holgadamente los vientres musculares. Con la misma finalidad, otros autores (Thomsen) prefieren dirigir los tendones del FDS por los bordes radial y cubital del antebrazo, cuidando en este último caso de no comprimir el nervio cubital. El FDS del tercer dedo se sutura usualmente a los tendones del EIP y el EPL, mientras que el FDS del cuarto dedo se sutura al EDC proximalmente al retináculo dorsal. Las tenorrafias deben hacerse con el FDS en máxima tensión, la muñeca a 20° de extensión y los dedos largos y el pulgar manteniendo el puño cerrado.

3.2. Transferencia al EDC en la parálisis radial baja (NIOP)

El FCU flexiona la muñeca llevándola a la inclinación cubital. Teniendo en cuenta que en la parálisis radial baja los extensores radiales del carpo se mantienen activos, si utilizamos en FCU para motorizar el EDC desaparecerá la principal fuerza que contrarrestará la extensión e inclinación radial de la muñeca producida por el ECRL. La alternativa es recurrir al FCR para llevarlo al EDC.

4. Motorización independiente de la extensión del pulgar

La elección para motorizar el EPL es la transferencia del PL. Sin embargo, entre el 3 y el 30% de la población carecen de este músculo y de su tendón^{13,14}. Analizaremos las siguientes opciones:

4.1. Cuando existe PL

Localizamos el EPL y lo seccionamos en la unión músculo-tendinosa, extrayéndolo del tercer compartimento extensor del carpo para dirigirlo hacia la cara volar de la muñeca a través de la vertiente radial de la muñeca. El PL se secciona en su punto más distal, liberando su vientre muscular proximalmente para permitir una unión con el EPL en la dirección óptima (Figuras 12 y 14). La

tensión de la tenorráfia ha de permitir no solo la extensión completa del pulgar, sino también la flexión del mismo. Esta transferencia activa, además, la abducción de la columna del primer dedo. La sutura entre el EPL y el PL se lleva a cabo con puntos de Pulvertaff, que son los más utilizados para las tenorráfias, aunque hay otros tipos^{3,15} (Figura 13).

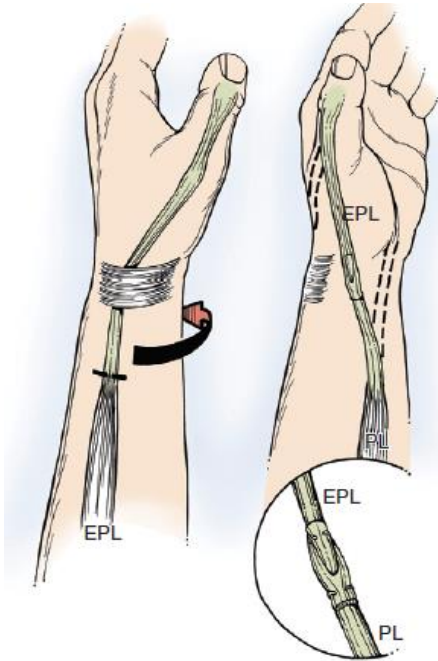


Figura 12. Transferencia de PL a EPL. Imagen tomada de Green's Operative Hand Surgery, 6th Ed. Parte V, capítulo 33³

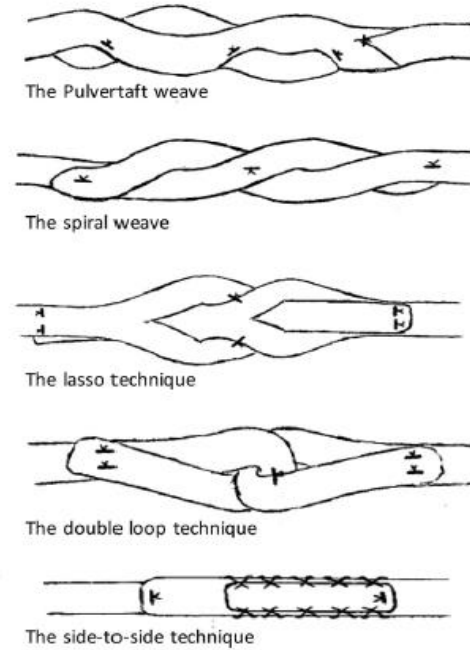


Figura 13. Tipos de suturas utilizadas en las tenorráfias. Imagen tomada de Cheah⁴

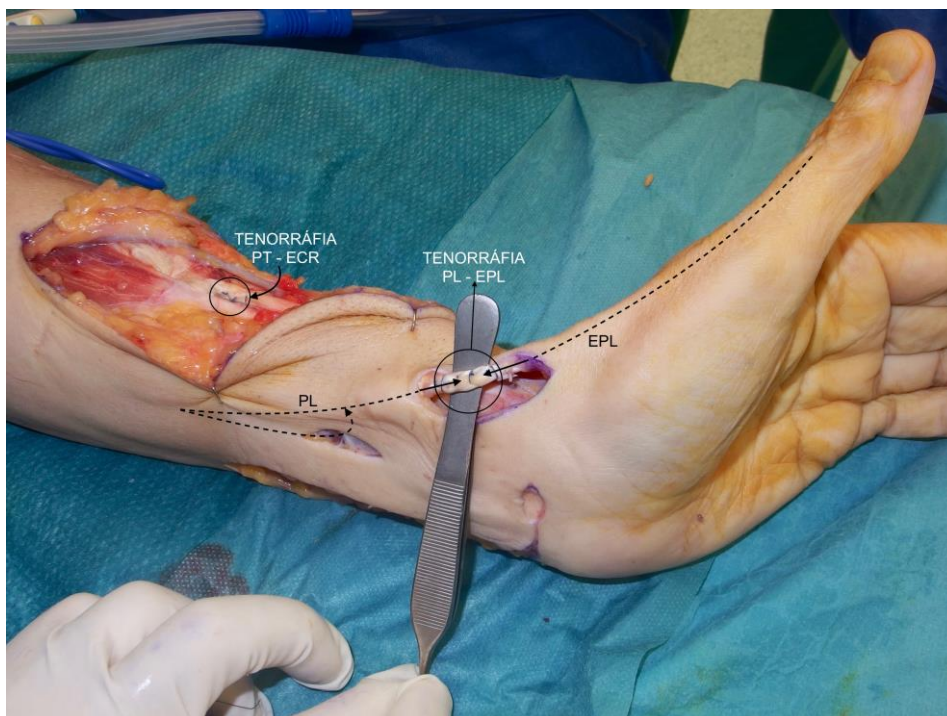


Figura 14. Imagen intraoperatoria de la transferencia tipo FCU en un caso con parálisis radial alta. Para la motorización independiente de la extensión del pulgar se ha llevado el PL al EPL. Imagen cedida por el Dr. Martínez Villén

4.2. Cuando no existe PL

Cuando el PL está ausente, el EPL se puede incluir en la misma transferencia del FCU al EDC. Sin embargo, esta técnica impide la motorización aislada del pulgar limitando significativamente su abducción. Otros autores abogan por el uso del BR (Figura 15), que es posible únicamente en la parálisis baja (NIOP), pero no en la parálisis alta (NR). Si usamos el BR para dicha transferencia, hay que hacer un despegamiento extenso del vientre muscular para aumentar su recorrido de contracción. Otra posibilidad es transferir el FDS III o IV.

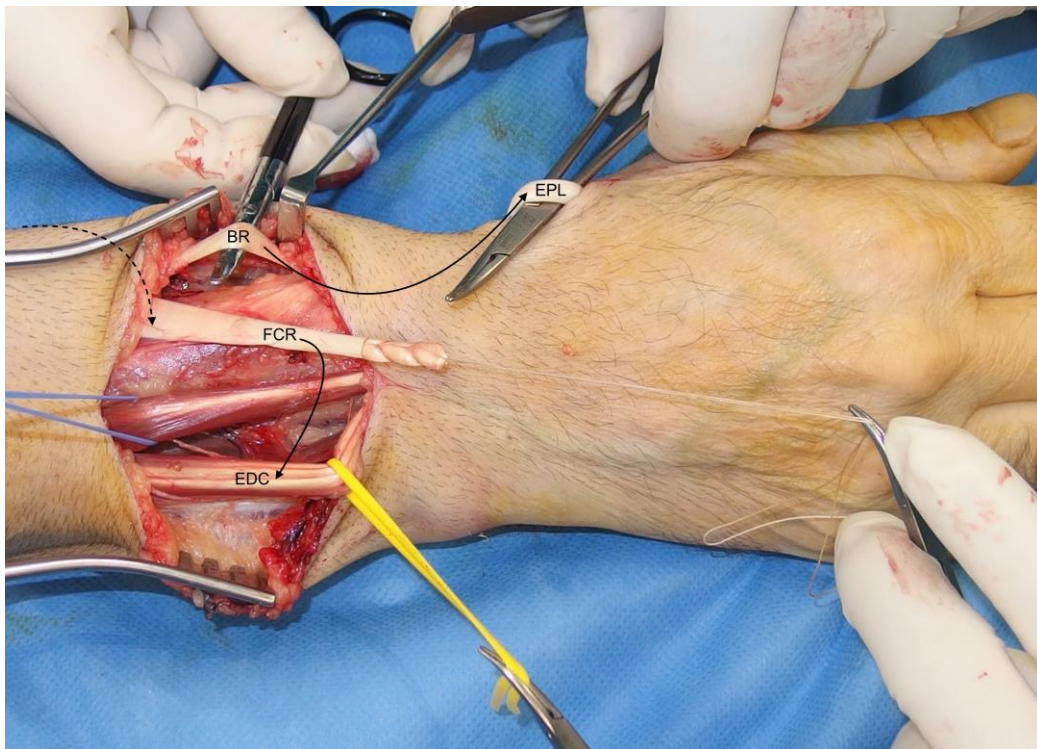


Figura 15. Imagen intraoperatoria de la transferencia tipo FCR en un caso con parálisis radial baja (NIOP) y ausencia de PL. Preparación de la transferencia del BR para motorizar de manera independiente el EPL. Imagen cedida por el Dr. Martínez Villén

En la Tabla 1 presentamos el resumen de las principales técnicas descritas. Al margen de ellas, existen otras opciones mucho menos utilizadas, como la propuesta por Al-Qattan¹⁶, que no se ciñe a los requisitos estándar a los que ya hicimos referencia.

Transferencia del FCR (Starr, Brand, Tsuge y Adachi)	Transferencia del FDS (Boyes y Chuinard)	Transferencia del FCU
PT-ECRB	PT-ECRL y ECRB	PT-ECRB
FCR-EDC	FDS III-EDC	FCU-EDC
PL-EPL redirigido	FDS IV-EIP Y EPL	PL-EPL redirigido
	FCR-APL Y EPB	

Tabla 1. Mejores combinaciones de transferencias tenomusculares para parálisis radial. Tabla adaptada de Green's Operative Hand Surgery, 6th Ed. Parte V, capítulo 33³

MATERIAL Y MÉTODOS

El objetivo de nuestro estudio ha sido realizar una comparación entre los resultados publicados para el tratamiento de la parálisis radial alta (NR) o baja (NIOP), y los resultados de la serie de casos intervenidos quirúrgicamente por el Dr. Martínez Villén (director de este TFG), en el Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza entre 2003 y la actualidad.

Para lograr nuestro propósito hemos hecho una revisión bibliográfica buscando aquellos trabajos en los que la técnica quirúrgica y los parámetros analizados coincidiesen con los de nuestra serie. La principal base de datos consultada fue PubMed, introduciendo las palabras clave: “tendon transfer” y “radial nerve palsy”; obteniendo resultados extra mediante búsqueda manual. La información así adquirida ha sido ampliada con dos libros de texto: Green’s operative hand surgery, 6ª edición³, y Fridén J. Tendon transfers of the hand, 1ª edición¹⁷. De 25 artículos revisados para la comparación de resultados, finalmente fueron seleccionadas 4 publicaciones ajustadas a nuestro propósito, algunas, producto de revisiones multicéntricas (Tabla 2). Las excluidas lo fueron por no aportar los datos prefijados que se exponen a continuación o por utilizar otras escalas de medición.

Los datos analizados han sido los siguientes: sociodemográficos, sobre la técnica utilizada, el tiempo de seguimiento postoperatorio y los resultados tras la cirugía, valorando para ello: extensión de la muñeca, déficit de extensión de las articulaciones metacarpofalángicas, flexión de las metacarpofalángicas, apertura del primer espacio interdigital y puntuación en la escala de Bincaz.

Autor, año	N	Sexo	Edad (años)	Seguimiento (meses)	Tipo de transferencia
Al-Qattan, 2012 ¹⁸	15	10 H 5 M	28 (16-54)	30 (6-48)	PT-ECRB FCR-EPL, APL, EDC, EIP y EDQ (1 FCU en vez de FCR)
Al-Qattan, 2013 ¹⁶	4	4 H	32 (22-46)	7	FCR-ECRB FCU-EDC, EIP, EPL y APL
Bincaz, 2002 ¹⁹	24	23 H 1 M	36.2	61	<i>NR (10):</i> PT-ECRB FCU-EDC+EPL PL-APL <i>Plexo braquial (14)*:</i> PT/FDS (III/IV)-ECRB FCU/FDS (IV)-ED+EPL PL-APL+EPB
Ropars, 2006 ²⁰	15	3 H 12 M	38.5 (18-74)	114 (6-235)	<i>Parálisis altas (9):</i> PT-ECRB 7 PT-ECRB y ECRL 2 FCR-EDC, EIP y EDQ (1 FCU en vez de FCR) PL-EPL y APL <i>Parálisis bajas (6):</i> ECRL-ECU 1 ECRL-ECRB 2 ECRB/FCR/FCU-EDC, EIP y EDQ PL-EPL y APL (1 FCR y 1 FCU en vez de PL)
Martínez-Villén, 2017	14	10 H 4 M	57 (6-82)	15.7 (5-47)	<i>Parálisis altas (10):</i> PT-ECRB FCU-EDC 9 FCR-EDC 1 PL-EPL 9 FCU-EPL 1 <i>Parálisis bajas (4):</i> FCR-EDC 4 PL-EPL 2 BR-EPL 2

Tabla 2. Datos sociodemográficos, seguimiento y tipo de transferencia realizada en la literatura revisada y en nuestra serie (Martínez Villén). Abreviaturas: H (hombre), M (mujer).

* Mantenemos los datos referentes a la parálisis braquial porque los datos sociodemográficos exclusivos de la parálisis del NR no los dan por separado. En la Tabla 4 de resultados sí que se muestran los referentes sólo al NR.

Nuestra serie (Tabla 2) se compone de catorce pacientes, diez hombres y cuatro mujeres, con una edad media de 57 años (6-82). Cuatro fueron parálisis del NIOP y diez, parálisis del NR. Once pacientes tuvieron la parálisis en el lado izquierdo y tres en el lado derecho. Las distintas etiologías fueron: tres fracturas de radio en antebrazo proximal, siete fracturas de húmero, una parálisis iatrogénica, una parálisis por compresión tumoral, una parálisis radial idiopática y una sección por arma blanca.

Diez casos se debieron a transferencias por una parálisis radial en la que la reconstrucción nerviosa estuvo contraindicada, no fue viable o fue producto del fracaso de la reconstrucción quirúrgica previa. Cuatro casos correspondieron a pacientes con edad media de 72 años (68-82), en los que la reconstrucción quirúrgica del nervio fue inviable o no fue procedente. En trece pacientes, la transferencia fue el procedimiento primario, mientras que en uno fue secundario debido a un fallo del injerto nervioso.

En cuanto a las técnicas quirúrgicas, en diez casos de parálisis del NR, el PT se transfirió al ECRB para la extensión de la muñeca y en nueve casos, el FCU al EDC para la extensión de los dedos, requiriendo un paciente una artrodesis total de muñeca en un segundo tiempo quirúrgico. En un paciente con parálisis del NR y en cuatro con parálisis del NIOP, la extensión de las articulaciones metacarpofalángicas se consiguió con la transferencia del FCR al EDC. En la parálisis del NR, el PL se usó en nueve pacientes para recuperar la función del EPL, mientras que en uno se usó el FCU. Por otro lado, en la parálisis del NIOP, el PL se usó en dos pacientes y el BR en otros dos.

Las transferencias tenomusculares se llevaron a cabo a los 25 meses (5-84), exceptuando dos pacientes en los que se realizó a los 52 y 30 años de la lesión inicial⁹. El seguimiento medio de los pacientes fue de 15.7 meses (5-47).

En cuanto a los resultados, la evaluación se llevó a cabo mediante el método descrito por Bincaz et al. (Tabla 3), con 5.3 (4-9) revisiones postoperatorias. Los resultados, según dicho método, fueron considerados de excelentes (≥ 8), buenos (6-7), pobres (4-5) o malos (≤ 3).

Puntuación	3	2	1	0
Extensión muñeca		>29°	0-29°	0°
Extensión MCF		Completa	Déficit <10°	Déficit >10°
Abducción 1^{er} dedo		>39°	30-39°	<30°
Satisfacción del paciente	Excelente	Buena	Pobre	Mala

Tabla 3. Escala de Bincaz para la evaluación de las transferencias tenomusculares en parálisis radial.

RESULTADOS

En la Tabla 4 se muestran los resultados de los cuatro artículos seleccionados^{16,18-20}, junto a los obtenidos en nuestra serie para la comparación de los mismos.

Autor, año	N	Extensión muñeca (°)	Déficit extensión MCF (°)	Flexión MCF (°)	Abducción 1 ^{er} dedo (°)	Puntuación Bincaz
Al-Qattan, 2012 ¹⁸	15	MCF flexionadas: 45 (40-55) MCF extendidas: 32 (30-35)	4 (0-7)		55 (50-60)	12 excelente (9) 3 bueno (7)
Al-Qattan, 2013 ¹⁶	4	47.5 (40-55)	2.5 (0-5)		45 (40-50)	7.5 (7-8)
Bincaz, 2002 ¹⁹	24 (10 NR)	38	0		40	9 excelente 1 bueno
Ropars, 2006 ²⁰	15	MCF flexionadas: 38 (10-60) MCF extendidas: 34 (10-70)	15 (10-25) en 3 pacientes		54 (0-70)	11 excelente 2 bueno 1 pobre 1 malo
Martínez-Villén, 2017	14	Excelente: 44.2 (38-50) Bueno: 34.6 (0-56) Pobre: 30 (26-34) Malo: 0	Excelente: 2 (0-8) Bueno: 9.6 (6-20) Pobre: 18 (14-22) Malo: 30	Excelente: 74.5 (70-78) Bueno: 71.3 (60-80) Pobre: 70 (68-72) Malo: 74	Excelente: 52 (48-56) Bueno: 39.3 (36-46) Pobre: 36 (34-38) Malo: 28	4 excelente: 8.7 (8-9) 7 bueno: 6.3 (6-7) 2 pobre: 5 (4-5) 1 malo (2)

Tabla 4. Resultados de la literatura revisada y de nuestra serie (Martínez Villén)

DISCUSIÓN

Según Ingary y Green, “las transferencias tendinosas se encuentran entre las técnicas mejores y más predecibles para restaurar la función en la parálisis radial”³. Esto condujo a algunos autores a considerar dicho procedimiento como el *gold standard*, por delante de la reconstrucción nerviosa incluso habiendo condiciones favorables para la misma²³. Actualmente, las transferencias tenomusculares son el tratamiento de elección siempre y cuando el resultado de la reconstrucción nerviosa sea malo, la reconstrucción primaria sea imposible, o esté contraindicada. En nuestra opinión, la elección del tratamiento mediante transferencias tenomusculares depende de diversos factores, que exponemos en el algoritmo de la Figura 16, y detallamos a continuación.

1. Reconstrucción nerviosa versus transferencia tenomuscular

Las transferencias tenomusculares ofrecieron una salida quirúrgica excelente durante la primera mitad del siglo pasado, cuando las opciones para tratar la parálisis radial eran muy limitadas. Sin embargo, a partir de la década de los 70, los avances en la instrumentación y en las técnicas microquirúrgicas para la reconstrucción de los nervios periféricos permitieron alcanzar resultados con porcentajes de éxito muy elevados. Por otro lado, estudios comparativos actuales han demostrado que la recuperación funcional que se logra con una reconstrucción nerviosa que evoluciona favorablemente, es siempre mejor desde un punto de vista biomecánico y de coordinación motora^{3,20-23}. Este principio es especialmente válido en la parálisis del NR frente a la de los nervios mediano y cubital²⁴⁻²⁷, ya que el NR es un nervio esencialmente motor, lo que reduce el riesgo de una reinervación cruzada sensitivo-motora tras la anastomosis. Por otro lado, los músculos tributarios del NR tienen una función muy selectiva (extensora y abductora), cuya reinervación es menos exigente que la de los nervios cubital y mediano. Finalmente, sea cual sea el punto de la lesión del NR, su recorrido anatómico natural hace que la distancia entre dicha lesión y la placa motora distal sea siempre menor que en los nervios mediano y cubital²⁷.

De lo dicho anteriormente se desprenden varias recomendaciones:

1. En las lesiones nerviosas con expectativas de solución espontánea, es recomendable esperar un mínimo de 5 meses antes de proceder a las transferencias tenomusculares.
2. Las transferencias tenomusculares podrán ser indicadas como tratamiento primario cuando la reconstrucción nerviosa nos obligue a la realización de injertos nerviosos muy largos, cuyas perspectivas de éxito son escasas²⁸.
3. En pacientes de edad avanzada sin posibilidad de recuperación espontánea de la lesión nerviosa, o en los que la reconstrucción nerviosa es inviable o está contraindicada, las transferencias tenomusculares estarán indicadas como tratamiento de elección. La reconstrucción nerviosa en pacientes ancianos solo estaría indicada para eliminar un neuroma de sección como tratamiento del dolor neuropático.
4. Tomada la decisión de llevar a cabo una transferencia tenomuscular es imprescindible efectuarla lo antes posible con objeto de evitar rigideces articulares²⁰.

Un argumento que ha prevalecido en la recomendación de las transferencias tenomusculares primarias es el tiempo postoperatorio de recuperación funcional, por lo general entre 6 y 8 meses menor que cuando se efectúa una reconstrucción nerviosa. Esto se vería apoyado por las observaciones de algunos autores al demostrar que el déficit funcional tras una transferencia tenomuscular es poco importante para las actividades básicas de la vida diaria²⁹. Otra ventaja de las transferencias tenomusculares en las parálisis del NR o del NIOP, es que se pueden demorar en el tiempo casi indefinidamente, siempre y cuando los tendones y músculos receptores sean competentes y las articulaciones no estén rígidas^{8,9}

En la parálisis no complicada del NR, la recuperación de la extensión del codo tras una reconstrucción nerviosa es predecible, lo que no sucede con la muñeca, las articulaciones metacarpofalángicas y la extensión del primer dedo^{21,30}. En estos casos, autores como Bertelli o Ghizoni rechazan como

única vía el injerto nervioso, proponiendo una transferencia nerviosa (neurotización) o tenomuscular asociada³⁰.

2. Elección de los elementos donantes en la transferencia tenomuscular

Uno de los problemas que se le presentan al cirujano con este tipo de intervención es la elección del tendón donante. Sabemos que para la motorización de la extensión de la muñeca el PT es de rigor^{19,31-34}, normalmente suturado al ECRB para provocar menor desviación radial^{34,35}. Sin embargo, hay cierta controversia entre la elección del FCU o del FCR para restablecer la extensión de los dedos. Para algunos autores, el FCU no se debe sacrificar, ya que es el flexor más potente de la muñeca y su extracción facilita un mecanismo contraproducente de desviación radial de la muñeca. En el caso de una parálisis baja (NIOP), esta disyuntiva desaparece; dado que la inervación de los extensores radiales de la muñeca está intacta, el uso del FCU sólo contribuiría a aumentar de manera excesiva la desviación radial de la misma, por lo que estaría prácticamente contraindicado su uso. En nuestra experiencia, utilizando ambos tipos de transferencia no hemos hallado diferencias destacables. Coincidimos en este apartado con aquellos autores que recomiendan la elección de un tendón u otro según la preferencia del cirujano, ya que desde una perspectiva funcional cualquiera de los dos restablece un rango de movilidad de la muñeca compatible con la normalidad³⁶.

En lo que se refiere al método de nuestro estudio, es preciso reconocer que, a pesar de llevar a cabo una extensa revisión bibliográfica, la heterogeneidad en los trabajos consultados no nos ha permitido hacer un análisis comparativo amplio. Por este motivo, decidimos seleccionar sólo aquellas publicaciones con un planteamiento y unas variables superponibles a las de nuestro estudio. En cuanto a la amplitud de nuestra muestra, aun siendo pequeña ($n=14$), se ciñe a la media de las revisadas ($n=44$; $\bar{x}=11$), superándola incluso. Las razones que justificarían este detalle se centran en el hecho de que, ante una parálisis radial, la opción terapéutica descansa sobre dos pilares esenciales: la recuperación espontánea o la reconstrucción nerviosa. Quedaría, por tanto, un número de pacientes menor para efectuar técnicas de cirugía paliativa mediante transferencias tenomusculares. En nuestra experiencia, hasta un

30.6% de las parálisis del NR o del NIOP se resolvieron mediante transferencias tenomusculares¹.

En lo que concierne a nuestros resultados, podemos decir que el número de casos excelentes es menor que en otros trabajos^{16,18-20}, lo que podría deberse a que en nuestra serie la edad media ha sido más elevada. En este sentido, hemos observado que los pacientes que superaban los 80 años recuperaron una amplitud de movimiento menor. En cualquier caso, también hemos visto que la impresión subjetiva en los afectados fue siempre buena, al mejorar de manera importante la posición inicial de la mano que estuvo paralizada. Esto permitió que todos los pacientes, menos uno (con parálisis radial idiopática), recuperasen sus actividades profesionales o cotidianas previas a la parálisis. Coincidimos así con las observaciones hechas en otros trabajos, que muestran índices de recuperación de la actividad laboral en torno al 93-100%^{16,18,20}.

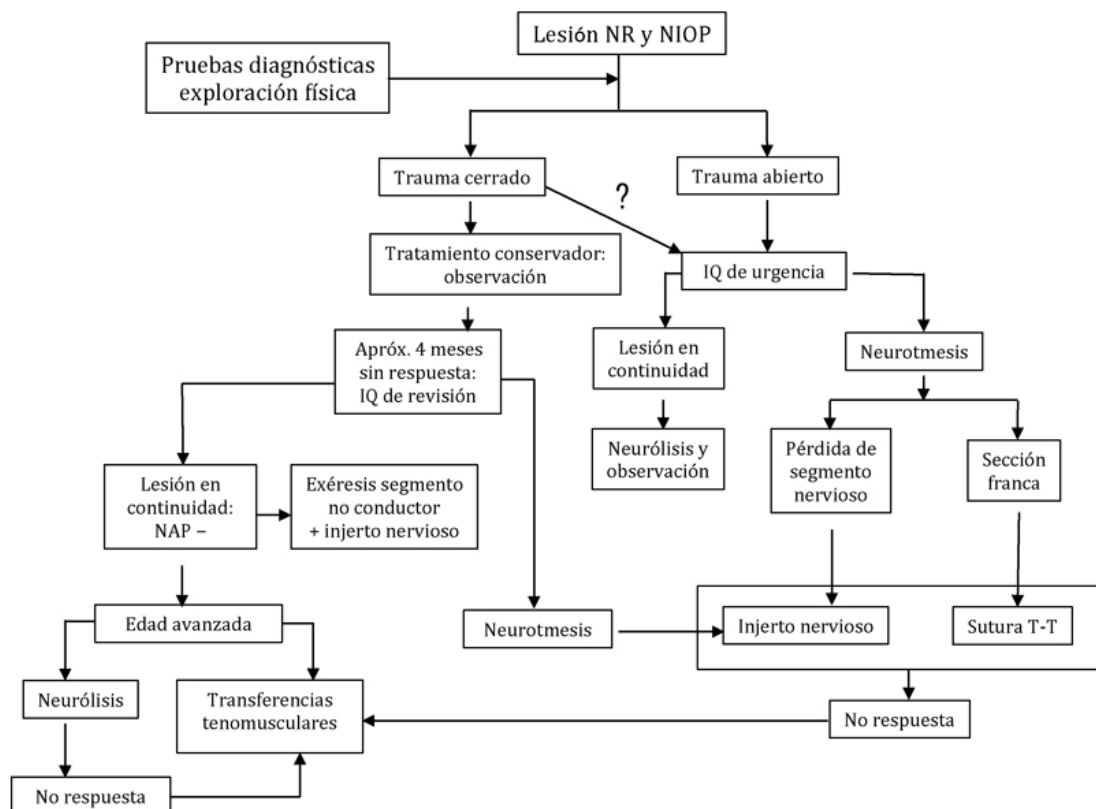


Figura 16. Algoritmo para el tratamiento de las lesiones del NR y del NIOP. Abreviaturas: IQ (intervención quirúrgica), T-T (termino-terminal). Imagen tomada de Martínez-Villén¹

CONCLUSIONES

1. Las transferencias tenomusculares son una gran opción terapéutica para las parálisis del nervio radial.
2. Están indicadas en casos en los que no haya una recuperación espontánea del nervio, en ancianos, o tras fallo o contraindicación de las técnicas de reconstrucción nerviosa.
3. Los resultados obtenidos son buenos funcionalmente y satisfactorios para los pacientes, permitiéndoles la reincorporación a sus actividades cotidianas o profesionales previas a la cirugía.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Martínez-Villén G, Hamam-Alcober S, Cardona-Malfey R. Resultados del tratamiento del nervio radial e influencia de factores pronósticos. *Rev Iberoam Cir Mano* 2017; 45(02): 104-114
- [2] Pet MA, Lipira AB, Ko JH. Nerve transfers for the restoration of wrist, finger, and thumb extension after high radial nerve injury. *Hand Clin* 2016; May;32(2):191-207
- [3] Ingary JV, Green DP. Radial nerve palsy. In: Wolfe SW, Hotchkins RN, Pederson WC, Kozin SH, editors. *Green's operative hand surgery*, 6th ed. Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone; 2011, Vol 1: 1075-92
- [4] Cheah AE, Etcheson J, Yao J. Radial nerve tendon transfers. *Hand Clin* 2016 Aug;32(3):323-38
- [5] Bumbasirevic M, Palibrk T, Lesic A, Atkinson H. Radial nerve palsy. *EFORT Open Rev.* 2016 Aug; 1(8): 286-294
- [6] Doyle JR. Forearm. In: Doyle JR, Botte MJ, editors. *Surgical anatomy of the hand and upper extremity*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2003: 407-60
- [7] Ljungquist KL, Martineau P, Allan C. Radial nerve injuries *J Hand Surg Am.* 2015 Jan;40(1):166-72
- [8] Brodman HR. Tendon transfer for old radial nerve paralysis. *AMA Arch Surg* 1958; 76: 24-7
- [9] Martínez-Villén G, Muñoz-Marín J, Pérez-Barrero P. Are tendon transfers justified in very old hand radial palsies? *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2012; 65: e993-e6
- [10] Oberlin C, Chino J, Belkheyar Z. Surgical treatment of brachial plexus posterior cord lesion: a combination of nerve and tendon transfers, about nine patients. *Chir Main.* 2013 Jun;32(3):141-6

- [11] Peterson CL, Bednar MS, Bryden AM, Keith MW, Perreault EJ, Murray WM. Voluntary activation of biceps-to-triceps and deltoid-to-triceps transfers in quadriplegia. *PLoS One*. 2017 Mar 2;12(3)
- [12] Medina J, Marcos-García A, Jiménez I, Muratore G, Méndez-Suárez JL. Biceps to triceps transfer in tetraplegic patients: our experience and review of the literature. *HAND* 2017, Vol. 12(1) 85–90
- [13] Kayode AO, Olamide AA, Blessing IO, Victor OU. Incidence of palmaris longus muscle absence in Nigerian population. *Int. J. Morphol.*, 26(2):305-308, 2008
- [14] Roohi SA, Choon-Sian L, Shalimar A, Tan GH, Naicker AS, *Malaysian Orthopaedic Journal* 2007, Vol. 1(1)
- [15] Woodside JC, Bindra RR. Rerouting extensor pollicis longus tendon transfer. *J Hand Surg Am*. 2015 Apr;40(4):822-5
- [16] Al-Qattan M. The “double wrist flexor” tendon transfer for radial nerve palsy. *Ann Plast Surg*. 2013 Jul;71(1):34-6
- [17] Jan Fridén. *Tendon transfers of the hand*. Ed. Taylor & Francis, Londres 2005
- [18] Al-Qattan MM. Tendon transfer for radial nerve palsy: a single tendon to restore finger extension as well as thumb extension/radial abduction. *J Hand Surg Eur Vol*. 2012 Nov;37(9):855-62
- [19] Bincaz LE, Cherifi H, Alnot JY. Les transferts palliatifs de réanimation de l'extension du poignet et des doigts. À propos de 14 transferts pour paralysie radiale et dix transferts pour lésion plexique. *Chir Main* 2002; 21: 13-22.
- [20] Ropars M, Dréano T, Siret P, Belot N, Langlais F. Long-term results of tendon transfers in radial and posterior interosseous nerve paralysis. *J Hand Surg [Engl Ed]* 2006; 31: 502-6
- [21] Pan CH, Chuang DC, Rodríguez-Lorenzo A. Outcomes of nerve reconstruction for radial nerve injuries based on the level of injury in 244 operative cases. *J Hand Surg [Eur Ed]* 2010; 35: 385-91

- [22] Terzis JK, Konofaos P. Radial nerve injuries and outcomes: our experience. *Plast Reconstr Surg* 2011; 127: 739-51
- [23] Shergill G, Bonney G, Munshi P, Birch R. The radial and posterior interosseous nerves. Results fo 260 repairs. *J Bone Joint Surg [Engl Ed]* 2001; 83: 646-9
- [24] Kim DH, Han K, Tiel RL, Murovic JA, Kline DG. Surgical outcomes of 654 ulnar nerve lesions. *J Neurosurg* 2003; 98: 993-1004
- [25] Taha A, Taha J. Results of suture of the radial, median, and ulnar nerves after missile injury below the axilla. *J Trauma* 1998; 45: 335-9
- [26] Roganovic Z, Pavlicevic G. Difference in recovery potential of peripheral nerves after graft repairs. *Neurosurgery* 2006; 59: 621-33
- [27] Murovic JA. Upper-extremity peripheral nerve injuries: a Louisiana State University Health Sciences Center literature review with comparison of the operative outcomes of 1837 Louisiana State University Health Sciences Center median, radial, and ulnar nerve lesions. *Neurosurgery* 2009; 65: A11-A7
- [28] Ring D, Chin K, Jupiter JB. Radial nerve palsy associated with high-energy humeral shaft fractures. *Journal of Hand Surgery* 2004, 29A: 144–14
- [29] Altintas AA, Altintas MA, Gazyakan E, Gohla T, Germann G, Sauerbier M. Long-term results and the disabilities of the arm, shoulder, and hand score analysis after modified Brooks and d'Aubigne tendon transfer for radial nerve palsy. *J Hand Surg [Am Ed]* 2009; 34: 474-8
- [30] Bertelli JA, Ghizoni MF. Results of nerve grafting in radial nerve injuries occurring proximal to the humerus, including those within the posterior cord. *J Neurosurg* 2015; 14: 1-7
- [31] Dunnet WJ, Housden PL, Birch R. Flexor to extensor tendon transfers in the hand. *Journal of Hand Surgery* 1995, 20B: 26–28
- [32] Ishida O, Ikuta Y. Analysis of Tsuge's procedure for the treatment of radial nerve paralysis. *Hand Surgery* 2003, 8: 17–20

[33] Tsuge K. Tendon transfers for radial nerve palsy. Australian and New Zealand Journal of Surgery 1980, 50: 267–272

[34] Tubiana R. Transferts tendineux pour paralysie radiale. Chirurgie de la Main 2002, 21: 157–165

[35] Ketchum LD, Thomson D, Pocock GS. The determination of moments for extension of the wrist generated by the muscles of the forearm. Journal of Hand Surgery 1978, 3A: 205–210

[36] Krufts von, Heimbarg D, Reill P. Treatment of irreversible lesion of the radial nerve by tendon transfer: indication and longterm results of the merle d'Aubigne Procedure. Journal of Plastic and reconstructive Surgery 1997, 100: 610–616